

FFI RAPPORT

**PBXN-109 MED RS-RDX,
ALDRINGSSTUDIER II, Prøver aldret ved
70oC i 21 uker**

NEVSTAD Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2004/04113

**PBXN-109 MED RS-RDX, ALDRINGSSTUDIER II,
Prøver aldret ved 70°C i 21 uker**

NEVSTAD Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2004/04113

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2004/04113	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 34
1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/2911/130	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE PBXN-109 MED RS-RDX, ALDRINGSSTUDIER II, Prøver aldret ved 70°C i 21 uker Ageing studies II of PBXN-109 containing RS-RDX. Samples aged at 70°C for 21 weeks.		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) NEVSTAD Gunnar Ove		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>RS-RDX (Reduced Sensitivity)</u>	a) <u>RS-RDX</u>	
b) <u>PBXN-109</u>	b) <u>PBXN-109</u>	
c) <u>Gap Test</u>	c) <u>Gaptest</u>	
d) <u>Critical Diameter</u>	d) <u>Kritisk diameter</u>	
e) <u>Accelerated Ageing</u>	e) <u>Akselerert aldring</u>	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT <p>Questions have been asked about the stability of Reduced Sensitivity RDX (RS-RDX) with regard to reversion of shock sensitivity during the lifecycle of a PBX. To study if there are changes in product properties of PBXN-109 due to ageing of RS-RDX, test specimens of PBXN-109 have been subjected to accelerated ageing at 70°C for 21 weeks. A time period that corresponds to a service life of more than 20 years at 25°C.</p> <p>Aged PBXN-109 from two different crystal charges of RS-RDX quality has been tested with regard to shock sensitivity in Intermediate Scale Gap test and critical diameter for comparison with the properties of virgin material. The used RDX has been produced and delivered by Dyno Nobel.</p> <p>The results with regard to shock sensitivity of aged PBXN-109 show for one of the charges no changes, and for the other only a slight increase. For both critical diameter and Shore A hardness a slight increase is observed. Obtained properties and changes in shock sensitivity and critical diameter exclude reversion of the sensitivity of RS-RDX crystals in PBXN-109 due to ageing.</p>		
9) DATE 2004-11-30	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research

ISBN 82-464-0907-7

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
2	EKSPERIMENTELT	7
2.1	Fremstilling av PBXN-109	7
2.2	Lagring	8
2.3	Hardhet	9
2.4	Intermediate Scale Gap test	9
2.5	Kritisk diameter	9
3	RESULTATER	10
3.1	Vektendringer	10
3.2	Bestemmelse av kritisk diameter	13
3.2.1	PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03	13
3.2.2	PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03	14
3.3	Bestemmelse av sjokkfølsomhet	16
3.3.1	PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03	16
3.3.2	PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03	22
3.4	Hardhetsmålinger	29
4	SAMMENDRAG	29
	APPENDIKS	31
A.1	Sammenheng mellom barrieretykkelse og trykk	31
	Litteratur	33

PBXN-109 MED RS-RDX, ALDRINGSSTUDIER II, Prøver aldret ved 70°C i 21 uker

1 INNLEDNING

Nyproduserte krystaller av RS-RDX (Reduced Sensitivity) gir når de benyttes i komposisjoner som PBXN-109, produkter med en sjokkfølsomhet som er en faktor 2-3 lavere enn tilsvarende produkter basert på standard RDX (1-8). Det har fra enkelte aktører blitt stilt spørsmål ved om disse sjokkegenskapene endres for produkter etter som de blir eldre.

RDX fremstilles kommersielt hovedsakelig via to prosesser (9-10):

- Woolwich prosess – nitrering med salpetersyre som gir type I RDX med lite eller ingen HMX.
- Bachman prosess – nitrering i aceto-salpetersurt miljø som gir type II RDX med inntil 17% HMX.

I Norge benytter Dyno Nobel sist nevnte prosess. Og det er for RDX produsert med Bachman prosessen det er rapportert endringer i produktegenskaper ettersom produktene eldest.

For å undersøke om disse observasjonene er generelle eller er kun knyttet til de spesifikke forholdene og produsentene som har levert krystallene til ovenfor nevnte studier har vi gjennomført studier på PBXN-109 i Norge med RS-RDX produsert av Dyno Nobel. I referanse 11 ble PBXN-109 produsert av to forskjellige krystallpartier Ch. 167/03 og Ch. 719/03 og testet med hensyn på sjokkfølsomhet og kritisk diameter. Et likestort antall prøver ble så lagt til akselerert aldring ved 70°C for testing når de hadde oppnådd et aldringsnivå tilsvarende 20 års levetid. Det er disse resultatene som vil bli rapportert i denne rapporten samt eventuelle endringer i vekt og hardhet for aldrede prøver.

På et senere tidspunkt vil PBXN-109 bli produsert av de samme krystallpartiene når de har vært lagret/aldret ved 60°C i henholdsvis 6 og 12 måneder. Dette for å sammenligne om det er forskjell på å lagre ferdig produkt og råvarer.

2 EKSPERIMENTELT

2.1 Fremstilling av PBXN-109

Alle testlegemer testet i denne rapporten ble fremstilt og rapportert i referanse 11. Lagringsbetingelsen etter at testlegemene var ferdig herdet og hvordan den akselererte aldringen ble gjennomført er beskrevet i 2.2/3.1.

2.2 Lagring

En teoretisk modell er nødvendig for beregning av parametrene for akselerert aldring. En modell som ofte er benyttet for disse beregningene er gitt ved van't Hoff lov:

akselerasjonsfaktor $k(T)$: $k(T) = \text{levetid/test varighet}$

$$k(T) = Q^{((T_1 - T_2)/10)}$$

hvor T_1 : test temperatur
 T_2 : gjennomsnittstemperatur gjennom levetiden
 Q : variabel mellom 2 og 4

FFI har selv ikke gjennomført aldringsstudier på PBXN-109 tidligere og vi har derfor i stedet benyttet data fra KS-22a produsert og testet av TDW i Tyskland (12). KS 22a er en komposisjon av same type som PBXN-109 bestående av de same ingredienser inkludert antioksidant AO-2246. Forskjellene mellom disse to komposisjonene er i forholdet mellom RDX/Al-pulver. TDW har gjennomført analyser av sprengstoff produsert i ALARM programmet på slutten av 80-tallet som har vært lagret under vanlige lager betingelser samt av materialet lagret ved forhøyet temperatur (75°C). Forbruket av antioksidant er analysert og Q-faktor beregnet og funnet til 2.83. For å legge inn en ekstra sikkerhetsfaktor har de for NSM valgt å benytte en Q-faktor på 2.4.

Vi har derfor også i vår aldringsstudie valgt å benytte samme Q-faktor på 2.4. I tillegg har vi antatt at gjennomsnittlig lagrings- levetids temperatur er 25°C og at systemet skal ha en levetid på 20 år.

Gjennomsnittlig temperatur i levetiden T_2 :	25°C
Testtemperatur ved akselerert aldring T_1 :	70°C
Gir $k(T)$ akselerasjonsfaktor van't Hoff lov:	$= 2.4^{((70\text{°C} - 25\text{°C})/10)} = 51.4$
Levetid:	20 år (1040 uker)

Test varighet: $= 1040 \text{ uker} / 51.4 = \underline{\underline{20.2 \text{ uker}}}$

Ut fra ovenfor gitte data har vi derfor valgt å benytte en akselerert lagringstemperatur på 70°C og lagre testlegemene i 21 uker for å simulere en levetid på minst 20 år.

I Storbritannia har utviklet et aldringsprogram som tilsvarer en service tid på 20 år (13):

Step	Environmental Conditions
1	31 days at 71°C
2	169 days B3 cycling (diurnal cycle 33-71°C)
3	Transport Vibration (Def. Stan. 00-35; 2 hr per axis, 2 g sinusoidal sweep)
4	10 hr vibration per axis ((Def. Stan; 00-35 -0.4g ² /Hz, 20-2000Hz)
5	Thermal Shock (Def. Stan. 00-35; +70 to -55°C, transfer time 3-5 min, 10 cycles)

Dette programmet omfatter imidlertid noe tester som er mer arbeids- og instrumenterings krevende enn vårt valg. I tid og temperatur er disse to alternativene ikke så ulike.

2.3 Hardhet

Shore A hardhet ble målt med "Shore A Härteprüfer DIN 53505 ISO R 868 Type BS 61, Serien Nr.; 1605/97" fra BAREISS etter 10 og 30 sekunder på endene av dog bone eller emner med samme tykkelse.

2.4 Intermediate Scale Gap test

Gaptesten vi har benyttet er beskrevet i referanse 5, og ble gjennomført i henhold til prosedyren beskrevet i STANAG 4488 (14) med unntak av tykkelsen på korta. Vi har benyttet kort med en tykkelse på 0.25 mm, mens i (14) er tykkelsen spesifisert til $0.19+0.02/-0.01$ mm. Appendix A gir forøvrig sammenhengen mellom barrieretykkelse og sjokktrykk som to 80 g overdragere generer. Disse dataene er hentet fra referanse 14. Kontrollrapport for benyttet overdragersprengstoff HWC 94.5/4.5/1 er gitt i (11).

2.5 Kritisk diameter

Til bestemmelse av kritisk diameter (15) har vi benyttet koner med lengde 270 mm og diameter fra 30 til 3 mm. Etter at støpemassen var herdet ble støpeformene fjernet og konene pakket inn i aluminiumfolie før de ble lagt til lagring ved 70°C.

Etter lagring ble en 2 mm tykk koppertråd limt på konene i lengderetningen. Til initiering ble det benyttet en detonator nr. 8 samt en booster på 15-20 g PETN med diameter 20 mm. Mellom boosterens og det koniske testlegemet ble det benyttet en sylindrisk ladning med diameter 30 mm og lengde på 80-120 mm av samme blanding som testlegemet. Sist nevnte ladning ble ikke lagret ved forhøyet temperatur, og ble benyttet for at konen skulle bli initiert med riktig hastighet. Vitneplater med dimensjon 3x45x300 mm i stål (ST-52) ble montert som vist i figur 3.3 og 3.5.

3 RESULTATER

3.1 Vektendringer

20 Gaptestrør fylt med PBXN-109 fra to ulike krystallblandinger ble lagt til aldring 18 mai ved en temperatur på $70.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$ i en av ovnene i den nye tørken. Ovnene var innstilt på lav fuktighet. Rørene ble etter at de var herdet rettet i begge ender og før de ble lagt til aldring ble begge endene forseglet. Forseglingen ble utført som vist i figur 3.1 med aluminiumfolie og tape for å unngå at mykner fordampet. Utvalgte data for rørene før og etter aldring er samlet i tabell 3.1. Gaprørene ble aldring i 21 uker fra 18 mai til 12 oktober. Denne tiden tilsvarer en levetid ut fra 2.1 på i overkant av 20 år ved 25°C . Endringene i vekt for sprengstoffyllingen er marginal etter 21 uker.

Rør Nr.	Vekt tomt rør (g)	Volum (cm ³)	PBXN-109 Lot Nr.	Vekt rør +sprengstoff (g)	Vekt sprengstoff (g)	Tetthet (g/cm ³)	Vekt innpakket			Etter aldring rør+spr.-stoff (g)
							Før aldring ¹ (g)	Etter aldring ² (g)	Etter aldring ³ (g)	
1	886.16	247.558	167/03-A	1295.53	409.37	1.654	1303.02	1302.98	1302.93	1295.50
2	854.97	249.609	167/03-A	1262.37	407.40	1.632	1269.57	1269.55	1269.49	1262.35
3	890.43	244.415	167/03-A	1288.65	398.22	1.629	1295.44	1295.42	1295.34	1288.60
4	898.22	245.829	167/03-A	1298.14	399.92	1.627	1305.49	1305.48	1305.40	1298.12
5	903.35	245.675	167/03-A	1305.48	402.13	1.637	1312.21	1312.19	1312.11	1305.45
6	899.18	244.019	167/03-A	1297.33	398.15	1.632	1303.44	1303.44	1303.33	1297.31
7	910.19	242.843	167/03-B	1305.49	395.30	1.628	1312.52	1312.51	1312.40	1305.38
8	884.12	244.273	167/03-B	1282.09	397.97	1.629	1289.04	1289.12	1288.95	1282.02
9	908.06	243.279	167/03-B	1304.89	396.83	1.631	1311.55	1311.55	1311.46	1304.82
10	901.60	244.252	167/03-B	1303.37	401.77	1.645	1310.44	1310.43	1310.35	1303.31
11	881.56	246.899	719/03-A	1283.99	402.43	1.630	1291.42	1291.48	1291.33	1283.97
12	867.08	250.361	719/03-A	1278.31	411.23	1.641	1285.86	1285.86	1285.77	1278.28
13	881.24	249.631	719/03-A	1288.56	407.32	1.632	1295.75	1295.75	1295.66	1288.53
14	896.21	245.234	719/03-A	1295.49	399.28	1.628	1302.78	1302.80	1302.70	1295.45
15	932.61	243.933	719/03-A	1331.71	399.12	1.636	1339.33	1339.37	1339.25	1331.70
16	871.23	250.071	719/03-A	1280.60	409.37	1.637	1298.22	1298.21	1298.12	1280.60
17	872.25	250.611	719/03-B	1263.49	391.19	1.561	1269.98	1269.97	1269.89	1263.47
21	879.63	248.518	719/03-C	1287.65	408.02	1.642	1294.43	1294.41	1294.34	1287.60
22	892.31	245.062	719/03-C	1296.55	404.24	1.650	1302.90	1302.89	1302.80	1296.50
23	909.55	244.003	719/03-C	1310.41	400.86	1.643	1316.58	1316.65	1316.50	1310.35

¹Ved start den 18/5-04. ²Veiet den 17/8-04. ³Veiet den 12/10-04.

Tabell 3.1 Data for Gaptestrørene før under og etter aldring.

I tillegg til Gaptestrørene ble 10 koner til bestemmelse av kritisk diameter og noen legemer til måling av hardhet pakket inn i aluminiumfolie og lagt til aldring i et varmeskap ved $70 \pm 1^\circ\text{C}$.



Figur 3.1 Bilde av hvordan testrørene var pakket under lagringen.



Figur 3.2 Bilde av konene under aldringen.

Figur 3.2 viser hvordan konene var pakket under lagringen. Tabellene 3.2-3.4 gir registrerte endringer i vekt ved slutt og underveis i lagringsperioden. Av resultatene ser man at det er ingen vektendringer. For både disse testlegemene og noen av Gaprørene ble det observert at de

hadde endret farge til brun i overflaten noen steder.

PBXN-109 RS-RDX 167/03						
Fra blanding PBXN-109	Vekt ved start		Vekt etter aldring			Endring i vekt kon/kon innpakket (g)
	kon (g)	kon+ innpakning ¹ (g)	i 3 mnd ² (g)	i 5 mnd (g)	i 5 mnd (g)	
A1	113.35	117.80	117.79	117.79	113.35	0/-0.01
A-2	84.44	89.27	89.26	89.26	84.43	-0.01/-0.01
B1	114.62	119.90	119.88	119.88	114.62	0/-0.02
C-1	116.43	121.96	121.96	121.95	116.42	-0.01/-0.01
C-2	116.99	122.46	122.46	122.46	116.97	-0.02/0

¹Lagt til aldring 18/5-04. ²Den 16/8-04.

Tabell 3.2 Data for konene benyttet til bestemmelse av kritisk diameter for PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03 krystaller før, under og etter aldring.

PBXN-109 RS-RDX 719/03						
Fra blanding-kon nr	Vekt ved start		Vekt etter aldring			Endring i vekt kon/kon innpakket (g)
	kon (g)	kon+ innpakning ¹ (g)	i 3 mnd ² (g)	i 5 mnd (g)	i 5 mnd (g)	
A-1	117.94	123.51	123.50	123.52	117.91	-0.03/+0.01
A-2	117.95	123.72	123.70	123.70	117.94	-0.01/-0.02
B1	111.88	117.81	117.79	117.79	111.87	-0.01/-0.02
C-1	118.47	124.65	124.64	124.64	118.45	-0.02/-0.01
C-2	119.21	124.50	124.48	124.48	119.21	0/-0.02

¹Lagt til aldring 18/5-04. ²Den 16/8-04.

Tabell 3.3 Data for konene benyttet til bestemmelse av kritisk diameter for PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 krystaller før, under og etter aldring.

Prøvelegemer for hardhetsmålinger:

PBXN-109 med RS-RDX					
Fra blanding	RS-RDX Ch.	Vekt innpakket ¹ (g)	Vekt etter aldring i 3 mnd ² (g)	Vekt etter aldring i 5 mnd (g)	Endring i vekt (g)
A	719/03	146.22	146.20	146.19	-0.03
C	719/03	134.41	134.39	134.38	-0.03
A	167/03	148.87	148.86	148.86	-0.01
B	167/03	323.30	323.28	323.27	-0.03

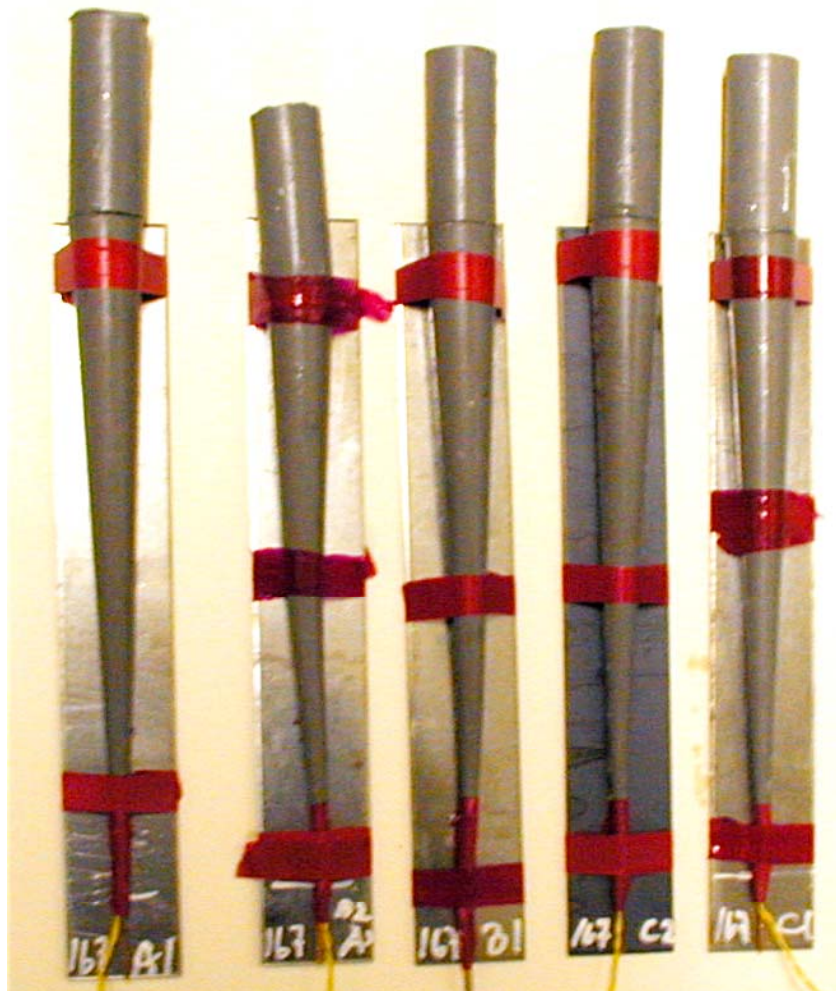
¹Lagt til aldring 18/5-04. ²Den 16/8-04.

Tabell 3.4 Data for legemer benyttet til bestemmelse av hardhet før, under og etter aldring.

3.2 Bestemmelse av kritisk diameter

3.2.1 PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03

5 koner av RS-RDX Ch. 167/03 lagret ved 70°C i 21 uker ble testet for bestemmelse av kritisk diameter. I figur 3.3 er vist et litt dårlig bilde av oppsette på vitneplatene etter a konene var limt sammen med startemner og koppertråder var limt på konene.



Figur 3.3 Oppsett for testlegemene benyttet til bestemmelse av kritisk diameter for RS-RDX Ch. 167/03.

Figur 3.4 viser vitneplatene samt de restene av konene som ble gjenfunnet etter fyring. Figuren viser at for 4 av skuddene er det liten variasjon i kritisk diameter, mens for det 5. skuddet fra 167/03 B blandingen er oppnådd en noe større kritisk diameter. Tabell 3.5 gir de eksakte resultatene. For nyproduserte prøver testet i (11) var det en variasjon i kritisk diameter fra 7.1 mm til 10.2 mm, med et gjennomsnitt på 8.3 mm. For aldret prøver varierer kritisk diameter fra 7.7 mm til 12.0 mm med et gjennomsnitt på 8.9 mm. Disse resultatene viser at PBXN-109 inneholdende RS-RDX Ch. 167/03 ikke blir mer følsom som følge av aldring. Dersom man skal antyde en retning på endringen er det i stedet i mot at kritisk diameter øker. RS-RDX Ch. 167/03 beholder derfor sine egenskaper selv etter akselerert aldring ved 70°C i 21 uker.



Figur 3.4 Vitneplatene og restene av eksplosivkonene for RS-RDX Ch. 167/03.

Komposisjon	Blanding/kon Nr.	Lengde rest eksplosivkon (mm)	Lengde kon konsumert (mm)	Kritisk diameter (mm)	Gjennomsnitt kritisk diameter (mm)
PBXN-109	167-A1	52	212	8.8	8.9
	167-A2	47	217	8.3	
	167-B1	85	180	12.0	
	167-C1	38	223	7.7	
	167-C2	42	224	7.6	

Tabell 3.5 Resultater fra bestemmelse av kritisk diameter for ladningene med RS-RDX Ch. 167/03 krystaller.

3.2.2 PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03

Også for RS-RDX Ch. 719/03 ble 5 koner aldret ved 70°C. Figur 3.5 viser et dårlig bilde av oppsettet for testing av kritisk diameter. For de aldre konene var det ingen endring i vekt. Figur 3.6 viser vitneplatene samt gjenfunnet rester av sprengstoffkonene. Tabell 3.6 viser de eksakte resultatene. Kritisk diameter varierer fra 7.3 mm til 11.0 mm med et gjennomsnitt på 9.0 mm som ved sammenligning med resultatene gitt i (11) for ikke aldret prøver hvor kritisk diameter varierte fra 6.4 mm til 10.0 mm med et gjennomsnitt på 8.2 mm er av samme størrelsesorden. Eventuelle endringer går for RS-RDX Ch. 719/03 i samme retning som for RS-RDX Ch. 167/03 mot en økning av kritisk diameter og ikke mot et resultat som for standard RDX hvor kritisk diameter har vært bestemt til 3.5 mm (7).

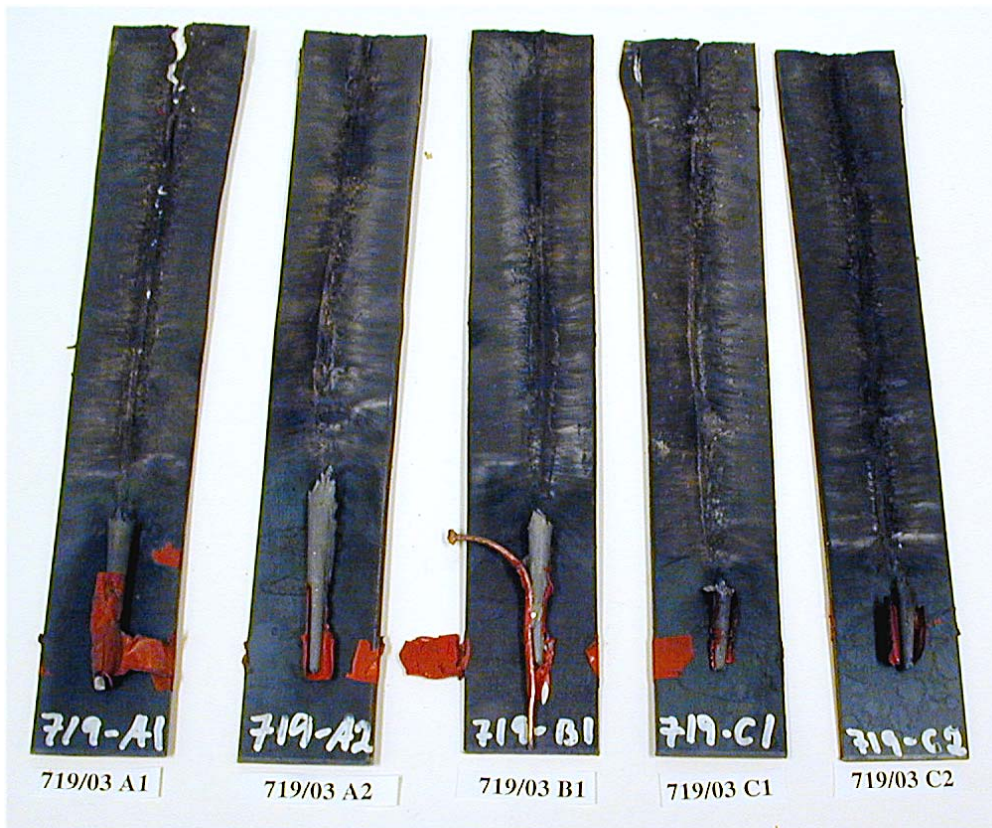


Figur 3.5 Oppsett for testlegemene benyttet til bestemmelse av kritisk diameter for RS-RDX Ch. 719/03.

Komposisjon	Blanding/kon Nr.	Lengde rest eksplosivkon (mm)	Lengde kon konsumert (mm)	Kritisk diameter (mm)	Gjennomsnitt kritisk diameter (mm)
PBXN-109	719-A1	62	204	9.6	9.0
	719-A2	76	190	11.0	
	719-B1	56	203	9.7	
	719-C1	33	227	7.3	
	719-C2	34	226	7.4	

Tabell 3.6 Resultater fra bestemmelse av kritisk diameter for ladningene med RS-RDX Ch. 719/03 krystaller.

Konklusjon på bestemmelse av kritisk diameter på aldret RS-RDX er derfor at aldringen har ingen negativ innvirkning på kritisk diameter. RS-RDX går ikke over til å bli standard RDX.



Figur 3.6 Vitneplatene og restene av eksplosivkonene for RS-RDX Ch. 719/03.

3.3 Bestemmelse av sjokkfølsomhet

3.3.1 PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03

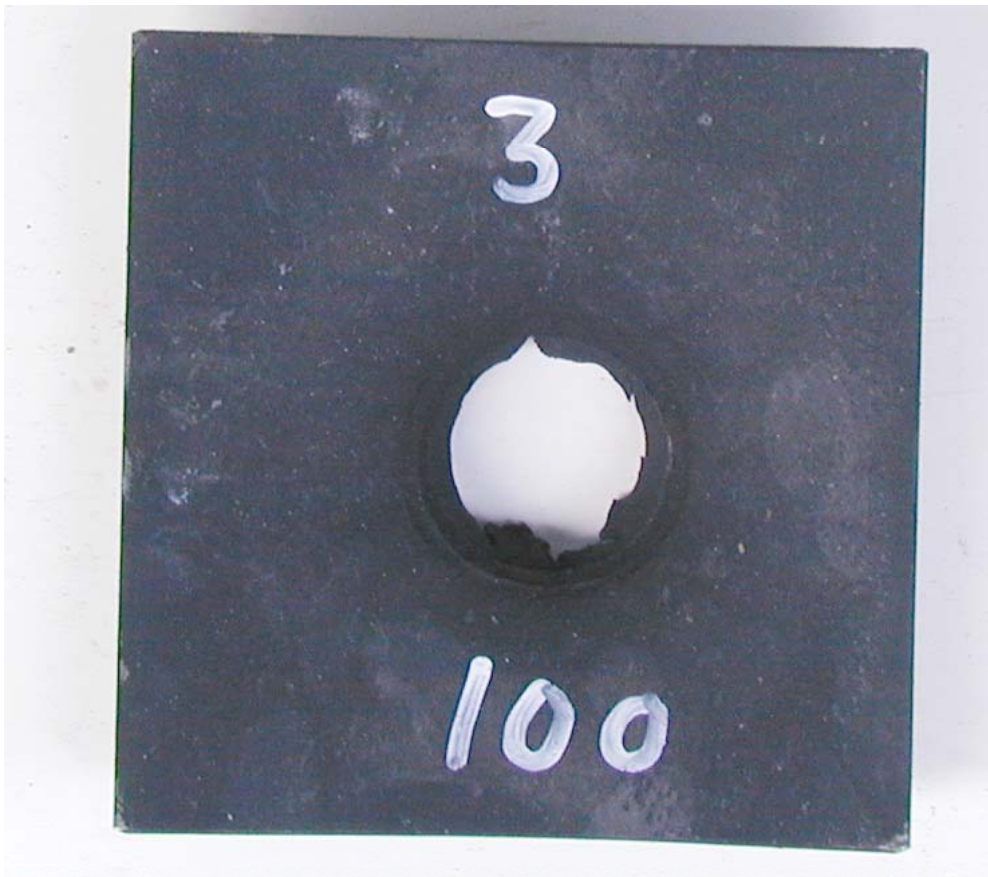
10 rør med PBXN-109 RS-RDX Ch. 167/03 ble etter aldring testet med hensyn på sjokkfølsomhet. Benyttet testoppsett er beskrevet i (5). Kvaliteten på støpen med hensyn på tetthet er lik for alle rør og ikke vesentlig forskjelling fra rørene testet i (11). Bilder av restene (vitneplate og uomsatt sprengstoff) er gitt i figurene 3.7-3.16 for hver enkelt skudd.



Figur 3.7 Skudd 1, rør 1 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, ikke omsatt.



Figur 3.8 Skudd 2, rør 2 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, ikke omsatt.



Figur 3.9 Skudd 3, rør 3 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 100 kort, omsatt.



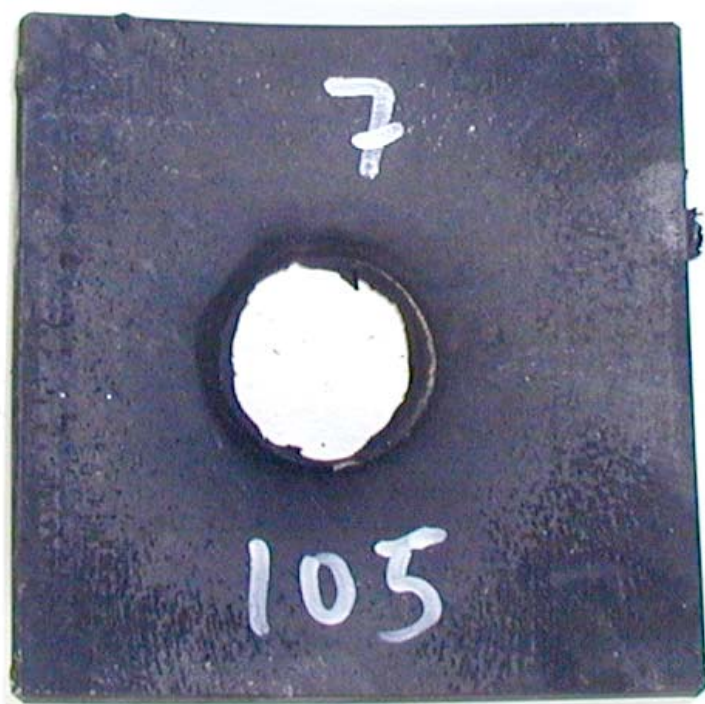
Figur 3.10 Skudd 4, rør 4 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 100 kort, omsatt.



Figur 3.11 Skudd 5, rør 5 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, ikke omsatt.



Figur 3.12 Skudd 6, rør 6 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, omsatt.



Figur 3.13 Skudd 7, rør 7 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, omsatt.



Figur 3.14 Skudd 8, rør 8 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 110 kort, ikke omsatt.



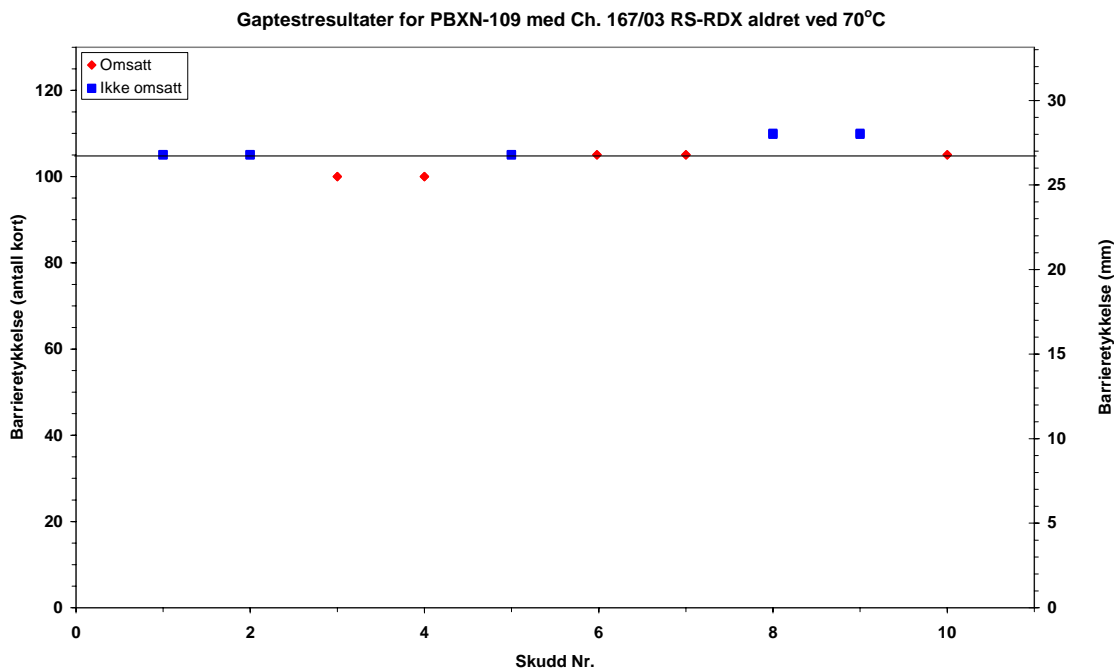
Figur 3.15 Skudd 9, rør 9 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 115 kort, ikke omsatt.



Figur 3.16 Skudd 10, rør 10 med PBXN-109 RS-RDX Ch.167/03, 105 kort, omsatt.

Skudd Nr.	Rør Nr.	Antall kort	Avstand (mm)	Reaksjon
1	1	105	27	Ikke omsatt
2	2	105	27	Ikke omsatt
3	3	100	25.5	Omsatt
4	4	100	25.5	Omsatt
5	5	105	27	Ikke omsatt
6	6	105	27	Omsatt
7	7	105	27	Omsatt
8	8	110	28	Ikke omsatt
9	9	110	28	Ikke omsatt
10	10	105	27	Omsatt

Tabell 3.7 Gaptestresultater for PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03 krystaller.

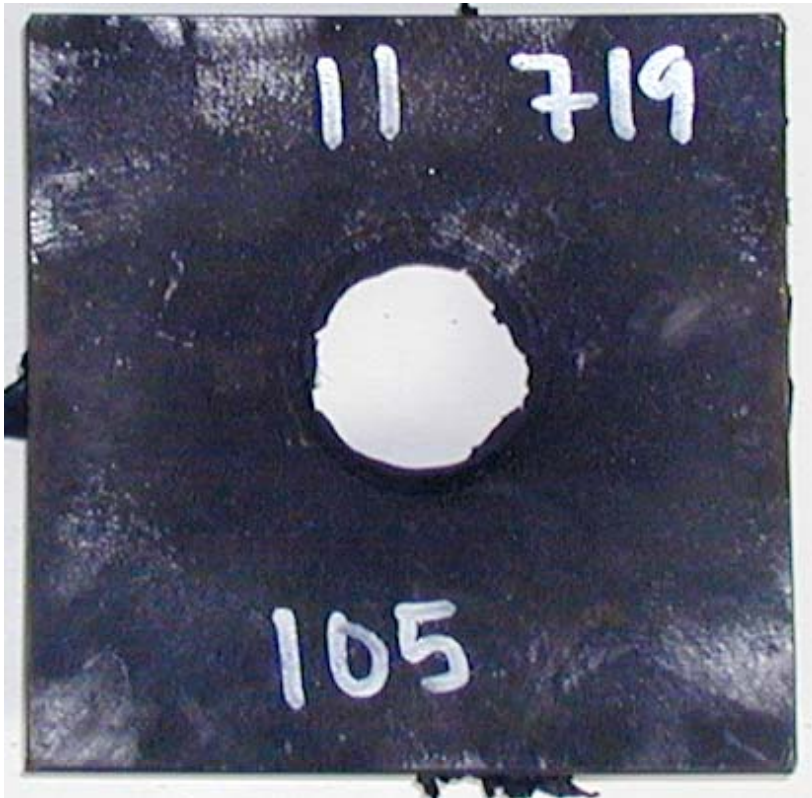


Figur 3.17 Plott av Gaptestresultater for aldret PBXN-109 med RS-RDX Ch. 167/03.

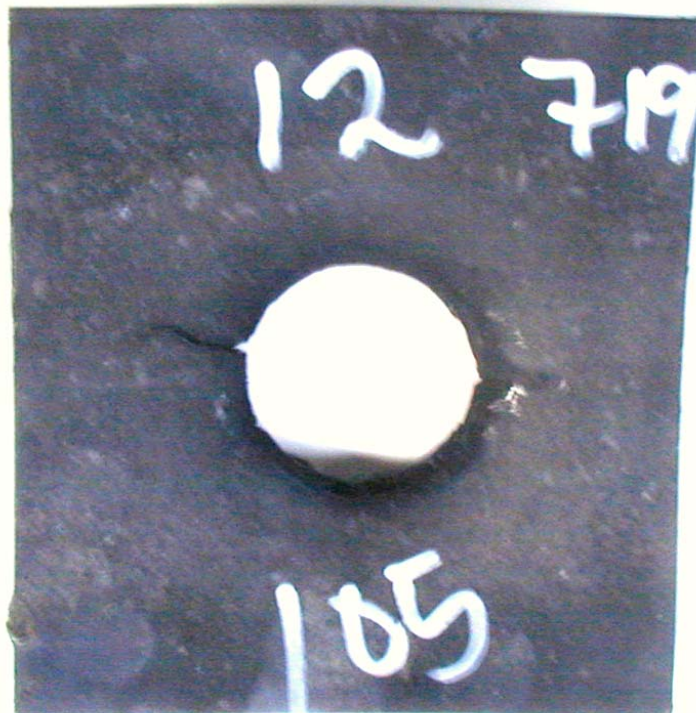
Tabell 3.7 oppsummerer resultatene fra Gaptest og figur 3.17 viser et plott av reaksjonen for hvert enkelt skudd. Oppnådd resultat er om lag det samme som for nyprodusert PBXN-109 av de samme krystallene. For nyproduserte testlegemer ble det omsetning med 105 kort for 2 av 5 skudd, mens for aldret har vi omsetning for 3 av 6 skudd. For begge seriene er det ingen omsetning med en barrieretykkelse på 110 kort. Det kreves derfor et sjokktrykk på 54 ± 2 kbar for å oppnå en 50% sannsynlighet for omsetning.

3.3.2 PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03

10 rør som var aldret i 21 uker ved 70°C med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03 ble testet i Intermediate Scale Gap test (5). Kvaliteten på fyllingene for de aldrede rørene var gjennomgående noe dårligere med hensyn på tetthet enn for nyproduserte rør testet i (11). Restene fra hvert skudd er vist i figurene 3.18 til 3.27.



Figur 3.18 Skudd 11, rør 11 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 105 kort, omsatt.



Figur 3.19 Skudd 12, rør 12 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 105 kort, omsatt.



Figur 3.21 Skudd 14, rør 14 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 110 kort, omsatt.



Figur 3.22 Skudd 15, rør 15 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 110 kort, ikke omsatt.



Figur 3.23 Skudd 16, rør 16 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 115 kort, ikke omsatt.



Figur 3.24 Skudd 17, rør 17 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 105 kort, omsatt.



Figur 3.25 Skudd 18, rør 21 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 115 kort, ikke omsatt.



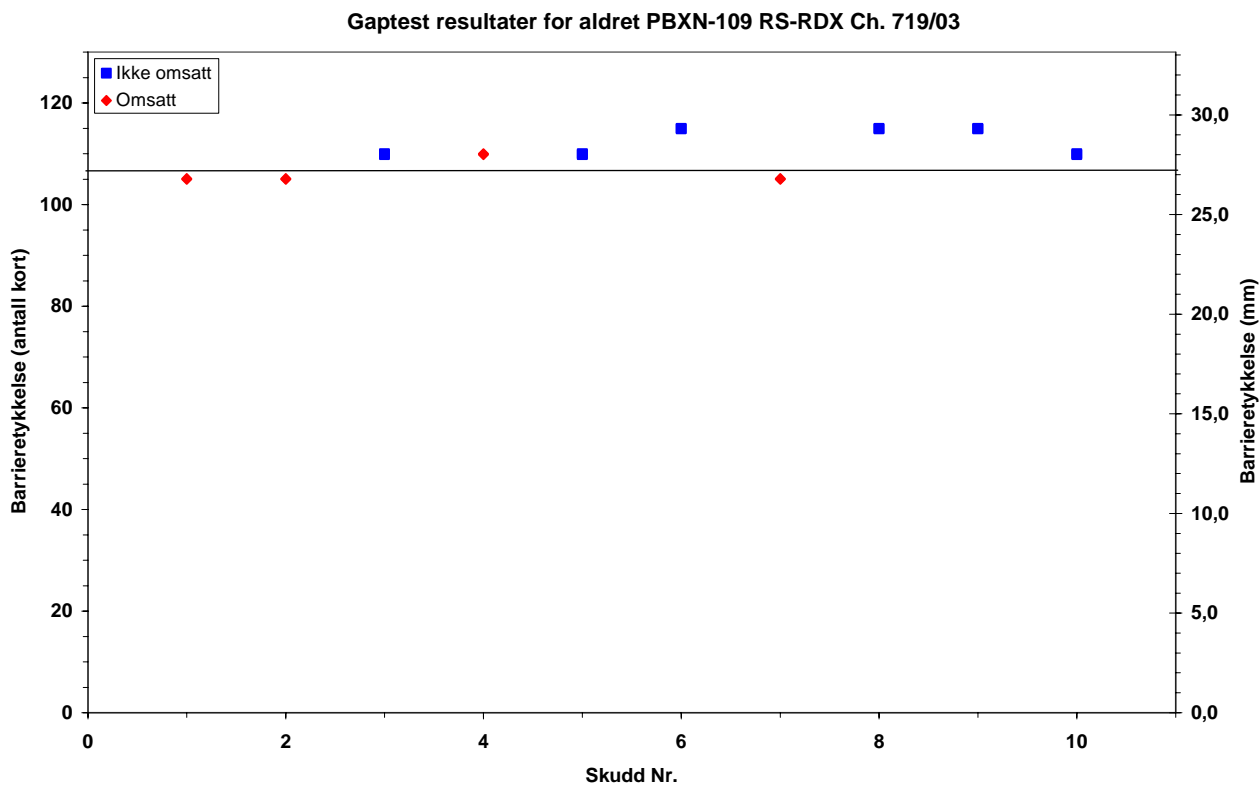
Figur 3.26 Skudd 19, rør 22 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 115 kort, ikke omsatt.



Figur 3.27 Skudd 20, rør 23 med PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03, 110 kort, ikke omsatt.

Skudd Nr.	Rør Nr.	Antall kort	Avstand (mm)	Reaksjon
11	11	105	27	Omsatt
12	12	105	27	Omsatt
13	13	110	28	Ikke omsatt
14	14	110	28	Omsatt
15	15	110	28	Ikke omsatt
16	16	115	29.5	Ikke omsatt
17	17	105	27	Omsatt
18	21	115	29.5	Ikke omsatt
19	22	115	29.5	Ikke omsatt
20	23	110	28	Ikke omsatt

Tabell 3.8 Resultater fra Gaptest av aldret PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03.



Figur 3.28 Plott av resultatene i Gaptest for aldret PBXN-109 RS-RDX Ch. 719/03.

Resultatet for aldret PBXN-109 med Ch. 719/03 RS-RDX krystaller gir en svak økning i følsomheten med om lag 5 kort eller 1-1.5 mm barriertykkelse. 50% sannsynlighet for omsetning for nyprodusert PBXN-109 av de samme krystallene var 102 kort har nå økt til 107 kort. Dette gir en barriertykkelse på 27 ± 0.5 mm eller et initieringstrykk på 53 ± 2 kbar. Sammenlignet med den aldre komposisjonen fremstilt av RS-RDX Ch. 167/03 er denne litt mer følsom. For nyproduserte testlegemer var det registrert motsatt trend.

De aldrede testobjektene ble testet ved noe lavere temperatur enn nyproduserte. De aldrede ble testet ved om lag 5°C noe som kan ha en liten effekt på følsomheten siden bindemiddelet blir noe stivere ved lavere temperatur. I tillegg har rørene som ble testet med Ch. 719/03 her gjennomgående noe dårligere tetthet enn rørene testet i starten av programmet.

3.4 Hardhetsmålinger

4 blokker, to av hver komposisjon ble aldret ved 70°C i 21 uker. Disse ble så kappet i skiver med tykkelse 11-12 mm og målt hardhet av etter 10 og 30 sekunder. Resultatene er oppsummert i tabellene 3.9 og 3.10.

Blanding nr.	Shore	Emne nr.				Gjennomsnitt	
		1	2	3	4	A _{10s}	A _{30s}
PBXN-109-167A	A _{10s}	61.7	62.7	63.5	62.5	62.6	
	A _{30s}	59.5	61	61	60.3		60.5
PBXN-109-167B	A _{10s}	56.7	58.5	57		57.4	
	A _{30s}	54.6	56.4	55			55.3
						60.0	57.9

Tabell 3.9 Shore A hardhetsresultater for PBXN-109 inneholdende RS-RDX Ch. 167/03 etter aldring ved 70°C.

Blanding nr.	Shore	Emne nr.				Gjennomsnitt	
		1	2	3	4	A _{10s}	A _{30s}
PBXN-109-719A	A _{10s}	58.5	56	59.5	58	58	
	A _{30s}	56	54	57.5	56		55.9
PBXN-109-719C	A _{10s}	59.5	59	59	58.8	59.1	
	A _{30s}	57	56.8	56.4	56.8		56.8
						58.6	56.4

Tabell 3.10 Shore A hardhetsresultater for PBXN-109 inneholdende RS-RDX Ch. 719/03 etter aldring ved 70°C.

Resultatet for begge krystall kvalitetene ligger godt innenfor kravet til hardhet for PBXN-109 gitt i referanse 16. Dette kravet er en Shore A 30 sekunder på minimum 30. For begge krystallkvalitetene har hardheten både ved 10 og 30 sekunder økt i forhold til når de var nyproduserte. For legemer med RS-RDX Ch.167/03 krystaller ble det ved t=0 målt en hardhet på 55.4 og 52.8 for henholdsvis A_{10s} og A_{30s}. Økningen er for både A_{10s} og A_{30s} om lag 5 enheter. For legemer med RS-RDX Ch. 719/03 krystaller har økningen i hardhet sammenlignet med nyproduserte prøver for både A_{10s} og A_{30s} vært på 10-11 enheter. Dette er en økning som er noe høyere enn for RS-RDX Ch.719/03 krystallene. Imidlertid ligger hardheten for RS-RDX Ch. 719/03 krystaller fremdeles lavere enn for RS-RDX Ch.167/02 krystaller.

4 SAMMENDRAG

Ingen av prøvelegemene som ble aldret tapte vekt. Imidlertid var det observert endringer i fargen på overflaten for noen av legemene.

Resultatene i Intermediate Scale Gap test for akselerert aldret PBXN-109 er av samme størrelsesorden som for ny produsert prøver. Endringene er ikke entydige siden den komposisjonen som hadde lavest sjokkfølsomhet før aldring har nå den høyest. For PBXN-109 med Ch. 167/03 krystaller er det ingen endring begge krever en barriere på 105 kort for en 50% sannsynlighet for omsetning. For PBXN-109 med Ch. 719/03 krystaller er det for aldri

testobjekt observert en økning på 5 kort fra 102 til 107 for en 50% sannsynlighet for omsetning. Denne økningen kan sannsynligvis delvis være forårsaket av en noen dårligere tetthet på fyllingen. Konklusjonen er derfor at innenfor naturlige variasjoner i resultatene er det ingen endring i sjokkfølsomheten som følge av aldringen.

Kritisk diameter viser for begge krystallpartiene en svak økning for aldra PBXN-109.

For begge krystallkvalitetene er det registrert en økning i Shore A hardhet. Økningen er størst for komposisjonen som hadde lavest hardhet før aldring.

Resultatene for akselerert aldra PBXN-109, både med hensyn på sjokkfølsomhet i Intermediate Scale Gap test og kritisk diameter, gir ingen antydninger til at benyttet RS-RDX kvalitet endrer egenskaper på grunn av aldring.

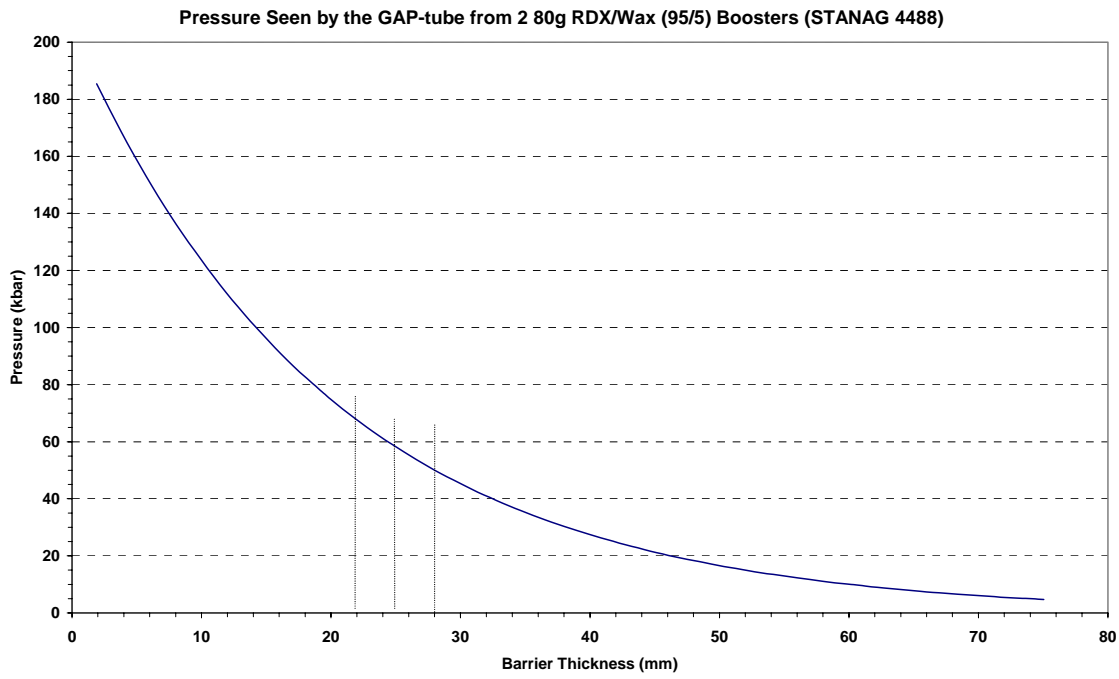
APPENDIKS

A.1 Sammenheng mellom barrieretykkelse og trykk

STANAG 4488 (14) gir sammenhengen mellom barrieretykkelse og trykket som testrørene blir utsatt for ved detonasjon av 2 overdragerer hver på 80.0 g RDX/voks/grafitt (94.5/4.5/1). Tabell App. 1 er en gjengivelse av disse dataene. Figur App. 1 er en grafisk gjengivelse av de samme dataene.

Antall kort	Barriere tykkelse (mm)	Trykk (kbar)	Antall kort	Barriere tykkelse (mm)	Trykk (kbar)	Antall kort	Barriere tykkelse (mm)	Trykk (kbar)
10	1.90	185.4	170	32.30	40.4	285	54.15	13.5
20	3.80	168.6	175	33.25	38.5	290	55.10	12.9
30	5.70	153.2	180	34.20	36.7	295	56.05	12.3
40	7.60	139.3	185	35.15	35.0	300	57.00	11.7
50	9.50	126.7	190	36.10	33.4	305	57.95	11.1
60	11.40	115.1	195	37.05	31.8	310	58.90	10.6
70	13.30	104.7	200	38.00	30.3	315	59.95	10.1
80	15.20	95.2	205	38.95	28.9	320	60.80	9.7
90	17.10	86.5	210	39.90	27.6	325	61.75	9.2
100	19.00	78.7	215	40.85	26.3	330	62.70	8.8
105	19.95	75.0	220	41.80	25.1	335	63.65	8.4
110	20.90	71.5	225	42.75	23.9	340	64.60	8.0
115	21.85	68.2	230	43.70	22.8	345	65.55	7.6
120	22.80	65.0	235	44.65	21.7	350	66.50	7.2
125	23.75	62.0	240	45.60	20.7	355	67.45	6.9
130	24.70	59.1	245	46.55	19.7	360	68.40	6.6
135	25.65	56.4	250	47.50	18.8	365	69.35	6.3
140	26.60	53.7	255	48.45	18.0	370	70.30	6.0
145	27.55	51.2	260	49.40	17.1	375	71.25	5.7
150	28.50	48.8	265	50.35	16.3	380	72.20	5.4
155	29.45	46.6	270	51.30	15.6	385	73.15	5.2
160	30.40	44.4	275	52.25	14.8	390	74.15	5.0
165	31.35	42.3	280	53.20	14.1	395	75.05	4.7

Tabell App. 1 Tabellen viser sammenhengen mellom barrieretykkelse og utøvet trykk fra overdragerene (NB korttykkelsen i tabellen er forskjelling fra den vi har benyttet!).



Figur App. 1 Figuren viser sjokktrykk som funksjon av barrieretykkelse i Intermediate Scale Gap test.

Litteratur

- (1) C. Spycykerelle, A. Freche, G. Eck and C. Boutry (2004): Ageing of I-RDX[®] and compositions based on I-RDX[®], 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 June - 2 July.
- (2) S. Lecume, C. Boutry and C. Spycykerelle (2004): Structure of Nitramines Crystal Defects Relation with Shock Sensitivity, 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 June - 2 July.
- (3) S. Lecume, J. Aviles, L. Donnio, A. Freche, C. Spycykerelle (2001): Two RDX Qualities for PBXN-109 Formulation, Sensitivity Comparison, EUROMURAT 2001, Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, Bordeaux, France, 8-11 October.
- (4) Ian J. Lochert, Mark D. Franson and Brian L. Hamshere (2003): Assessment of Australian Insensitive RDX, Insensitive Munitions & Energetic Materials Symposium, Orlando FL, USA, 10-13 March.
- (5) Nevstad Gunnar Ove (2002): Fremstilling og testing av PBXN-109 med Fransk I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/3206, Ugradert.
- (6) Nevstad Gunnar Ove (2002): Testing av sjokkfølsomhet av Dyno I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/03607, Ugradert.
- (7) Nevstad Gunnar Ove (2003): Egenskaper til PBXN-109 fremstilt fra forskjellige CXM-7 blandinger, FFI/RAPPORT-2003/02698, Ugradert.
- (8) Lori A. Nock (2004): Reduced Sensitivity RDX US and International Efforts, 39th Annual Gun & Ammunition/Missiles & Rockets Conference & Exhibition, Baltimore, MD, US, 13-16 April.
- (9) Frédéric Peugeot and Duncan Watt: (2004): RS-RDX Technical Meeting Report, NIMIC L-103, February.
- (10) Ruth Doherty and Duncan Watt (2004): Insensitive Munitions - Coming of Age, 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 June -2 July.
- (11) Nevstad Gunnar Ove (2004): PBXN-109 med RS-RDX, aldringsstudier I, 2004/02630, Ugradert
- (12) Komanschek (2003): Test procedure Accelerated Aging Test NNW (New NSM Warhead), TP-NNW-002644-06, Issue A, 10 June.
- (13) Philip Cheese, Peter Barnes, Michael Sharp, Ron Hollands, Ian Murray, Dave Mullenger, Peter Jemmett and Nigel Davis (2004): Studies of the Effect of Ageing on a Range of UK Polymer-Bonded Explosives, "Materials & Techniques for Reducing Sensitivity" 2004 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, San Francisco, CA US, 15-17 November.
- (14) North Atlantic Council (2001): Ratification draft 1 - STANAG 4488 (Edition 1) "Explosive, Shock Sensitivity Tests" NATO/PfP, Unclassified Document AC/310-D/189, 7 September.

- (15) Hartmut Badners and Carl-Otto Leiber (1992): Method for the Determination of the Critical Diameter of High Velocity Detonation by Conical Geometry, *Propellants, Explosives, Pyrotechnics* **17**, 77-81.
- (16) Naval Surface Weapons Center, White Oak Laboratory, Silver Spring Maryland 20910 (1984): Material Specification for Explosive, Plastic-Bonded, Cast PBXN-109, WS 23147B, Code Ident 53711.