

Vurdering av mulige helseeffekter ved skyting med 5,56 mm frangible ammunisjon på innendørs skytebane

Arnt Johnsen og Marita Ljønes

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

21. desember 2012

FFI-rapport 2012/02383

366312

P: ISBN 978-82-464-2185-8

E: ISBN 978-82-464-2186-5

Emneord

Ammunisjon

Frangible

Kruttgasser

Metaller

Helse

Godkjent av

Eirik Svinsås

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

I forbindelse med at Forsvarets personell benytter frangible ammunisjon innendørs, var det ønskelig fra brukernes side å få foretatt en vurdering av om utslipp fra bruk av denne typen ammunisjon kan gi helseeffekter.

For å avklare dette har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) gjennomført undersøkelse av utslippet av gasser og partikler fra bruk av 5,56 mm frangible i laboratoriet, og foretatt en måling av eksponering til personell på en innendørs skytebane som benytter 5,56 mm frangible. Denne rapporten oppsummerer resultatene, og gir en vurdering av helserisiko knyttet til bruk av 5,56 mm frangible i HK416N. Undersøkelsene er foretatt under prosjekt 366312.

Utslippsmålingene som er gjort i laboratoriet viser at det er et høyere utslipp av gasser (CO, NH₃ og HCN) ved skyting med 5,56 mm frangible i forhold til skyting med skarp ammunisjon. Disse målingene viser også at det er metallene kobber og vismut som dominerer i svevestøvet fra 5,56 mm frangible. Utslippet av kobber i svevestøvet er noe lavere enn for skarp 5,56 mm, mens nivået av vismut er på samme nivå som skarp ammunisjon. Resultatene viser at det er kobber som dominerer i svevestøvet når 5,56 mm frangible treffer målplaten, og nivået av kobber er omkring halvparten av det som måles i utslippet fra våpenet. Det er fraksjonen 0,063 – 0,125 mm som utgjør den største andelen når 5,56 mm frangible treffer målplaten.

Målingene som er foretatt av luft i pustesonen til skyttere på en innendørs skytebane på Rena, viser at det er lave konsentrasjoner av gassene CO, NH₃ og HCN. Maksimalkonsentrasjonen til CO ble registrert til 10 ppm, noe som er godt under administrativ norm for arbeidsatmosfære. Det ble ikke registrert innhold av NH₃ eller HCN på standplass, noe som viser at skytebanen har god ventilasjon.

I pustesonen til skytter ble det registrert innhold av kobber, bly, tinn og sink, mens det ikke ble registrert vismut over deteksjonsgrensen. Under skyteøvelse 1 var innholdet av metaller lavt, og godt under fastsatte normer for arbeidsatmosfære. Under skyteøvelse 2, ble det registrert ti ganger høyere konsentrasjon av kobber i luft fra pustesonen til skytter enn det som var tilfelle under skyteøvelse 1. Konsentrasjonen av kobber i luft fra pustesonen til skytter ligger på norm for kortvarig eksponering (15 minutter) under skyteøvelse 2. Det er noe usikkert hva det høye nivået av kobber skyldes. Selv om de gjennomførte skyteøvelsene er svært kortvarige og langt under 15 minutter, kan en ikke utelukke at gjentatte eksponeringer av denne typen i løpet av en dag, vil kunne føre til helseeffekter. Det var ingen av de andre målte metallene som oversteg administrativ norm for en 8-timers arbeidsdag.

Eksponeringsundersøkelsene er foretatt på en innendørs bane på Rena med god ventilasjon. Ved bruk av 5,56 mm frangible på utendørsbaner, vil en kunne få både en lavere og høyere eksponering for kruttgasser og metaller enn det som er registrert på innendørs bane. Dette vil være avhengig av de meteorologiske forholdene på standplass.

English summary

Military personnel are using frangible munitions in indoor shooting ranges. In connection with this use, measurements of the emissions and an evaluation if these emissions pose a health risk are performed.

To clarify this, the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) conducted measurements of the emission of gases and particles from the use of 5.56 mm frangible in the laboratory. A measurement of exposure to personnel in an indoor shooting range was also performed. This report summarizes the results, and gives an evaluation of the health risks associated with use of 5.56 mm frangible munitions in the weapon HK416N. The studies were conducted under project 366312.

Higher gas emissions during firing of 5.56 mm frangible compared to firing with live ammunition is observed in laboratory measurements. These measurements show also that copper and bismuth dominate the airborne dust. The emission of copper is lower than for live 5.56 mm ammunition, whereas the level of bismuth is the same as live ammunition. The emission of copper is dominant in the airborne dust when the 5.56 mm frangible projectile hit the target, and the level is about half of that measured in the emission from the weapon. It is the particle fraction ranging from 0.063 to 0.125 mm which represents the largest proportion when the 5.56 mm frangible projectile hit the target.

The measurements in the breathing zone of the shooters show low concentrations of CO, NH₃ and HCN. The maximum concentration of CO was 10 ppm, which is well below the norm for the working atmosphere. NH₃ and HCN were not detected in the indoor shooting range, indicating that the shooting range has good ventilation.

In the breathing zone of the shooter content of copper, lead, tin and zinc were detected, while the concentration of bismuth were below detection limit. During firing practice 1, metal content was low, and well below the norms for working atmosphere. During firing practice 2, the concentration of copper in air from the breathing zone was ten times higher than during firing practice 1. The level of copper in the air during practice 2 is the same as the norm for working atmosphere when short exposure (15 minutes) is considered. It is not clear why the level of copper is so much higher during this practice. Although the firing practice is of very short term and far less than 15 minutes, one cannot exclude that repeated exposures of this kind in the course of one day, could cause health effects. There was none of the other measured metals which exceed the exposure limits for an 8-hour workday.

The exposure surveys are conducted on an indoor range at Rena with good ventilation. When using 5.56 mm frangible ammunition in outdoor ranges, it is possible that exposure for gases and metals can be both lower and higher than observed in the indoor range. This will be dependent of the meteorological conditions during firing practice.

Innhold

1	Innledning	6
2	Metoder	6
2.1	Gjennomføring av undersøkelser	6
2.2	Våpen og ammunisjon	7
2.3	Kjemiske og fysiske analyser	7
3	Resultater og diskusjon	8
3.1	Utslipp fra våpen ved bruk av 5,56 mm frangible ammunisjon	9
3.2	Utslipp etter treff på målplate	12
3.3	Eksponeringskonsentrasjon for skytter	13
4	Vurdering av helserisiko ved bruk av 5,56 mm frangible	14
5	Konklusjon	16
	Litteratur	17

1 Innledning

I forbindelse med at Forsvarets personell benytter frangible ammunisjon innendørs, var det ønskelig fra brukernes side å få foretatt en vurdering av om utslipp fra bruk av denne typen ammunisjon kan gi helseeffekter. Frangible ammunisjon har prosjektiler som knuses til små partikler ved treff på målplate.

For å avklare dette har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) foretatt målinger av utslippet av gasser og partikler fra bruk av 5,56 mm frangible i laboratoriet, og foretatt måling av eksponering til personell på en innendørs skytebane. Denne rapporten oppsummerer resultatene og gir en vurdering av helserisiko knyttet til bruk av 5,56 mm frangible i HK416N. Undersøkelsene er foretatt under prosjekt 366312.

2 Metoder

2.1 Gjennomføring av undersøkelser

For å vurdere mulige helseeffekter har det vært gjennomført tre ulike typer undersøkelser:

1. Skyting med våpenet i lukket beholder for å undersøke hvilke kjemiske stoffer og mengder av disse som kommer ut ved aktuell kombinasjon av våpen og ammunisjon
2. Undersøke hvilke rester som dannes når prosjektilet treffer målplate
3. Undersøke eksponeringskonsentrasjon for personell som gjennomfører en skyteøvelse med høy intensitet med aktuell kombinasjon av våpen og ammunisjon

Punktene 1 og 2 er gjennomført i sin helhet på FFI. Lasse Sundem-Eriksen fra FFI har stått for den praktiske gjennomføringen av de skytinger som har vært gjennomført under punkt 1 og 2. Undersøkelser under punkt 3 er gjennomført på en innendørs skytebane på Rena.

Undersøkelsen i punkt 1 ble gjennomført ved at det ble skutt 10 skudd inn i en lukket beholder. Deretter ble konsentrasjonen av følgende gasser målt: karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH₃) og hydrogencyanid (HCN). I tillegg ble mengde metaller bestemt i utslippet, både i svevestøv og i partikkelfraksjonen større enn svevestøv. Det ble også foretatt undersøkelse i mikroskop på partikkelfraksjonen større enn svevestøv. Basert på måleresultatene ble utslippet av gass og svevestøv per skudd beregnet. I tillegg ble utslippet av metaller i svevestøvet og i fraksjonen større enn svevestøv beregnet per skudd.

Under punkt 2 ble det benyttet en lukket beholder med en stålplate inni som det ble skutt på. Våpenet ble holdt på utsiden av beholderen, og det ble så skutt inn i beholderen gjennom en plastfolie. Det ble skutt 10 skudd med 5,56 mm frangible ammunisjon ved bruk av våpenet HK416N. Rett etter skyting ble det samlet opp svevestøv fra den lukkede beholderen i fem minutter (10 liter). Etter dette ble det i nye fem minutter samlet opp svevestøv (10 liter), for å kunne vurdere i hvilken grad støvet sedimenterer. Støvet som hadde sedimentert inne i den

lukkede beholderen ble samlet opp. Deretter ble det foretatt en sikteanalyse på støvet for å få et mål på partikkelfordelingen.

Av praktiske hensyn, ble undersøkelsen i punkt 3 i sin helhet foretatt i skytehuset på Rena. I august 2012 ble det foretatt en måling der en skytter foretok skyting med 5,56 mm frangible og HK416N (skyteøvelse 1). I forbindelse med at det ble foretatt undersøkelser av 9 mm frangible i januar 2012, ble det for en av skytterne foretatt skyting med 5,56 mm frangible (skyteøvelse 2). Denne skyteøvelsen var forskjellig fra den som ble gjennomført i august 2012. På skytter ble det montert en CO-måler på skulderen og prøvetaker for svevestøv på skulderen. Det ble også foretatt måling av gassene NH₃ og HCN i området der det ble skutt fra. I samme området ble det foretatt prøvetaking av svevestøv ved bruk av en høyvolumprøvetaker av typen XMX-CV fra Dycor.

2.2 Våpen og ammunisjon

En oversikt over hvilke våpen og ammunisjon som er benyttet ved de ulike testene er vist i Tabell 2.1. Typen 5,56 mm frangible ammunisjon som er benyttet er samme type som i hovedsak benyttes av Forsvaret.

Undersøkelse	Våpen	Ammunisjon, NATO artikkelnummer
1	HK416N, Heckler & Koch	5,56 mm frangible, 1305-01-5925144
1	HK416N, Heckler & Koch	5,56 mm skarp NM255, 1305-25-1607274
1	HK416N, Heckler & Koch	5,56 mm skarp NM229, 1305-25-1517125
2	HK416N, Heckler & Koch	5,56 mm frangible, 1305-01-5925144
3	HK416N, Heckler & Koch	5,56 mm frangible, 1305-01-5925144

Tabell 2.1 Oversikt over våpen og ammunisjon som ble benyttet i undersøkelsene.

2.3 Kjemiske og fysiske analyser

Det ble benyttet Dräger PAC 7000 for å måle konsentrasjonen av CO i pustesonen (i hodehøyde i nærheten av nese og munn) hos skyttere. I tillegg ble det benyttet en Dräger Multiwarn II for måling av konsentrasjonen til NH₃ og HCN på standplass. For oppsamling av svevestøv ble det benyttet et IsoporeTM membranfilter av typen HTTP 0,4 µm fra Millipore. Luft ble sugd gjennom disse filtrene med en hastighet på to liter/minutt. I Tabell 2.2 er det gitt en oversikt over hvor mye luft som er sugd gjennom filtrene og tidslengde på prøvetaking av luft. Filtrene ble veid før og etter eksponering for å kvantifisere mengden partikler, og deretter oppløst med salpetersyre ved 75 °C i minimum 24 timer for å bestemme mengden metaller. Det ble også benyttet en høyvolumprøvetaker av typen XMX-CV fra Dycor, der 500 liter luft/minutt ble samlet og oppkonsentrert i 5 ml ultrarent vann. Denne enheten ble benyttet for prøvetaking av luft på standplass. Prøvetakingstid og mengde luft prøvetatt er vist i Tabell 2.2.

Innholdet av metaller i prøvene er bestemt ved bruk av ICP-MS¹, og er enten foretatt hos ALS Laboratory Group eller hos FFI. De viktigste metallene assosiert til håndvåpenammunisjon ble analysert. Disse var bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), tinn (Sn) og vismut (Bi).

Undersøkelse	Prøvetakingstid, minutt	Volum luft prøvetatt, l
Øvelse 1 Skytter 1	3	6
Øvelse 2 Skytter 1	12	24
Standplass Øvelse 1	3	1500
Ved målplatene øvelse 1	3	6

Tabell 2.2 Oversikt over mengde luft som er filtrert samt prøvetakingstid.

Innhold av metaller i 5,56 mm frangible prosjektil er bestemt ved bruk av Niton XL3t XRF (røntgenfluorescens) analysator fra Thermo Scientific.

Fragmenter fra prosjektilet etter treff på målplate ble samlet opp og siktet i fraksjoner > 2 mm, 1-2 mm, 0,5-1 mm, 0,25-0,5 mm, 0,125-0,25 mm, 0,063-0,125 mm og < 0,063 mm. Det ble benyttet en Fritsch Vibratory Sieve Shaker Analysette 3 med tilhørende sikter for fraksjoneringen av fragmenter fra prosjektilet. Det ble benyttet et Axioskop2 plus med tilhørende kamera fra Zeiss for undersøkelse av partikler i mikroskop.

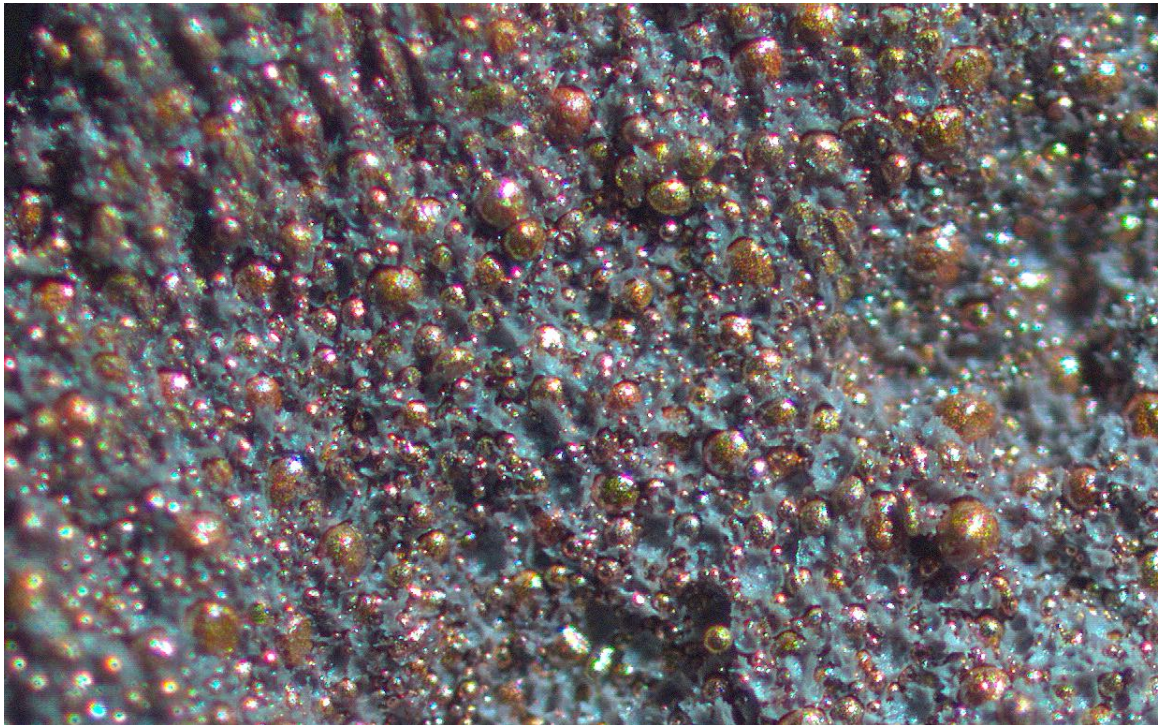
3 Resultater og diskusjon

I Tabell 3.1 er det gitt en oversikt over prosentvis mengde av ulike metaller i 5,56 mm frangible ammunisjon. Prosjektilet i 5,56 mm frangible består nærmest av 100 % kobber. Det finnes mindre mengder med tinn og sink og spor av andre metaller. Prosjektilet består av små kobberkuler som er festet sammen i en polymermatriks, noe som er illustrert i Figur 3.1.

	5,56 mm frangible prosjektil
Cu, vekt %	99
Sn, vekt %	0,4
Zn, vekt %	0,2

Tabell 3.1 Oversikt over innhold av metaller i prosjektilet til 5,56 mm frangible ammunisjon.

¹ Induktivt koblet plasma - massespektrometri



Figur 3.1 Bilde tatt i mikroskop av bruddflate til 5,56 mm frangible prosjektil før det er skutt som viser at prosjektilet består av kobberkuler i en polymermatriks.

3.1 Utslipp fra våpen ved bruk av 5,56 mm frangible ammunisjon

En oversikt over resultatene fra utslippsmålinger av gasser og svevestøv etter skyting med 5,56 mm frangible er vist i Tabell 3.2. For sammenligningens skyld er det tatt med data for skarp ammunisjon i 5,56 mm (NM255 og NM229). Det er som forventet konsentrasjonen av CO som er den høyeste av de målte gassene i utslippet. Det er nærmere dobbelt så høyt utslipp av CO fra 5,56 mm frangible i forhold til NM255, og nivået er omkring 25 % høyere enn det som er målt for NM229. Sammenlignet med NM255 er det også noe større utslipp av gassene HCN og NH₃ fra frangible ammunisjon. Utslippet av NH₃ fra NM229 er på samme nivå som for 5,56 mm frangible, mens utslippet av HCN er noe lavere for NM229 enn for 5,56 mm frangible. Det er ingen vesentlig forskjell i kruttmengden i 5,56 mm frangible og NM255 og NM229. Det er derfor mest sannsynlig at forskjeller i sammensetningen til kruttet er årsaken til de observerte forskjellene, men også andre faktorer kan ha innvirkning. Mengden svevestøv i utslippet fra 5,56 mm frangible er omtrent halvparten av det som er registrert for skarp ammunisjon. Utslippet av de målte gassene og mengden svevestøv fra 5,56 mm frangible er imidlertid betydelig høyere enn det som ble observert for 9 mm frangible [1].

	5,56 mm frangible	5,56 mm skarp NM255	5,56 mm skarp NM229
NH ₃ (mg/skudd)	28	11	33
HCN (mg/skudd)	11	1	6
CO (mg/skudd)	851	447	677
Svevestøv (mg/skudd)	22	43	45

Tabell 3.2 Oversikt over mengde gasser og svevestøv i utslippet ved bruk av 5,56 mm frangible ammunisjon. For sammenligningens skyld er det tatt med data for 5,56 mm skarp ammunisjon (NM255 og NM229).

Utslippet av metaller ved avfyring av 5,56 mm frangible er vist i Tabell 3.3 (svevestøv) og Tabell 3.4 (partikler større enn svevestøv). For sammenligningens skyld er også tilsvarende resultater for 5,56 mm skarp ammunisjon (NM255 og NM229) tatt med.

Resultatene viser at det for 5,56 mm frangible er størst utslipp av kobber i svevestøvet. I tillegg ble det registret utslipp av vismut (Bi). Utslippet av vismut kommer som følge av at dette er tilsatt kruttet. Mengden kobber i svevestøvet er noe høyere for 5,56 mm skarp ammunisjon enn det som registreres for 5,56 mm frangible. Utslippet av kobber fra NM229 er omkring tre ganger større enn det som observeres for 5,56 mm frangible. Utslippet av vismut i svevestøvet fra 5,56 mm frangible er noe lavere enn for NM255, men på samme nivå som for NM229. Det ble ikke registrert utslipp av sink eller tinn fra 5,56 mm frangible over deteksjonsgrensen i svevestøvet. Mengden kobber i svevestøvet fra 5,56 mm frangible er i overkant av syv ganger høyere enn det som observeres for 9 mm frangible [1].

Svevestøv	5,56 mm frangible	5,56 mm skarp NM255	5,56 mm skarp NM229
Cu (µg/skudd)	7950	13990	24720
Pb (µg/skudd)	< 50	173	< 50
Zn (µg/skudd)	< 600	1564	4932
Sn (µg/skudd)	< 150	< 150	< 150
Bi (µg/skudd)	3540	5400	3009

Tabell 3.3 Utslipp av metaller i partikkelfraksjonen svevestøv under avfyring av 5,56 mm frangible. For sammenligningens skyld er det tatt med data for 5,56 mm skarp ammunisjon (NM255 og NM229).

I motsetning til 5,56 mm skarp ammunisjon, er det for 5,56 mm frangible et større utslipp av kobber i fraksjonen med partikler større enn svevestøv. Spesielt stor forskjell er det mellom NM255 og 5,56 mm frangible. Dette kan være forårsaket av at frangible prosjektilet til en viss grad fragmenterer på vei ut gjennom gummimembranen i beholderen som ble benyttet for å gjøre utslippsundersøkelsen. Det kan også være en viss fragmentering av frangible prosjektilet på vei ut av løpet. Det er lite sink i fraksjonen med partikler større enn svevestøv fra 5,56 mm frangible, og

nivået er omkring tilsvarende med det som er registrert for NM255. Utslippet av sink fra NM229 er omkring ti ganger større enn for NM255 og 5,56 mm frangible. Utslippet av vismut fra 5,56 mm frangible er noe høyere enn for NM255 i fraksjonen med partikler større enn svevestøv, men noe lavere enn det som er observert for NM229. Utslippet av kobber fra 5,56 mm frangible i fraksjonen større enn svevestøv er betydelig høyere enn det som ble registrert for 9 mm frangible, mens mengden sink er på samme nivå [1].

Partikler større enn svevestøv	5,56 mm frangible	5,56 mm skarp NM255	5,56 mm skarp NM229
Cu (µg/skudd)	14820	1142	8450
Pb (µg/skudd)	32	119	46
Zn (µg/skudd)	165	134	1630
Sn (µg/skudd)	26	19	< 15
Bi (µg/skudd)	663	340	832

Tabell 3.4 Utslipp av metaller i partikkelfraksjonen større enn svevestøv under avfyring av 5,56 mm frangible. For sammenligningens skyld er det tatt med data for 5,56 mm skarp ammunisjon (NM255 og NM229).

I støv større enn svevestøv, kan det ses enkelte intakte kobberkuler som prosjektilet består av (Figur 3.2), selv om mesteparten av partikler er deformerte kuler eller fragmenterte kuler. Det blir derfor en litt annen form på de store partiklene som kommer ut av løpet ved skyting med 5,56 mm frangible, enn det som observeres når prosjektilet treffer målplaten (Kapittel 3.2).



Figur 3.2 Partikler fra 5,56 mm frangible prosjektilet i fraksjonen større enn svevestøv. Prosjektilet kan til en viss grad ha fragmentert på vei ut av løpet og når det traff gummimembranen på vei ut av testkammeret. De lysegule partiklene er uforbrent krutt, mens de brunrøde partiklene er kobberpartikler.

3.2 Utslipp etter treff på målplate

Resultatene fra undersøkelsen av metaller i svevestøvet som dannes når 5,56 mm frangible treffer målplaten er vist i Tabell 3.5. Oppsamling av svevestøv ble gjort 0-5 minutter etter skyting og 5-10 minutter etter skyting. Resultatene viser at det er kobber som dominerer i svevestøvet, men mengden tinn er betydelig høyere enn det en skulle tro ut fra sammensetningen i prosjektilet. Det relativt høye nivået av tinn i svevestøvet er nok forårsaket av det lave smeltepunktet til tinn sammenlignet med kobber. Dette fører til at tinn delvis smelter når 5,56 mm frangible treffer målplaten og gir fra seg aerosoler av tinn. Det samme forholdet ble observert for 9 mm frangible, men der var nivået av tinn betydelig høyere enn kobber som følge av et høyere innhold av tinn i prosjektilet [1]. Det er skutt 9 mm frangible på målplatene før det ble skutt med 5,56 mm frangible. Rester av tinn på målplatene fra denne skytingen kan ha forårsaket et ekstra bidrag av tinn.

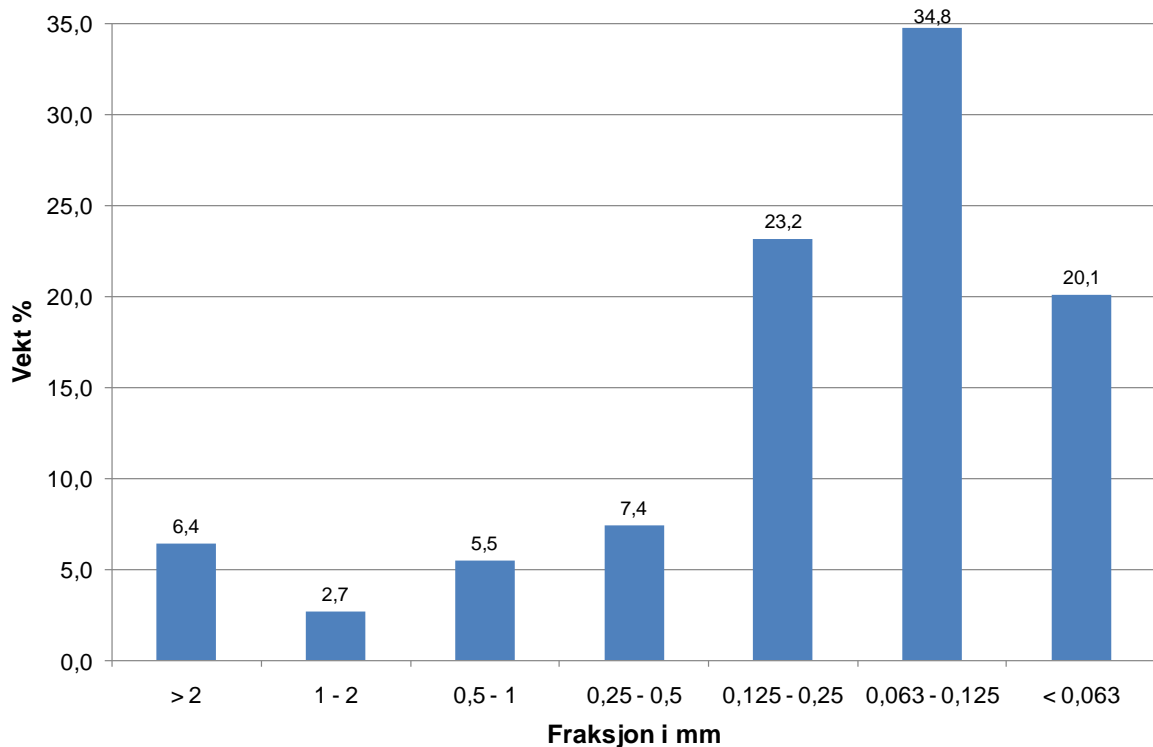
Resultatene i de to tidsintervallene viser at det er en gradvis reduksjon i konsentrasjonen av metaller som følge av at metallpartikler sedimenterer over tid.

	5,56 mm frangible Svevestøv 0-5 min	5,56 mm frangible Svevestøv 5-10 min
Cu (µg/skudd)	4080	2260
Sn (µg/skudd)	616	395
Zn (µg/skudd)	211	145
Pb (µg/skudd)	91	50

Tabell 3.5 Mengde metaller i svevestøv etter at 5,56 mm frangible treffer målplaten. Det er foretatt måling i tidsintervallet 0-5 minutter og 5-10 minutter etter skyting.

De sedimenterte partiklene etter at 5,56 mm frangible har truffet målplaten er samlet sammen og siktet i ulike fraksjoner. Resultatet er vist i Figur 3.3. Den vektmessig største fraksjonen er fraksjonen 0,063 – 0,125 mm, som utgjør i underkant av 35 vektprosent. De tre fraksjonene med de minste partiklene (< 0,25 mm) utgjør 78 % av vekten. Den tyngste partikkelen veide 0,33 gram, mens de fleste partiklene i fraksjonen > 2 mm veide mindre enn 0,2 gram. Partiklene i denne fraksjonen er ganske skjøre og lar seg lett smuldre opp. Det samme ble ikke observert for 9 mm frangible. Sammenlignet med 9 mm frangible, er andelen i fraksjonen < 0,063 mm for 5,56 mm frangible noe lavere. For 9 mm frangible var fraksjonen < 0,063 mm den største, og utgjorde 30 % [1]. Det er mange faktorer som vil være styrende for fragmenteringen av prosjektilene når de treffer en målplate. Det er derfor ikke uventet at fordelingen av partikler i de ulike fraksjonene blir forskjellig for de to ammunisjonstypene.

Partiklene som dannes når prosjektilet treffer målplaten består i hovedsak ikke av kobberkulene som prosjektilet i utgangspunktet består av. Det ser ut til at kulene fragmenterer og danner manglekantede partikler. Etter treff på stålplaten er polymermatriksen blitt separert fra kobberpartiklene.



Figur 3.3 Oversikt over fordelingen av partikler i ulike fraksjoner etter at 5,56 mm frangible har truffet målplaten.

3.3 Eksponeringskonsentrasjon for skytter

Under skyteøvelsene på en innendørs skytebane på Rena, ble det målt lave konsentrasjoner av gasser. Under både skyteøvelse 1 og 2 ble det ikke målt konsentrasjoner av CO over 10 ppm hos skytter. Det ble ikke registrert innhold av NH₃ eller HCN på standplass. Resultater fra utslippsundersøkelsen gjort i lukket kammer på FFI, viser at nivået av både NH₃ og HCN er betydelig lavere enn nivået av CO (Tabell 3.2).

Den totale mengden svevestøv var ikke målbar, men mengden av enkelte metaller kunne bestemmes. I Tabell 3.6 er konsentrasjonen av ammunisjonsrelaterte metaller over deteksjonsgrensen i luft fra innåndingssonen til skytter vist. Ikke uventet er konsentrasjonen av kobber høyest. Målinger gjort under øvelse 1 i august 2012 viser lave konsentrasjoner av metaller i luft i pustesonen til skytter. Enda lavere konsentrasjoner ble registrert på standplass under denne øvelsen. Under øvelse 2 som ble gjennomført i januar 2012, ble det i pustesonen til skytter registrert en mye høyere konsentrasjonen av kobber enn det som var tilfellet for øvelse 1. Årsaken til dette er noe uklar. Forskjellen kan være forårsaket av at denne øvelsen innebar at skytter var plassert nært målområdet på banen, og at skytter derfor i noe større grad ble eksponert for partikler fra målplatene. I dette området var det mye mer kobberstøv på gulvet fra frangible prosjektiler, og dette kan ha medvirket til noe mer eksponering for partikler, selv om dette ikke ble påvist når det ble skutt med 9 mm frangible fra samme område.

Det ble registrert en betydelig høyere konsentrasjon av kobber i luften 1 meter til siden for målplaten enn det som ble registrert i innåndingssonen til skytter. Dette har sammenheng med at det kastes ut partikler ned og til siden av målplaten når frangible prosjektilet treffer målplaten. Det mistenkes at det har sprutet kobberpartikler fra målplaten og inn i filteroppsatsen for prøvetaking av svevestøv, da innløpet til filteroppsatsen ikke var rettet vekk fra målplaten. Ved skyting med 5,56 mm frangible på målplate i lukket beholder i laboratoriet på FFI (Kapittel 3.2), ble det registrert at innholdet av kobber i svevestøv var omkring tre ganger lavere enn innholdet av kobber i svevestøv fra 5,56 mm frangible når utslippet fra våpenet ble undersøkt (Kapittel 3.1). I skytehuset ville en derfor forvente at konsentrasjonen av kobber i svevestøvet i nærheten av målskivene var lavere enn det som ble registrert i pustesonen til skytter. Ved målskivene ble det også registrert et betydelig innslag av tinn i luften. Konsentrasjonen av tinn var 24 % av kobberkonsentrasjonen, selv om 5,56 mm frangible prosjektilet kun inneholder 0,4 % tinn. Disse målplatene er også benyttet ved skyting med 9 mm frangible som inneholder rundt 10 % tinn. Rester av tinn fra skyting med 9 mm frangible på målplatene kan ha ført til et ekstra bidrag av tinn i svevestøvet. Andelen av tinn i støvet 1 meter til siden for målplatene er noe høyere (15-17 %) enn det som ble registrert ved skyting på målplate i lukket beholder i laboratoriet på FFI.

	Prøvetakingstid, min	Cu, mg/m ³	Pb, mg/m ³	Sn, mg/m ³	Zn, mg/m ³
Øvelse 1 Skytter 1	3	0,03	0,03	< 0,002	< 0,03
Øvelse 2 Skytter 1	12	0,30	0,03	0,003	0,02
Standplass øvelse 1	3	0,002	0,00009	< 0,00001	0,0004
Ved målplatene øvelse 1	3	1,0	0,02	0,24	0,08

Tabell 3.6 Oversikt over målte konsentrasjoner av metaller i luft nær pustesonen til skytterne, på standplass og en meter til siden for målplatene. Det er også tatt med tiden for prøvetaking for hver av målingene.

4 Vurdering av helserisiko ved bruk av 5,56 mm frangible

Undersøkelsene som er gjort viser at det er metallene kobber og vismut som er målbart i svevestøvet ved skyting med 5,56 mm frangible i HK416N. Det blir forholdsmessig mye tinn i luften når prosjektilet treffer målplaten, noe av dette kan imidlertid stamme fra tidligere skyting med 9 mm frangible som har 10 % tinn i prosjektilet. Utslippet av gasser er noe høyere for 5,56 mm frangible enn for skap ammunisjon i 5,56 mm.

Undersøkelsen av luftkvaliteten i pustesonen hos skytter på innendørs skytebane viser at nivået av CO er lavt under skyting, og det ble ikke registrert spor av NH₃ eller HCN i pustesonen. Dette viser at den aktuelle skytebanen har god ventilasjon, slik at avgassene ikke hopper seg opp rundt skytteren på banen. Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære [2] er for CO 25 ppm over en 8-timers dag, mens kortvarig (15 minutter) norm er satt til 100 ppm. Under skyteøvelsene som ble gjennomført, ble det ikke registrert konsentrasjoner av CO over 10 ppm. Gjennomsnitt-

konsentrasjonen av CO under de to øvelsene var betydelig lavere. Ut fra de undersøkelsene som er gjort vil det ikke være knyttet noen helsefare til eksponering for CO under skyteøvelser. Innholdet av NH₃ og HCN var så lavt at det ikke var målbart, og vil dermed heller ikke utgjøre noen form for helserisiko for skytter.

Nivået av metaller i luft fra pustesonen til skytter er lav under skyteøvelse 1, og langt under administrativ norm for arbeidsatmosfære. Det ble også registrert svært lave konsentrasjoner av metaller i luft på standplass under skyteøvelse 1. Dette viser at ventilasjonen på denne banen er god. Nivået av kobber i luft fra pustesonen til skytter under skyteøvelse 1 er tilsvarende med det som ble registrert ved bruk av 9 mm frangible. Forsvarsbygg foretok i slutten av november 2012 en undersøkelse på samme bane, der det ble skutt med 5,56 mm frangible i våpnet C8 [3]. Det ble også ved denne undersøkelsen funnet svært lave konsentrasjoner av metaller i luft fra pustesonen til skytter. Ved skyteøvelse 2 ble det registrert ti ganger høyere konsentrasjon av kobber i luft fra pustesonen til skytter. Det er noe usikkert hva dette skyldes. Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære [2] for Cu er henholdsvis 0,1 mg/m³, mens norm for kortvarig eksponering (15 minutter) er 0,3 mg/m³. Under skyteøvelse 1 var konsentrasjonen av kobber i luften godt under administrativ norm på 0,1 mg/m³. Under skyteøvelse 2 ble det registrert en betydelig høyere konsentrasjon av kobber i luft fra pustesonen til skytter, og nivået ligger på administrativ norm for kortvarig eksponering. Selv om de gjennomførte skyteøvelsene er svært kortvarige og langt under 15 minutter, kan en ikke utelukke at gjentatte eksponeringer av denne typen i løpet av en dag, vil kunne føre til helseeffekter. Det var ingen av de andre målte metallene som oversteg administrativ norm for en 8-timers arbeidsdag.

Det er viktig at det blir foretatt en jevnlig rengjøring av baner innendørs, for å fjerne rester fra ammunisjon. Dette vil hindre ekstra eksponering for skyttere som bruker banen. Rengjøringspersonell bør benytte egnet beskyttelsesutstyr for å hindre eksponering for partikler.

Eksponeringsundersøkelsene er foretatt på en innendørs bane på Rena med god ventilasjon. Ved bruk av 5,56 mm frangible på utendørsbaner, vil en kunne få en lavere eller høyere eksponering for kruttgasser og metaller enn det som er registrert på innendørs bane. Dette vil være avhengig av de meteorologiske forholdene på standplass. Gassutslippet er noe høyere for 5,56 mm frangible enn for skarp ammunisjon, mens metallutslippet er noe lavere. Ved treff av 5,56 mm frangible på målplate, vil det også oppstå metaller i svevestøv. Om det skytes på målplater nær skytter samtidig som vindretningen er mot skytter, vil dette kunne føre til en ekstra eksponering for metaller i tillegg til det som kommer ut av våpnet ved skyting. Det er vanskelig basert på eksisterende data å anslå hvilken eksponering skytter på utendørsbaner vil utsettes for, men en kan ikke utelukke at det sporadisk vil kunne oppstå helseeffekter på lik linje med bruk av skarp ammunisjon.

5 Konklusjon

De gjennomførte undersøkelsene viser at det er noe høyere gassutslipp ved skyting med 5,56 mm frangible i forhold til skyting med skarp ammunisjon. Det er metallene kobber og vismut som dominerer i svevestøvet fra 5,56 mm frangible. Utslippet av kobber er noe lavere enn for skarp 5,56 mm, mens nivået av vismut er på samme nivå som skarp ammunisjon. Utslippet av kobber er dominerende i svevestøvet når 5,56 mm frangible treffer målplaten, og nivået av kobber er omkring halvparten av det som måles i utslippet fra våpenet. Det er fraksjonen 0,063 – 0,125 mm som utgjør den største andelen når 5,56 mm frangible treffer målplaten.

Målingene som er foretatt i pustesonen til skytter og på standplass på en innendørs skytebane på Rena, viser at det er lave konsentrasjoner av gasser. Maksimalkonsentrasjonen til CO ble registrert til 10 ppm, noe som er godt under administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære. Det ble ikke registrert innhold av NH₃ eller HCN på standplass, noe som viser at skytebanen har god ventilasjon.

I pustesonen til skytter ble det registrert innhold av kobber, bly, tinn og sink. Under skyteøvelse 1 var innholdet av metaller lavt, og godt under fastsatte normer for arbeidsatmosfære. Under skyteøvelse 2, ble det registrert ti ganger høyere konsentrasjon av kobber i luft fra pustesonen til skytter enn det som var tilfelle under skyteøvelse 1. Konsentrasjonen av kobber i luft fra pustesonen til skytter ligger på norm for kortvarig eksponering (15 minutter) under denne skyteøvelsen. Det er noe usikkert hva det høye nivået av kobber skyldes. Selv om de gjennomførte skyteøvelsene er svært kortvarige og langt under 15 minutter, kan en ikke utelukke at gjentatte eksponeringer av denne typen i løpet av en dag, vil kunne føre til helseeffekter. Det var ingen av de andre målte metallene som oversteg administrativ norm for en 8-timers arbeidsdag.

Det er viktig at det blir foretatt en jevnlig rengjøring av baner innendørs, for å fjerne rester fra ammunisjon. Dette vil hindre ekstra eksponering for skyttere som bruker banen. Rengjøringspersonell bør benytte egnet beskyttelsesutstyr for å hindre eksponering for partikler.

Eksponeringsundersøkelsene er foretatt på en innendørs bane på Rena med god ventilasjon. Ved bruk av 5,56 mm frangible på utendørsbaner, vil en kunne få en lavere eller høyere eksponering for kruttgasser og metaller enn det som er registrert på innendørs bane. Dette vil være avhengig av de meteorologiske forholdene på standplass.

Litteratur

- [1] Johnsen A., Ljønes M., and Sundem-Eriksen L., "Vurdering av mulige helseeffekter ved skyting med 9 mm frangible ammunisjon på innendørs skytebane. FFI-rapport 2012/00638," Forsvarets forskningsinstitutt, 2012.
- [2] Direktoratet for arbeidstilsynet, "Veiledning om administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære. Veiledning, best.nr. 361," 2009.
- [3] Egede-Nissen C., "Måling av støv og luft under skyteaktivitet i øvingsanlegg. Rena, 25 m-bane og like kamprom. Futura-rapport 390/2012.," 2012.