

Helseplager i forbindelse med bruk av HK416 – vurdering av årsak og helserisiko

Arnljot E. Strømseng, Øyvind A. Voie, Arnt Johnsen, Svein Morten Bergsrud, Marthe P. Parmer, Bent T. Røen, Marita Ljønes, Tom Cato Johannessen og Kjetil S. Longva

Forsvarets forskningsinstitutt/Norwegian Defence Research Establishment (FFI)

27. mai 2009

FFI-rapport 2009/00820

360301

P: ISBN 978-82-464-1568-0

E: ISBN 978-82-464-1569-7

Emneord

HK416

Blyfri ammunisjon

Helseplager

Metallfeber

Kobber

Sink

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) har gitt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å finne årsakene til de helseplager som er rapportert i forbindelse med bruk av automatrifle HK416, samt å vurdere helserisiko og anbefale tiltak som minimaliserer risikoen for helseskadelig eksponering.

Forsvaret har anskaffet nye håndvåpen av typen HK416. Etter at disse riflene er tatt i bruk har det fra tid til annen blitt rapportert om helseplager i forbindelse med øvelsesskyting. Symptomene som er rapportert er: Irriterte luftveier, hoste, feber/kaldsvetting, hodepine, kvalme og leddsmerter.

Det er gjennomført undersøkelser for å teste hypoteser om at en eller flere av følgende faktorer har forårsaket helseplagene:

- Våpenets konstruksjon
- Ammunisjonens innhold og virkemåte
- Øvelsens lokalisering og gjennomføring

Utslipp fra fire ulike typer håndvåpen med blyfri og blyholdig ammunisjon ble undersøkt (det vil si åtte kombinasjoner av våpen og ammunisjon). Følgende våpen ble inkludert i undersøkelsen: AG3, Colt C8, HK416K og HK416N. Kjemiske stoffer og partikler fra de ulike våpnene og ammunisjon ble kvantifisert, og det ble gjort målinger av eksponering av skytter. Med bakgrunn i en litteraturstudie over toksiske egenskaper til relevante stoffer og partikler, ble det foretatt en vurdering av helserisiko.

En sammenlikning av innrapporterte symptomer og sammensetningen av kruttgasser fra HK416, tilsier at sannsynlig årsak til helseplagene er høye konsentrasjoner av kobber og tildels sink i avgassene. Kobber ble funnet i høye konsentrasjoner spesielt ved bruk av blyfri ammunisjon i våpnene HK416 og Colt C8. Kobber og sink kan ved inhalasjon gi metallfeber som forklarer alle de innrapporterte symptomene.

FFI mener tiltak bør iverksettes raskt for å redusere forekomsten av helseplager, og at inntil det er etablert en helhetlig tiltaksplan bør de foreløpige begrensinger som er anbefalt av bedriftsoverlegen i Forsvaret følges.

English summary

The Norwegian Defence Research Establishment (NDRE) was assigned by the Norwegian Defence Logistic Organization to elucidate the reason for the reported health hazard associated with HK416 assault rifle practicing, and to perform a health risk assessment and to propose appropriate means of risk reduction.

Ammunition contains compounds that can pose a health risk. Hence, it is important that use of ammunition is carried out in a manner that prevents personnel from being exposed at unacceptable levels. After practicing with the assault rifle HK416, recently obtained by the Norwegian Defence, soldiers have from time to time complained about health problems such as coughing, fever, chills, headache, nausea, myalgia, and sore throat.

Tests have been carried out in order to elucidate whether the following aspects are of importance to the observed health effects:

- The design of the weapon
- Ammunition content and mode of operation
- Implementation of weapon practice

In order to accomplish the tests, four weapons were tested, with two types of ammunition; lead free and with lead. These weapons were included in the test: AG3, Colt C8, HK416K and HK416N.

The tests included quantification of personnel exposure and of particles and compounds from the different weapons and ammunitions. In addition a literature study of the toxicology of relevant compounds was carried out in order to relate cause and the observed health effects.

A matching of the symptoms with the compounds in gun smoke from HK416, indicates that the health effects are caused by copper and zinc. These compounds were found at high concentrations, particularly after firing 5,56 x 45 mm lead free ammunition. Inhalation of copper and zinc are known to cause metal fume fever which is characterized by flue like symptoms.

Means of risk reduction should be carried out. These should be aimed at reducing the exposure for the shooter. This would typical be ventilation of the stand, increased distance between the shooters, etc.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Formål	7
1.2	Bakgrunn	7
1.3	Problemstilling og studiedesign	7
2	Metode	8
2.1	Valg av ammunisjon og lot-nummer	8
2.2	Våpen benyttet i undersøkelsen	8
2.3	Kjemisk sammensetning av håndvåpenammunisjon	9
2.4	Gjennomføring av undersøkelser	10
2.4.1	Test I: Kvantifisering av kjemiske stoffer og partikler i avgasser fra ulike kombinasjoner av våpen og ammunisjon	10
2.4.2	Test II: Kvantifisering av eksponering av skytter for sammenlikning med resultater i Test I	12
2.5	Teoretisk beregning av forbrenningsprodukter	13
2.6	Kjemiske analyser	13
2.7	Mikroskopering av restprodukter	13
3	Helseeffekter av stoffer i ammunisjon og forbrenningsprodukter	14
3.1	Kobber (Cu) og sink (Zn)	14
3.2	Bly (Pb)	14
3.3	Røyk og partikler	15
3.4	Ammoniakk (NH ₃):	16
3.5	Nitroglyserin	16
3.6	Karbonmonooksid (CO)	16
3.7	Andre stoffer	17
4	Resultater	17
4.1	Teoretisk beregning av forbrenningsprodukter	17
4.2	Test I	17
4.2.1	Analyse av svevestøv	19
4.2.2	Analyse av totalstøv	21
4.3	Test II	23
5	Diskusjon – vurdering av helseeffekter	24
6	Konklusjon og anbefalinger	28

6.1	Årsaker til innrapporterte helseplager ved bruk av HK416	28
6.2	Vurdering av helserisiko basert på forskjeller mellom våpen og ammunisjon	28
6.3	Anbefalte tiltak	28
	Referanser	30

1 Innledning

1.1 Formål

Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) gav Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å finne årsakene til de helseplager som er rapportert i forbindelse med bruk av automatrifle HK416, samt å vurdere helserisiko og anbefale tiltak som minimaliserer risikoen for helseskadelig eksponering.

1.2 Bakgrunn

Ammunisjon inneholder stoffer som kan være helseskadelige. Det er derfor viktig at bruken av ammunisjon skjer slik at personell ikke blir eksponert for disse stoffene i en grad som fører til skader. Frem til nylig er det ikke kjent at det har vært innrapportert ubehag eller skader som følge av øvelsesskyting med håndvåpen i Forsvaret. Kilder i Forsvaret opplyser derimot at det er allment kjent at høye konsentrasjoner av kruttgasser gir ubehag som svie i øyne, hoste, og irriterte luftveier.

Forsvaret har anskaffet nye håndvåpen av typen HK416. Disse riflene er tatt i bruk i hele Forsvaret, og det har blitt foretatt øvelsesskyting i et stort omfang. Etter at disse riflene er tatt i bruk har det blitt rapportert om helseplager. Typisk ved de tilfellene som er rapportert er at flere skyttere har hatt plager av ulik grad. Symptomene som er rapportert er: Irriterte luftveier, hoste, feber/kaldsvetting, hodepine, kvalme og leddsmerter.

1.3 Problemstilling og studiedesign

Det er flere faktorer som kan være utløsende med hensyn på å forårsake de innrapporterte helseplagene:

- Ammunisjonens virkemåte og innhold av kjemiske stoffer vil være avgjørende for hva slags restprodukter som blir produsert, og i hvilken grad disse restproduktene er helseskadelige. Derfor ble ulike typer ammunisjon inkludert i undersøkelsen for å foreta sammenlikninger. Ammunisjonen som ble undersøkt var 5,56 mm blyfri, 5,56 mm blyholdig og 7,62 mm blyfri, og 7,62 mm blyholdig.
- Våpenets utforming kan ha betydning for mengden kruttgass som dannes, og eksponering av skytteren. Derfor ble det inkludert våpen av ulike fabrikkanter, kalibere, og lengder i undersøkelsen (Colt C8, HK416 K, HK416 N og AG-3).
- Øvelsens lokalisering og gjennomføring kan også ha innvirkning på eksponering. I senere tid har det blitt anlagt flere innebygde standplasser i Forsvarets skyte- og øvingsfelt blant annet for å redusere støy fra disse. På disse standplassene er det ikke installert ventilasjonsanlegg. Under gitte forhold kan det oppstå stagnasjon av luft noe som kan

fører til forhøyede konsentrasjonen av avgasser. Det ble derfor gjort målinger på innebygd standplass i forbindelse med kvantifisering av eksponering av skytter.

Prøvetaking og analyse av kruttgasser, svevestøv og kruttrester, som skyttere potensielt kan bli eksponert for under skyting, er analysert med hensyn på å vurdere de faktorene som står omtalt ovenfor.

Det er også gjennomført en litteraturgjennomgang av toksikologiske egenskaper til stoffer som slippes ut fra våpen ved skyting for å kartlegge om det er en sammenheng mellom høye konsentrasjoner av disse stoffene og de symptomer som er innrapportert.

2 Metode

2.1 Valg av ammunisjon og lot-nummer

I undersøkelsen ble det benyttet blyfri og blyholdig ammunisjon for at disse skulle sammenlignes med hensyn på kjemisk sammensetning, samt avgasser og kruttrester etter skyting. Oversikten over disse ammunisjonstypene er vist i Tabell 2.1. I kaliber 5,56 mm blyfri ammunisjon ble det valgt å bruke samme lot som ble benyttet i en av skyteøvelsene det er rapportert om helseplager fra. For de øvrige ammunisjonstypene ble det ikke satt spesielle kriterier for utvalg av produksjonslot. Etter det FFI erfarer har det ikke vært rapportert om helseplager som følge av skyting med de blyholdige ammunisjonstypene (både 5,56 mm og 7,62 mm), eller blyfri 7,62 mm

Tabell 2.1 Oversikt over ammunisjonstype, lot nummer, identifikasjonsnummer og betegnelse

Ammunisjon	Lotnummer	Identifikasjonsnummer	Betegnelse
5,56x45 mm	02-CG-07	F1	NM229
7,62x51 mm	01-CG-03	F4	NM231
5,56x45 mm	FNB-04	B1	SS109
7,62x51 mm	7-RA-92	B2	NM60

2.2 Våpen benyttet i undersøkelsen

Det ble benyttet fire ulike våpen i testen. Dette ble gjort for å sammenligne utslipp av kruttgasser og partikler fra HK416 med andre våpen. To typer HK416 (kort og normal type) ble benyttet for å vurdere forskjeller som følge av ulik pipelengde (se Figur 2.1). Disse våpnene var nye ubrukte våpen. I tillegg til disse to våpnene, ble det også benyttet en Colt C8. Dette er et våpen i samme kaliber som HK416 og som har vært benyttet i relativt stort omfang uten at det er rapportert om helseplager. Det siste våpenet som ble benyttet var AG-3 med kaliber 7,62 x 51 mm. Dette er et våpen som Forsvaret har benyttet i stor utstrekning gjennom mange år. For å undersøke om rester fra produksjonen av HK416 eller lagringsoljen disse er innsatt med kunne medføre de innmeldte helseplagene, ble ingen våpen pusset før skyting. I Tabell 2.2 viser det en oversikt over våpnene som ble benyttet i testen med opplysninger om produsent, kaliber og pipelengde.

Våpnene ble alle testet med henholdsvis blyfri og blyholdig ammunisjon, og alle tester har dermed innebefattet åtte kombinasjoner av våpen og ammunisjon.



Figur 2.1 Forsvarets nye automatrifle HK416

Tabell 2.2 Oversikt over betegnelse, kaliber, produsent og lengden på geværløpet for våpnene som ble benyttet i undersøkelsen

Betegnelse	Kaliber	Produsent	Pipelengde
HK416 N	5,56 x 45 mm	Heckler & Koch	419 mm/ 16,5"
HK416 K	5,56 x 45 mm	Heckler & Koch	264 mm/ 10,5"
Colt C8	5,56 x 45 mm	Colt Canada (Tidligere Diemaco)	368 mm/ 14,5"
AG-3	7,62 x 51 mm	Kongsberg Våpenfabrikk	450 mm/ 17,7"

2.3 Kjemisk sammensetning av håndvåpenammunisjon

Ammunisjon inneholder ulike forbindelser av både organiske og uorganiske stoffer. Samtlige av ammunisjonstypene inneholder kobber og sink i mantelen på prosjektilet. Innholdet av metaller i de enkelte ammunisjonstypene ble målt vha et bærbart XRF (røntgen fluorescens) instrument. Resultatene fra undersøkelsen er vist i Tabell 2.3 og Tabell 2.4.

FFI har fått informasjon om kjemisk sammensetning fra leverandør (NAMMO), og har foretatt kjemisk analyse av krutt for å kontrollere at ammunisjonsloten som er benyttet i testen er iht spesifikasjonen. Detaljene omkring kjemisk sammensetning av ammunisjonen vil ikke bli publisert av hensyn til produsentens ønske. For blyholdig 5,56 x 45 mm har FFI ikke fått

informasjon om innholdet av kjemiske forbindelser i krutt eller primer siden dette er en ammunisjon som er produsert i Belgia.

Tabell 2.3 Innhold av ulike metaller i blyfri og blyholdig ammunisjon av kaliber 5,56x45 mm

Del	5.56x45 mm NM229	Vekt (g)	5.56x45 mm Blyholdig	Vekt (g)
Mantel	Cu (90 %), Zn (10 %)	1,7	Cu (90 %), Zn (10 %)	1,9
Kjerne	Fe, Si, C, Mn, P, S	2,2	Pb (96,2 %), Sb (2,5%), Sn 0,67 %	2,1
Hylse	Cu (72 %), Zn (28%)	6,6	Cu (71 %), Zn (29%)	7,0
Tennhette	Cu (72 %), Zn (28%)	0,2	Cu (72 %), Zn (28%)	0,2

Tabell 2.4 Innhold av ulike metaller i blyfri og blyholdig ammunisjon av kaliber 7,62x51 mm

Del	7,62x51 mm NM231	Vekt (g)	7,62x51 mm NM60	Vekt (g)
Mantel	Cu (90 %), Zn (10 %)	3,9	Cu (90 %), Zn (10 %)	3,2
Kjerne	Fe, Si, C, Mn, P, S	5,2	Pb (89 %), Sb (11%)	5,7
Hylse	Cu (72 %), Zn (28%)	11,7	Cu (71 %), Zn (29%)	11,7
Tennhette	Cu (72 %), Zn (28%)	0,3	Cu (72 %), Zn (28%)	0,3

2.4 Gjennomføring av undersøkelser

2.4.1 Test I: Kvantifisering av kjemiske stoffer og partikler i avgasser fra ulike kombinasjoner av våpen og ammunisjon

Gjennomføringen av Test I ble gjort den 17. mars 2009 på FFI. Testen ble gjort under like klimatiske forhold, og etter et standardisert forsøksoppsett som ble benyttet for alle kombinasjonene av våpen og ammunisjon. Hensikten med testen var å samle avgasser og partikler som dannes under skyting ved bruk av de ulike ammunisjonstypene, i kombinasjon med de aktuelle våpnene. Skytingen foregikk slik at våpenmunningen og flammedemper ble stukket inn i en oppsamlingsbeholder som var konstruert for formålet. Beholderen var laget av polyetylen (PE-LLD) plast og hadde et volum på 105 liter (se Figur 2.2). Beholderen var konstruert med en gassekspansjonspose for å takle den raske gassvolumendringen under skyting. I tillegg var det påmontert en gummimembran for å tette rundt borsepipa under skyting. All skyting i testen med de ulike våpnene og de to ammunisjonstypene ble gjennomført etter samme prosedyrer for å oppnå sammenlignbare resultater. Det ble gjort målinger av svevestøv, totalstøv, karbonmonoksid, ammoniakk og nitrose gasser.

Første delen av Test I besto i å skyte ett skudd inn i oppsamlingsbeholderen for deretter umiddelbart å koble til analyseapparater for måling av karbonmonoksid, ammoniakk og nitrose gasser. Når disse målingene var gjennomført ble det deretter avfyrt ni nye skudd inne i beholderen. Umiddelbart etter skyting ble en del av lufta i beholderen filtrert for svevestøv og en del ble sugd gjennom et tenaxrør for analyse av flyktige organiske forbindelser før beholderen ble skyllet grundig for alle rester fra skytingen (se Figur 2.3). Skyllevannet besto av rentvann tilsatt

en dråpe Zalo. Alt skyllevannet ble overført til en litersflaske av glass før det ble filtrert og restene på filteret ble veid og analysert for metaller og kruttrester.



Figur 2.2 Skyting gjennom oppsamlingsbeholder for analyse av avgasser og partikler (Våpenet vist på bildet er en Colt C8).



Figur 2.3 Skylling/vasking av beholder for å samle opp rester etter skyting med 10 skudd. Rester av krutt og metaller fra skytingen ble deretter analysert.

2.4.2 Test II: Kvantifisering av eksponering av skytter for sammenlikning med resultater i Test I

Gjennomføringen av Test II ble gjort den 18. mars 2009 på Sessvollmoen bane 17. Testen ble utført på tilsvarende måte for alle våpen- og ammunisjonstyper. Hensikten med Test II var å gjøre faktiske målinger på hva en skytter kan bli eksponert for ved intensiv skyting. Banen som ble benyttet hadde innebygget standplass som var tilsvarende de standplasser hvor soldater har meldt inn helseplager i forbindelse med skyting med HK416.

Skytingen foregikk ved at det ble avfyrt 200 skudd per våpen av Colt C8 og HK416 (kaliber 5,56 x 45 mm) og 140 skudd for AG-3 (kaliber 7,62 x 51 mm). I forbindelse med skytingen ble det gjennomført målinger av karbonmonoksid, ammoniakk og nitrøse gasser. I tillegg ble luft i nærheten av ansiktet til skytter filtrert for å bestemme mengden svevestøv og for å undersøke innholdet av flyktige organiske forbindelser. For disse målingene ble det benyttet tilsvarende utstyr som for Test I. Det ble også benyttet en partikkel teller (se Figur 3.1) for å kvantifisere størrelsesfordelingen av partikler i lufta nært ansiktet til skytteren. Skytingen foregikk med en skuddtakt på mellom 25 til 30 skudd pr minutt. Standplass ble luftet grundig mellom hver skyting.



Figur 2.4 Skyting på lukket standplass for gjennomføring av Test II. Det ble utført gass og svevestøvsmålinger for å vurdere eksponeringen til en skytter.

2.5 Teoretisk beregning av forbrenningsprodukter

Det ble gjennomført en teoretisk beregning av forbrenningsprodukter fra krutt med forskjellige inngangsparametre. Programvaren som ble benyttet var NASA-Glenn Chemical Equilibrium Program CEA2.

2.6 Kjemiske analyser

Analyse av utvalgte metaller i svevestøv og kruttresten ble gjort av ALS Scandinavia. Det ble benyttet både ICP-AES og ICP-SFMS i denne analysen. Det ble gjort analyse på elementene bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), antimon (Sb), vismut (Bi), tinn (Sn), arsen (As), kalium (K), kalsium (Ca) og svovel (S). FFI har foretatt analyse av flyktige organiske forbindelser adsorbent i tenaxrør hvor det ble benyttet Headspace GC-MS. Nitroglyserin i kruttresten ble analysert vha LC-MS.

2.7 Mikroskopering av restprodukter

Kruttrestene ble undersøkt i lysmikroskop for å verifisere om uforbrent krutt var tilstede og i så fall i hvilken grad kruttkornene var forandret i forhold til før skyting.

3 Helseeffekter av stoffer i ammunisjon og forbrenningsprodukter

Med bakgrunn i beregninger av forbrenningsprodukter og målte rester av avgasser og partikler ble det foretatt en litteraturgjennomgang av utvalgte stoffer.

3.1 Kobber (Cu) og sink (Zn)

Metallene sink og kobber kan gi metallfeber ved inhalasjon. Metallfeber forekommer ofte i fabrikker hvor metaller varmes til nær kokepunktet hvor de danner oksider. Metallfeber er spesielt vanlig etter eksponering for sinkoksid. Metallfeber gir influensaliknende symptomer som feber, frysninger, utilpasshet, kvalme, ledd og muskelsmerter, hodepine, hoste og halsvonde. Mekanismen bak metallfeber er noe uklar. Studier tyder på at man får en betennelsesreaksjon i alveolene. En teori går ut på at hvite blodceller involvert i betennelsesreaksjonen frigjør histamin-liknende stoffer etterfulgt av dannelsen av et allergen, noe som igjen fører til en allergisk respons (Kimberlie m. fl., 1998). Toleranse for eksponering kan utvikles dersom det er et opphold i eksponeringen før man blir eksponert på nytt. Metallfeber kan lett bli misoppfattet som en virusinfeksjon o.l. ettersom den gir symptomene nevnt ovenfor med feber, ledd og muskelsmerter. Metallisk smak i munnen er et symptom som skiller seg ut i fra en virusinfeksjon og er viktig for å stille riktig diagnose. Symptomene gir seg gjerne etter to-tre dager (Kimberlie m. fl., 1998). En mer alvorlig versjon av metallfeber er beskrevet i litteraturen (Kimberlie m. fl., 1998), men denne forårsakes av stoffer som ikke er tilstede i håndvåpen. Behandling for metallfeber inkluderer at man stopper eksponering, og får hvile (Kimberlie m. fl. 1998).

Administrativ norm for 8 timers yrkeseksponering for sinkoksid er 5 mg/m^3 . Denne verdien er imidlertid satt spørsmål ved ettersom metallfeber er observert hos frivillige forsøkspersoner hvor 10 av 12 personer fikk metallfeber etter 2 timers eksponering ved en konsentrasjon på 5 mg/m^3 (Fine m.fl., 1997). Andre symptomer som er observert ved inhalasjon av kobber og sink uten at det er relatert til metallfeber er hoste, nysing, brystmerter, og rennende nese. Partikler kan gi irritasjoner i øyne og slimhinner i hals og munnhule (ATSDR, 2004 og 2005).

3.2 Bly (Pb)

Blyforgiftning har forekommet etter lengre tids eksponering på skytebaner (Kimberlie m. fl., 1998). Symptomene på blyforgiftning er ofte vage og kan oppstå akutt, selv om selve forgiftningen er kronisk. Hos voksne kan symptomene inkludere nyresvikt, høyt blodtrykk, leddmerter, og impotens. Systemene som er involvert i blyforgiftning er nervesystemet, det kardiovaskulære system, magetarmsystemet, urogenitalt system og blodssystemet. Det sentrale nervesystemet er det mest kritiske organet når det gjelder forgiftning av barn. Tidlige symptomer er irritabilitet, sløvhet, hodepine, skjelvninger, trøtthet, hallusinasjoner og hukommelsestap. Perifer neuropati er mer vanlig hos voksne, noe som kan føre til svakhet. Symptomer som magesmerter, spisevegring, diaré, svimmelhet, kvalme og metallisk smak i munnen kan være tegn på blyforgiftning (Kimberlie m. fl., 1998). Ved kronisk eksponering kan man se effekter på nyrene som redusert filtreringsrate m.m. Bly hemmer også viktige enzymer i heme-syntesen, noe som fører til anemi. Leddsmerter er tidlige symptomer på akutt blyforgiftning. Bly er også teratogent

(Kimberlie m. fl., 1998). Bly er av International Agency for Research on Cancer (IARC) klassifisert som en mulig karsinogen for mennesker (IARC, 2006). Bly gir ikke metallfeber. Administrativ norm for arbeidsmiljøet omtales i Tabell 5.2.

3.3 Røyk og partikler

Generelt kan forbrenningsprodukter være giftige. Disse kan opptre på former som gass, damp, røyk, aerosoler, og partikler. Skader forårsaket av røykinhalasjon kan spores til effekter av individuelle giftstoffer i røyken. Inhalasjon av sot og aerosoler øker effekten av andre irriterende stoffer, ettersom sot fester seg til slimhinnene i respirasjonssystemet og gjør det enklere for andre irriterende stoffer å feste seg. Symptomer på inhalasjon av røyk er generelt uspesifikk og inkluderer hoste, kortpustethet, økt hjerterytme, og lavt oksygenivå i blod (Fitzgerald and Flood, 2006).



Figur 3.1 Partikkelteller for luft benyttet under målinger på eksponering av skytter

Den internasjonale betegnelsen på svevestøv er PM (PM står for "Particulate Matter"). Støvet deles inn i ulike størrelsesgrupper etter såkalt aerodynamisk diameter. PM₁₀ er en samlebetegnelse for partikler hvor minst 50 prosent av partiklene har en diameter på 10 mikrometer (µm - tusendels millimeter) eller mindre. Innenfor denne gruppen har vi tre fraksjoner:

- Grovfraksjonen er partikler mellom PM₁₀ og PM_{2,5}.
- Finfraksjonen PM_{2,5} er partikler med diameter på 2,5 µm og mindre.
- Ultrafine partikler PM_{0,1} er partikler på 0,1 µm og mindre.

Svevestøvforurensning øker risikoen for sykdommer i luftveiene og hjerte-karsystemet. Personer med astma, KOLS, lungefibrose og hjerte-karsykdom er spesielt utsatt. Eldre og personer med hjerte-karsykdom, diabetes, astma og andre lungesykdommer er særlig følsomme for svevestøv. Dyreforsøk med ulike partikler har vist at partiklene utløser en betennelsesreaksjon, og dette synes å skje med helt inerte partikler. Forsøk på frivillige har vist at også mennesker får en lokal betennelsesreaksjon når partikler kommer ned i lungene (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2009). Administrativ norm for arbeidsatmosfæren omtales i Tabell 5.2.

3.4 Ammoniakk (NH₃):

Graden av skade etter inhalasjon av NH₃ avhenger av varigheten på eksponeringen, konsentrasjonen av gass og inhalasjonsdybde. Kroniske symptomer inkluderer KOLS, “popkornlunge” og bronkiektasi, hvor den sistnevnte er sjelden (Tonelli og Pham, 2008).

Vannfri ammoniakk er sterkt løselig i vann og har meget stor affinitet for fuktige flater. I kontakt med vann dannes det ammonium hydroksid og det trigges en eksoterm reaksjon som kan skade vevet. Huden, øyne og lungene er spesielt utsatt. I tillegg til den basiske egenskapen forsåper vannfri ammoniakk epidermisk fett og denaturerer proteiner i vevet og fører til vevsdød, noe som tillater dypere gjennomtrengning og ytterligere skade og arrdannelse (Tonelli og Pham, 2008). Administrativ norm for arbeidsatmosfæren omtales i Tabell 5.2.

3.5 Nitroglyserin

Kronisk eksponering av nitroglyserin i luft i arbeidsmiljøet har gitt en sykdom som har blitt kalt “dynamitthjerte”. Dette er forårsaket av at kroppen venner seg til nitroglyserin, og dens vasodilaterende effekt, men når pasienten tar helg og ikke eksponeres for nitroglyserin kontraherer blodårene og blodtilførselen til hjertet reduseres. Dette er også omtalt som mandagsangina (Przybojewski og Heyns, 1983; RuDusky, 2001). Administrativ norm for arbeidsmiljøet omtales i Tabell 5.2.

3.6 Karbonmonoksid (CO)

CO er en fargeløs, luktfri, smakløs og ikke-irriterende gass. Tidlige symptomer på eksponering for CO er hodepine, svimmelhet, kvalme, brystmerter, og slapphet, noe som kan likne på influensa bortsett fra at CO ikke gir feber. Hodepine og svimmelhet kan oppstå etter 6-8 timers eksponering ved luftkonsentrasjoner på rundt 35 ppm. Ved høyere konsentrasjoner (1600 ppm) kan man også få unormale hjerterytmer, økt blodtrykk, hodepine svimmelhet, forvirring, kramper, bevisstløshet, og død etter mindre enn 2 timer. Manifestasjonene av akutt forgiftning utvikler seg i organer som er mest avhengig av oksygen slik som sentralnervesystemet og hjertet. Langvarig og gjentatt eksponering gir økt risiko for personer med hjertesykdommer, og gravide (Goldstein, 2008). Administrativ norm for arbeidsatmosfæren er 29,0 mg/m³ (Arbeidstilsynet, 2009). Den viktigste mekanismen for forgiftning er at gassen binder seg til hemoglobin i røde blodlegemer med høyere affinitet enn oksygen og påvirker dermed oksygentransporten i blod og oksygentilførsel til vev både ved å oppta bindingssteder for oksygen i røde blodlegemer og ved forskyvning av likevekten mellom oksygens partsialtrykk og oksyhemoglobin. Funksjonen i

følsomme organer og vev som hjerne og blodårevegger, samt blodplater kan dermed påvirkes (McGrath, 2006).

3.7 Andre stoffer

Ved siden av stoffene omtalt ovenfor vil det kunne dannes en rekke andre stoffer etter avfyring av ammunisjon. Da de målte konsentrasjoner av disse stoffene er lave, og/eller har liten giftighet er ikke disse omtalt i detalj. Stoffene som er vurdert er tinndioksid, acetonitril, hydrogencyanid, kaliumcyanid, nitrocellulose, dibutylftalat, etylcentralitt, difenylamin, tributylsitratt, kaliumbitartrat, titan, vismut og benzen.

4 Resultater

4.1 Teoretisk beregning av forbrenningsprodukter

Med bruk av programvaren NASA-Glenn Chemical Equilibrium Program CEA2 ble andelen av ulike forbrenningsprodukter beregnet med bakgrunn i det kjemiske innholdet til krutt. Tabell 4.1 oppsummerer de viktigste forbrenningsproduktene som ble identifisert. Det er karbonmonoksid (CO) som dominerer som forbrenningsprodukt, mens det slippes ut omtrent like mye av karbondioksid (CO₂), vann (H₂O) og nitrogengass (N₂). I tillegg til de nevnte forbindelsene blir det beregnet mindre utslipp av metan, hydrogen, ammoniakk, cyanid og kaliumhydroksid. Beregningene forutsetter overskudd av oksygen og uendelig raskt reaksjonshastighet, slik at det i virkeligheten vil kunne forekomme andre forbindelser enn de som er nevnt. Et slikt eksempel er sot som vil dannes ved skyting på grunn av mangel på oksygen under forbrenningsprosessen av krutt.

Tabell 4.1 De viktigste forbrenningsproduktene fra krutt.

Forbindelse	Andel av total (%)
CO	57
CO ₂	15
H ₂ O	12
N ₂	13

4.2 Test I

I

Tabell 4.2 viser en oversikt over resultatet fra de målinger gjort i Test I. Av de målte gassene er det CO som er dominerende, noe som sammenfaller med modellberegningene. Utslipet av CO er omtrent det samme for begge typene av 5,56 mm ammunisjon og våpen som er benyttet (for Colt C8 ble det pga tekniske problemer med våpen ikke gjennomført nøyaktige CO målinger, men det er forventet at nivåene ligger på samme nivå som for HK416). Utslipet av CO er rundt 60 % høyere for 7,62 mm ammunisjon som følge av at den inneholder omtrent 60 % mer krutt per patron.

Det ble nærmest ikke påvist utslipp av nitrøse gasser for noen kombinasjoner av våpen og ammunisjon. Disse forbindelsene ble det heller ikke identifisert i modellberegningene. Det ble imidlertid funnet et vist utslipp av ammoniakk fra alle kombinasjoner av våpen og ammunisjon. Modellberegningen identifiserte også et mindre utslipp av ammoniakk.

Det totale partikkelutslippet er høyest for ammunisjon skutt med HK416 K og lavest for ammunisjon skutt med AG-3. For ammunisjon skutt med Colt C8 og HK416 N er det omtrent samme utslipp og noe lavere enn for HK416 K. Det kan se ut til at det totale partikkelutslippet er noe høyere for blyholdig ammunisjon enn tilsvarende blyfri ammunisjon. Andelen svevestøv varierer noe mellom de ulike kombinasjonene av våpen og ammunisjon, men er i størrelsesorden 20 % av det totale partikkelutslippet.

Resultater fra analyse av tenaxrørene viser at det blir funnet spor av benzen, hydrogencyanid, acetonitril og 2-propennitril. Det er ikke noen vesentlige forskjeller i konsentrasjonen av disse forbindelsene ved de ulike kombinasjonene av våpen og ammunisjon.

Tabell 4.2 Oversikt over målinger og beregninger for utslipp av ett skudd av blyholdig og blyfri ammunisjon skutt med våpnene Colt C8, HK416 og AG-3.

Våpen	Colt C8	Colt C8	HK 416 N	HK 416 N	HK 416 K	HK 416 K	AG-3	AG-3
Ammunisjon	NM229	SS109	NM229	SS109	NM229	SS109	NM231	NM60
Kommentar	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly
CO (mg)*	> 60	> 60	1230	1110	1110	1350	1840	2150
NO ₂ (mg)*	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₃ (mg)*	12	10	13	9	11	10	9	15
NO (mg)*	2	2	2	2	2	2	2	2
Totalt partikkelutslipp (mg)**	104	106	108	95	120	128	40	58
Svevestøv (mg)**	37	28	29	17	28	15	7	12
Nitroglyserin (mg)**	0,79	3,31	0,69	1,21	1,02	6,49	0,71	1,86
Nitrocellulose (mg)**	4,0	16,6	3,5	6,0	5,1	32,4	13,9	41,9
Kruttrester (mg) **	5,3	27,6	4,6	10,1	6,8	54,1	17,8	41,3
Kruttrester (%) **	0,3	1,6	0,3	0,6	0,4	3,2	1,0	1,5
Benzen (mg) **	0,04	0,12	0,13	0,08	0,08	0,09	0,05	0,09
HCN (mg) **	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05
Acetonitril (mg) **	0,02	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02
2-propennitril (mg) **	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Cu i totalstøv (mg) **	30,45	16,17	32,74	10,78	16,42	4,10	1,56	0,77
Pb i totalstøv (mg) **	0,01	4,49	0,02	3,64	0,00	3,49	0,66	11,33
Zn i totalstøv (mg) **	7,15	2,72	7,33	2,22	5,51	1,57	3,59	1,98
Bi i totalstøv (mg) **	3,94	0,17	4,64	0,07	3,64	0,08	1,97	0,09
Sb i totalstøv (mg) **	0,00	0,42	0,00	0,26	0,00	0,38	0,00	0,22
Sn i totalstøv (mg) **	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,08	0,11

* ett skudd, ** beregnet per skudd

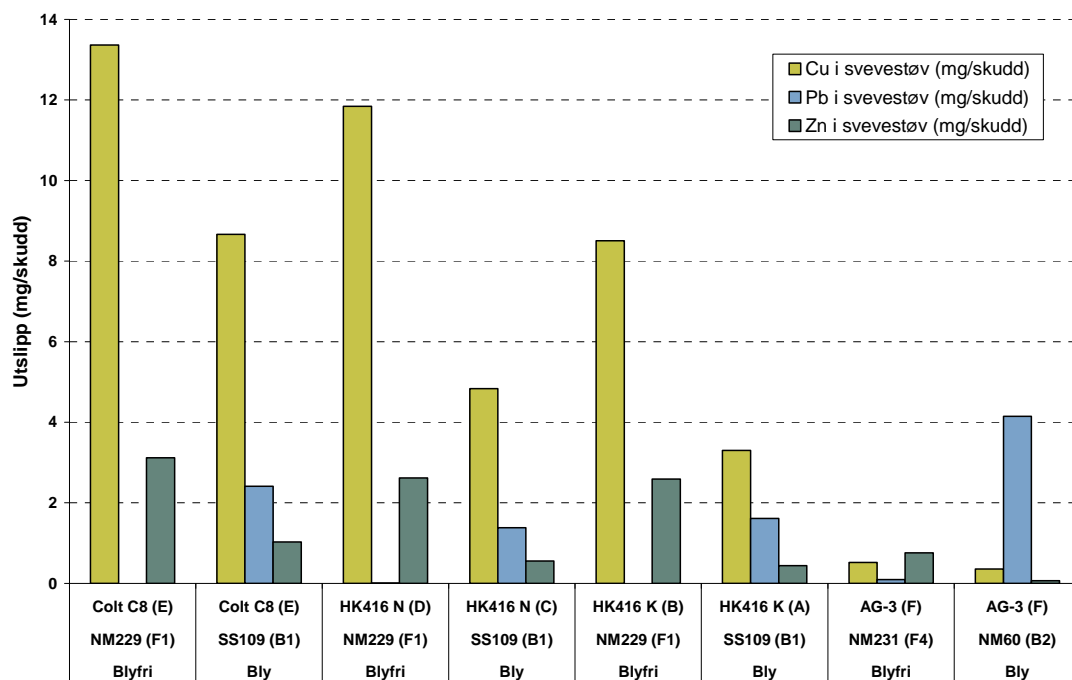
4.2.1 Analyse av svevestøv

Som det fremgår av Tabell 4.2 er utslippet av svevestøv en god del lavere enn utslippet av større partikler. For 5,56 mm ammunisjon er utslippet av svevestøv per skudd en god del høyere enn det som ble registrert for 7,62 mm, selv om 7,62 mm inneholder mer krutt enn 5,56 mm. Det tyder derfor på at det skjer en bedre omsetning av kruttet i 7,62 mm ammunisjon enn det som er tilfellet for 5,56 mm ammunisjon. Dette kan ha sammenheng med hvilken pipelengde patronene er utformet for, sett i forhold til de pipelengder som de aktuelle våpen har.

Resultatene fra målingene av utvalgte metaller i svevestøv er vist i Figur 4.1. Som det fremgår av figuren er det kobber som dominerer i svevestøvet fra ammunisjon av typen 5,56 mm. For blyfri ammunisjon av typen 7,62 mm er nivået av sink noe høyere enn for kobber. I blyholdig 7,62 mm er det nivået av bly som dominerer fullstendig i svevestøvet.

Resultatene viser at det er et mye større utslipp av kobber fra ammunisjon av typen 5,56 enn for ammunisjon av typen 7,62 mm. Det ser også ut til at utslippet av kobber i den blyfrie ammunisjonen av typen 5,56 mm er høyere enn tilsvarende blyholdig ammunisjon. Det er flere forhold som kan forårsake disse forskjellene. Kobberlegeringen i mantelen på de ulike prosjektilene er lik. Det er derfor sannsynligvis forårsaket av høyere friksjon mellom prosjektil og pipe i 5,56 mm enn i 7,62 mm, og for 5,56 mm større friksjon i blyfri ammunisjon sammenliknet med blyholdig ammunisjon. Friksjonen vil påvirkes av overflaten i løpet (påvirket av smøring og eventuelt oppbygging av mantel belegg), prosjektilens utforming (deformasjonsevne og anleggsflate mot løpet) og hastighet. Utslipp av kobber vil også kunne påvirkes av temperatur.

Det ble foretatt analyse av nitroglyserin i svevestøvet. Det ble imidlertid ikke funnet spor av nitroglyserin, noe som tyder på at svevestøvet ikke inneholder uforbrent krutt.

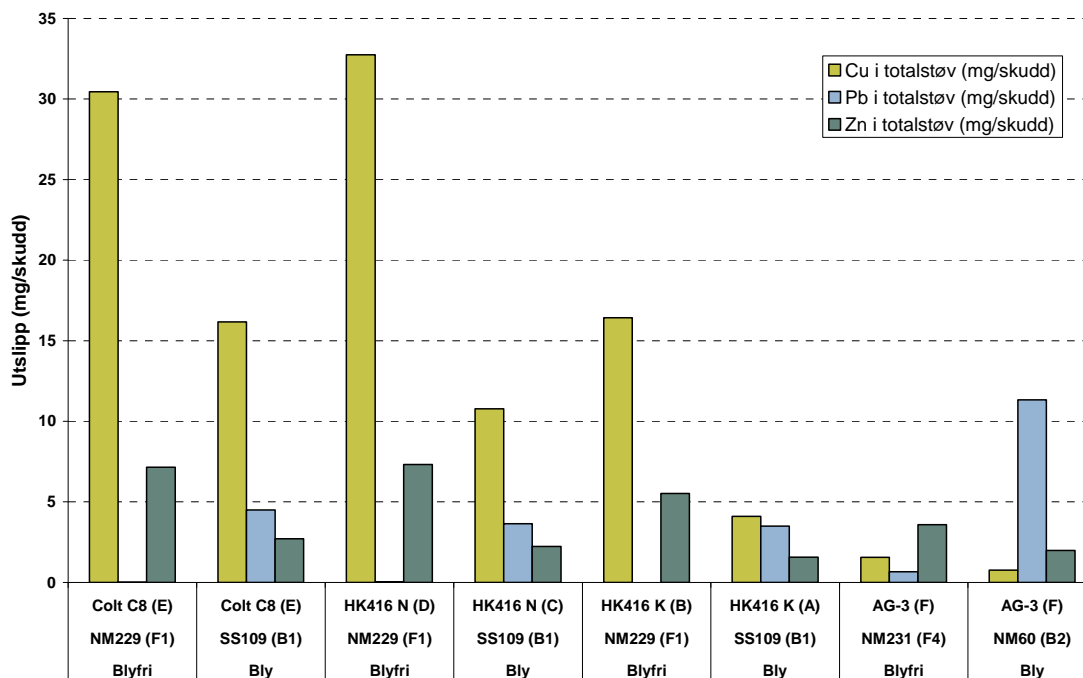


Figur 4.1 Innhold av kobber, bly og sink (mg/skudd) i svevestøv fra skyting med våpnene HK416, Colt C8 og AG-3 med bruk av både blyfri og blyholdig ammunisjon.

4.2.2 Analyse av totalstøv

Det største partikkelutslippet er i form av større partikler enn de som ble fanget opp under innsamling av svevestøv. Når mengden av svevestøv og det resterende støvet blir summert (totalstøv) er det tydelig at det er 5,56 mm ammunisjon som gir størst utslipp. Partikkelutslippet utgjør i overkant av 100 mg/skudd for denne ammunisjonsstypen, mens det for 7,62 mm er omkring halvparten av dette. Selv om det er små forskjeller kan resultatene tyde på at blyholdig ammunisjon gir et noe høyere partikkelutslipp enn tilsvarende blyfri ammunisjon.

Det viser seg at fordelingen av metaller i partiklene som ble samlet opp i beholderen er tilsvarende med det som ble funnet i svevestøv. I Figur 4.2 er utslippet av utvalgte metaller i det totale partikkelutslippet fra ulike kombinasjoner av våpen og ammunisjon vist. Det som er iøynefallende er at det er innholdet av kobber som dominerer i 5,56 mm ammunisjon. Colt C8 og HK416 N har omtrent samme utslipp av kobber for samme type ammunisjon. Det blir sluppet ut omkring 30 mg kobber per skudd blyfri ammunisjon fra disse to våpnene. Bruk av blyholdig ammunisjon i disse våpnene halverer omtrent utslippet av kobber. Ettersom sink er i legering med kobber ses det samme for sink. Ikke uventet ble det registrert utslipp av bly ved bruk av blyholdig ammunisjon. I blyholdig 7,62 mm er det utslippet av bly som dominerer fullstendig. Noe overraskende ble det også registrert utslipp av bly i den blyfrie 7,62 mm ammunisjonen. Utslippet av kobber fra 7,62 mm ammunisjon er vesentlig lavere enn det som er tilfellet for 5,56 mm.

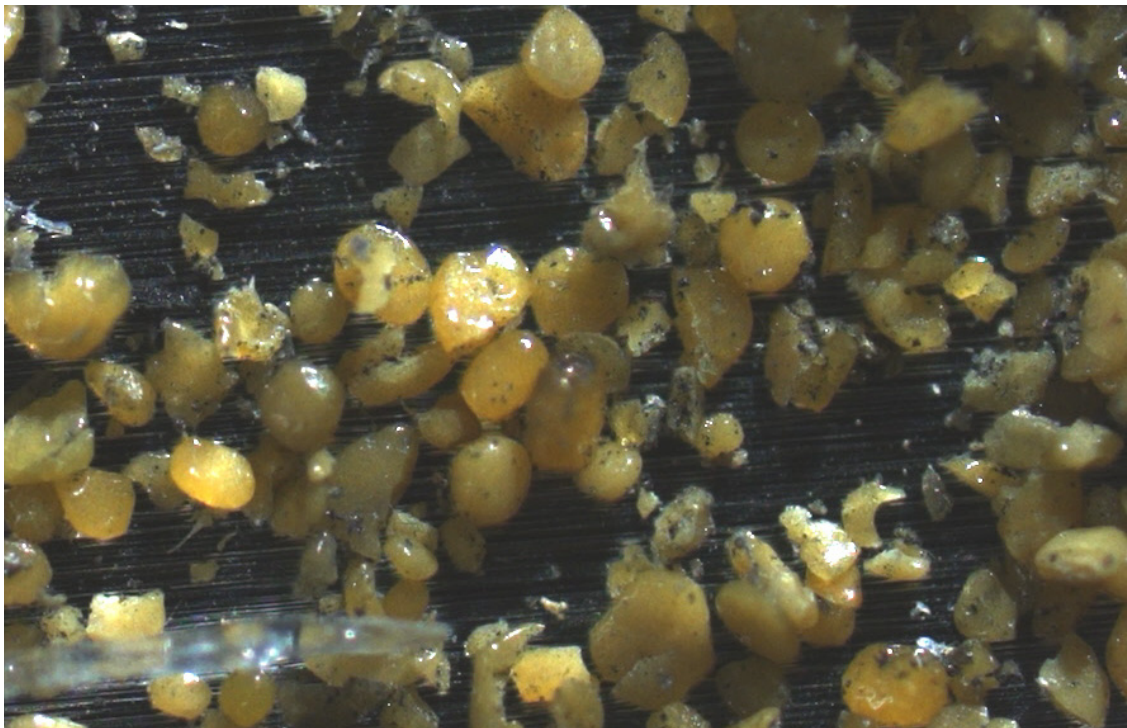


Figur 4.2 Innhold av kobber, bly og sink (mg/skudd) i totalstøv fra skyting med våpnene HK416, Colt C8 og AG-3 med bruk av både blyfri og blyholdig ammunisjon.

Mikroskopering av partiklene som ble samlet opp i beholderen, viser tydelig at det slippes ut uforbrent krutt. Dette stemmer overens med at det ble funnet nitroglyserin ved kjemisk analyse av de oppsamlede partiklene. Ut fra målingen av nitroglyserin er det gjort en beregning av mengden uforbrent krutt som slippes ut i forhold til opprinnelig mengde krutt i patronen. Utslipet av uforbrent krutt ligger rundt 0,5 % for blyfri 5,56 mm ammunisjon. For blyholdig 5,56 mm ammunisjon er utslippet av uforbrent krutt noe høyere enn for den blyfrie utgaven av ammunisjonen. Utslipet av uforbrent krutt er på rundt 1 % for blyfri 7,62 mm ammunisjon og noe høyere for den blyholdige ammunisjonen i samme kaliber. Ut fra de beregninger som er gjort er det Colt C8 med blyholdig ammunisjon som gir det høyeste utslippet av uforbrent krutt, mens AG-3 med blyholdig ammunisjon slipper ut nest mest uforbrent krutt.

Undersøkelsen i mikroskop viser at mye av det uforbrente kruttet fra 5,56 mm ammunisjon er relativt likt i form med kruttkornene før skyting. Kruttkornene er i utgangspunktet runde og sammentrykte, slik at det blir litt flate. Etter skyting kan mange kruttkorn med samme form påvises (Figur 4.3), men kullstøvet på overflaten av kruttkornene er borte. Etter skyting dannes det også enkelte fragmenter av kruttkornene .

Kruttet i 7,62 mm ammunisjon er i utgangspunktet avlange runde korn. Etter skyting er det ikke mulig å se noen kruttkorn med denne fasongen. Her er det kun fragmenter av de opprinnelige kruttkornene.



Figur 4.3 Kruttrester etter skyting med HK416 og NM229 ammunisjon.

4.3 Test II

En oppsummering av målingene som ble gjort under Test II er vist i Tabell 4.3. Vindforholdene var noe varierende under skytingen. I starten var vindretningen noe mer mot skytter enn det som var tilfellet mot slutten av testen. Det ble ikke målt nitrøse gasser (NO₂ og NO), og det var kun ved bruk av Colt C8 at det ble registrert ammoniakk under skytingen. For alle kombinasjoner av våpen og ammunisjon ble det registrert relativt høye konsentrasjoner av CO. CO konsentrasjonen varierte en del under skytingen og i Tabell 4.3 er dermed den høyeste konsentrasjonen i tillegg til den konsentrasjonen som var mer jevn under skytingen. Når skuddtaket øktes var det en tydelig økning i konsentrasjonen av CO. Ved bytte av magasin gikk konsentrasjonen av CO ned.

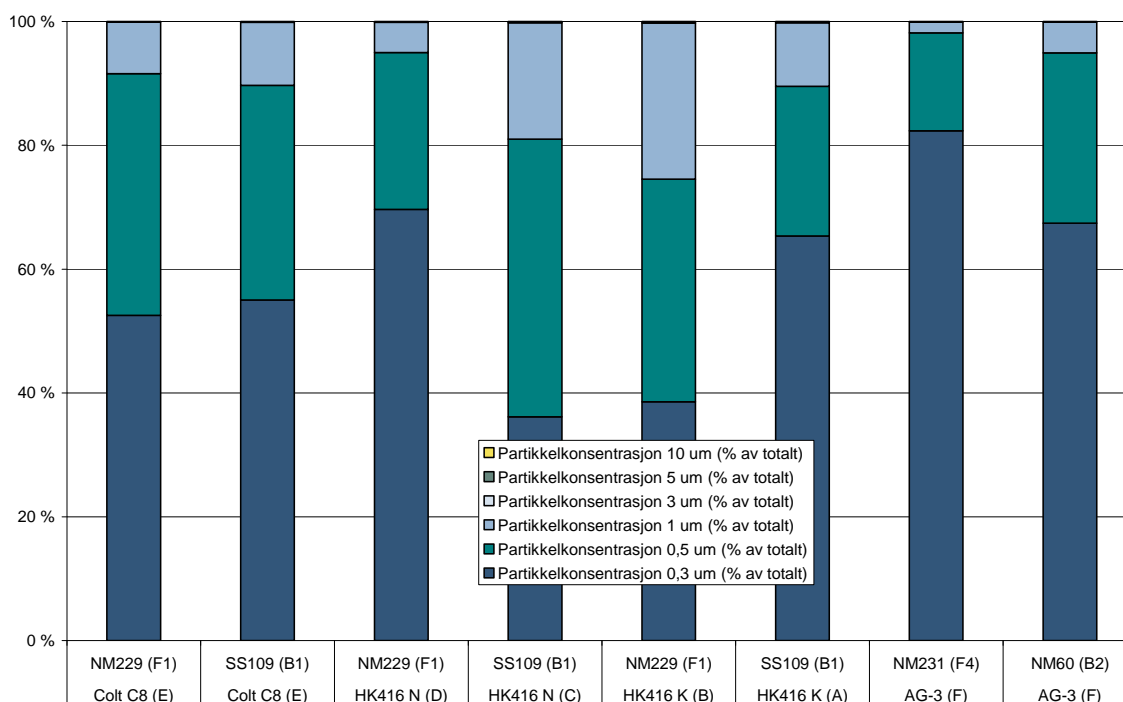
De høyeste konsentrasjonene av CO ble registrert ved skyting med Colt C8. Blyfri ammunisjon skutt med dette våpenet gav en noe lavere konsentrasjon av CO enn den blyholdige ammunisjonen. Bruk av HK416 N med blyfri ammunisjon gav en noe lavere konsentrasjon av CO enn Colt C8. Også for dette våpenet ble det registret en høyere konsentrasjon av CO ved bruk av blyfri ammunisjon. For HK416 K og AG-3 ble det registret omtrent de samme konsentrasjoner av CO ved bruk av begge typer ammunisjon.

Tabell 4.3 Målinger gjort ved ansiktet til skytter under skyting på skytebane på Terningmoen

Våpen	Colt C8	Colt C8	HK 416 N	HK 416 N	HK 416 K	HK 416 K	AG-3	AG-3
Ammunisjon	NM229	SS109	NM229	SS109	NM229	SS109	NM231	NM60
Kommentar	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly	Blyfri	Bly
Antall skudd	200	200	200	200	200	200	140	140
CO (mg/m ³)	140 - 530	70 - 430	50 - 320	60 - 120	50 - 150	50 - 120	40 - 120	50 - 180
NO ₂ (mg/m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₃ (mg/m ³)	4	0	0	0	0	0	0	0
NO (mg/m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0
Støv (mg/m ³)	0,005	0,005	0,005	0	0,025	0	0,015	0

Mengden oppsamlet svevestøv under skytingen var veldig liten og nærmest ikke målbar. Dette skyldes at prøvetakingsutstyret filtrerte 2 liter luft hvert minutt og at skytingen var over i løpet av 5 – 6 minutter. Det er derfor knyttet en del usikkerhet til disse målingene. På grunn av den lave mengden av oppsamlede partikler på filtret ble det besluttet å ikke gjennomføre kjemiske målinger på filtret.

Under skytingen ble det foretatt partikkeltellinger i luften ved ansiktet til skytter og resultatene for disse målingene vises i Figur 4.4. For alle kombinasjoner av våpen og ammunisjon er det de minste partiklene som dominerer i utslippet. Det vil si at det blir frigitt lite partikler med størrelse over 5 µm, noe som igjen vil resultere i at mesteparten av partiklene som slippes ut under skyting kan transporteres ned i lungene. Det høyeste antallet av partikler ble registrert ved bruk av 5,56 mm ammunisjon, mens bruk av 7,62 mm ammunisjon gav et noe lavere utslipp av partikler. Det er vanskelig å se noen trend i forskjellen mellom blyfri og blyholdig ammunisjon. Resultatene av partikkeltellingen kan være påvirket av noe varierende vindforhold under testen. Resultatene fra analyse av tenaxrørene viser spor av acetonitril og hydrogencyanid (HCN).



Figur 4.4 Resultater fra partikkelteiling i luft tatt fra området ved ansiktet til skytter.

5 Diskusjon – vurdering av helseeffekter

Ved avfyring av skudd er det funnet høye konsentrasjoner av kobber i kombinasjon med sink, karbonmonoksid (CO), ammoniakk og partikler i form av svevestøv (Tabell 4.2). I tillegg er det påvist en del andre stoffer i mindre konsentrasjoner. Alle stoffene er listet opp i Tabell 4.2 hvor også mengden i mg/skudd er oppgitt. For å vurdere hvilke av disse stoffene som kan forårsaker de rapporterte helseplagene ved bruk av blyfri ammunisjon med HK416 ble det foretatt en litteraturgjennomgang (se Kapittel 3). Typiske symptomer ved inhalasjon av de ulike stoffene ble notert, og det ble foretatt en sammenlikning med de observerte symptomene hos soldater (Tabell 5.1). Det er kun metallene kobber og sink som kan gi alle de symptomene som ble observert hos soldatene. Spesielt de influensaliknende symptomene feber og leddsmerter sammenfaller med metallfeber som kan forårsakes av både kobber og sink (ATSDR, 2004 og 2005). Tinn er også kjent for å gi metallfeber, men ble kun påvist i mindre mengder sammenliknet med kobber og sink. CO er kjent for også å kunne gi influensaliknende symptomer, men da uten feber og leddsmerter. CO er heller ikke irriterende for luftveiene (Goldstein, 2008). Det er imidlertid påvist høye konsentrasjoner av CO, noe som åpner for muligheten av at effekter av CO-eksponering kan være en del av symptombildet. Det er imidlertid ikke observert symptomer ved bruk av AG-3 som typisk gir høye konsentrasjoner av CO. Flere stoffer kan gi et eller flere av de observerte symptomene som hodepine og kvalme. Svevestøv i form av sot og uforbrent krutt kan gi en betennelsesreaksjon i lungene og kan bidra til å forsterke effektene av metaller. I Tabell 5.1 er det laget en rangering av de ulike stoffene på bakgrunn av hvilke symptomer de er i stand til å forårsake.

Tabell 5.1 Rangering av helseeffekter for ulike stoffer i håndvåpenammunisjon og i forbrenningsprodukter som dannes ved skyting i forhold til observerte symptomer hos norske soldater

	Irriterte luftveier	Hoste	Feber/kaldsvetting	Hodepine	Kvalme	Leddsmerter	Poeng
Kobber (Cu)	X	X	X	X	X	X	100 %
Sink (Zn)	X	X	X	X	X	X	100 %
Tinn (Sn)	X	X	X	X	X	X	100 %
Acetonitril	X			X	X		50 %
Benzen	X			X	X		50 %
Nitroglyserin				X	X		33 %
Svevestøv	X	X					33 %
CO				X	X		33 %
Bly (Pb)					X	X	33 %
NH₃	X						17 %
Vismut (Bi)							0 %

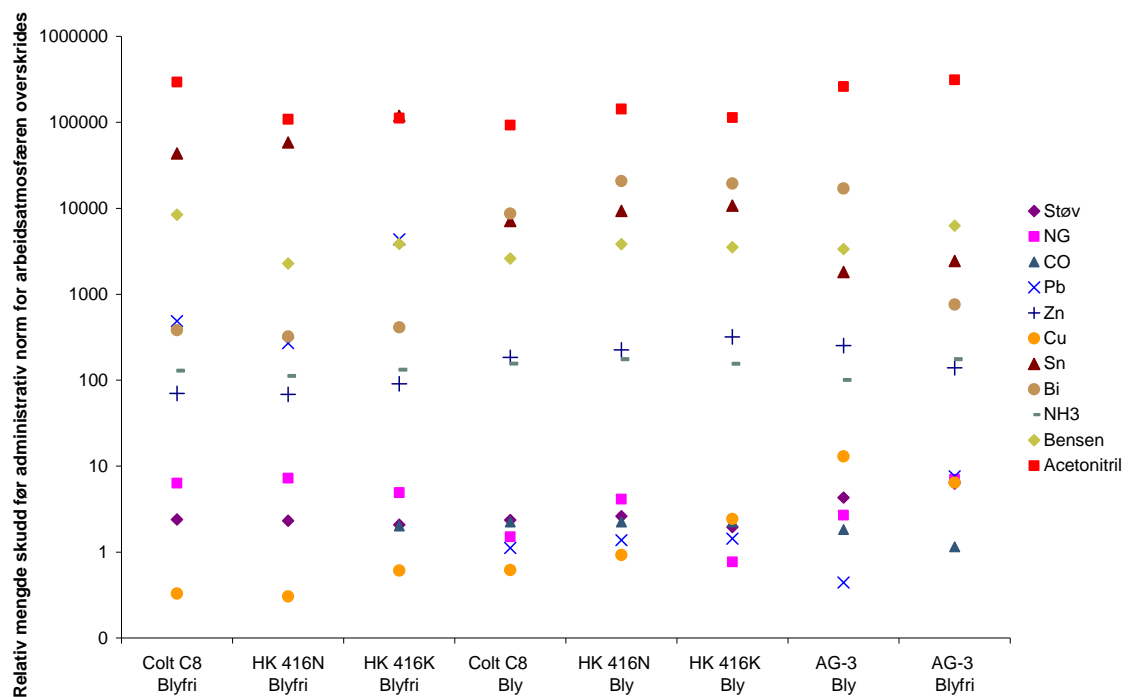
Selv om enkelte stoffer opptrer i lave konsentrasjoner kan de ha en høy giftighet og således være mer relevant for helseeffekter enn stoffer som opptrer i høyere konsentrasjoner, men som har lav giftighet. For å gjøre en helsevurdering av de ulike stoffene er det derfor viktig å ta i betraktning både mengde/konsentrasjon (Tabell 4.1) og stoffenes giftighet. I denne studien er det mest relevant å benytte administrative normer for arbeidsmiljøet som et mål på giftighet (Tabell 5.2).

Tabell 5.2 Administrative normer for arbeidsmiljøet for stoffer som er påvist ved avfyring av håndvåpenammunisjon (verdier fra Arbeidstilsynet, 2009, *Nitroglyserin har en verdi fra NIOSH, 1992).

Stoff	Administrativ norm 8 t (mg/m ³)
Acetonitril	50
Benzen	3
Bly	0,05 (røyk og støv)
CO	29
Cu	0,1 (røyk)/1,0 (støv)
HCN	5
KOH	2
NH₃	15
Nitroglyserin	0,1*
NO₂ og NO	1,1 og 30
Respirabelt støv	5
Totalstøv	10
Vismut	15
Zn	5

For å beregne stoffenes og partiklenes relative risiko ble det tatt utgangspunkt i mengden av stoffer og partikler målt i oppsamlingsbeholderen per skudd (se Tabell 4.2). Disse mengdene ble omgjort til en teoretisk konsentrasjon ved å forutsette at stoffene og partiklene blir fordelt på et begrenset volum (10 m^2). Videre deles stoffenes og partiklenes respektive normverdi på konsentrasjonen i det gitte volumet per skudd. Dermed kan man regne ut antall skudd som må til før normverdi overskrides. Det presiseres at det begrensede volumet på 10 m^2 ikke kan benyttes til å si noe om reelle konsentrasjoner ved skyting, men at den benyttes som et hjelpeverktøy for å si noe om hvordan risikoen til de ulike stoffene forholder seg til hverandre (relativ risiko). Disse beregningene er oppsummert i Figur 5.1. Kobber er det stoffet som først vil overskride sin respektive normverdi i våpentypene Colt og HK416 og da fortrinnsvis med blyfri ammunisjon. Med våpentypen AG3 er det bly som er viktigst, og da blyholdig ammunisjon. Når det gjelder metaller som kobber og sink er det usikkert når helseeffekter inntreer, men studier viser at metallfeber kan oppstå allerede ved grenseverdi (5 mg/m^3) for sinkoksid (Fine et al., 1997). Enkeltstående tilfeller av metallfeber forårsaket av kobber gir i liten grad risiko for varige plager eller sekundære effekter. Gjentatte tilfeller av metallfeber kan imidlertid gi redusert lungefunksjon. Personell som hyppig deltar i skyteøvelser bør bevisstgjøres faren forbundet med gjentatt eksponering for høye konsentrasjoner av kruttrøyk.

Bruk av blyammunisjon kan også føre til få konsentrasjoner som tidlig overskrider administrativ norm. Det er kjent at øving med håndvåpen, fortrinnsvis på innendørs skytebaner, kan gi blyforgiftning (Kimberlie m. fl. 1998). Dernest vil høy konsentrasjon av svevestøv kunne være et problem, sammen med CO. Langtidspåvirkning av høye konsentrasjoner av svevestøv er uheldig. Grenseverdien for CO er 29 mg/m^3 , men studier tyder på at konsentrasjonen må være betydelig høyere for at helseeffekter oppstår, hvor helseeffekter først og fremst er hodepine (Goldstein, 2008). Langtidseffekter som følge av eksponering for CO fra disse våpnene kan utelukkes. Nitroglyserin er også blant stoffene som kan gi en tidlig effekt. Dette gjelder først og fremst blyholdig ammunisjon. Det er ikke registrert effekter som kan tyde på eksponering for nitroglyserin etter bruk av denne typen ammunisjon tidligere. Ammoniakk (NH_3) ble også påvist i konsentrasjoner som kan være relevant. Ammoniakk er sterkt irriterende for slimhinnene. Ammoniakkkonsentrasjonen fra blyfri ammunisjon er høyere enn fra blyholdig. Langtidseffekter som følge av eksponering for ammoniakk fra disse våpnene er imidlertid lite sannsynlig.



Figur 5.1 Relativ mengde skudd avfyrt før administrativ norm for arbeidsatmosfæren overskrides ved bruk av ulike håndvåpen og ammunisjon. Relativ mengde skudd benyttes ettersom det ikke er inkludert parametere som fortynning i luft og luftutskifting, noe som ikke gjør det mulig å beregne faktisk eksponering (for Colt C8 ble det pga tekniske problemer med våpen ikke gjennomført nøyaktige CO målinger, men at det er forventet at nivåene ligger på samme nivå som for HK416).

6 Konklusjon og anbefalinger

6.1 Årsaker til innrapporterte helseplager ved bruk av HK416

Basert på innrapporterte symptomer og sammensetningen av kruttgasser fra HK416 er det sannsynlig at årsaken til helseplagene er høye konsentrasjoner av kobber og sink i avgassene. Disse stoffene kan gi alle symptomer som er innrapportert.

6.2 Vurdering av helserisiko basert på forskjeller mellom våpen og ammunisjon

Våpen i kaliber 5,56 mm med blyfri ammunisjon gir størst mengde kobber og sink, slik at risikoen for å få metallfeber er høyest for denne kombinasjonen av våpen og ammunisjon.

Våpen i kaliber 5,56 mm med blyholdig ammunisjon gir også høy risiko for metallfeber. Risikoen for metallfeber er imidlertid noe lavere enn ved bruk av blyfri ammunisjon. I tillegg vil det være en risiko for eksponering av bly i helseskadelige konsentrasjoner. Bly i avgassene gjør at risikoen er relativt høy også for blyholdig ammunisjon i dette kaliberet.

Våpen i kaliber 7,62 mm med blyfri ammunisjon gir lave nivåer av de fleste typer helseskadelige stoffer. For denne kombinasjonen er det forekomsten av svevestøv, og kobber som vil styre risikoen. Risikoen for eksponering av helseskadelige nivåer av svevestøv og kobber er imidlertid lavere enn for de andre kombinasjonene av våpen og ammunisjon, og gir den lavest risikoen i testen.

Våpen i kaliber 7,62 mm med blyholdig ammunisjon gir høye nivåer av bly. Det er denne kombinasjonen av våpen og ammunisjon som gir høyest helserisiko i testen som er gjennomført, gitt samme betingelser omkring gjennomføring av skytingen. Risikoen er ikke betydelig høyere enn ved bruk av HK416, men som følge av at bly ikke gir de samme markante akutte symptomene er det en viss mulighet for at skadelig eksponering har funnet sted uten at det er oppdaget. Det forventes at skuddtakten og omfanget av skytingen gjennomført med AG-3 vil være lavere enn ved bruk av våpen i kaliber 5,56 mm, slik at konsentrasjonen av kruttgasser ikke bygges opp like raskt. Dette betyr at det er usikkert om helseskadelig eksponering har funnet sted, men at dette ikke kan utelukkes.

Forsvarets bedriftsoverlege opplyser at personell som har vært ansett å være i en risikogruppe med hensyn på eksponering for bly har gjennomgått rutinemessige undersøkelser. Resultatet fra disse undersøkelsene tilsier at blyeksponeringen ikke er på et helseskadelig nivå.

6.3 Anbefalte tiltak

FFI mener tiltak bør iverksettes raskt, og at inntil det er etablert en helhetlig tiltaksplan bør de foreløpige forholdsregler som er anbefalt av bedriftsoverlegen i Forsvaret følges. Det er også viktig å etablere en mer grunnleggende forståelse for de fenomener som nå er avdekket, ikke minst med tanke på løsninger som fjerner eller i betydelig grad reduserer problemet.

Mulige tiltak knyttet til gjennomføring av skyteøvelser

- Bevisstgjøre skyttere og skyteledere om viktigheten av å hindre unødvendig eksponering for tett kruttrøyk
- Redusere skytefrekvens hvis mulig
- Øke avstanden mellom skyttere når ikke alle standplasser er fylt opp
- Utrede muligheten til å overvåke gasskonsentrasjonen under skyting
- Vurdering av bygningsmessige tiltak for å øke utlufting

Mulige tiltak rettet mot ammunisjon

- Finne årsaken til at det blir mer kobberstøv fra blyfri ammunisjon enn blyholdig, og mer fra kaliber 5,56mm enn fra kaliber 7,62mm, og om mulig foreta endringer
- Vurdere muligheten for å få bedre omsetning av krutt for å redusere mengden med partikler og uforbrent krutt i kaliber 5,56 mm

Medisinsk beredskap

- Etablere et standardisert undersøkelsesopplegg for skyttere som melder om helseplager, samt sikre prioritet hos bedriftshelsetjenesten (BHT) slik at det ikke går for lang tid mellom tidspunkt for inntrufne symptomer og undersøkelse

Andre momenter som Forsvaret bør være oppmerksom på vedrørende overgangen til nytt kaliber

- Som følge av større mengder sot og mer kobber i avgasser, kan det forventes økt forurensningsnivå av disse stoffene på/ved standplass. Det bør foretas en vurdering av om dette vil innebære økt helse- og miljørisiko, og om det vil være nødvendig med avbøtende tiltak

Referanser

Arbeidstilsynet (2009). Veiledning om administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære. <http://www.arbeidstilsynet.no/c28864/artikkel/vis.html?tid=28880> (07.05.09)

ATSDR (2004). "Toxicological profile for copper". U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 272 s.

ATSDR (2005). "Toxicological profile for zinc". U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 307 s.

Fine, J.M., Gordon, T., Chen, L.C., Kinney, P., Falcone, G., Beckett, W.S., (1997) Metal fume fever: Characterization of clinical and plasma IL-6 responses in controlled human exposures to zinc oxide fume at and below the threshold limit value. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 39(8), 722-726.

Fitzgerald, K.T., Flood, A.A. (2006). Smoke inhalation. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. Volume 21, Issue 4, November 2006, Pages 205-214.

Goldstein, M. (2008) Carbon monoxide poisoning. *Journal of Emergency Nursing*, 34, 538-542.
Kimberlie, A., Graeme, M.D., Pollack, Jr. C.V. (1998). Heavy metal toxicity, Part I: Lead and metal fume fever. *The Journal of Emergency Medicine*, 16(2), 171-177

IARC (2006) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 87. Inorganic and Organic Lead Compounds. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87.pdf>

McGrath, J.J (2006). Carbon monoxide. In: *Inhalation Toxicology*, second edition. Eds. Salem, H., Katz, S.A., 1034 pp. Taylor & Francis CRC Press, Boca Raton, FL, 2006

Nasjonalt folkehelseinstitutt (2009). Fakta om svevestøv og helse. Elektronisk publisering <http://www.fhi.no/artikler/?id=52980> (07.05.09).

NIOSH (1992) Recommendations for occupational health: Compendium of policy documents and statements. Cincinnati OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Health, DHHS (NIOSH). Publication No. 92-100.

Tonelli, A.R., Pham, A. (2009) Bronchiectasis, a long-term sequela of ammonia inhalation: A case report and review of the literature. *Burns*, 35, 451-453.

Przybojewski, J.Z., Heyns, M.H., (1983) Acute myocardial infarction due to coronary vasospasm secondary to industrial nitroglycerin withdrawal. A case report. *South African Medical Journal* 1983;64:101-4.

RuDusky, B.M., (2001) Acute myocardial infarction secondary to coronary vasospasm during withdrawal from industrial nitroglycerin exposure - A case report, *Angiology*, 52(2), 143-144.