



FFI-rapport 2015/00933

Skytters eksponering for metaller og avgasser ved skyting med MINIMI 5,56 og blyfri ammunisjon på utendørs skytebaner



Ida Vaa Johnsen og Arnt Johnsen



Skytters eksponering for metaller og avgasser ved skyting med MINIMI 5,56 og blyfri ammunisjon på utendørs skytebaner

Ida Vaa Johnsen og Arnt Johnsen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

14. august 2015

FFI-rapport 2015/00933

132901

P: ISBN 978-82-464-2568-9

E: ISBN 978-82-464-2569-6

Emneord

Avgassing

Krutt

Tungmetaller

Utslipp

Godkjent av

Øyvind A. Voie

Prosjektleder

Janet M. Blatny

Avdelingssjef

Sammendrag

Under en test på Bradalsmyra testsenter 3. juni 2014 ble det målt høye konsentrasjoner av kobber i pustesonen til skytter ved skyting med MINIMI 5,56. For å få et klart bilde av utslippet av metaller fra skyting med MINIMI 5,56 og blyfri ammunisjon (NM229/230 og NM255/263) ble det derfor besluttet å utføre nye utslippsmålinger. Fordi vær- og vindforhold kan ha stor innvirkning på skytteres eksponering for kruttgasser, ble testen utvidet til seks forskjellige dager for å inkludere denne variasjonen. Disse seks testene ble utført på tre forskjellige baner, der temperatur, luftfuktighet og vindretning og -hastighet ble kontinuerlig logget under testene. To forskjellige øvingsmønstre for skyting ble benyttet (50 og 300 skudd), og fire skyttere gjennomførte øvingsmønsteret samtidig. Under testene ble det samlet inn prøver for bestemmelser av metaller (Cu, Zn og Pb) i innåndingsluft, og gassene karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH₃) og hydrogencyanid (HCN) ble kontinuerlig målt. CO-konsentrasjon i utåndingsluften, som kan relateres til andelen karboksyhemoglobin (COHb) i blodet, ble også målt hos en av skytterne i hver test.

Både CO- og kobberkonsentrasjonen viste seg å være høyest rundt skytter når det var vindstille eller svak motvind i forhold til skyteretning. Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO rundt skytter i løpet av 15 minutter oversteg ved en skyteserie arbeidsmiljølovens grenseverdi for korttidseksponering (100 ppm, 15 minutter). Ved samme skyteserie (NM229/230, 300 skudd, 8. januar 2015) ble grenseverdien for korttidseksponering av kobber (0,3 mg/m³, 15 minutter) også overskredet (0,81 mg/m³). Den høyeste andelen COHb ble også målt etter denne skyteserien (4,3 %). Dette nivået er lavere enn det en antar vil gi symptomer på CO-forgiftning (10 %).

For å unngå eksponering for høye kobberkonsentrasjoner, som i ytterste konsekvens kan forårsake metallfeber, anbefales det at skyting ikke utføres når det er vindstille eller svak motvind. For å unngå eksponering for høye metallkonsentrasjoner i innåndingsluft kan filtermaske også benyttes. Ved andre vind- og værforhold kan alle Forsvarets øvingsmønstre med aktuelt våpen benyttes.

English summary

During a firing test with MINIMI performed at Bradalsmyra Test Center on 3 June 2014, high concentrations of copper in the gunners breathing zone was detected. To increase our knowledge of the emission from MINIMI when unleaded 5.56 ammunition (NM229/230 and NM255/263) is used, it was decided to conduct additional emission measurements. As weather and wind conditions may have an impact on the gunners' exposure for gun smoke, the test was repeated six different days to include this variation. These six tests were performed on three different ranges, where temperature, humidity, and wind and speed direction were continuously logged during the test. Two different firearms training programs were used (50 and 300 shots), and four gunners fired the program at the same time. Samples were collected during the tests for measurement of metals (Cu, Zn and Pb) in breathing air, and the gases carbon monoxide (CO), ammonia (NH₃), and hydrogen cyanide (HCN) were measured continuously during the test. The CO concentration in exhaled air, which can be related to the level of carboxyhemoglobin (COHb) in the blood, was measured in one of the gunners during each test.

Both CO and copper concentration appeared to be highest in the gunners breathing zone at calm air or at slight headwind relative to the firing direction. During one firing test, the 15 minutes average concentration of CO in breathing air exceeded the Norwegian Working Environment Act's limit (100 ppm, 15 minutes) for short term exposure. During the same firing test (NM229/230, 300 shots, 8 January 2015) the limit for short term exposure of copper (0.3 mg/m³, 15 minutes) was also exceeded (0.81 mg/m³). The highest level of COHb was also measured after this firing test (4.3 %). However, this level is lower than what is assumed will cause symptoms of CO poisoning (10 %).

To avoid exposure to high copper concentrations, which may cause metal fume fever, it's recommended that no firing is allowed when there is calm air or faint headwind. To avoid exposure for high metal concentrations, the gunner can use a disposable respirator. Under other wind and weather conditions than specified, MINIMI can be used with all valid firing training programs for this weapon.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Formål	7
1.2	Bakgrunn	7
1.3	Mulige helseeffekter og grenseverdier.	8
2	Metode	10
2.1	Studiedesign	10
2.2	Utstyr og analyse	11
3	Resultater	13
3.1	Værdata	13
3.2	Målte konsentrasjoner av CO	15
3.2.1	Andel karboksyhemoglobin i blodet til skyttere	18
3.3	Målte konsentrasjoner av NH ₃ og HCN	18
3.4	Metaller	19
3.5	Partikkeldistribusjon	21
4	Diskusjon	22
4.1	Værdata	22
4.2	Konsentrasjon av CO rundt skytter	23
4.3	Metaller	23
5	Vurdering av helserisiko ved skyting med MINIMI og blyfri ammunisjon	24
5.1	Eksponering for gasser	24
5.2	Eksponering for metaller	24
6	Konklusjon	24
	Referanser	25
	Vedlegg A	26
	Vedlegg B	29

1 Innledning

1.1 Formål

Det ble i juni 2014 målt høye metallkonsentrasjoner i luften rundt skytter ved skyting med MINIMI 5,56 og blyfri ammunisjon (Voie 2014). Målinger som er foretatt av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) før dette har vist noe varierende nivåer av metaller i luften rundt skytter ved skyting med blyfri ammunisjon i MINIMI 5,56, (Ljønes et al. 2013), men nivået har ikke vært på høyde med det som ble registrert i juni 2014. Formålet med de undersøkelsene presentert i denne rapporten, var å undersøke om skyttere kan bli utsatt for helsefarlige nivåer av metaller, røyk og kruttgasser når det blir skutt med blyfri ammunisjon (NM229/NM230 og NM255/NM263) og MINIMI 5,56.

1.2 Bakgrunn

Gass- og partikkelutslipp ved avfyring av NM229/NM230 og NM255/NM263 i MINIMI 5,56 er tidligere målt under kontrollerte betingelser i laboratoriet ved FFI (Dullum 2014). Resultatene viste at det ikke var signifikante forskjeller i utslipp av kobber og sink mellom disse ammunisjonstypene. Det er derfor grunn til å argumentere for at NM229/NM230 ikke gir større helsemessige konsekvenser enn NM255/NM263 ved skyting med MINIMI 5,56. Dette står i kontrast til bruk av samme ammunisjon i HK416, hvor NM229/NM230 slipper ut mer kobber og sink enn NM255/NM263. For å undersøke hva skytterne eksponeres for av kruttgasser ved bruk av blyfri ammunisjon under feltmessige betingelser, ble det foretatt målinger av gass- og partikkelutslippet ved skyting av de to nevnte variantene av blyfri ammunisjon i MINIMI 5,56 på Bradalsmyra testsenter den 3. jun.2014 (Voie 2014). Denne undersøkelsen viste at skytterne ble eksponert for høye konsentrasjoner av kobber fra begge ammunisjonstypene (opp til 3,7 mg/m³). Kobber-konsentrasjonen i luften rundt skytter oversteg dermed grenseverdien for korttidseksponering (< 15 minutter) for arbeidsatmosfære på 0,3 mg/m³ (Arbeids- og sosialdepartementet 2014). Det ble ikke funnet noen vesentlige forskjeller i utslippet mellom de to ammunisjonstypene som ble benyttet.

Tidligere undersøkelser av forurensningsnivået i luft rundt skytter ved skyting med både blyholdig og blyfri ammunisjon i MINIMI 5,56 på utendørs standplasser (Ljønes et al. 2013; Thomassen et al. 2011), har vist at konsentrasjonen av metaller i luft rundt skytter varierer. Ved hjelp av forsøkene beskrevet i denne rapporten var hensikten å finne ut om variasjoner i metall og CO konsentrasjon rundt skytter kan skyldes vær og vindforhold.

Før godkjenning av ammunisjon for bruk i MINIMI 5,56, ble det av Kontrollgruppen for ammunisjon og helseplager bestemt at det skulle foretas ytterligere undersøkelser av forurensningen rundt skytter ved skyting med blyfri ammunisjon i MINIMI 5,56. Dette for å gi et bedre grunnlag for Forsvarets hovedarbeids-miljøutvalg (FHAMU), å anbefale at den aktuelle sammensetning av våpen og ammunisjon blir godkjent til bruk. Kontrollgruppen for ammunisjon og helseplager består av Toppunkt Safety (Dag Olav Kleppestø), Sjef Forsvarets bedriftshelsetjeneste (Gunnar Skipenes), Sjef HMS i Forsvaret (Lars Toftegård), FFI (Øyvind

Voie), Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) (Per Johny Pedersen) og Forsvarsbygg Futura (Cecilie Helgerud). Mandatet for denne gruppen er å støtte Hovedverneombudet i Forsvaret og FHAMU med hensyn til å gi organet et riktig beslutningsgrunnlag for å foreta hensiktsmessige tiltak mot helseplager fra bruk av ammunisjon.

I samarbeid med Hærens våpenskole (HVS), FLO og FFI ble det utarbeidet et program for skyting. Det ble besluttet at det skulle utføres seks nye målinger av gass- og partikkelutslipp fra MINIMI for begge ammunisjonstypene NM229/NM230 og NM255/NM263. Det skulle skytes en serie med 50 skudd og en serie med 300 skudd som var henholdsvis minimum og maksimum antall skudd i henhold til skytetabeller. Det ble tatt hensyn til variabel eksponering i forhold til vær, vind og skytebanens utforming ved at testene ble utført på seks forskjellige dager og på tre forskjellige baner. Temperatur, luftfuktighet, vindretning og vindhastighet ble logget under testene.

1.3 Mulige helseeffekter og grenseverdier.

En rekke av komponentene i utslipp fra våpen og ammunisjon kan potensielt være helseskadelig for bruker. I 2009 utførte FFI en litteraturstudie for å kartlegge hvilke komponenter som kunne være helseskadelige i avgasser fra våpen og ammunisjon (Strømseng et al. 2009). Det ble funnet at både kobber (Cu), sink (Zn), Bly (Pb), røyk, partikler, ammoniakk (NH₃), nitroglyserin og karbonmonoksid (CO) potensielt kan føre til helseskader (Tabell 1.1).

Tabell 1.1 Mulige helseeffekter og symptomer ved eksponering for stoffer som slippes ut fra våpen og ammunisjon (Strømseng et al. 2009). Tiltaks- og grenseverdier er hentet fra forskrift til arbeidsmiljøloven (Arbeids- og sosialdepartementet 2014).

Stoff	Helseeffekt og symptomer	Tiltaks/grenseverdi
Kobber	Kan gi metallfeber ved inhalasjon. Symptomer kan være: feber, frysninger, kvalme, muskel- og leddsmerter, hodepine, halsvondt og hoste. Symptomer ved inhalasjon som ikke er koblet til metallfeber kan være: hosting, nysing, brystmerter og rennende nese.	0,1 mg/m ³ (8 t) 0,3 mg/m ³ (15 min)
Sink	Kan gi metallfeber ved inhalasjon, i likhet med kobber.	5 mg/m ³ (8 t) ¹
Bly	Blyforgiftning, kan forekomme etter lengre tids eksponering: nyresvikt, høyt blodtrykk, leddsmerter og impotens. Tidlige symptomer kan være: irritabilitet, sløvhet, diaré, svimmelhet, kvalme og metallisk smak i munnen.	0,05 mg/m ³ (8 t)
Forbrenningsprodukter (røyk og partikler)	Inhalasjon av sot og aerosoler kan øke effekten av andre irriterende stoffer. Symptomer kan være: hoste, kortpustethet, økt hjerterytme og lavt oksygeninnivå i blodet. Svevestøv vil øke risiko for sykdommer i luftveiene og hjerte- og karsykdommer.	10 mg/m ³ totalstøv (8 t)
Ammoniakk	Kroniske symptomer som KOLS, "popkornlunge" og bronkiektasi kan forekomme. Vannfri ammoniakk har stor affinitet for vann og kan derfor feste seg til øyne, hud og lunger og forårsake ødeleggelse av vev.	15 ppm (8 t) 50 ppm (15 min)
CO	Eksponering for CO kan forårsake hodepine, svimmelhet, kvalme, brystmerter og slapphet (13-30 % COHb ² i blodet). Eksponering for høye konsentrasjoner (1600 ppm) kan føre til høy hjerterytme, økt blodtrykk, hodepine, svimmelhet, forvirring, kramper, bevisstløshet og død.	25 ppm (8 t) 100 ppm (15 min)

¹ Gjelder for sinkoksid

² Karboksyhemoglobin

2 Metode

2.1 Studiedesign

Testene ble utført på Rødsmoen skyte- og øvingsfelt og på Terningmoen skyte- og øvingsfelt på seks forskjellige dager i desember 2014 og januar 2015 (Tabell 2.1).

Tabell 2.1 Dato skytetestene ble utført, samt sted bane og skyteretning denne dagen.

Dato	Sted/bane	Skyteretning
11.12.2014	Rødsmoen/Bane A	Nord
12.12.2014	Rødsmoen/Bane A	Nord
07.01.2015	Terningmoen/Bane 17	Sørvest
08.01.2015	Terningmoen/ Bane 17	Sørvest
21.01.2015	Terningmoen/ Bane 21	Sør
22.01.2015	Terningmoen/Bane 17	Sørvest

Testen ble utført med to forskjellige skytetabeller (50 og 300 skudd) og to forskjellige ammunisjonstyper (NM229/NM230 og NM255/NM263). Våpenet som ble testet var en MINIMI 5,56. Det ble skutt fire serier hver av testdagene; 50 og 300 skudd med henholdsvis NM229/NM230 og NM255/NM263. Det ble foretatt ett pipeskift ved skyting av 300 skudd. Det ble skutt i eget tempo i byger på 3-6 skudd. Fire skyttere var med på testen og disse skjøt samtidig (Figur 2.1).



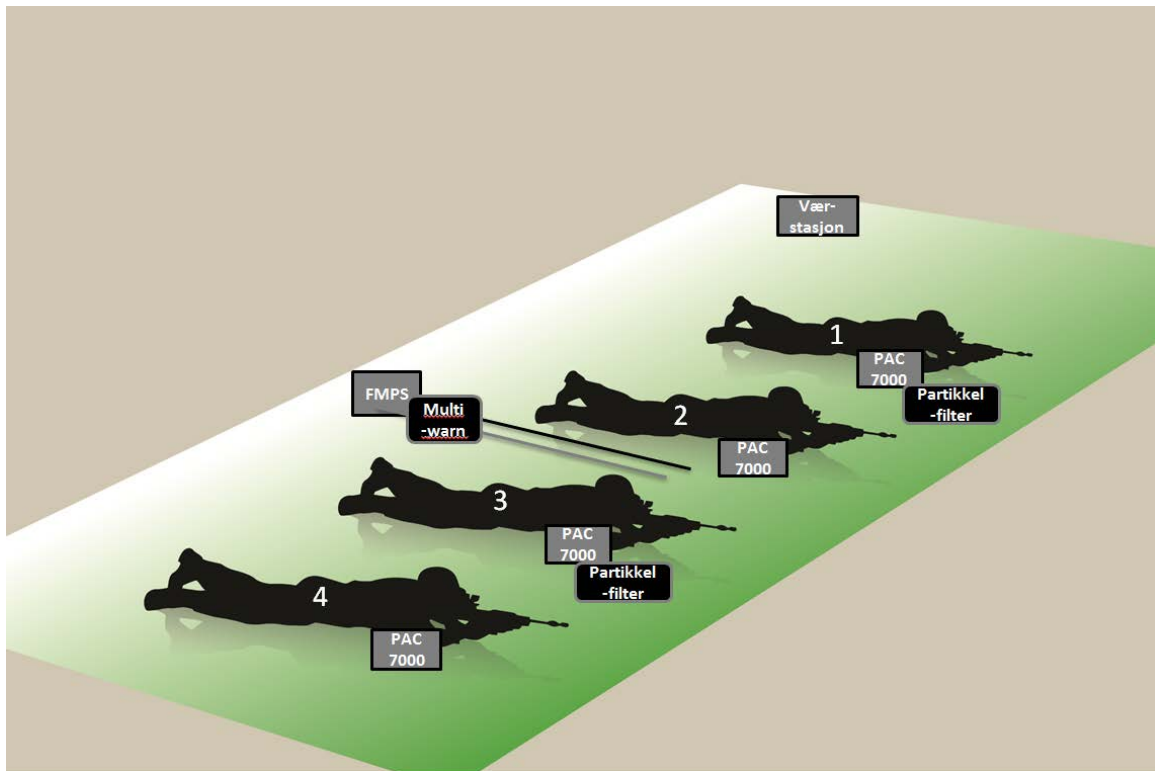
Figur 2.1 Bildet er tatt under skyting på Rødsmoen 12.des.2014. Tre av skytterne skyter, mens nummer fire (nærmest kamera) er ferdig. Kruttrøyken kan observeres foran skytterne.

2.2 Utstyr og analyse

Forskjellige analyseinstrumenter ble benyttet for å analysere avgasser og partikkelutslipp fra skytingen (Tabell 2.2). En PAC7000 fra Dräger ble festet på skulderen til hver skytter for å overvåke CO konsentrasjonen i pustesonen. Disse detektorene logget CO konsentrasjonen hvert tiende sekund. For å få en oversikt over metallstøvet skytterne ble utsatt for, ble to av skytterne utstyrt med en pumpe fra SKC koblet til en filterkassett med filter fra Millipore. Filterkassetten ble også festet i pustesonen til skytter. Pumpen sugde luft fra innåndingssonen med en hastighet på 2 liter/minutt. Totalt ble det prøvetatt i 15 minutter for hver skyteserie, for å få et gjennomsnitt over den tiden som regnes som grense for korttidseksposering. Multiwarn II fra Dräger ble plassert midt mellom skytter nummer 2 og 3, og målte gassene CO, NH₃ og HCN. Det ble foretatt karakterisering av partikkelstørrelse med en Fast Mobility Particle Sizer Spectrometer (FMPS) fra TSI. Denne ble plassert på samme sted som Multiwarn II, men ble kun benyttet 22. januar 2015. En værstasjon ble plassert et lite stykke unna skytterne for å få registrert vindhastighet, vindretning, temperatur og luftfuktighet. Værstasjonen logget data hvert femte minutt. Figur 2.2 viser oppsettet av analyseinstrumentene i forhold til skytterne på standplass. Den 07. januar 2015 var det en del problemer med måleinstrumentene. CO ble derfor kun målt ved et punkt (skytter 3, Figur 2.2). For å kontrollere skytternes eksponering av CO, ble % karboksyhemoglobin (COHb) målt hos en av skytterne før skytingen startet og etter hver skyteserie. Dette ble gjort med en ToxCO (Tabell 2.2) fra Bedfont Scientific som måler CO i luften som pustes ut og relaterer dette til prosent COHb.

Tabell 2.2 *Analyseinstrumenter og utstyr brukt for å analysere kruttrøyken og generert svevestøv under skyting.*

Instrument	Analyseparameter	Kommentarer
PAC 7000	CO	-Fra Dräger -Elektrokjemisk detektor -Måler i området 0-2000 ppm -Logger data hvert 10. sekund
FMPS	Partikler	-Fra TSI -Teller antall partikler i størrelsesområdet 10 – 560 nm
Multiwarn II	HCN, CO, NH ₃	-Fra Dräger -Elektrokjemisk detektor -Logger data hvert sekund
Luftfilter	Metaller	-Fra Millipore -Membranfilter av typen http -Porestørrelse 0,4 µm -Luftgjennomstrømning på 2 L/min
Værstasjon	Vindretning og -styrke, luftfuktighet og temperatur	-Logger værd data hvert 5. minutt
ToxCO	% COHb	-Fra Bedfont Scientific -ToxCO beregner % COHb ved å måle CO i utåndingsluft



Figur 2.2 Oppsett av skyttere og analyseinstrumenter på standplass.

CO kan i mange tilfeller være en god indikator på mengde metallstøv som slippes ut under skyting (Voie et al. 2014). For indirekte å overvåke konsentrasjonen av metaller, som det ikke er mulig å overvåke i sann tid, vil en kontinuerlig måling av CO gi en god indikasjon på nivået av metaller i luften rundt skytter. CO er også i seg selv giftig, men ved skyting utendørs pleier ikke nivået å være et problem vurdert opp mot helsefare.

Metaller ble analysert hos FFI ved at filtrene med oppsamlet svevestøv ble oppsluttet og deretter analysert. Prøvene ble oppsluttet i en mikrobølgeovn av typen UltraWave fra Milestone med kongevann (1:3 ultraren HCl, 30% og HNO₃ 67%). Etter oppslutting ble prøvene fortynnet og analysert med en ICP-MS³ fra Thermo Fisher.

3 Resultater

3.1 Værdata

Værdata ble logget kontinuerlig under alle skytetestene (Tabell 3.1). Den 22. januar 2015 fungerte ikke værstasjonen som den skulle og det foreligger derfor ingen data fra værstasjonen denne dagen. Værdata fra YR er innhentet for alle dager (Tabell 3.2). Nærmeste værstasjon for Rena var værstasjonen på Evenstad, denne ligger ca. 30 km nord for Rena leir. Nærmeste værstasjon for Elverum som også målte vind var i Hamar, ca. 30 km vest for Terningmoen leir.

³ Induktivt koblet plasma-massespektrometer

Alle skyteseriene ble filmet for å ha en tidsmessig kontroll og visuell oversikt over hvor avgassene fra skytingene ble transportert. Vi kan derfor estimere vindretningen og hastighet ut fra disse filmklippene.

Tabell 3.1 Data fra værstasjon, observasjoner fra filmopptak av skuddseriene, tidspunkt og varighet for skuddseriene. Skuddserie: 1=NM255/NM263 50 skudd, 2=NM255/NM263 300 skudd, 3=NM229/NM230 50 skudd, 4=NM229/NM230 300 skudd.

Kl.	Skuddserie	Varighet (mm:ss)	Temp (°C)	Luftfuktighet (%)	Vindhastighet (m/s)	Gust (m/s)	Vindretning	Vindretning i forhold til skyteretning	
								Værstasjon	Subjektiv
11.12.2014									
09:43	1	00:50	0,7	82	2,4	4,1	SØ	side	med
09:58	2	03:43	1,2	81	2,4	4,4	S	med/side	med
10:13	3	00:37	1,1	80	0,7	2,0	E	side	-
10:28	4	03:58	0,6	83	1,4	3,1	SV	med/side	med
12.12.2014									
09:58	1	00:56	2,5	64	0	0,3	SØ	side	med
10:13	2	05:37	1,4	73	0	0	SØ	side	med
10:33	3	01:00	0,4	82	0	0,3	SV	med/side	med
10:48	4	04:31	0,1	86	0,7	1,4	NV	side	med
07.01.2015									
10:45	3	00:30	0,9	84	1	1,4	NV	side	vindstille
11:15	4	03:01	0,5	95	2	2,4	N	mot/side	mot
11:35	1	00:50	0,4	97	0,7	1,0	N	mot/side	mot
11:55	2	03:44	0,3	99	0,7	1,0	NV	side	vindstille
08.01.2015									
10:20	1	01:05	5,5*	78	1,4	2,0	NØ	mot/side	mot/side
10:35	2	03:54	6,8*	72	0,7	1,4	N	mot/side	mot/side
11:00	3	04:38	4,6*	76	0,3	0,7	N	mot/side	mot
11:15	4	03:41	4,0*	76	0	0,3	N	mot/side	vindstille
21.01.2015									
11:03	1	01:00	-4,3	71	0,3	1,0	N	mot/side	med
11:28	2	05:16	-4,6	72	0,3	1,4	N	mot/side	med
11:48	3	00:45	-4,5	73	0,7	1,4	NV	side	med
12:03	4	04:29	-3,3	71	0	1,0	NV	side	med
22.01.2015									
11:02	3	01:00	-	-	-	-	-	-	-
11:17	4	04:12	-	-	-	-	-	-	med
11:42	1	00:38	-	-	-	-	-	-	med
12:02	2	03:18	-	-	-	-	-	-	med/side

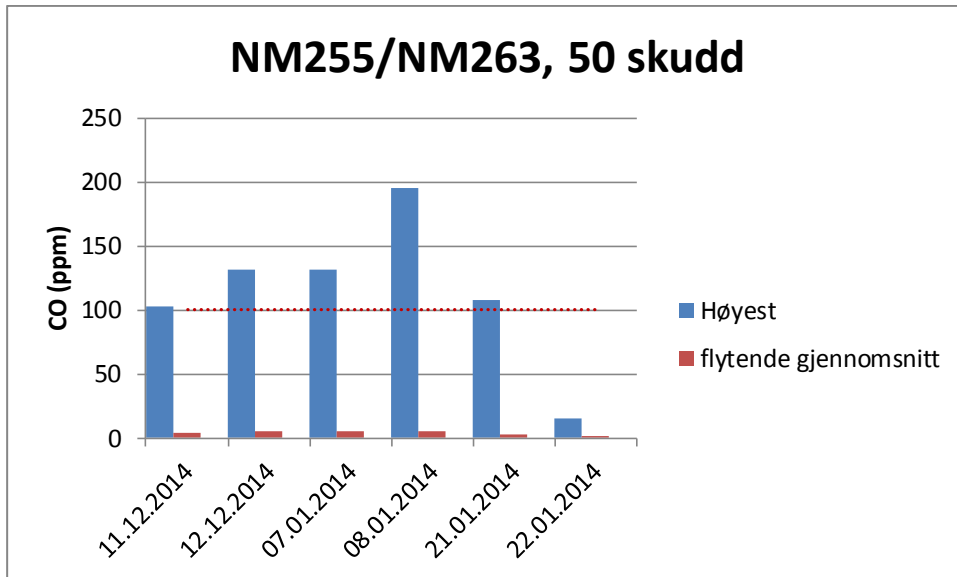
*Den høye temperaturen skyldes trolig at solen skinte på værstasjonen. Den reelle temperaturen var mellom 0-3 °C.

Tabell 3.2 Værdata fra YR.no. Dataene for 11. og 12.12.14 er hentet fra Evenstad (skogskolen) målestasjon, mens data fra de øvrige dagene er hentet fra Hamar (Stavsberg) målestasjon.

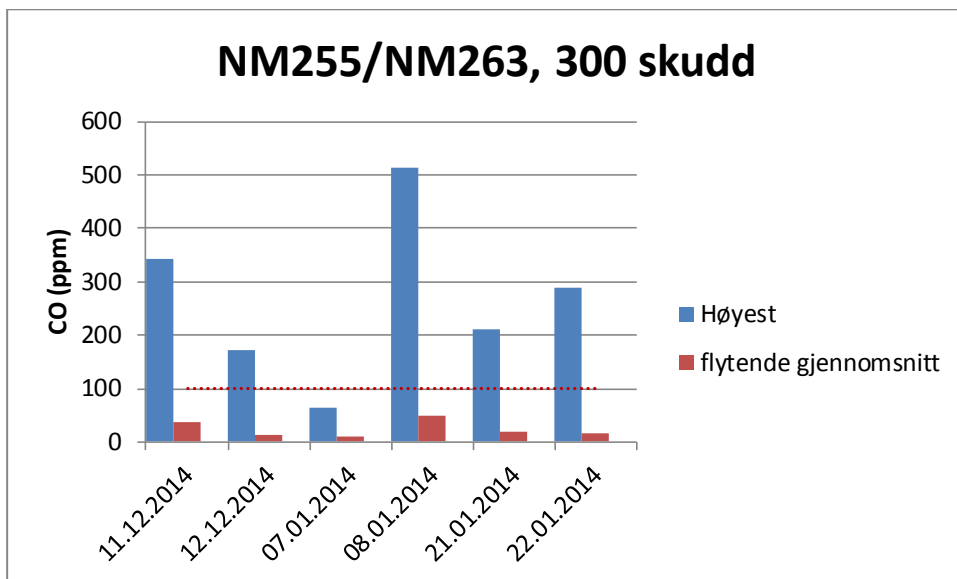
Kl.	Temp. (°C)	Vindretning	Vindhastighet (m/s)	Luftfuktighet (%)	Vindretning I forhold til skyteretning
11.12.2014					
09:00	1,7	SØ	5,4	89	Side
10:00	2,2	SØ	2,9	86	Side
11:00	1,7	SØ	5,3	89	Side
12.12.2014					
09:00	-0,3	Ø/SØ	2,8	100	Side
10:00	-0,7	Ø/SØ	3,9	100	Side
11:00	-0,4	S/SØ	1,4	97	Med
12:00	-0,7	Ø/SØ	3,0	98	Side
07.01.2015					
10:00	0,4	N	0,9	94	Med/side
11:00	0,6	N/NØ	1,0	94	Med
12:00	0,6	NØ	1,0	94	Med
08.01.2015					
10:00	3,8	V	3,2	77	Mot
11:00	4,0	V	1,8	75	Mot
12:00	4,1	V	1,9	69	Mot
21.01.2015					
10:00	-2,1	NØ	2,5	84	Med/side
11:00	-2,0	NØ	2,3	82	Med/side
12:00	-1,9	NØ	3,0	82	Med/side
22.01.2015					
10:00	-4,7	N/NV	2,1	78	Side
11:00	-5,2	N/NV	2,5	77	Side
12:00	-4,7	N/NV	2,0	74	Side

3.2 Målte konsentrasjoner av CO

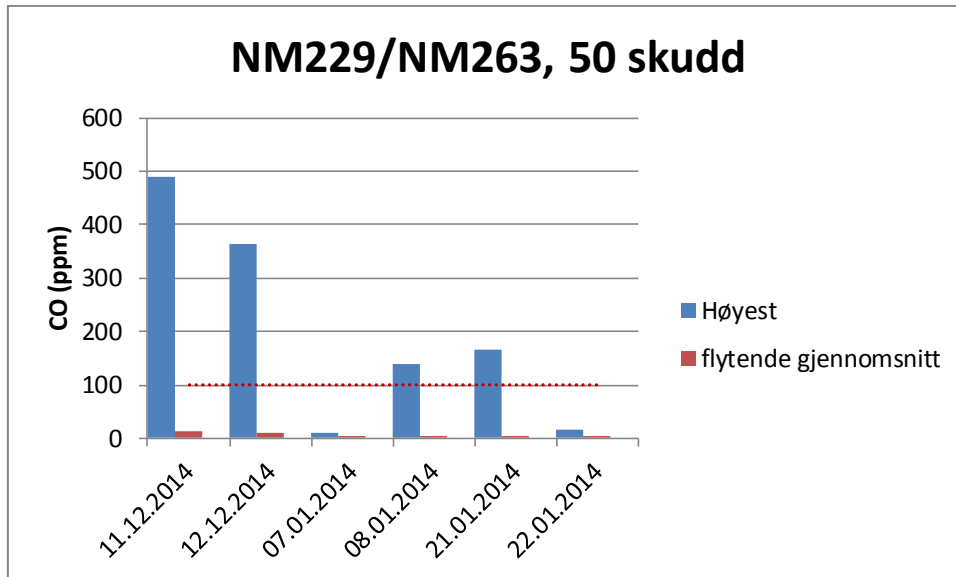
Figur 3.1, 3.2, 3.3 og 3.4 viser CO-konsentrasjonen målt under hver skyteserie de seks dagene. Konsentrasjonen vist i de forskjellige grafene er gjennomsnittet av de fire CO detektorene som skytterne hadde montert på skulderen. Det var stor variasjon i CO-konsentrasjon målt på de forskjellige skytterne, noe som er nærmere vist i Vedlegg A.



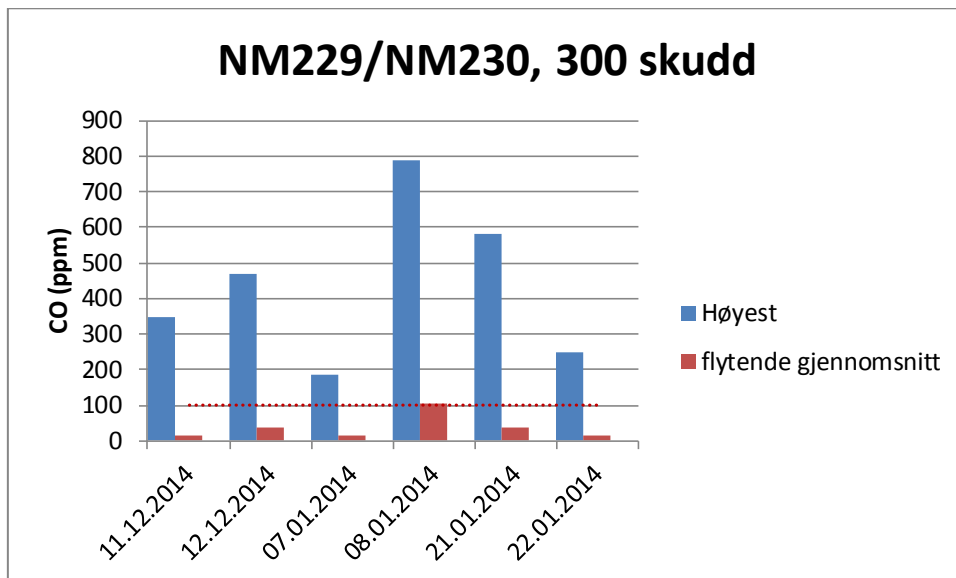
Figur 3.1 CO-konsentrasjon og flytende gjennomsnitt av CO-konsentrasjonen over et kvarter målt ved skyting av 50 skudd med NM255/NM263. Konsentrasjonen fra hver enkelt dag er gjennomsnitt av målinger på alle de fire skytterne. Den stiplede røde linjen viser grenseverdi for CO over 15 minutter.



Figur 3.2 CO-konsentrasjon og flytende gjennomsnitt av CO-konsentrasjonen over et kvarter målt ved skyting av 300 skudd med NM255/NM263. Konsentrasjonen fra hver enkelt dag er gjennomsnitt av målinger på alle de fire skytterne. Den stiplede røde linjen viser grenseverdi for CO over 15 minutter.

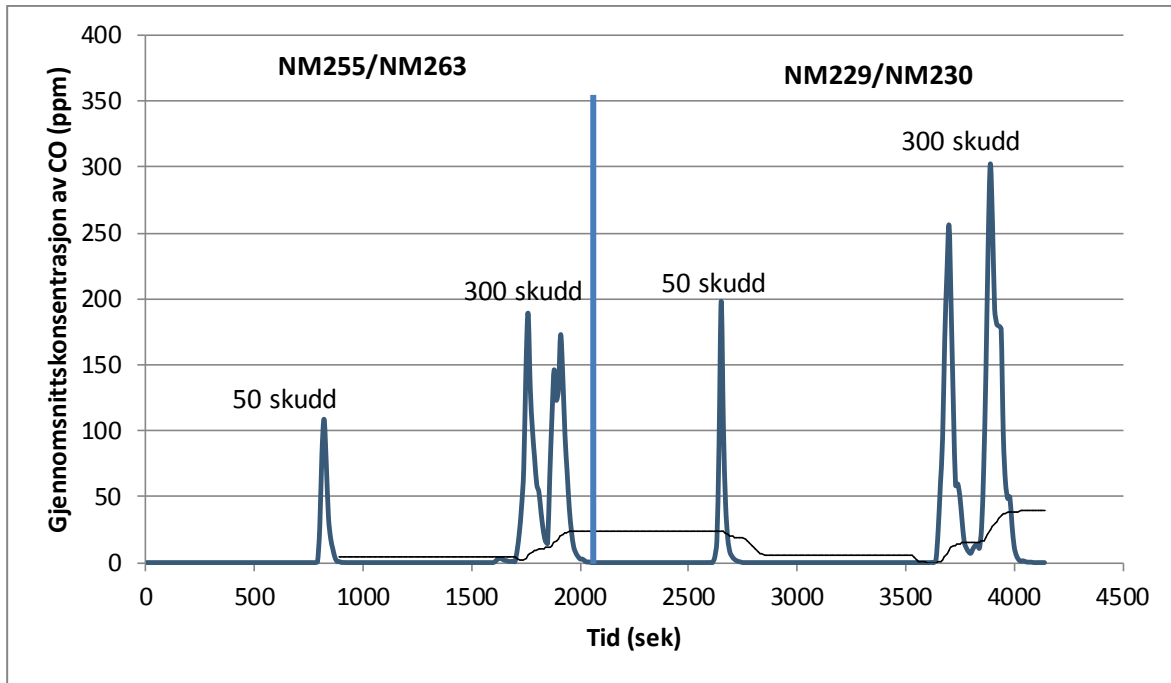


Figur 3.3 CO-konsentrasjon og flytende gjennomsnitt av CO-konsentrasjonen over et kvarter målt ved skyting av 50 skudd med NM229/NM230. Konsentrasjonen fra hver enkelt dag er gjennomsnitt av målinger på alle de fire skytterne. Den stiplede røde linjen viser grenseverdi for CO over 15 minutter.



Figur 3.4 CO-konsentrasjon og flytende gjennomsnitt av CO-konsentrasjonen over et kvarter målt ved skyting av 300 skudd med NM229/NM230. Konsentrasjonen fra hver enkelt dag er gjennomsnitt av målinger på alle de fire skytterne. Den stiplede røde linjen viser grenseverdi for CO over 15 minutter.

På grunn av stor variasjon i utslipp mellom skyttere og dager er det laget et plot med gjennomsnittet av alle disse vist i Figur 3.5.



Figur 3.5 Gjennomsnittlig CO-konsentrasjon for alle skytterne og alle de seks dagene. Svart linje er en trendlinje som viser flytende gjennomsnitt over et kvarter.

3.2.1 Andel karboksyhemoglobin i blodet til skyttere

Det ble målt CO-konsentrasjon i utåndingsluft til en av skytterne (skytter 1) før skytingen startet og etter hver skyteserie. Konsentrasjonen av CO i utåndingsluft er proporsjonal med % COHb i blodet. Resultatene er vist i Tabell 3.3. Resultatene viser at det ved ingen tilfeller ble målt en andel av COHb større enn 5 %. En regner med at friske norske menn kan ha en andel av COHb på 10 % før helseeffekter kan oppstå (Goldstein 2008). Gjennomført skyting skulle derfor ikke gi noen helserelatert effekt som var merkbar for skytterne.

Tabell 3.3 % COHb i blodet før, under og etter skyting.

	11.12.14	12.12.14	07.01.15	08.01.15	21.01.15	22.01.15
Før skyting	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
Etter 50 NM255/NM263	0,0	0,2	0,0	0,2	0,4	0,4
Etter 300 NM255/NM263	0,2	1,0	0,0	1,7	1,7	0,2
Etter 50 NM229/NM230	0,2	1,0	0,0	1,2	1,4	0,6
Etter 300 NM229/NM230	0,8	1,7	0,0	4,3	2,3	0,0

3.3 Målte konsentrasjoner av NH₃ og HCN

Det ble ved alle skyteseriene målt svært lave verdier av både NH₃ og HCN. Ved firing av 300 skudd med NM229/NM230 den 12.12.14 ble det registrert en NH₃ konsentrasjon på 13 ppm, men dette var den eneste anledningen det ble registrert andre gasser enn CO rundt skytterne.

3.4 Metaller

For å måle konsentrasjonen av metaller i luft rundt skytter må metallstøvet samles opp på et filter for så å analyseres på laboratoriet. Dette fører til at mengden metaller som blir målt er en total mengde metall samlet på filteret per skyteserie. Helsebaserte korttidsnormer for arbeidsatmosfære relaterer seg til en periode på 15 minutter. Derfor ble det tatt prøve av luften rundt skytter i 15 minutter for hver skyteserie, selv om skytingen tok vesentlig kortere tid enn dette. For hver skyteserie ble det derfor samlet opp støv fra 30 liter luft på filteret. En oversikt over målte konsentrasjoner av metaller i luft fra innåndingssonen til skytter er vist i Tabell 3.4. I denne tabellen vises også grenseverdier for arbeidsatmosfære, både for 8 timers arbeidsdag og for korttidseksponering (15 min). De målte konsentrasjonene som overstiger disse grenseverdiene er merket med rødt og gult. Gul merking indikerer at den overstiger grenseverdien for en 8 timers arbeidsdag, mens rød merking indikerer at den overstiger grenseverdien for korttidseksponering (15 min). For fem av de totalt 24 skyteseriene ble det registrert en konsentrasjon av kobber over grenseverdien for arbeidsatmosfære.

Tabell 3.4 Metallkonsentrasjon målt i luften rundt skytter. Konsentrasjonen er et gjennomsnitt av det som er målt i innåndingssonen til de to skytterne. Konsentrasjonen er midlet over 15 minutter. Konsentrasjonen er beregnet fra rådata i Vedlegg B. Tabellen inneholder også grenseverdiene for arbeidsatmosfære. Verdier i tabellen som overstiger disse verdiene er merket med gult (8 t) eller rødt (15 min).

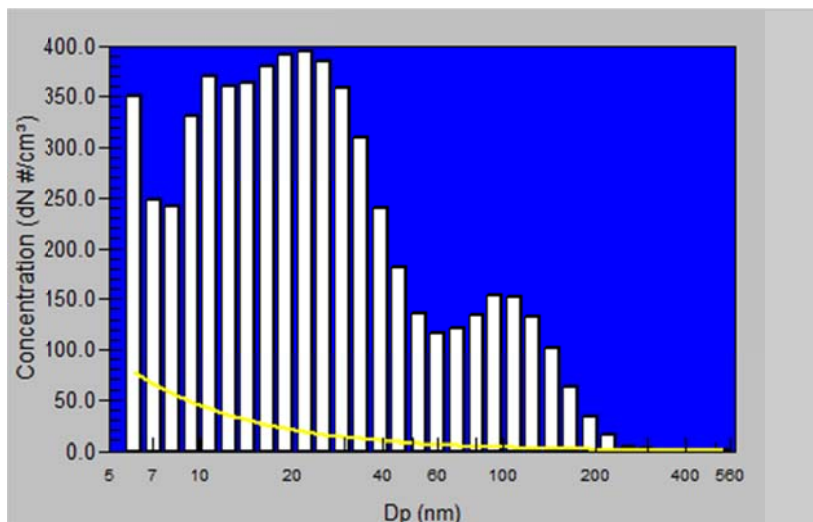
Dato	Ammunisjon	Antall skudd	Cu	Zn	Pb
			mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
11.12.2014	255/263	50	0,02	0,01	0,00
		300	0,03	0,01	0,01
	229/230	50	0,05	0,01	0,04
		300	0,08	0,02	0,00
12.12.2014	255/263	50	0,08	0,01	0,02
		300	0,02	0,01	0,00
	229/230	50	0,02	0,01	0,00
		300	0,02	0,02	0,00
07.01.2015	255/263	50	0,06	0,01	0,00
		300	0,04	0,02	0,01
	229/230	50	0,13	0,04	0,00
		300	0,14	0,06	0,00
08.01.2015	255/263	50	0,11	0,05	0,01
		300	0,08	0,15	0,01
	229/230	50	0,21	0,03	0,01
		300	0,81	0,10	0,00
21.01.2015	255/263	50	0,02	<lod	0,01
		300	<lod	<lod	0,00
	229/230	50	0,04	0,03	0,00
		300	0,03	<lod	0,00
22.01.2015	255/263	50	0,02	<lod	0,01
		300	0,05	<lod	0,01
	229/230	50	0,07	0,08	0,00
		300	0,02	0,02	<lod
Grenseverdier for arbeidsatmosfære					
Arbeidsdag (8t)			0,1	5 ⁴	0,05
Korttidseksposering (15 min)			0,3	10 ⁵	0,15

⁴ Gjelder sinkoksid

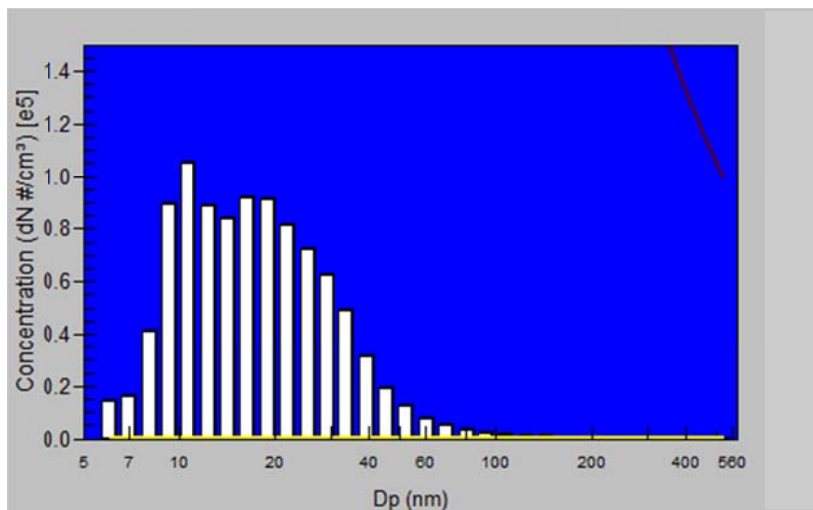
⁵ Gjelder sinkoksid

3.5 Partikkeldistribusjon

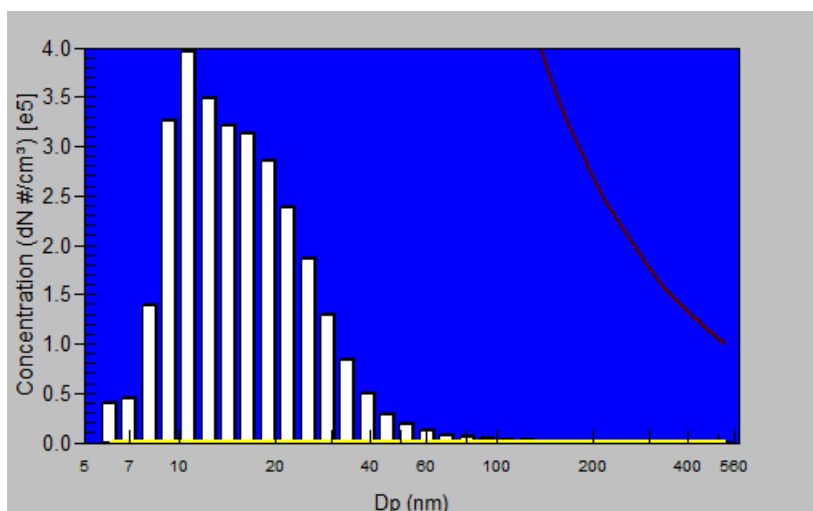
Partikkelstørrelsesfordeling ble målt den 22. januar 2015 ved hjelp av en FMPS fra TSI, disse er vist i Figur 3.6, Figur 3.7, Figur 3.8 og Figur 3.9. Det målt flere partikler under 500 nm ved skyting med NM255/NM263 enn ved skyting med NM229/NM230. Det er usikkert om dette var grunnet vær og vindforhold eller om dette er en reell forskjell mellom de to typene ammunisjon. Majoriteten av partiklene er i størrelsen 10-40 nm ved alle fire skuddseriene.



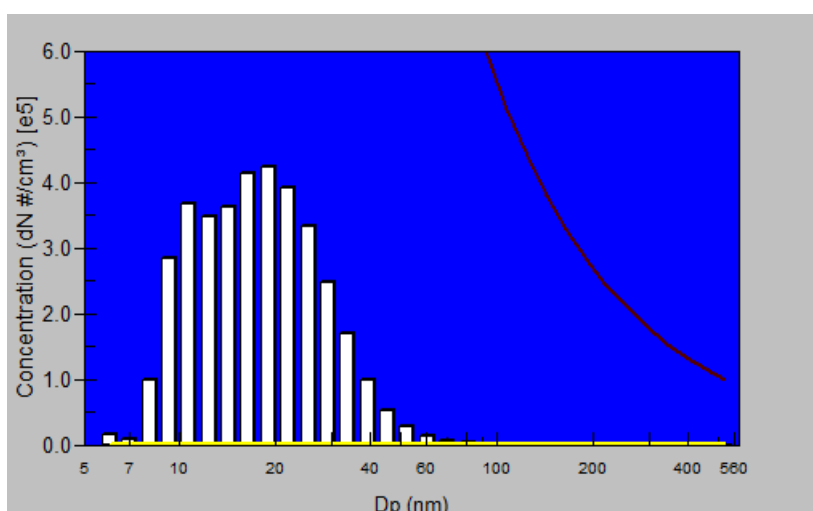
Figur 3.6 Partikkelstørrelsesfordeling ved firing av 50 skudd med NM229/NM230.



Figur 3.7 Partikkelstørrelsesfordeling ved firing av 300 skudd med NM229/NM230.



Figur 3.8 Partikkelstørrelsesfordeling ved firing av 50 skudd med NM255/NM263.



Figur 3.9 Partikkelstørrelsesfordeling ved firing av 300 skudd med NM255/NM263.

4 Diskusjon

4.1 Værdata

Den siste testdagen (22. januar 2015) viste det seg at det dessverre ikke ble logget data i værstasjonen. Det foreligger derfor ingen værdata, bortsett fra data hentet fra YR, for denne dagen. Det ble gjort observasjoner av vind-retning og hastighet samt at skyteserien ble filmet for blant annet å dokumentere dette. Det var svak vind alle de seks dagene som skyteseriene ble gjennomført, og maksimal vindhastighet ble registrert til 2,4 m/s. Vindretningen var for de fleste skyteseriene som medvind eller sidevind i forhold til skyteretningen. Det var tydelig fra filmopptakene de fleste dagene, bortsett fra deler av skyteseriene foretatt den 7. og 8. januar 2015, at denne svake vinden var nok til å frakte avgassene bort fra skytterne. Temperaturen var relativ lik de fire første testdagene, selv om det kan se ut som om temperaturen den 08. januar 2015 var

noe høyere, skyldtes dette soloppvarming (værstasjonen sto i sola)(se værdata fra yr, Tabell 3.2). Den 21. januar 2015 var det noe kaldere vær enn det som ble registrert de andre dagene.

4.2 Konsentrasjon av CO rundt skytter

Det ble registrert en del variasjon mellom CO-konsentrasjonen rundt skytterne under samme skyteserie (Vedlegg A). Når CO-konsentrasjonene vurderes opp mot hverandre er dette derfor et gjennomsnitt av alle skytterne, noe som gir mindre usikkerhet i verdiene. Den 7. januar 2015 var det derimot kun et av CO-instrumentene som fungerte, og verdiene fra denne dagen er derfor noe mer usikre.

CO-konsentrasjonen var ved tre av fire skyteserier høyest 8. januar 2015. Denne dagen var det lett motvind, noe som ble observert både fra filmopptak og data fra værstasjonen. Det var 7. januar 2015 og 22. januar 2015 som det ble målt lavest konsentrasjon av CO. Værdata fra 22. januar 2015 ble dessverre ikke logget. Det foreligger derimot filmopptak fra denne dagen, og ut fra dette ble det observert medvind i forhold til skyteretning og lav vindhastighet. Den 7. januar 2015 ble det registrert motvind og sidevind.

Gjennomsnittet over alle dagene ga en god indikasjon på konsentrasjonen av CO i innåndingssonen til skytter under skyting av 50 og 300 skudd med de to ammunisjonstypene. Det så ut som om det ble sluppet ut noe mer CO når det ble skutt med NM229/NM230 enn med NM255/NM263. Målinger av CO-utslippet fra MINIMI i lukket beholder i skytelaboratoriet hos FFI, viste at NM229/NM230 avga omkring 30 % mer CO enn NM255/NM263 (Dullum 2014). Det ble som forventet sluppet ut mindre CO når det ble skutt 50 skudd enn når det ble skutt 300 skudd. Maksimumsverdien ved skyting av 300 skudd var allikevel ikke 6 ganger høyere enn maksimumsverdien ved skyting av 50 skudd under ellers like værforhold. CO-konsentrasjonen var derimot høyere over lenger tid for seriene med 300 skudd enn for testene med 50 skudd. Dette førte til et høyere glidende gjennomsnitt over 15 minutter for skyting med 300 skudd enn for skyting med 50 skudd.

4.3 Metaller

Ved enkelte serier 07. og 08. januar 2015 ble det målt kobberkonsentrasjonen over grense-verdier for arbeidsatmosfære. Vindretningen ved disse skuddseriene var motvind/sidevind eller vindstille i forhold til skyteretning. Dette viste at vindretning og vindhastighet hadde stor effekt på hvor mye metaller skyttere ble eksponert for. Der konsentrasjonen av metaller ikke oversteg grenseverdiene, var det enten sidevind eller medvind i forhold til skyteretning. Dette førte til at avgassene blåste bort fra skytter. Lett motvind eller vindstille i forhold til skyteretning vil øke sannsynligheten for høy eksponering av metaller. Dette stemmer også godt overens med det som ble funnet i forhold til CO-eksponering.

5 Vurdering av helserisiko ved skyting med MINIMI og blyfri ammunisjon

5.1 Eksponering for gasser

Det er kun gassen CO som kan oppnå en så høy konsentrasjon at den kan utgjøre et helseproblem ved skyting med MINIMI 5,56. I tilfeller der det var en gunstig vindretning i forhold til skyteretningen, ble det registrert konsentrasjoner av CO som lå godt under grenseverdi for korttidseksponering (100 ppm). Ved ugunstige vindforhold som lett motvind eller vindstille, kan nivået av CO overstige grenseverdien for korttidseksponering. Under de gjennomførte testene ble nivået av COHb overvåket. Dette nivået var lavt alle dagene (Tabell 3.3) og etter alle skyteseriene. Selv om det ble målt høyere nivå av CO enn grenseverdien for korttidseksponering under ugunstige vindforhold, var eksponeringen av så kort varighet at maksimal COHb ikke overskred 5 % etter gjennomføring av fire skyteserier med totalt 700 skudd i løpet av 70 minutter. En regner med at en må ha en eksponering for CO som medfører en høyere andel COHb enn 10 % før milde symptomer inntreffer (Goldstein 2008). Det er derfor liten risiko for helseeffekter som følge av CO eksponering ved skyting med MINIMI. Dette gjelder både ved skyting med NM229/NM230 og NM255/NM263.

5.2 Eksponering for metaller

Konsentrasjonen av metaller var jevnt over lave de fleste dagene testen ble utført. Konsentrasjonen av bly og sink oversteg ikke ved noen anledning grenseverdier for hverken korttidseksponering eller 8 timers eksponering. Konsentrasjonen av kobber oversteg derimot disse verdiene ved noen anledninger. Dette oppstod sannsynligvis som følge av lett motvind eller vindstille. Det var kun i ett tilfelle at konsentrasjonen oversteg grenseverdien for korttidseksponering. Dette ble observert ved skyting av 300 skudd under ugunstige vindforhold. En bør derfor være oppmerksom på at en ved ugunstige vindforhold som lett motvind eller vindstille, vil kunne eksponeres for uheldig høye nivåer av kobber. Under slike forhold kan det ikke utelukkes at noen vil kunne oppleve helseeffekter. Det anbefales derfor at det i størst mulig grad velges en skyteretning som er gunstig i forhold til vindretningen og at det velges standplasser som ikke ligger i le for vinden.

6 Konklusjon

I de fleste tilfeller vil det ikke være forbundet noen risiko ved skyting med Minimi utendørs. I noen tilfeller kan allikevel både CO-konsentrasjon og kobberkonsentrasjonen i pustesonen overstige arbeidstilsynets grenseverdier for korttidseksponering. CO-konsentrasjonen i pusten (blodet) ble overvåket og det viste seg at konsentrasjonen var langt under det som kan gi symptomer. Det var derfor kobberkonsentrasjonen som var mest bekymringsverdig. De høye kobberkonsentrasjonene rundt skytter ble målt når det var svak motvind eller vindstille. Dette var også tilfellet for de høyeste målte konsentrasjonene av CO. Det anbefales derfor at det unngås å skyte med Minimi i lett motvind eller når det er vindstille. Ved andre vind- og værforhold kan

alle forswarets skytetabeller benyttes. Risikoen for metallfeber kan også unngås ved å benytte filtermaske under skyting.

Referanser

Arbeids- og sosialdepartementet 2014, *Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysikse og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisiko for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)*.

Dullum, O. 2014, *Vurdering av blyfri ammunisjon skutt i LMg Minimi*. 140157/1/FFI.

Goldstein, M. 2008, *Carbon monoxide poisoning*, Journal of Emergency Nursing.

Ljønes, M., Johnsen, A., Voie, Ø., Myran, A., & Larsen, A. 2013, *Undersøkelse av gass- og metallkonsentrasjoner rundt skytter ved skyting med håndvåpen* FFI-rapport 2013/02798.

Strømseng, A., Voie, Ø., Johnsen, A., Bergsrud, S. M., Parmer, M., Røen, B. T., Ljønes, M., Johannesen, T. C., & Longva, K. 2009, *Helseplager i forbindelse med bruk av HK416 - vurdering av årsak og helserisiko* FFI-rapport 2009/00820.

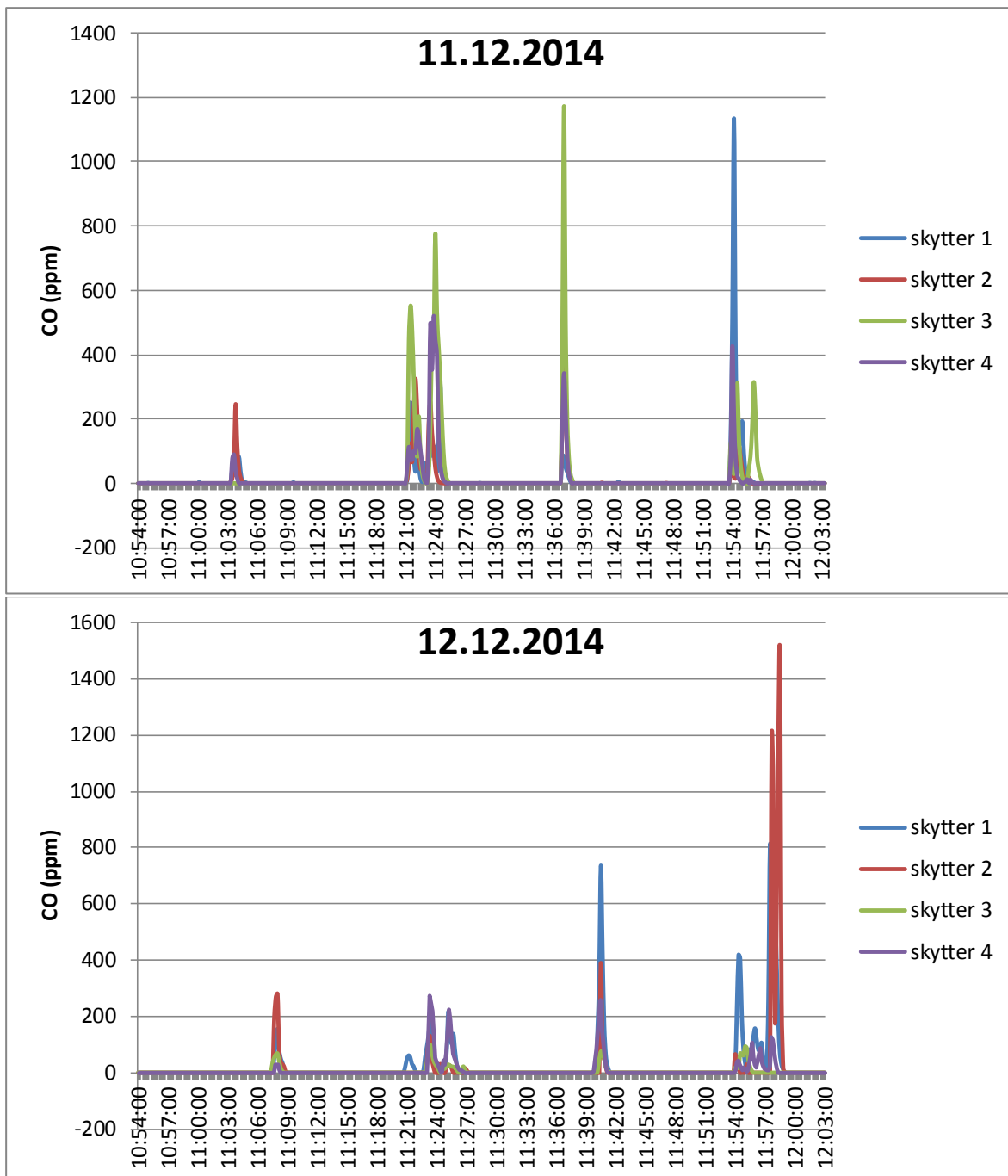
Thomassen, Y., Dae, H. L., Dahl, K., Hersson, M., Olsen, R., Skaugset, N. P., Skogstad, A., & Solbu, K. 2011, *Forurensninger i luft på standplass - Rena leir*, Stami, Avdeling for kjemisk og biologisk arbeidsmiljø.

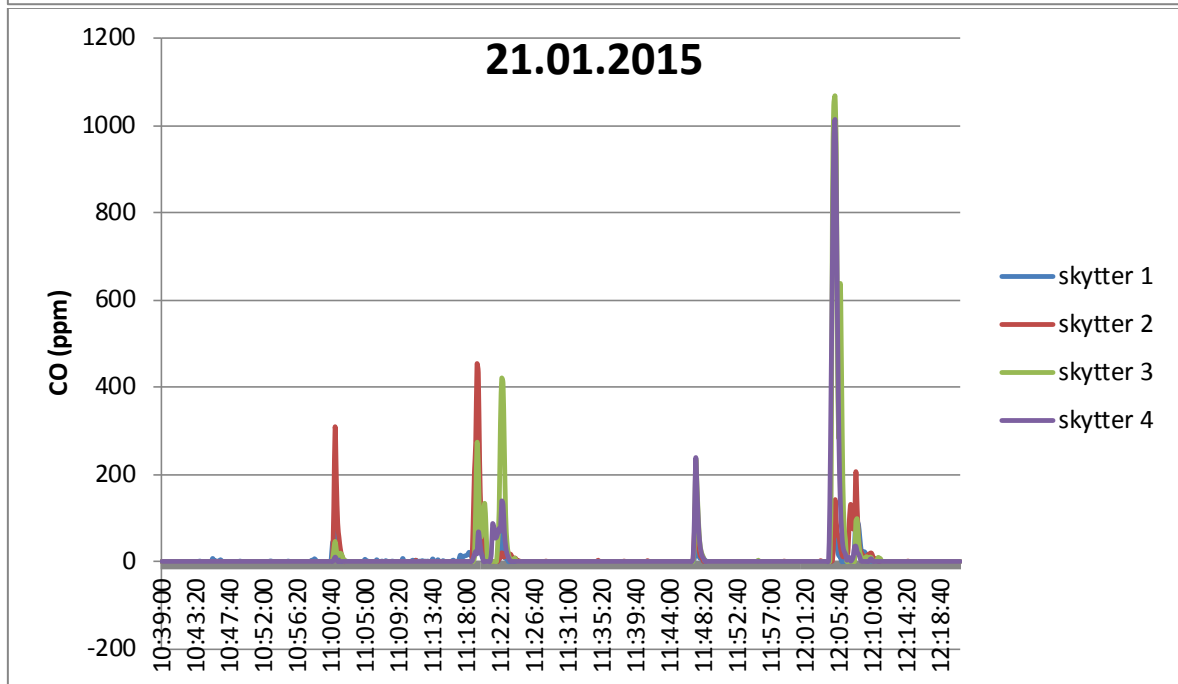
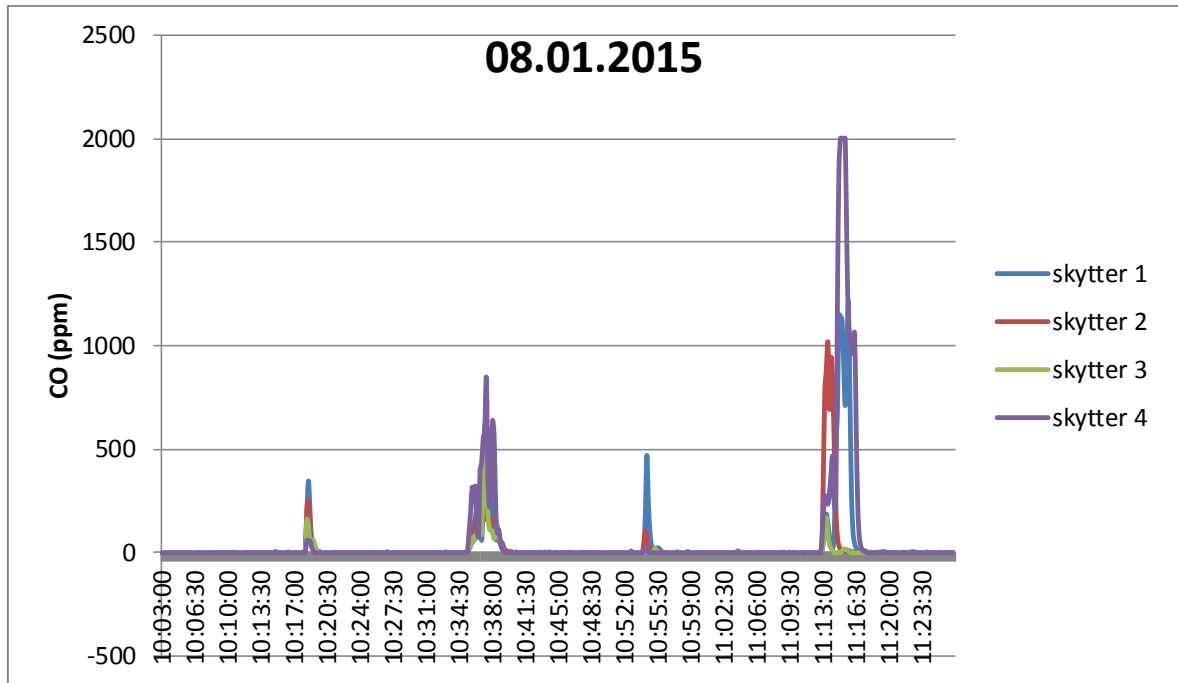
Voie, Ø. 2014, *Analyseresultater og helserisikovurdering av utendørs skyting med NM229 og NM255i minimi samt NM250 i HK416. Utdyping av måleresultater*. 14/01588-2/FFI/916.

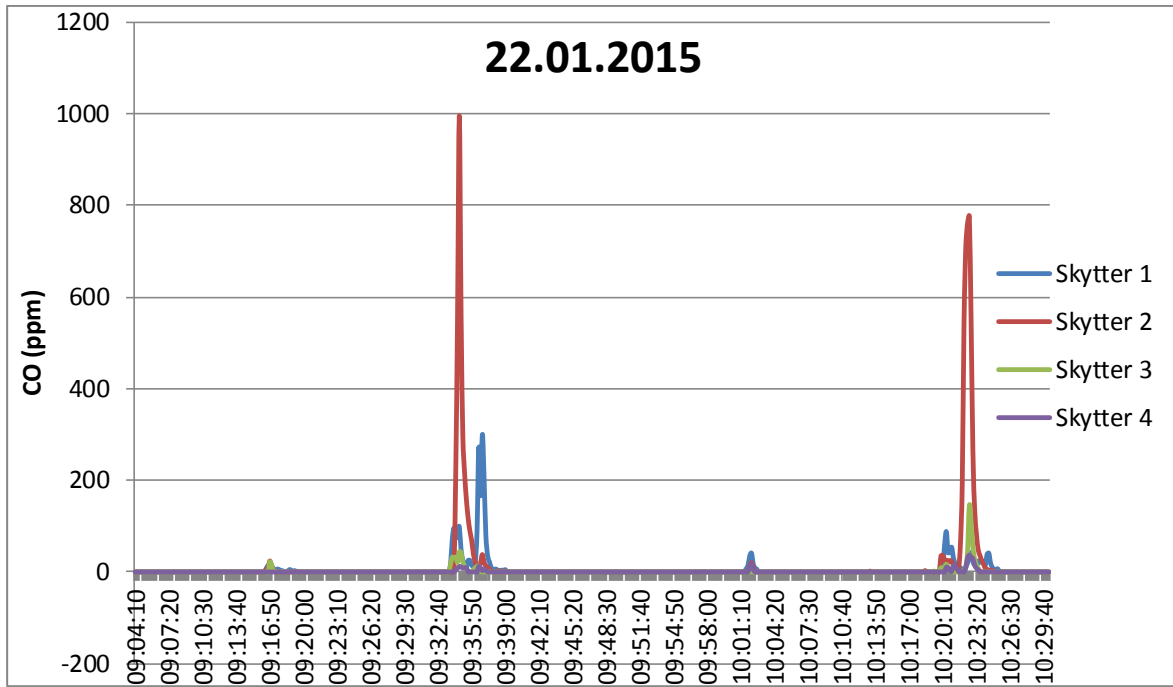
Voie, Ø., Johnsen, A., & Longva, K. 2014, *Overvåkingssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser* FFI-rapport 2014/00070.

Vedlegg A

CO konsentrasjon målt i pustesonen til hver enkelt skytter.







Vedlegg B



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse og samfunnssikkerhet

Dato: 16.02.15

Analyserapport

Side 1 av 4

Analyserapport

Analyse av metall fra filter i skytters pustesone

Oppdragsgiver: FLO
Anmerkninger: Analyse av filtere fra skytters
pustesone.

Antall prøver: 48

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Metode identitet	Målområde µg/l
Titan, Ti	A1	0,1-100
Krom, Cr	A1	0,1-100
Jern, Fe	A1	1-1000
Kobber, Cu	A1	0,1-100
Sink, Zn	A1	0,1-100
Antimon, Sb	A1	0,1-100
Bly, Pb	A1	0,1-100
Bismut, Bi	A1	0,1-100

Denne analyserapporten består av i alt 4 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 16.02.15

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen

Innvalg : 63 80 78 04

Telefax : 63 80 75 09

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Sentralbord : 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030
Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo Xseries 2

Operator: Ida Vaa Johnsen

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
14-2131	11.12.14, NM255/263, 50 skudd, skytter 1
14-2132	11.12.14, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
14-2133	11.12.14, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
14-2134	11.12.14, NM255/263, 300 skudd, skytter 3
14-2135	11.12.14, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
14-2136	11.12.14, NM229/230, 50 skudd, skytter 3
14-2137	11.12.14, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
14-2138	11.12.14, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
14-2139	12.12.14, NM255/263, 50 skudd, skytter 1
14-2140	12.12.14, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
14-2141	12.12.14, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
14-2142	12.12.14, NM255/263, 300 skudd, skytter 3
14-2143	12.12.14, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
14-2144	12.12.14, NM229/230, 50 skudd, skytte 3
14-2145	12.12.14, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
14-2146	12.12.14, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
15-057	07.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
15-058	07.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 3
15-059	07.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
15-060	07.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
15-061	07.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 1
15-062	07.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
15-063	07.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
15-064	07.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 3
15-065	08.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 1
15-066	08.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
15-067	08.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
15-068	08.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 3
15-069	08.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
15-070	08.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 3
15-071	08.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
15-072	08.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
15-107	21.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 1

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



15-108	21.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
15-109	21.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
15-110	21.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 3
15-110	21.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
15-112	21.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 3
15-113	21.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
15-114	21.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
15-115	22.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 1
15-116	22.01.15, NM229/230, 50 skudd, skytter 3
15-117	22.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 1
15-118	22.01.15, NM229/230, 300 skudd, skytter 3
15-119	22.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 1
15-120	22.01.15, NM255/263, 50 skudd, skytter 3
15-121	22.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 1
15-122	22.01.15, NM255/263, 300 skudd, skytter 3

FFI-nr.	Ti µg/filter	Cr µg/filter	Fe µg/filter	Cu µg/filter	Zn µg/filter	Sb µg/filter	Pb µg/filter	Bi µg/filter
14-2131	0,19	1,4	<lod	0,21	<lod	0,088	0,075	
14-2132	<lod	1,6	<lod	0,82	0,2	0,049	0,21	
14-2133	<lod	1,1	<lod	1,2	0,24	0,048	0,48	
14-2134	<lod	1,1	<lod	0,58	0,18	0,032	0,017	
14-2135	<lod	1,1	<lod	0,40	<lod	0,048	0,78	
14-2136	<lod	1,1	<lod	2,9	0,30	0,052	1,4	
14-2137	0,2	1,1	<lod	2,4	0,79	0,023	0,048	
14-2138	<lod	<lod	<lod	2,5	0,68	0,023	0,20	
14-2139	<lod	<lod	<lod	3	0,32	0,032	0,75	
14-2140	<lod	<lod	<lod	1,7	0,27	0,023	0,23	
14-2141	<lod	<lod	<lod	0,71	0,22	<lod	0,024	
14-2142	<lod	<lod	<lod	0,50	<lod	0,17	0,040	
14-2143	<lod	<lod	<lod	0,25	<lod	0,040	0,034	
14-2144	<lod	<lod	<lod	0,98	0,35	0,021	0,029	
14-2145	<lod	<lod	<lod	1,0	0,97	0,020	0,036	
14-2146	0,19	<lod	<lod	0,30	0,15	0,019	0,050	
15-057	0,13	1,5	0,75	6,8	1,8	0,07	0,04	0,58
15-058	0,11	1,7	0,70	0,72	<lod	<lod	0,04	0,11
15-059	0,06	1,5	0,37	0,17	<lod	<lod	0,13	0,03
15-060	0,14	1,3	0,28	8,1	3,1	<lod	0,03	0,99
15-061	0,07	1,3	0,30	<lod	<lod	<lod	0,02	0,10

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



15-062	0,13	1,4	1,0	3,6	<lod	<lod	0,03	0,86
15-063	0,15	1,4	1,1	0,81	0,76	<lod	0,07	0,18
15-064	0,29	1,5	2,7	1,8	0,62	<lod	0,35	0,54
15-065	0,22	1,6	0,85	10	1,4	<lod	0,05	2,3
15-066	0,07	1,2	0,37	2,5	<lod	<lod	0,38	0,39
15-067	0,11	1,3	0,69	27	3,2	<lod	0,02	5,5
15-068	0,09	1,1	0,44	22	2,6	<lod	0,01	4,8
15-069	0,21	1,7	0,71	5,4	2,6	<lod	0,32	0,74
15-070	0,12	1,9	0,31	0,97	<lod	0,06	0,08	0,12
15-071	0,23	2,1	0,38	5,0	8,4	<lod	0,70	1,4
15-072	0,18	1,8	1,2	0,08	0,75	<lod	0,03	0,03
15-107	0,19	2,0	0,95	0,88	<lod	0,11	0,27	0,17
15-108	0,14	1,6	0,43	0,52	<lod	0,04	0,08	0,06
15-109	0,19	1,7	0,53	<lod	<lod	0,03	0,04	<lod
15-110	0,15	1,3	0,33	<lod	<lod	<lod	<lod	0,05
15-110	0,25	1,6	1,73	1,3	0,81	<lod	0,01	1,0
15-112	0,16	1,5	0,43	<lod	<lod	0,03	0,19	<lod
15-113	0,18	1,4	0,48	0,60	<lod	<lod	0,05	0,07
15-114	0,27	1,3	1,41	1,3	<lod	<lod	0,1	0,09
15-115	0,27	1,3	0,91	2,2	2,3	<lod	0,03	0,42
15-116	0,48	1,3	2,84	<lod	<lod	<lod	0,04	0,03
15-117	0,22	1,5	0,99	0,47	0,75	<lod	<lod	0,1
15-118	0,25	1,9	1,90	<lod	<lod	0,06	<lod	0,05
15-119	0,26	1,6	1,21	1,1	<lod	0,04	0,25	0,04
15-120	0,21	1,6	0,53	0,40	<lod	<lod	0,07	<lod
15-121	0,24	1,5	0,34	0,90	<lod	<lod	0,17	0,052
15-122	0,25	1,9	0,69	2,0	<lod	<lod	<lod	0,32