



FFI-rapport 2015/01346

Målinger av utslipp fra maskingevær aktuelle for anskaffelse i Forsvaret



Ida Vaa Johnsen og Arnt Johnsen



Målinger av utslipp fra maskingevær aktuelle for anskaffelse i Forsvaret

Ida Vaa Johnsen og Arnt Johnsen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

15. oktober 2015

FFI-rapport 2015/01346

132901

P: ISBN 978-82-464-2588-7

E: ISBN 978-82-464-2589-4

Emneord

Utslipp

Metaller

Våpen

Karbonmonoksid

Godkjent av

Øyvind Voie

Prosjektleder

Janet Blatny

Avdelingsjef

Sammendrag

Forsvaret skal anskaffe nye maskingevær kaliber 7,62 og i den sammenheng har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) fått i oppdrag av Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) å måle utslipp av gasser og metaller fra aktuelle kandidater for å kvantifisere den relative helsefaren fra de ulike våpnene. En rekke komponenter slik som karbonmonoksid (CO), røyk, partikler, ammoniakk (NH₃), bly (Pb) kobber (Cu) og sink (Zn) slippes ut ved fyring av våpen og kan potensielt være skadelig for skytter. Denne studien er en del av et anskaffelsesprosjekt, P5040 "Lette maskingevær til Forsvaret", der også andre parametere for våpenytelse ble vurdert. Det samlede resultatet vil danne et grunnlag for beslutning om anskaffelse. Det samlede resultatet vil danne et grunnlag for beslutning om anskaffelse.

I denne studien ble det undersøkt utslipp av gasser fra fem forskjellige våpen; FN MAG titan, FN MAG original, KSP 58, Minimi (7,62) og Barret. Våpnene ble testet på to måter; på en innendørs skytebane hos FLO Test og Verifikasjon og i et kammer for uttesting av aerosoler (KUA) hos FFI. Alle våpnene ble testet med både blyfri (NM231) og blyholdig (M80) ammunisjon. Ved testing på innendørs skytebane ble det skutt to serier à 200 skudd med byger på 4-6 skudd med hver ammunisjon og våpen kombinasjon. En rekke analyse-instrumenter ble plassert rundt våpenet; Multiwarn II til måling av CO, NH₃ og HCN, fire PAC7000 til måling av CO og et filter med pumpe som samlet opp støv. Filtrene ble syreoppløst og analysert for metaller hos FFI.

Det ble foretatt måling av to parallelle skytinger à 10 skudd i kammeret for uttesting av aerosoler (KUA) for hvert våpen og ammunisjonstype. I tillegg til filter for oppsamling av støv, Multiwarn II og Gasmeter, ble også en FMPS benyttet for å undersøke partikkelstørrelsesfordelingen.

De ulike våpnene så ut til å avgi omkring samme mengde CO ved skyting med både blyfri og blyholdig ammunisjon. Imidlertid avga blyfri ammunisjon noe mindre NH₃ og HCN enn det som var tilfellet for blyholdig ammunisjon.

Utslipet av metaller var lavest for FN MAG original. Ved å velge FN MAG original fremfor de to andre våpnene kan skytters eksponering for kobber, sink og bly både ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon reduseres. Fra Minimi og FN MAG titan ble målt relativt like utslipp, det er derfor vanskelig å rangere disse i forhold til et helseaspekt. KSP 58 er et gammelt våpen som kun var med for sammenliknings skyld, Barret ble ved andre tester konkludert å være en uegnet kandidat og var også det våpenet som i våre tester gav høyest utslipp. Størrelsesfordelingen av partiklene som ble sluppet var relativt lik for alle typer våpen og ammunisjon, mesteparten av partiklene som ble målt med FMPS var mellom 20 – 100 nm.

Etter en samlet vurdering av utslippet fra de forskjellige våpnene, var det FN MAG original som kom ut som mest gunstig og dette våpenet anbefales derfor ut fra et helseperspektiv.

English summary

The Norwegian Defence is in the process of procuring new light machine guns in calibre 7.62. In relation to this process the Norwegian Defence Logistics Organisation (FLO) has assigned the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) to measure emission of fumes and metals from the candidates to quantify the relative health risk of each weapon. A number of components such as carbon monoxide (CO), smoke, particles, ammonia (NH₃), lead (Pb), copper (Cu) and Zinc (Zn) is emitted during firing and can be harmful to the user. This study is part of a procurement project, P5040 "Light machine guns for the Norwegian Defence", where other parameters concerning the weapons performance is assessed. The overall results will provide a basis for the decision of procurement.

In this study, fumes from five different weapons were measured; FN MAG titanium, FN MAG original, KSP 58, Minimi (7.62) and Barret. The weapons were tested in two ways; on an indoor shooting range at FLO Test and Verification in Elverum and in a chamber for testing of aerosols (KUA) at FFI. All the weapons were tested with both leaded (M80) and unleaded (NM231) ammunition. In the indoor shooting range two series of 200 shots were fired in showers of 4-6 shots with every combination of weapon and ammunition. A number of analysis instruments were placed around the weapon; Multiwarn II for measuring CO, NH₃ and HCN, four PAC7000 for measuring CO and a filter connected to a pump to collect particles. The filters were acid digested and analysed for metals by FFI.

Two parallel measurements of shooting in the chamber for testing of aerosols (KUA) were performed for each combination of weapon and ammunition. In addition to filters, Multiwarn and Gasmel, a FMPS was also used to analyse the particle size distribution.

The tested weapons seemed to have the same emission of CO regardless of fired ammunition. However, unleaded ammunition had less emission of NH₃ and HCN than leaded ammunition.

The emission of metals was lowest for FN MAG original. By choosing FN MAG original rather than the other weapons, the shooters exposure for copper, zinc and lead using both unleaded and leaded ammunition can be reduced. From Minimi and FN MAG titanium the emissions of fumes and metals were so similar that they are difficult to rank according to a health perspective. KSP 58 is an old weapon that was included in the test as a reference, the Barret was concluded to be an unfit candidate during other tests, Barret was also the weapon with the largest emission in our tests. The particle size distribution was relatively similar for all types of weapons and ammunition, most of the particles analysed by the FMPS was between 20 and 100 nm.

After an overall evaluation of the emission from the tested weapons, the FN MAG original were the most favourable and are therefore recommended on a health risk basis.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Formål	7
1.2	Bakgrunn	7
1.3	Mulige helseeffekter og grenseverdier.	7
2	Metoder og materiell	9
2.1	Analyseinstrumenter og metoder	10
2.2	Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon	11
2.3	Testskyting i KUA	13
3	Resultat og diskusjon	14
3.1	Gassutslipp	14
3.1.1	Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon	14
3.1.2	KUA	16
3.2	Metall- og partikkelutslipp	17
3.2.1	Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon	17
3.2.2	Utslippsmålinger i KUA	19
3.2.3	Partikkelstørrelsesfordeling	20
3.3	Samlet diskusjon	22
3.3.1	Avgasser	22
3.3.2	Metaller	23
3.3.3	Partikler	23
4	Konklusjon	24
5	Referanser	24
	Vedlegg A Analyserapporter	25
A.1	Analyserapport av filter fra skyting på innendørs bane på Terningmoen	25
A.2	Analyserapport av filter fra skyting i kammer for uttesting av aerosoler (KUA)	27
	Vedlegg B CO-målinger på FLO test og verifikasjonssenter	29
B.1	Sammenlikning PAC700 og Multiwarn II	29
B.2	PAC7000	30
	Vedlegg C Andre gasser	34

1 Innledning

1.1 Formål

Forsvaret skal kjøpe inn nye maskingevær i kaliber 7,62. I den sammenheng har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) fått i oppdrag av Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) å måle utslippet av gasser og metaller fra de aktuelle våpnene som var til uttesting, for å kvantifisere den relative helsefaren fra de ulike våpnene. Denne studien er en del av anskaffelsesprosjekt P5040, "Lette maskingevær til forsvaret", der også andre parametere for våpenytelse ble vurdert. Det samlede resultatet vil danne et grunnlag for beslutning om anskaffelse. Undersøkelsene har vært gjennomført under FFI-prosjekt 1329 - Utslipp av gasser og partikler fra våpen.

1.2 Bakgrunn

En rekke av komponentene i avgassene ved bruk av våpen og ammunisjon kan potensielt være helseskadelig for bruker. I undersøkelser som FFI har foretatt er det blitt påvist høye konsentrasjoner av både metaller og gasser rundt skytter ved bruk av enkelte våpentyper og ammunisjon. Dette har ført til at det er blitt rapportert om helseproblemer hos enkelte skyttere etter skyting. For å imøtekomme dette er det blitt iverksatt tiltak på standplass for å redusere eksponeringen for både metaller og gasser samt at det er foretatt endringer i utformingen av den blyfrie ammunisjon, slik at den avgir mindre metaller ved bruk [1;2]. Resultatene fra disse studiene gir grunn til å tro at det også kan forekomme helseskadelige utslipp fra våpensystemer som enda ikke er undersøkt. I denne sammenheng har FFI nå undersøkt utslipp av gasser og metaller fra fem forskjellige maskingevær i kaliber 7,62 med både blyfri og blyholdig ammunisjon.

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 [3]. Det ble funnet at både kobber (Cu), sink (Zn), Bly (Pb), røyk, partikler, ammoniakk (NH₃) og karbonmonoksid (CO) potensielt kan føre til helseskader for bruker av våpen og ammunisjon (Tabell 1.1)

Tabell 1.1 Gasser, partikler, støv og metaller som kan gi helseeffekter ved skyting med håndvåpen. Tabellen viser hvilke helseeffekter, symptomer og grenseverdier [3] de ulike komponentene kan gi ved eksponering. Tiltaks- og grenseverdier er hentet fra forskrift til arbeidsmiljøloven [4].

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, se beskrivelse for 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 oksygenivå 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

CO er den gassen det slippes ut mest av ved skyting med håndvåpen [1] og er derfor en viktig parameter å måle ved kartlegging av utslipp fra våpen og ammunisjon. Konsentrasjonen av CO er også en god indikator på hvor mye metall som slippes ut under skyting, da disse utslippene korrelerer godt.

Partikkelstørrelse har innvirkning på hvor giftige partiklene er. Det er ofte slik at jo mindre partiklene er, jo mer giftige kan de være. I tillegg er giftigheten ikke proporsjonal med massen når partiklene er av nano-størrelse (<100 µm). Dette skyldes både den store overflaten i forhold til massen til små partikler, noe som gjør partikkelen svært reaktiv og at partiklene kan deponeres langt nede i lungene (alveolene). Når partiklene er på størrelse med biomolekyler kan de interagere med disse og trenge inn i cellene.

2 Metoder og materiell

Det ble benyttet en blyfri ammunisjon av typen NM231 og en blyholdig ammunisjon av typen M80 i undersøkelsen. De fem våpensystemene som ble testet var en FN MAG av titan, FN MAG original (stål), KSP 58, Barret og Minimi (7,62). KSP 58 er et gammelt våpen som ble tatt med i testen som et referansevåpen. Våpnene ble testet på to måter; på en innendørs skytebane hos FLO Test og Verifikasjon på Elverum og i et kammer for uttesting av aerosoler (KUA) hos FFI. Det ble påvist slitasjeskader på Barret under FLOs testskytinger og det ble konkludert med at dette var en uegnet kandidat. Denne ble derfor ikke testet videre i KUA hos FFI. KSP 58 ble heller ikke testet for utslipp i KUA.

2.1 Analyseinstrumenter og metoder

En oversikt over analysemetodene som ble benyttet kan ses i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Oversikt over analyseinstrumenter og utstyr brukt for å analysere kruttrøyken under skyting, samt fange opp partikler og metaller.

Instrument	Analyseparameter	Kommentarer
PAC 7000	CO	-Fra Dräger -Elektrokjemisk detektor -Måler i området 0-2000 ppm -Logger data hvert 10. sekund
Multiwarn II	HCN, CO, NH ₃	-Fra Dräger -Elektrokjemisk detektor -Logger data hvert 3. sekund
Gasmet 4015DX	CO, NH ₃ , HCN, NO, NO ₂ , N ₂ O, CH ₄	-Fra Gasmet Technologies -FTIR detector -Måler i området 1-1000 ppm -Logger data hvert 3. sekund
FMPS	Partikler	-Fra TSI -Teller antall partikler i størrelsesområdet 10 – 560 nm
Luftfilter	Metaller	-Fra Millipore -Membranfilter av typen http -Porestørrelse 0,4 µm -Luftgjennomstrømning på 2 L/min
Høyvolumprøvetaker SASS 3100	Metaller	-Fra Research International -Polypropylenfilter -Luftgjennomstrømning på 300 L/min -Porestørrelse 1 µm - oppsamlingseffektivitet: 0,5 mm: 50 % 1,0 mm: 75 % > 2,0 mm: 90 %

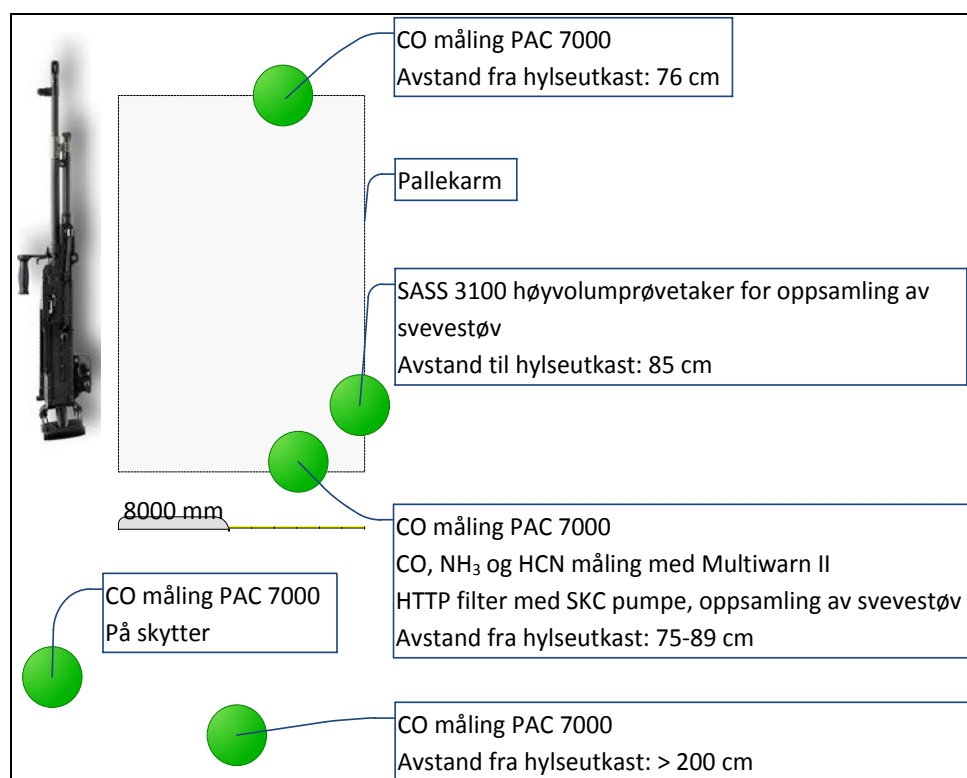
Karbonmonoksidkonsentrasjonen (CO, kullos) målt kontinuerlig ved hjelp av PAC7000. Dette instrumentet lagrer konsentrasjonen hvert 10. sekund, dette er et gjennomsnitt av de foregående 10 sekundene. CO-konsentrasjonen ble også målt ved hjelp av Gasmet og Multiwarn II som logget data hvert 3. sekund. Disse instrumentene målte også andre gasser som vist i Tabell 2.1.

Metaller ble analysert ved at støv ble fanget opp på filter som ble dekomponert og analysert på laboratoriet i etterkant. Dekomponeringen ble gjort med kongevann (1:3 ultraren 30 % HCl:

ultraren 67 % HNO₃) i en mikrobølgeovn av typen UltraWave fra Milestone. Etter dekomponering ble prøvene fortynnet og analysert ved hjelp av en ICP-MS (Thermo Fisher X-series 2).

2.2 Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon

Den første delen av våpentestene ble utført på en innendørs skytebane hos FLO Test og Verifikasjon på Elverum. Det ble målt på en rekke parametere under disse testene, der FFI foretok målinger av avgassene og partikkelutslipp ved skyting med de aktuelle våpnene. Med hvert våpen ble det skutt to serier à 200 skudd i byger på 4-6 skudd. Våpenet var festet til en bukk, og ble avfyrt med snoravtrekk (Figur 2.2 og Figur 2.3). Forskjellige analyseinstrumenter og partikkeloppsamlere (Figur 2.1) ble plassert rundt våpenet.



Figur 2.1 Oversikt over plassering av ulike måleinstrumenter i forhold til våpnene som ble testet.



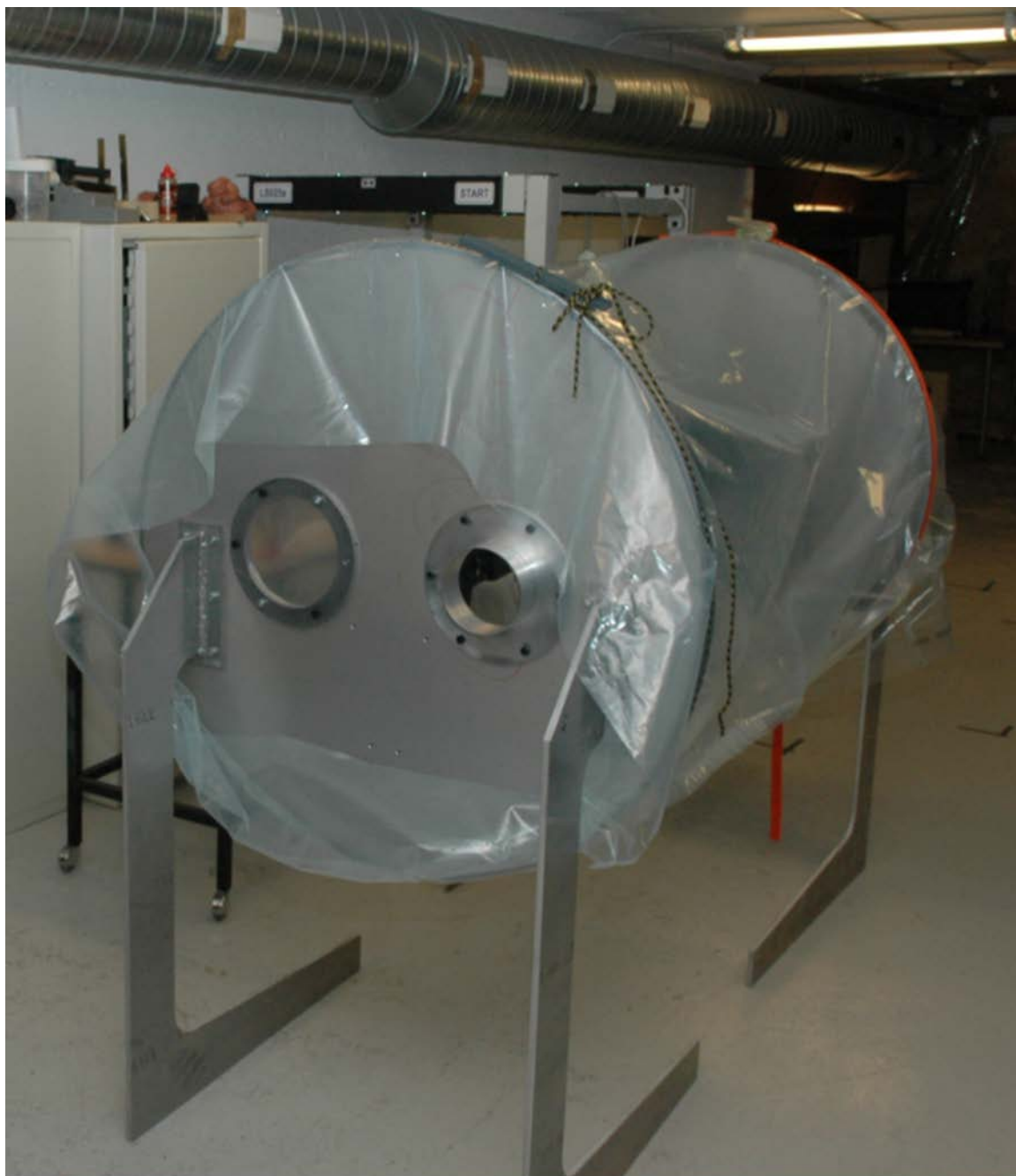
Figur 2.2 Bildet viser oppsett av våpen og analyseinstrumentene.



Figur 2.3 Bildet viser oppsett av våpen og analyseinstrumentene.

2.3 Testskyting i KUA

Kammeret for uttesting av aerosoler fungerer slik at våpenet som skal testes festes inne i et kammer med plastvegger (Figur 2.4). Disse plastveggene byttes mellom hver test for å unngå krysskontaminering. Kammeret er tett og alt utslipp ved skytingen vil derfor samles her. Analyse av innholdet i denne beholderen vil derfor kunne gi et tall på det totale utslippet per skudd.



Figur 2.4 Kammer for uttesting av aerosoler (KUA).

Med hvert våpen og hver ammunisjonstype ble det skutt to serier på 10 skudd. Etter at to skudd var avfyrt var det et opphold for å gjøre målinger, før de resterende 8 ble skutt. For å måle gass i KUA Multiwarn II og Gasmeter (4015DX) benyttet, mens det ble benyttet luftfilter for å samle opp

partikler for metallmåling og FMPS for å bestemme partikkel-størrelsesfordelingen og mengde partikler som slippes ut under skyting. Det ble filtrert totalt 10 liter luft gjennom luftfiltret for metallmåling med en hastighet på 2 L/min. Filtrene ble veid før de ble oppsluttet som beskrevet i kapittel 2.1. Ved måling med FMPS ble prøven analysert med 100 ganger fortykning, slik at instrumentet ikke skulle overbelastes med partikler.

3 Resultat og diskusjon

Barret ble under andre tester foretatt av FLO vurdert som uegnet til nytt maskingevær og ble derfor ikke testet i KUA. Resultatene fra dette våpenet er allikevel tatt med som en sammenlikning. KSP 58 er et gammelt våpen som kun ble tatt med i testen som en referanse. KSP 58 ble derfor ikke testet i KUA.

3.1 Gassutslipp

3.1.1 Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon

3.1.1.1 CO

Maksimal konsentrasjon av CO målt hos skytter og rundt våpnene vises i Tabell 3.1, mens Tabell 3.2 viser konsentrasjonen av CO som maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter. Konsentrasjonen av CO som funksjon av tid under skyteseriene med de ulike våpnene er vist i Vedlegg B.

Resultatene viser at det var høyest konsentrasjon av CO foran våpnene og at konsentrasjonen avtok med avstand fra våpenet. Dette var som forventet, da mesteparten av kruttgassene kommer ut av løpet samtidig som at ventilasjonen trekker avgassene i retning av målskivene. CO målingene som ble utført med Multiwarn II og PAC7000, som var plassert bak våpenet, overensstemte godt med hverandre. Det ser derfor ikke ut til at det har hatt betydning for resultatene at PAC7000 bare logget data hvert 10. sekund. Det ble registrert noe høyere maksimalkonsentrasjon av CO med Multiwarn II enn med PAC7000, men dette skyldtes at Multiwarn II var plassert noe nærmere våpenet enn PAC7000.

Det ble ikke observert noen tydelig forskjell eller trend i CO-utslippet mellom de ulike våpnene og de to ammunisjonstypene som ble benyttet. Dette hadde sannsynligvis først og fremst sammenheng med at mengden krutt i disse er nokså like. Det ble registrert en viss forskjell i målingene av CO mellom de to seriene à 200 skudd med samme type ammunisjon for hvert enkelt våpen. Dette tyder på at det kan ha vært variasjoner i ventileringen rundt våpenet under testene eller små endringer i skytehastighet. For FN MAG kunne det se ut til at høyest konsentrasjon av CO ble målt ved bruk av blyholdig ammunisjon, men for glidende gjennomsnittskonsentrasjon over 15 minutter var det liten forskjell. Det var i liten grad forskjeller mellom de ulike våpnene når glidende gjennomsnittskonsentrasjon over 15 minutter ble sammenliknet for CO. Det kan derfor ikke konkludere med at noe våpen slapp ut vesentlig mindre CO enn de andre som er testet.

Tabell 3.1 Maksimal målt konsentrasjon av CO hos skytter og rundt våpnene ved skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon. Verdiene er gjennomsnitt av to skyteserier à 200 skudd.

Våpen	Ammunisjon	Maksimal konsentrasjon av CO (ppm)			
		Hos skytter	Bak våpen	Foran våpen	> 2 m bak våpenet
FN MAG titan	Blyfri	381	325	612	142
	Blyholdig	386	378	719	196
FN MAG original	Blyfri	318	281	448	117
	Blyholdig	430	403	596	104
Minimi 7,62	Blyfri	289	339	677	228
	Blyholdig	335	340	533	236
KSP 58	Blyfri	518	517	581	209
	Blyholdig	490	431	826	167
Barret	Blyfri	238	478	400	175
	Blyholdig	272	441	371	128

Tabell 3.2 Glidende gjennomsnitt av CO-konsentrasjonen over 15 minutter hos skytter og rundt våpnene ved skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon. Verdiene er gjennomsnitt av to skyteserier à 200 skudd.

Våpen	Ammunisjon	Glidende gjennomsnitt av CO-konsentrasjon over 15 min (ppm)			
		Hos skytter	Bak våpen	Foran våpen	> 2 m bak våpenet
FN MAG titan	Blyfri	50	55	79	34
	Blyholdig	53	54	84	33
FN MAG original	Blyfri	49	53	74	29
	Blyholdig	39	50	70	26
Minimi 7,62	Blyfri	58	64	93	45
	Blyholdig	56	62	90	46
KSP 58	Blyfri	57	57	78	35
	Blyholdig	56	62	92	36
Barret	Blyfri	43	78	76	33
	Blyholdig	47	79	75	31

3.1.1.2 NH₃ og HCN

For å få et godt sammenlikningsgrunnlag for utslippet mellom våpnene ble også konsentrasjonen av NH₃ og HCN målt bak våpnene som anmerket i Figur 2.1. Det ble som forventet målt høyest konsentrasjon av NH₃, men konsentrasjonen var forholdsvis lav under skyting med alle våpnene og de to ammunisjonstypene (Tabell 3.3). Det kunne se ut til at blyfri ammunisjon ga et noe lavere utslipp av både NH₃ og HCN enn blyholdig ammunisjon. Både maksimalt nivå som ble målt og gjennomsnittsnivå under skyteseriene viste dette. Det var liten forskjell i utslippet av både NH₃ og HCN mellom de ulike våpnene som ble undersøkt. Det kunne derfor, som for CO, ikke

konkluderes med at noen av de testede våpnene hadde et vesentlig lavere utslipp av NH₃ og HCN enn de andre våpnene.

Tabell 3.3 *Maksimalt konsentrasjon og gjennomsnittskonsentrasjon i perioden over nullnivå av NH₃ og HCN under skyteseriene. Verdiene er gjennomsnitt av to parallelle skyteserier à 200 skudd. - ikke foretatt måling.*

Våpen	Ammunisjon	NH ₃		HCN	
		Maksimal	Gjennomsnitt	Maksimal	Gjennomsnitt
FN MAG titan	Blyfri	3,5	2,68	0,7	0,36
	Blyholdig	-	-	-	-
FN MAG original	Blyfri	4,0	3,00	0,7	0,39
	Blyholdig	6,0	4,26	1,4	0,55
Minimi 7,62	Blyfri	3,5	2,54	0,9	0,37
	Blyholdig	6,0	3,30	1,2	0,49
KSP 58	Blyfri	5,0	3,32	1,2	0,43
	Blyholdig	8,0	4,53	1,6	0,55
Barret	Blyfri	6,5	4,2	1,7	0,48
	Blyholdig	8,0	4,9	1,9	0,63

Tidsforløpet av målt verdi for NH₃ og HCN for de ulike våpnene er vist i Appendix C.

3.1.2 KUA

Beregnet utslipp av gasser ved bruk av blyfri og blyholdig ammunisjon i de testede våpnene er vist i Tabell 3.4. For FN MAG så det ut til at blyholdig ammunisjon ga et noe høyere utslipp av NH₃ og HCN enn blyfri ammunisjon. Dette samsvarte med det som ble foretatt av gassmålinger under testskyting av våpnene hos FLO Test og Verifikasjon. For Minimi så det imidlertid ikke ut at det var noen forskjell i utslippet av NH₃ ved bruk av blyfri og blyholdig ammunisjon, selv om det ved testskyting hos FLO Test og Verifikasjon kunne tyde på at blyholdig ammunisjon gav høyere utslipp av NH₃. Det så også ut som Minimi ga et høyere utslipp av HCN ved bruk av blyfri ammunisjon enn det som var tilfellet med blyholdig ammunisjon. Det motsatte var imidlertid registrert ved testskyting hos FLO Test og Verifikasjon. Det ble benyttet forskjellige måleinstrumenter ved målinger av blyfri og blyholdig ammunisjon for Minimi, dette kan være årsaken. Utslippet av CO var ganske likt for FN MAG ved bruk av begge ammunisjonstypene, mens Minimi hadde et noe høyere utslipp av CO en FN MAG ved bruk av blyfri ammunisjon og noe lavere utslipp ved bruk av blyholdig ammunisjon. Resultatene fra testskytingen hos FLO Test og Verifikasjon avdekket ingen signifikante forskjell i utslippet av CO mellom de ulike våpnene og ammunisjonstypene.

Tabell 3.4 Utslipp av gasser per skudd for de testede våpnene i KUA. Verdiene er et gjennomsnitt av to parallelle serier à 10 skudd. Ved skyting med Minimi og blyfri ammunisjon er verdiene basert på målinger gjort med Multiwarn II, mens de andre målingene er gjort med Gasmeter.

Våpen	Ammunisjon	NH ₃ mg/skudd	HCN mg/skudd	CO mg/skudd
FN MAG titan	Blyfri	16	0,4	1378
	Blyholdig	24	0,8	1379
FN MAG original	Blyfri	17	0,6	1358
	Blyholdig	24	1,7	1312
Minimi 7,62	Blyfri	20	1,6	1461
	Blyholdig	19	0,4	1276

3.2 Metall- og partikkelutslipp

3.2.1 Innendørs skytebane, FLO Test og Verifikasjon

Resultatene fra måling av metallkonsentrasjon i luft like bak våpnene under skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon er oppsummert i Tabell 3.5. Verdiene er gjennomsnitt over 15 minutter, selv om selve skytingen var over i løpet av omkring ett minutt. Dette ble gjort da det tok omkring 10 minutter etter skyting før ventilasjon på skytebanen hadde redusert konsentrasjonen av avgasser til bakgrunnsnivå. Grenseverdier for korttidseksponering i arbeidsatmosfære er også på 15 minutter. Figur B.1 i Vedlegg B som viser konsentrasjonen av CO som funksjon av tid for FN MAG illustrerer dette.

Ved skyting med blyfri ammunisjon var det Barret som gav høyest utslipp av kobber og sink, nesten dobbelt så mye som FN MAG titan og KSP 58 som gav nest høyest utslipp. Minimi var det våpenet som gav desidert minst utslipp av kobber, sink og vismut (Bi) ved skyting med blyfri ammunisjon. For blyholdig ammunisjon var det mindre forskjeller i utslippet av metaller mellom våpnene enn for blyfri ammunisjon. Her var det FN MAG original som gav det laveste utslippet, omkring halvparten av det som var tilfellet for de andre våpnene.

Tabell 3.5 Beregnet konsentrasjon av metaller i luft rett bak våpnene ved skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon. Konsentrasjonen er angitt som en gjennomsnittsverdi over 15 minutter og er gjennomsnittet av to parallelle skyteserier à 200 skudd. Verdiene er beregnet med bakgrunn av rådata i Vedlegg A.

Våpen	Ammunisjon	Pb mg/m ³	Zn mg/m ³	Cu mg/m ³	Bi mg/m ³
FN MAG titan	Blyfri	< 0,01	0,19	1,07	0,10
	Blyholdig	0,23	0,05	0,64	< 0,01
FN MAG original	Blyfri	< 0,01	0,08	0,45	0,06
	Blyholdig	0,13	0,02	0,25	< 0,01
Minimi 7,62	Blyfri	< 0,01	0,03	0,15	0,01
	Blyholdig	0,38	0,06	0,70	< 0,01
KSP 58	Blyfri	0,01	0,19	1,11	0,11
	Blyholdig	0,31	0,07	0,83	< 0,01
Barret	Blyfri	0,02	0,47	2,00	-
	Blyholdig	0,23	0,05	0,48	-

Det ble også samlet opp partikler med høyvolumprøvetaker (SASS 3100) i nærheten av der det ble samlet opp partikler på filter (Figur 2.1, Figur 2.2 og Figur 2.3). Konsentrasjonen av metaller i luft bak våpenet basert på denne prøvetakingen er vist i Tabell 3.6. Resultatene viser at det ble registrert et noe lavere innhold av metaller i luften enn det som ble beregnet ved bruk av filter, noe som er naturlig ut fra at denne prøvetakeren har en mindre effektiv oppsamling av små partikler. Det var imidlertid FN MAG original som ga lavest utslipp av metaller. Disse målingene viste for Minimi at blyfri ammunisjon gav en høyere konsentrasjon av kobber og sink enn det som var tilfellet med blyholdig ammunisjon. Dette var forventet og tilsvarende med det resultatene fra KUA viste, men motsatt av det som ble funnet ved bruk av filter.

Tabell 3.6 Beregnet konsentrasjon av metaller i luft rett bak våpnene ved skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon ved bruk av resultater fra SASS 3100. Konsentrasjonen er angitt som en gjennomsnittsverdi over 15 minutter og er gjennomsnittet av to parallelle skyteserier à 200 skudd. Verdiene er beregnet med bakgrunn av rådata i Vedlegg A.

Våpen	Ammunisjon	Pb mg/m ³	Zn mg/m ³	Cu mg/m ³	Bi mg/m ³
FN MAG titan	Blyfri	< 0,01	0,28	0,49	0,05
	Blyholdig	0,19	0,10	0,39	< 0,01
FN MAG original	Blyfri	< 0,01	0,23	0,34	0,05
	Blyholdig	0,15	0,05	0,18	< 0,01
Minimi 7,62	Blyfri	< 0,01	0,30	0,48	0,07
	Blyholdig	0,27	0,08	0,29	< 0,01
KSP 58	Blyfri	< 0,01	0,15	0,24	0,03
	Blyholdig	0,16	0,09	0,34	< 0,01
Barret	Blyfri	-	-	-	-
	Blyholdig	-	-	-	-

3.2.2 Utslippsmålinger i KUA

Analyse av metallkonsentrasjon i KUA gir et mål på den totale mengden metall sluppet ut per skudd. Dette målet er en god kvantitativ tilnærming til metallutslippet fra et våpen, da mange parametere som kan øke usikkerheten i målingene elimineres. Den beregnede mengden metaller som ble sluppet ut per skudd er oppsummert i Tabell 3.7.

Det var fra FN MAG original det ble målt lavest utslipp av metaller, mens det fra FN MAG titan ble målt høyest utslipp av metaller. Dette gjaldt både for blyfri og blyholdig ammunisjon. Sammenlignet med FN MAG titan var utslippet av kobber fra FN MAG original 43 % mindre og for Minimi 33 % mindre når blyfri ammunisjon ble benyttet. Tilsvarende sammenligning for sink viser at FN MAG original slapp ut 33 % mindre, mens Minimi slapp ut 26 % mindre metaller enn FN MAG titan. Utslippet av vismut var ganske likt mellom de tre våpentypene. Målingene foretatt på innendørs skytebane viste også at det var FN MAG original som ga lavest konsentrasjon av metaller i luft. Målingene gjort i KUA samsvarte derfor med de målingene som ble utført på innendørs skytebane.

Ved skyting med blyholdig ammunisjon var metallutslippet av kobber henholdsvis 61 % og 58 % mindre med FN MAG original enn med Minimi og FN MAG titan. Det ble målt omkring 53 % mindre sinkutslipp fra FN MAG original enn fra Minimi og FN Mag titan. FN MAG avga også minst bly ved skyting med blyholdig ammunisjon, henholdsvis 21 % og 39 % mindre enn FN MAG titan og Minimi.

Konsentrasjonen av svevestøv var høyest for blyfri ammunisjon, noe som har sammenheng med at denne ammunisjonen ga et betydelig høyere utslipp av kobber i forhold til blyholdig ammunisjon.

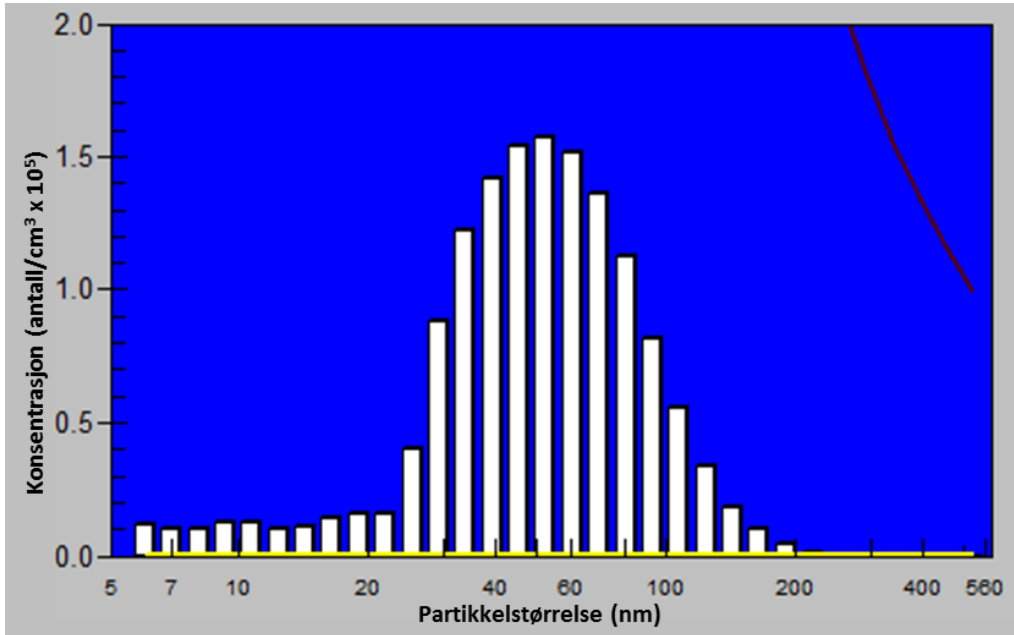
Ved å velge FN MAG original fremfor de to andre våpnene kan skytters eksponering for kobber, sink og bly både ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon reduseres. Utslippet fra FN MAG original var noe tilsvarende med det som FFI tidligere har målt for blyfri og blyholdig ammunisjon i HK417.

Tabell 3.7 Beregnede mengder av metaller og svevestøv som slippes ut per skudd ved skyting med blyfri og blyholdig ammunisjon i de tre våpentypene som ble testet i KUA, verdiene er regnet ut på bakgrunn av rådata i Vedlegg A.

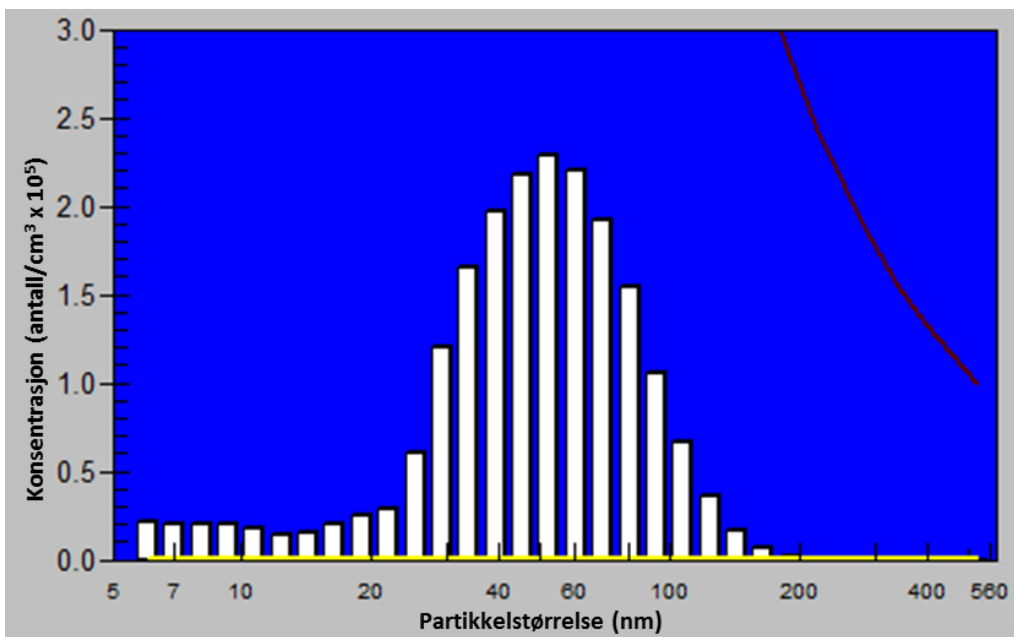
Våpen	Ammunisjon	Pb µg/skudd	Zn µg/skudd	Cu µg/skudd	Bi µg/skudd	Svevestøv mg/skudd
FN MAG titan	Blyfri	22	3939	15815	1949	41
	Blyholdig	2730	826	6973	28	26
FN MAG original	Blyfri	138	2640	9024	1764	32
	Blyholdig	2166	381	2950	28	13
Minimi 7,62	Blyfri	20	3582	13400	2031	35
	Blyholdig	3541	805	7557	38	31

3.2.3 Partikkelstørrelsesfordeling

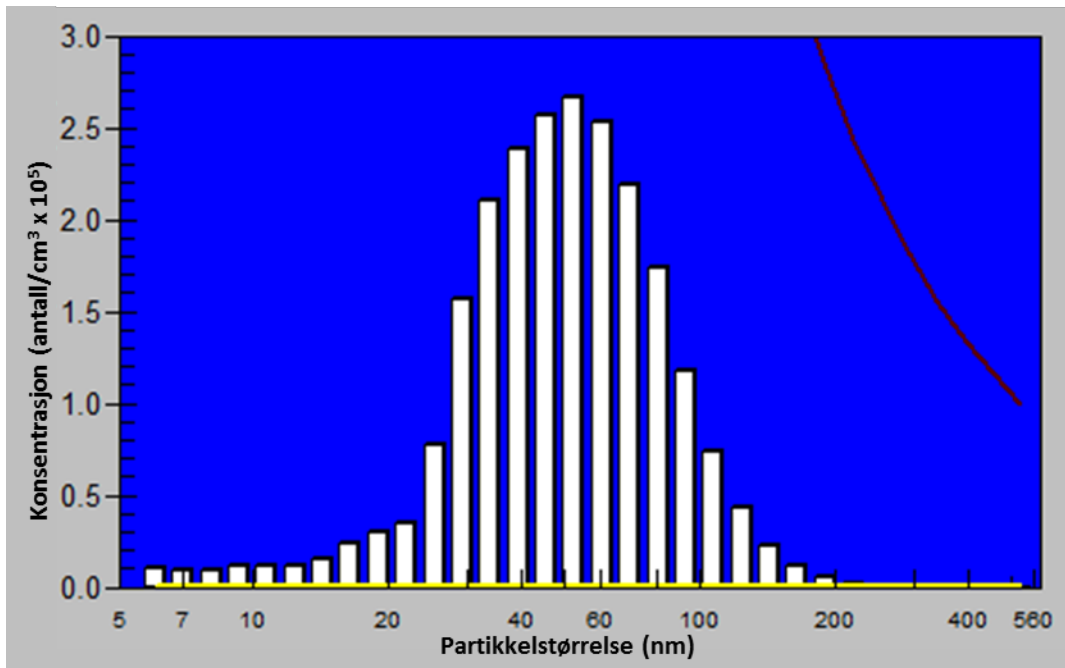
Resultatene fra analyse av størrelsesfordelingen av partikler for de ulike våpnene og ammunisjonstypene er vist i Figur 3.1- Figur 3.6. Det var små forskjeller mellom de ulike våpnene og det var liten forskjell mellom blyfri og blyholdig ammunisjon. Hovedmengden av partikler var i størrelsesområdet 25 – 150 nm og det var partikler i størrelse rundt 50 nm det var mest av.



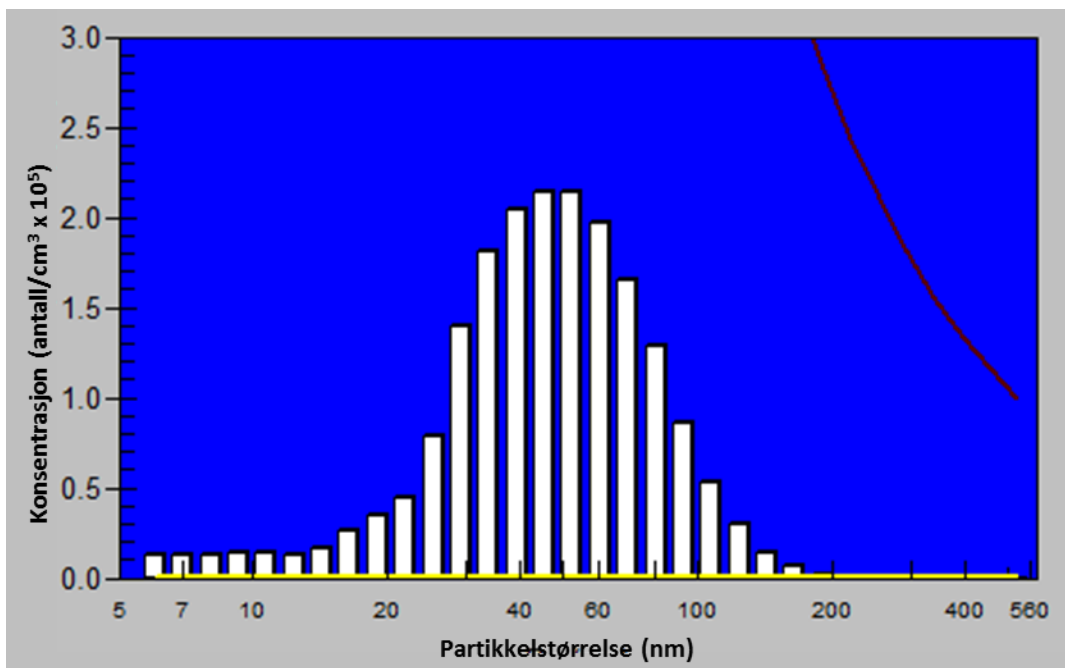
Figur 3.1 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med FN MAG titan og blyfri ammunisjon.



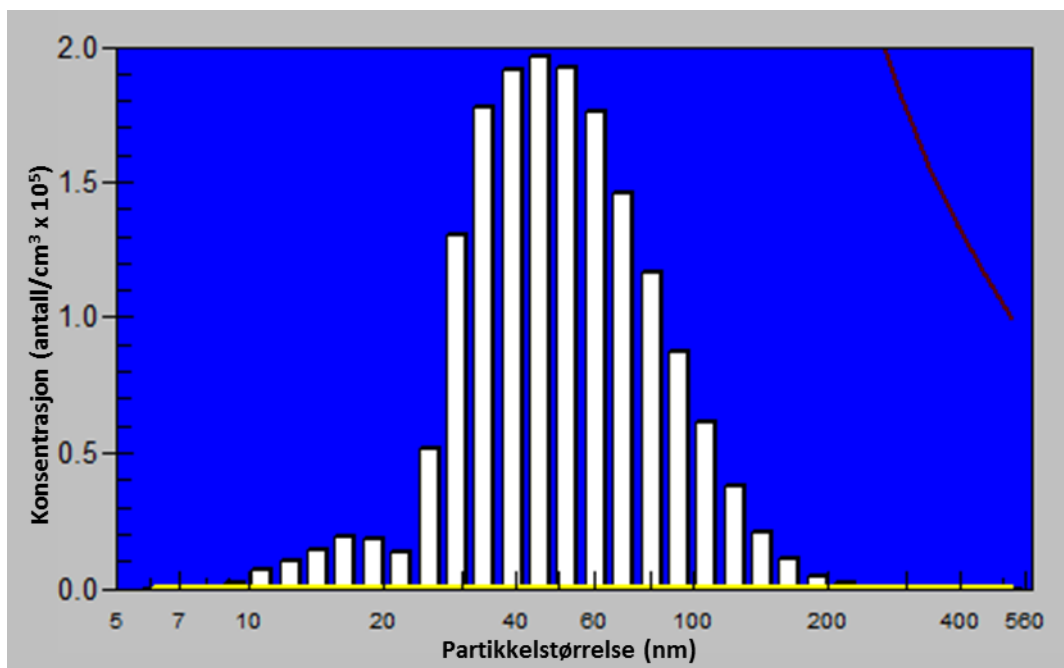
Figur 3.2 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med FN MAG titan og blyholdig ammunisjon.



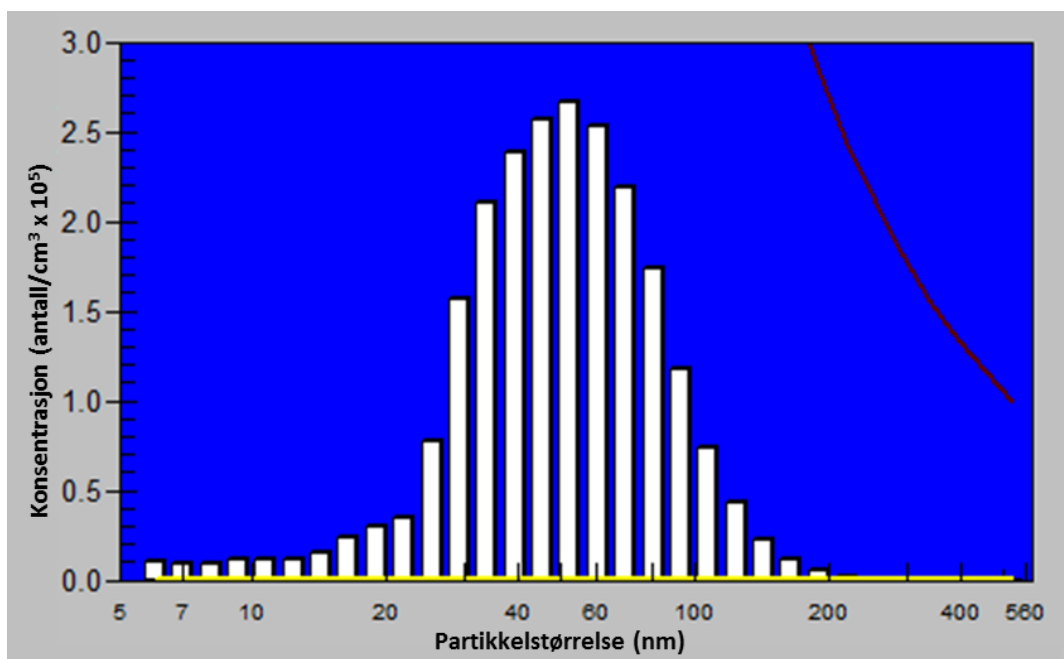
Figur 3.3 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med FN MAG original og blyfri ammunisjon.



Figur 3.4 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med FN MAG original og blyholdig ammunisjon.



Figur 3.5 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med Minimi (7,62) og blyfri ammunisjon.



Figur 3.6 Partikkelstørrelsesfordeling ved skyting med Minimi (7,62) og blyholdig ammunisjon.

3.3 Samlet diskusjon

3.3.1 Avgasser

Utslippet av CO fra de forskjellige våpnene så ut til å være relativt likt når resultatene på innendørs skytebane og målingene foretatt i KUA betraktes. Det var også liten forskjell mellom

blyfri og blyholdig ammunisjon. Det kunne derfor se ut til at utslippet av CO styrtes av mengden krutt og i liten grad ble påvirket av forskjeller i våpnene. Det var noe variasjon mellom de to parallelle skyteseriene, noe som tyder på variasjoner i ventilasjonen rundt våpenet under testene eller små endringer i skytehastighet. Konsentrasjonen av CO under rask skyting av 200 skudd på innendørs skytebane oversteg ikke grenseverdien for korttidseksposering (15 minutter, 100 ppm) for noen av våpnene.

Alle våpnene ga lave utslipp av både NH₃ og HCN og maksimalt målt konsentrasjon på innendørs skytebane var godt under grenseverdi for korttidseksposering (15 minutter, 50 ppm). Ut fra målinger foretatt på innendørs skytebane og i KUA så det ut til at blyfri ammunisjon ga et noe lavere utslipp av både NH₃ og HCN enn blyholdig ammunisjon. Ved skyting med Minimi ble det imidlertid i KUA målt høyest utslipp av disse gassene ved bruk av blyfri ammunisjon. Dette skyldtes sannsynligvis at måleinstrument måtte byttes mellom skyting av blyfri og blyholdig ammunisjon i Minimi. Ingen av de testede våpnene skilte seg ut med vesentlig lavere utslipp av NH₃ og HCN noe som av helsemessige årsaker ville være å foretrekke.

3.3.2 Metaller

På innendørs skytebane ved skyting med blyfri ammunisjon var det Minimi som gav lavest utslipp av metaller, mens det ved måling i KUA var FN Mag original som gav lavest utslipp. Det er noe usikkert hvorfor det ble målt lavt utslipp av metaller fra Minimi ved skyting med blyfri ammunisjon på innendørs skytebane, mens det i KUA ble registrert en god del mer utslipp fra Minimi enn FN MAG original. De målte gasskonsentrasjonene ved skyting med Minimi og blyfri ammunisjon tydet ikke på at det har vært noe unormalt med ventilasjonen under skytingen som kan ha ført til lavt innhold av partikler i luften. Målingene gjort med SASS 3100 viste at FN MAG original ga et lavere utslipp av metaller enn Minimi når blyfri ammunisjon ble benyttet. Det kan derfor ikke ses bort fra at det har blitt utført en feil i forbindelse med prøvetaking ved skyting med blyfri ammunisjon i Minimi eller feil under etterfølgende analyse som har ført til dette. FN MAG original gav samlet lavest utslipp både på innendørs skytebane og i KUA ved skyting med blyholdig ammunisjon.

Konsentrasjonen av kobber i luft ble målt til å være over grenseverdi for korttids-eksponering (15 minutter, 0,3 mg/m³) for alle våpen og ammunisjonstyper bortsett fra FN MAG original med blyholdig ammunisjon og Minimi med blyfri ammunisjon. Bly-konsentrasjonen rundt skytter oversteg arbeidsmiljølovens grenseverdier for korttidseksposering (15 minutter, 0,05 mg/m³) for alle våpen når det ble skutt med blyholdig ammunisjon på innendørs skytebane.

3.3.3 Partikler

Utslippet av svevestøv var noe mindre for blyholdig ammunisjon enn det som var tilfellet for blyfri ammunisjon. Dette har sammenheng med et noe lavere utslipp av kobber og sink fra blyfri ammunisjon. Størrelsesfordeling av partiklene som ble sluppet ut ved bruk av de forskjellige våpnene og ammunisjonstypene var ganske lik. De fleste partiklene lå i størrelsesområdet 20 - 100 nm. Det var kun mindre forskjeller i antallet partikler i de ulike størrelsesfraksjonene. Det så

derfor ut til at forskjellen som ble observert mellom blyfri og blyholdig ammunisjon på mengden svevestøv kom av partikler som er større enn 560 nm.

4 Konklusjon

De ulike våpnene så ut til å avgi omkring samme mengde CO ved skyting med både blyfri og blyholdig ammunisjon. Imidlertid avga blyfri ammunisjon noe mindre (ca. 25 % mindre) NH₃ og HCN enn det som var tilfellet for blyfri ammunisjon. Dette var tilfellet både for målingene utført ved FLO test- og verifikasjonssenter og målinger utført i KUA på FFI.

Utslipet av metaller var lavest for FN MAG original. Ved å velge FN MAG original fremfor de to andre våpnene kan skytters eksponering for kobber, sink og bly reduseres, både ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon. Fra Minimi og FN MAG titan ble det målt relativt like utslipp, det er derfor vanskelig å rangere disse i forhold til et helseaspekt. Disse vurderingene er basert på målingene både fra KUA ved FFI og testene utført ved FLO test- og verifikasjonssenter. KSP 58 er et gammelt våpen som kun var med for sammenliknings skyld, Barret ble ved andre tester konkludert å være en uegnet kandidat og var også det våpenet som i våre tester gav høyest utslipp.

Etter en samlet vurdering av utslippet fra de forskjellige våpnene, var det FN MAG original som kom ut som mest gunstig og dette våpenet anbefales derfor ut fra et helseperspektiv.

Fordi grenseverdien for korttidseksponering av både bly og kobber ble overskredet ved flere av skytingene bør det vurderes tiltak på denne spesifikke skytebanen for å unngå metallfeber. Slike tiltak kan være at skytter bruker filtermaske eller det kan unngås skyting av så mange skudd i en serie som i denne testen. En forbedring av ventilasjonssystemet vil også være en mulighet for å unngå høy metalleksponering av skyttere.

5 Referanser

- [1] Ø. Voie, A. Johnsen, and K. Longva, "Overvåkingssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser," FFI-rapport 2014/00070, 2014.
- [2] M. Ljønes, A. Johnsen, Ø. Voie, A. Myran, and A. Larsen, "Undersøkelse av gass- og metallkonsentrasjoner rundt skytter ved skyting med håndvåpen," FFI-rapport 2013/02798, 2013.
- [3] A. Strømseng, Ø. Voie, A. Johnsen, S. M. Bergsrud, M. Parmer, B. T. Røen, M. Ljønes, T. C. Johannesen, and K. Longva, "Helseplager i forbindelse med bruk av HK416 - vurdering av årsak og helserisiko," FFI-rapport 2009/00820, 2009.
- [4] Arbeids- og sosialdepartementet, "Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisiko for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)," 2014.

Appendix A Analyserapporter

A.1 Analyserapport av filter fra skyting på innendørs bane på Terningmoen



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse og samfunnsikkerhet

Dato: 16.02.15

Analyserapport

Side 1 av 2

Analyserapport Metallanalyse av filter fra skyting på innendørs bane på Terningmoen.

Oppdragsgiver: FLO Antall prøver: 10
Anmerkninger: Analyse av filter for oppsamling av støv og metaller.

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Metode identitet	Måleområde µg/l
Titan, Ti	A1	0,1-100
Vanadium, V	A1	0,1-100
Krom, Cr	A1	0,1-100
Mangan, Mn	A1	0,1-100
Jern, Fe	A1	1-1000
Kobber, Cu	A1	0,1-100
Sink, Zn	A1	0,1-100
Arsen, As	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 2 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

FFI-nr	Prøveidentifikasjon
14-1700	FN Mag Titan, blyholdig ammunisjon (M80)
14-1701	FN Mag Titan, blyfri ammunisjon (NM231)
14-1702	FN Mag Orginal (stål), blyholdig ammunisjon (M80)
14-1703	FN Mag Orginal (stål), blyfri ammunisjon (NM231)
14-1705	Minimi (7,62), blyholdig ammunisjon (M80)
14-1706	Minimi (7,62), blyfri ammunisjon (NM231)
14-1707	KSP (58), blyholdig ammunisjon (M80)
14-1708	KSP (58), blyfri ammunisjon (NM231)
14-2102	Barret, blyholdig ammunisjon (M80)
14-2103	Barret, Blyfri ammunisjon (NM231)

FFI-nr.	Ti µg	V µg	Cr µg	Fe µg	Cu µg	Zn µg	Sb µg	Pb µg	Bi µg
14-1700	<lod	6,7	0,7	5,2	38,3	3,1	0,29	13,6	<lod
14-1701	0,67	5,8	0,5	0,5	64,3	11,6	<lod	0,14	5,9
14-1702	<lod	6,1	0,5	3	15,1	1,1	<lod	7,9	<lod
14-1703	0,46	5,2	0,4	0,6	26,8	5	<lod	0,11	3,3
14-1705	<lod	6,3	0,6	5,7	45,1	3,6	0,52	22,8	<lod
14-1706	0,25	6,3	0,5	0,5	8,8	1,5	<lod	0,06	0,9
14-1707	<lod	5,7	0,5	5,3	49,6	4,1	0,28	18,4	<lod
14-1708	0,84	7	0,6	0,9	66,5	11,7	<lod	0,3	6,8
14-2102	0,13	25	1,2	3,9	28,9	2,7	0,3	13,9	
14-2103	1,8	26	1,3	1	120	28,4	0,1	1	

Resultatet er oppgitt i µg per filter.

A.2 Analyserapport av filter fra skyting i kammer for uttesting av aerosoler (KUA)



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse og samfunnssikkerhet

Dato: 16.02.15

Analyserapport

Side 1 av 2

Analyserapport Metallanalyse av filter fra skyting i kammer for uttesting av aerosol (KUA).

Oppdragsgiver: FLO Antall prøver: 10
Anmerkninger: Analyse av filter for oppsamling av
støv og metaller.

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Metode identitet	Måleområde µg/l
Titan, Ti	A1	0,1-100
Krom, Cr	A1	0,1-100
Mangan, Mn	A1	0,1-100
Jern, Fe	A1	1-1000
Kobber, Cu	A1	0,1-100
Sink, Zn	A1	0,1-100
Arsen, As	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 2 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

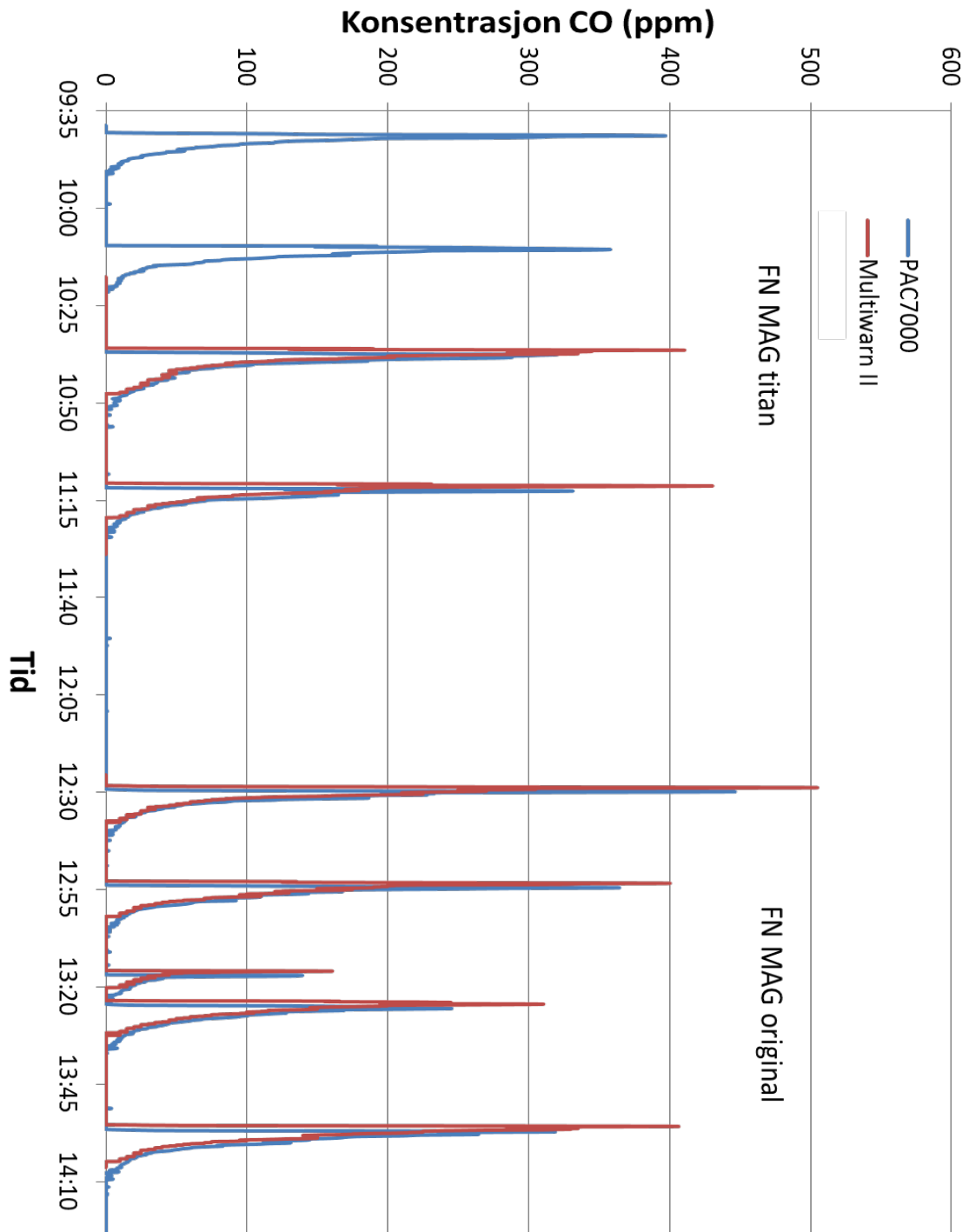
FFI-nr	Prøveidentifikasjon
14-1838	Minimi (7,62), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1839	Minimi (7,62), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1840	Minimi (7,62), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))
14-1841	Minimi (7,62), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))
14-1842	FN Mag original (stål), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1843	FN Mag original (stål), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1844	FN Mag original (stål), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))
14-1845	FN Mag original (stål), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))
14-1846	FN Mag (Titan), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1847	FN Mag (Titan), blyfri ammunisjon (NM231/NM232 (4:1))
14-1848	FN Mag (Titan), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))
14-1849	FN Mag (Titan), blyholdig ammunisjon (M80/M62 (4:1))

FFI-nr.	Ti µg/skudd	Cr µg/skudd	Fe µg/skudd	Cu µg/skudd	Zn µg/skudd	Sb µg/skudd	Pb µg/skudd	Bi µg/skudd
14-1838	0,7	0,12	0,39	88	21	<lod	0,16	12
14-1839	1,2	0,13	0,44	144	41	<lod	0,19	23
14-1840	0,2	0,14	5,5	57	6,6	0,45	27	0,6
14-1841	0,1	0,14	8,7	108	11	0,97	51	0,3
14-1842	0,8	0,11	0,34	123	29	0,02	0,23	15
14-1843	1,1	0,11	0,38	151	39	0,01	0,16	19
14-1844	0,1	0,22	8	74	9,2	0,44	29	0,4
14-1845	0,1	0,14	4,2	47	5,1	0,26	19	0,1
14-1846	0,8	0,12	0,75	87	27	0,02	1,9	18
14-1847	0,7	0,1	0,39	69	19	0,01	0,5	13
14-1848	0,04	0,15	1,2	17	2,8	0,17	12	0,3
14-1849	0,04	0,13	2,1	34	3,8	0,33	26	0,16

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

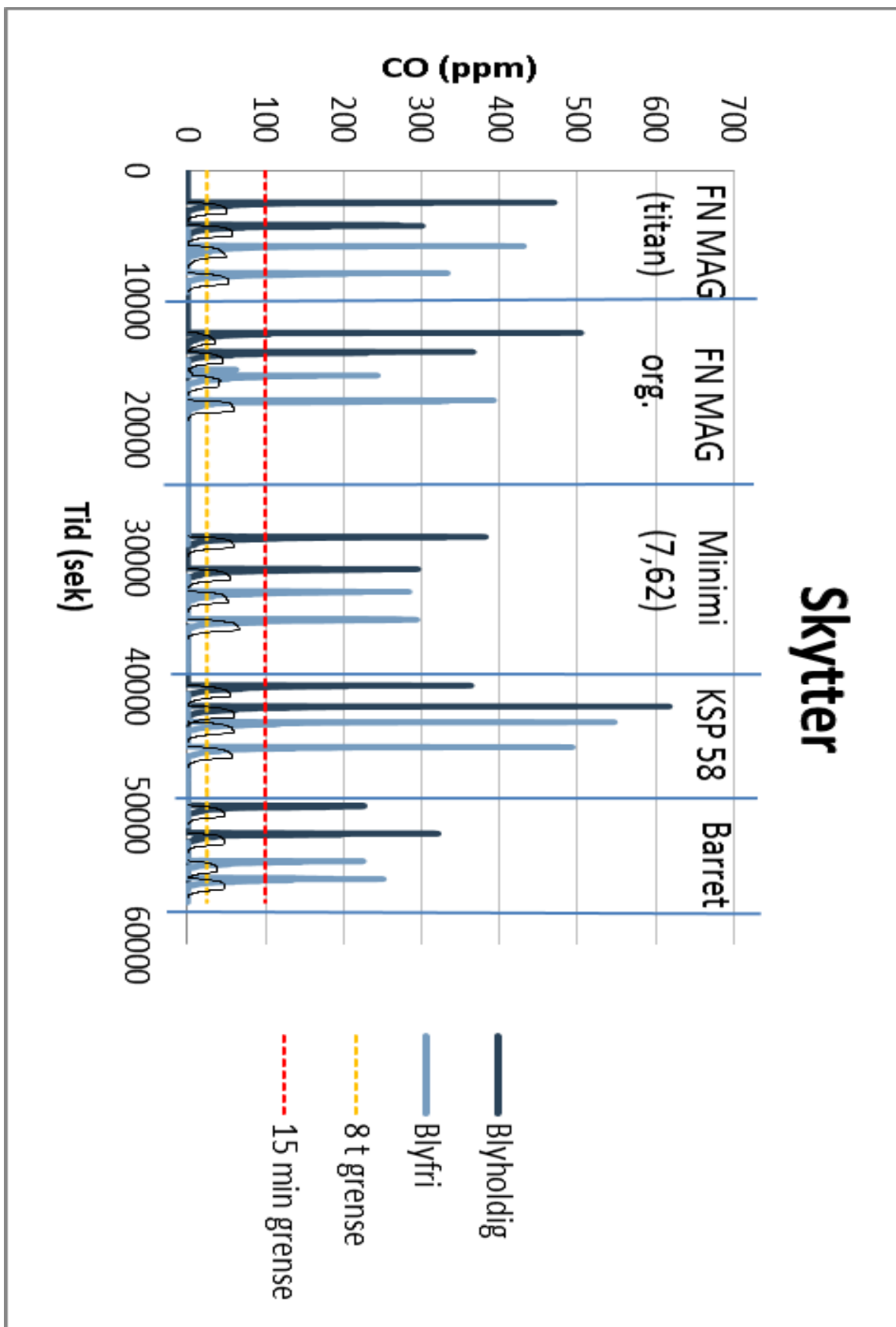
Appendix B CO-målinger på FLO test og verifikasjonssenter

B.1 Sammenlikning PAC7000 og Multiwarn II

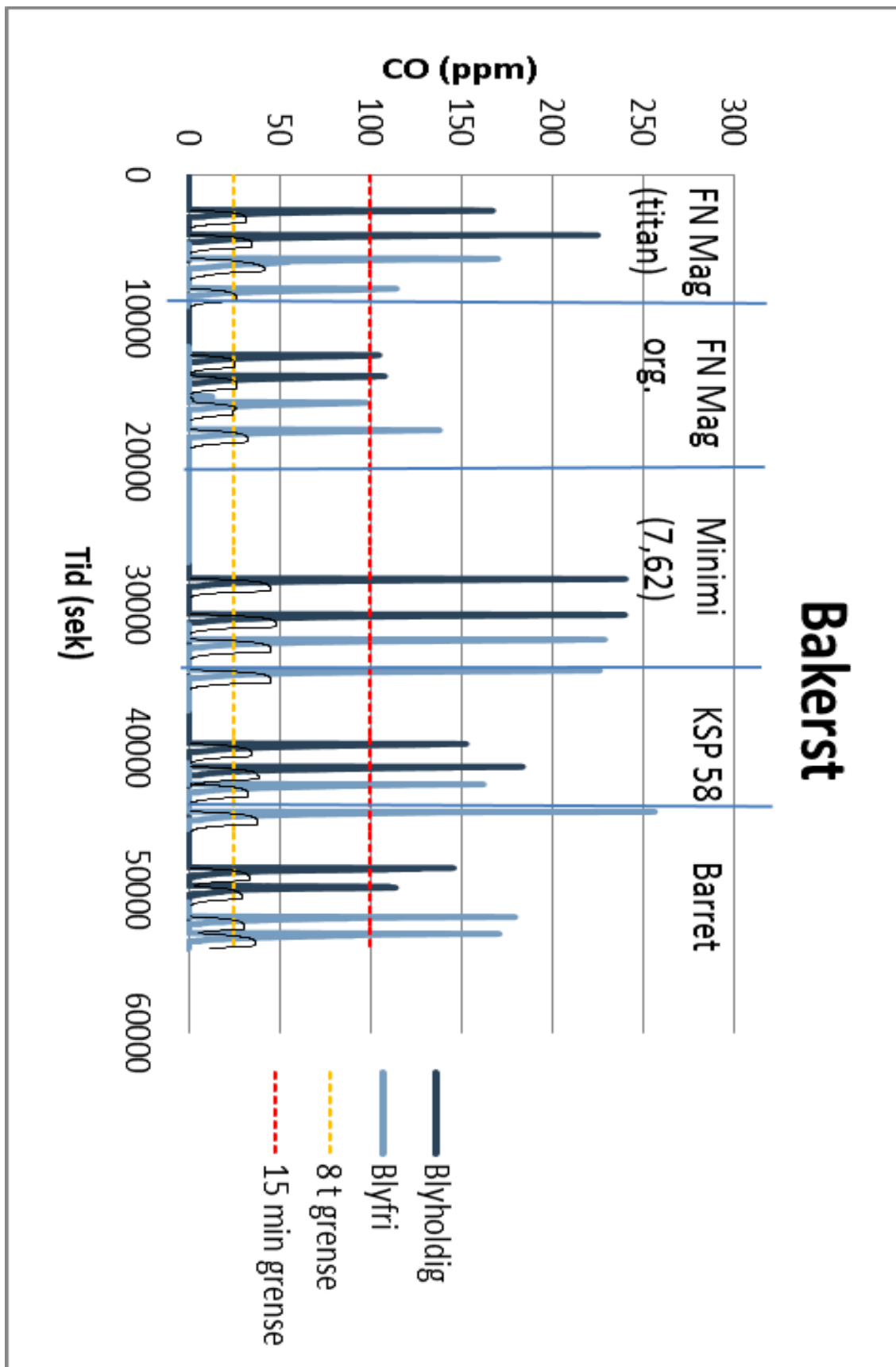


Figur B.1 Sammenlikning mellom måling av CO med PAC7000 som logget hvert 10. sekund og Multiwarn II som logget hvert sekund. Skyting av to serier à 200 skudd med henholdsvis blyholdig og blyfri i FN MAG titan og FN MAG stål.

B.2 PAC7000

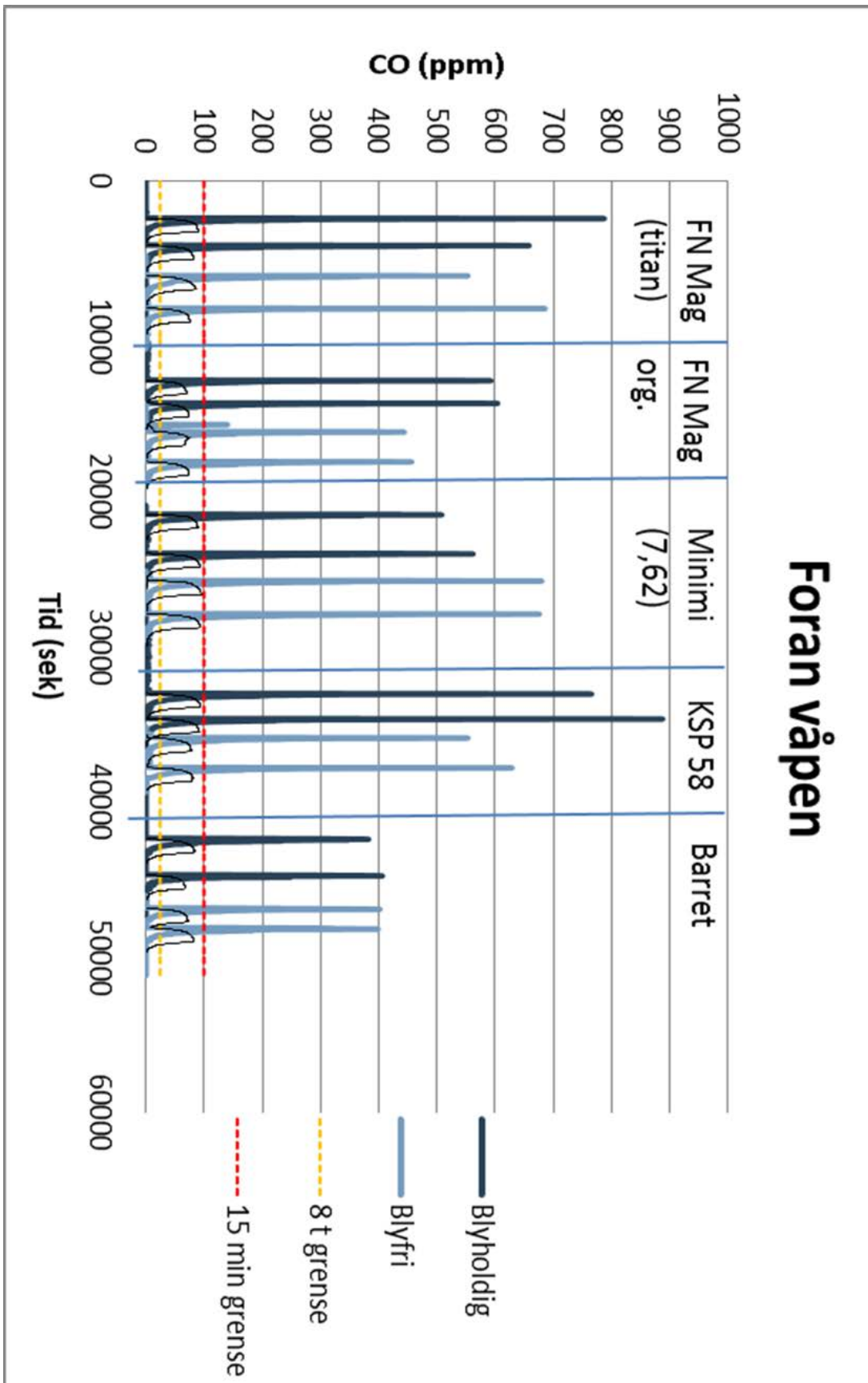


Figur B.2 CO-utslipp målt ved skytter (Figur 2.1). Gul og rød stiplet linje indikerer henholdsvis arbeidsmiljølovens grenser for eksponering i 8 timer og 15 min.

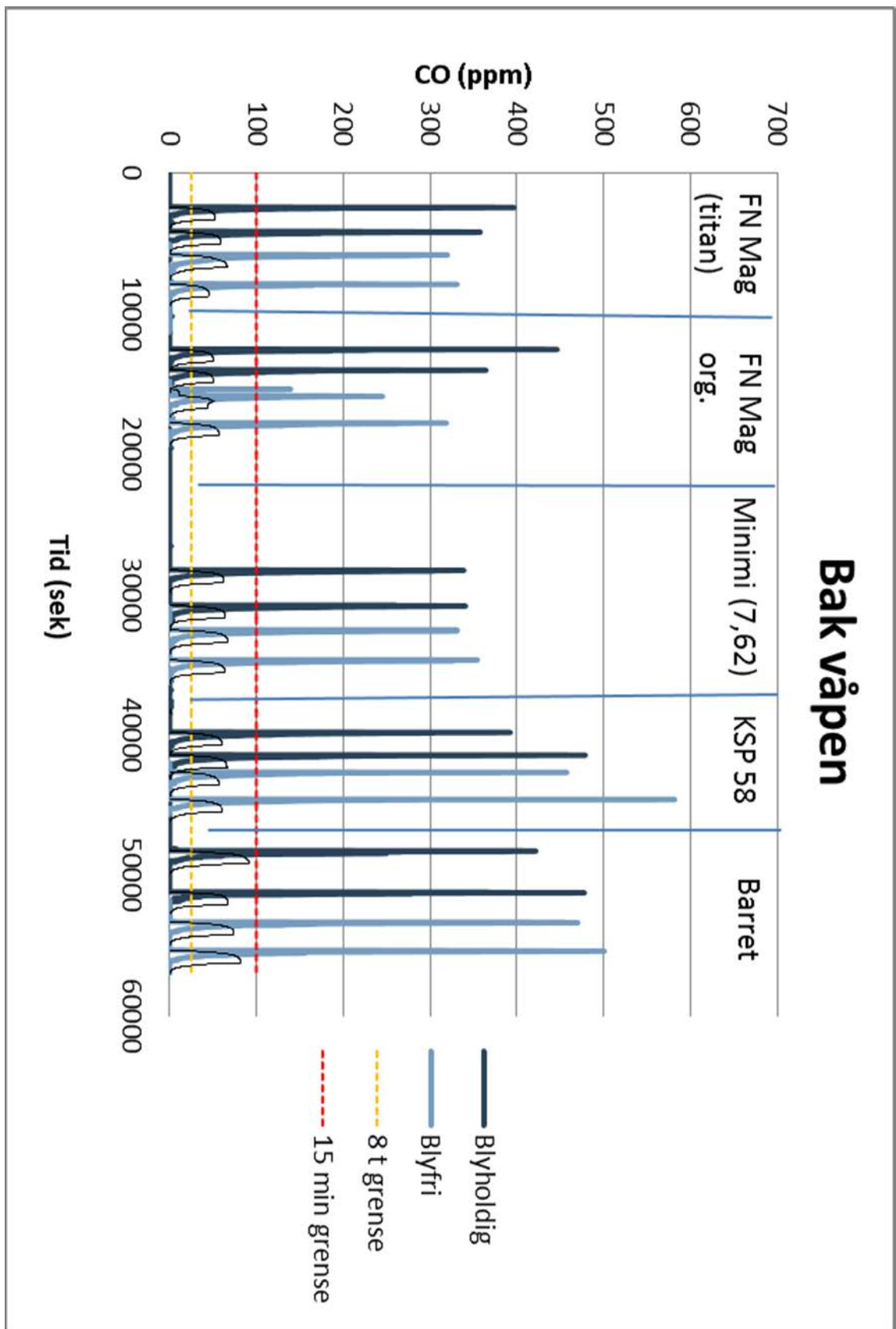


Figur B.3 CO-utslipp målt ca. 2 m bak våpen(Figur 2.1). Gul og Rød stiptet linje indikerer henholdsvis arbeidsmiljølovens grenser for eksponering i 8 timer og 15 min.

Foran våpen

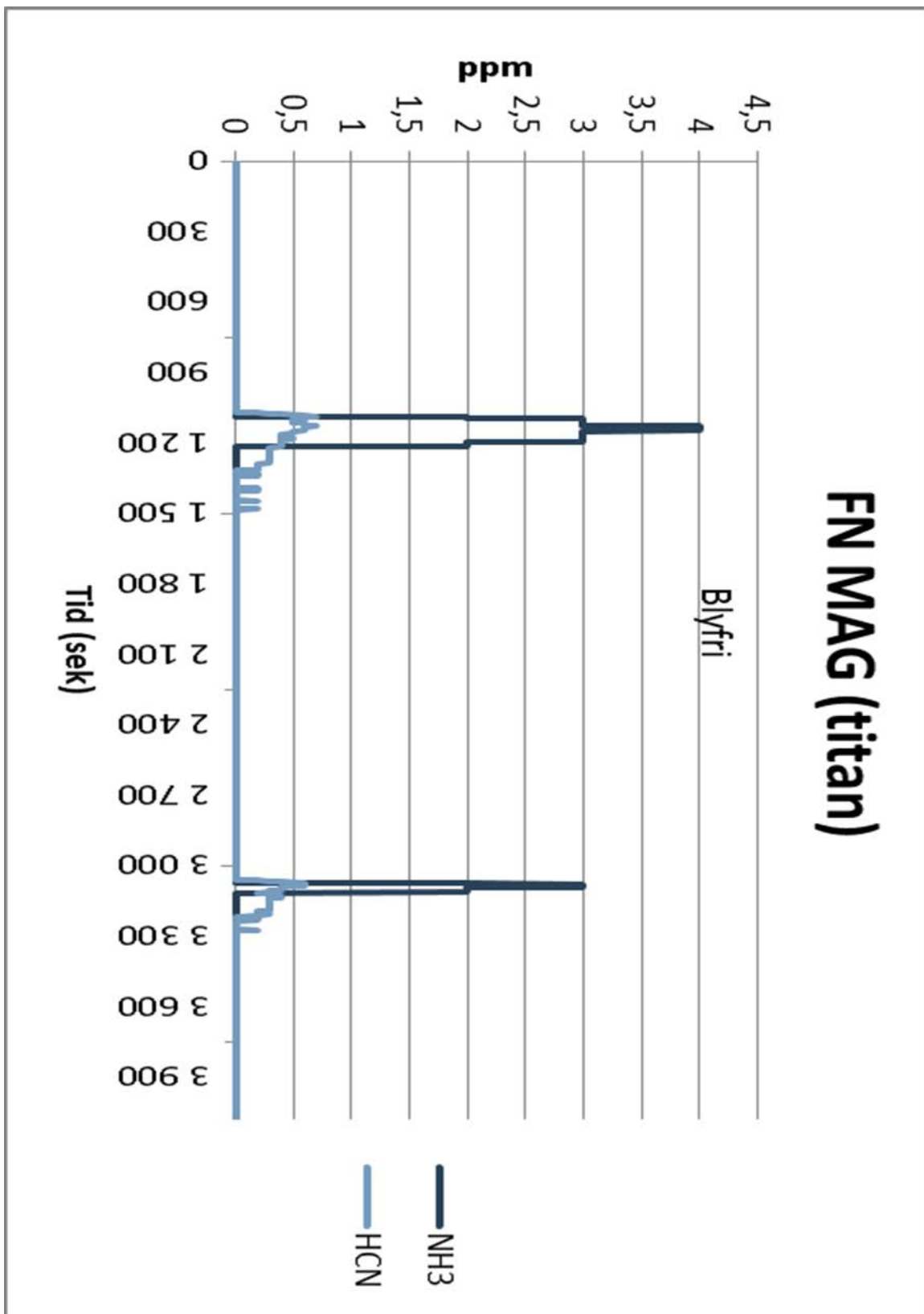


Figur B.4 CO-utslipp målt i forkant av våpen (Figur 2.1). Gul og Rød stiplede linje indikerer henholdsvis arbeidsmiljølovens grenser for eksponering i 8 timer og 15 min.

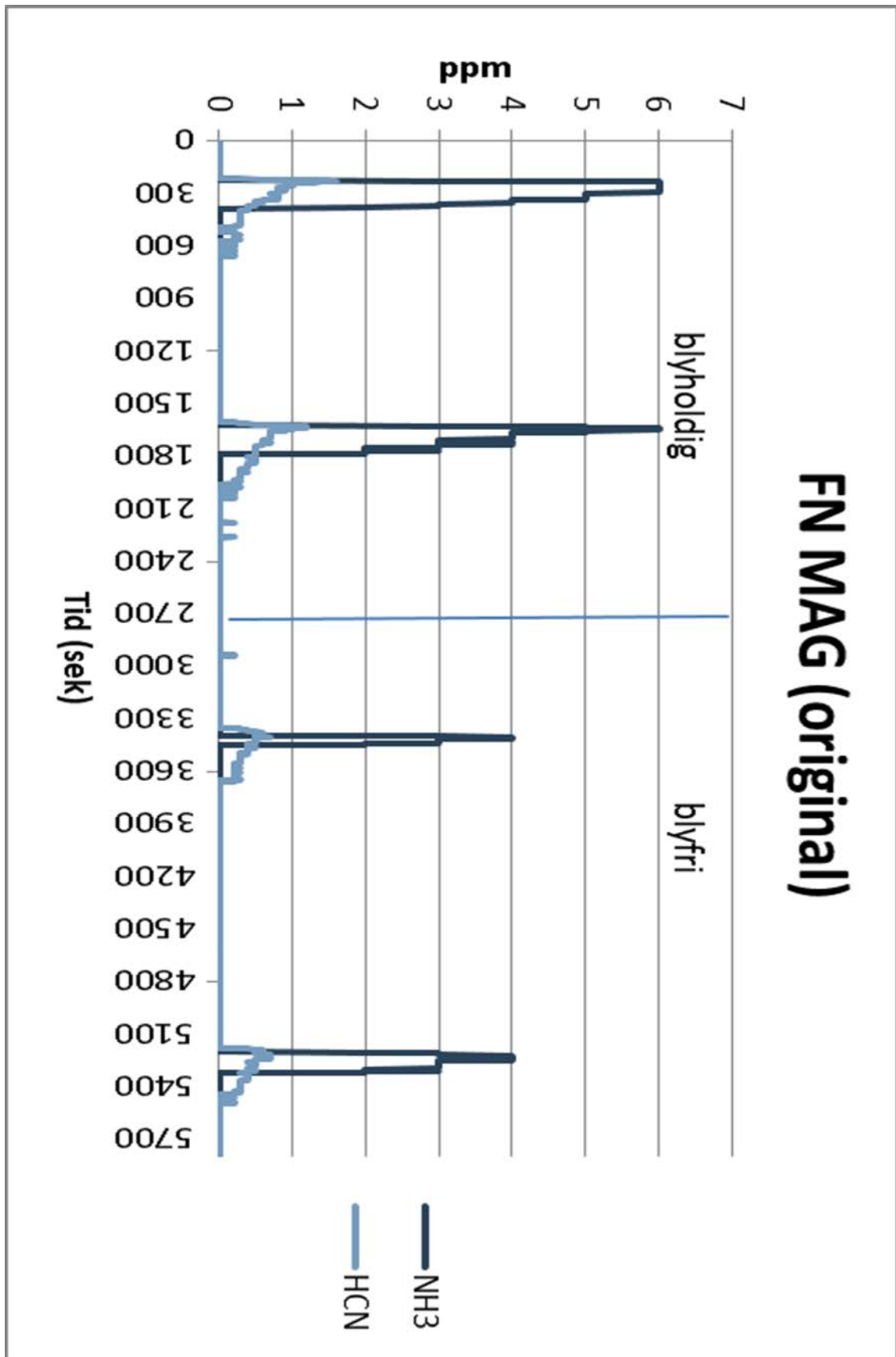


Figur B.5 CO-konsentrasjon målt i bakkant av våpen (Figur 2.1). Gul og rød stiplet linje indikerer henholdsvis arbeidsmiljølovens grenser for eksponering i 8 timer og 15 min.

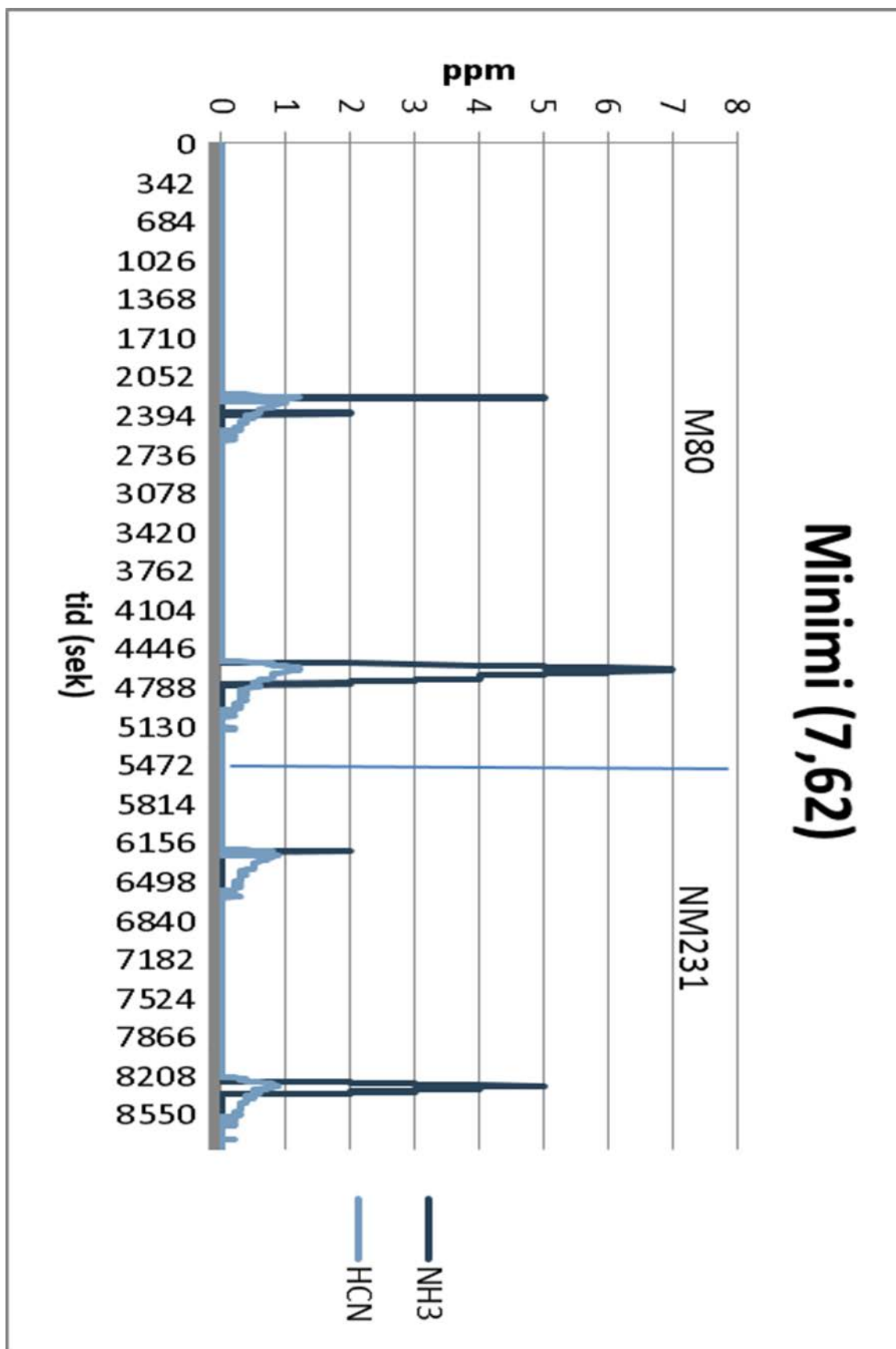
Appendix C Andre gasser



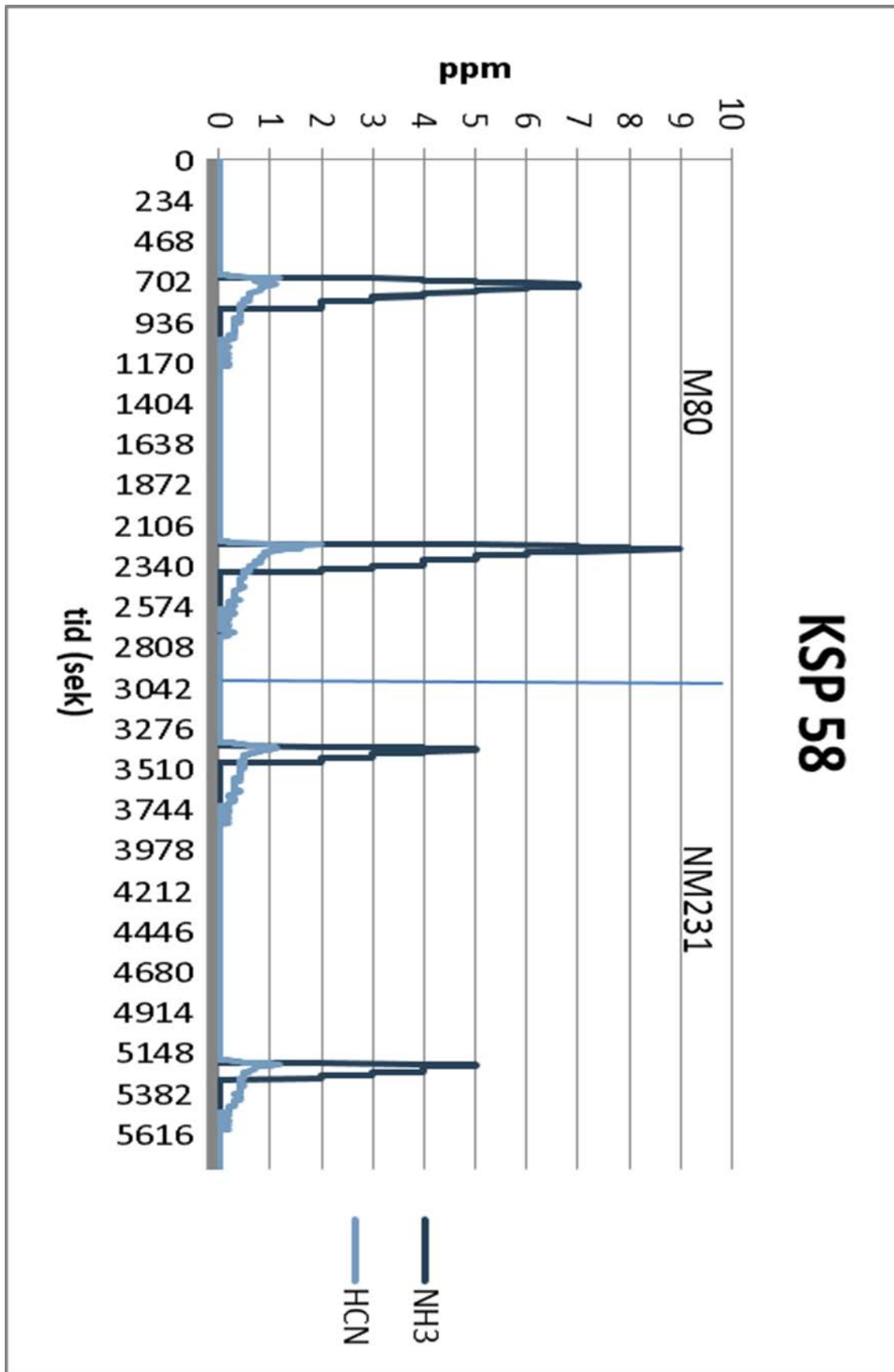
Figur C.1 Konsentrasjon av hydrogencyanid (HCN) og Ammoniakk (NH₃) målt ved skyting med FN Mag (titan). Det foreligger kun målinger for NM231(blyfri) med dette våpenet.



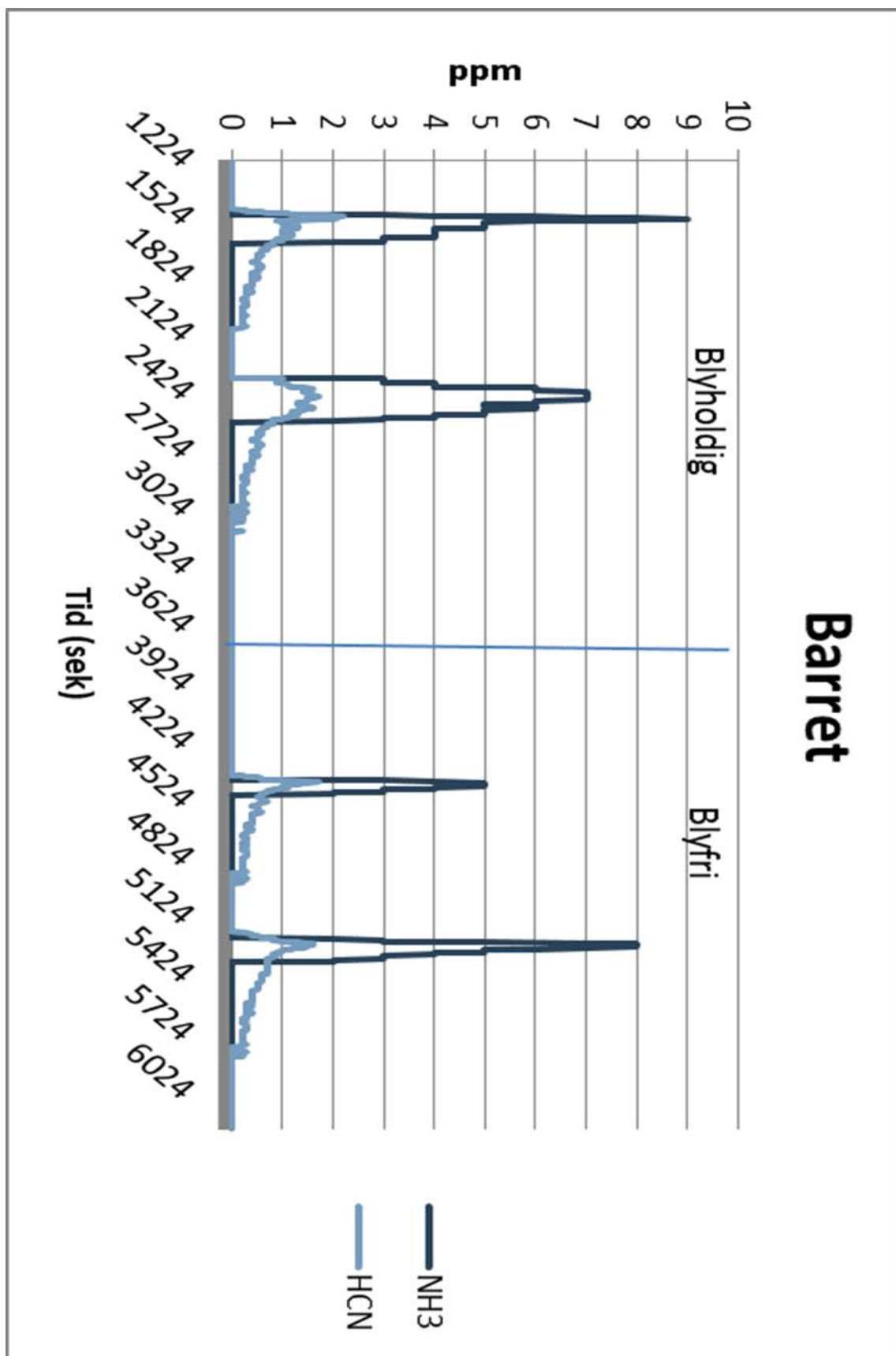
Figur C.2 Konsentrasjon av hydrogencyanid (HCN) og Ammoniakk (NH₃) målt ved skyting med FN MAG (original).



Figur C.3 Konsentrasjon av hydrogencyanid (HCN) og Ammoniakk (NH₃) målt ved skyting med Minimi (7,62).



Figur C.4 Konsentrasjon av hydrogencyanid (HCN) og Ammoniakk (NH₃) målt ved skyting med KSP 58.



Figur C.5 Konsentrasjon av hydrogencyanid (HCN) og Ammoniakk (NH₃) målt ved skyting med Barret.