



FFI-rapport 2014/00070

Overvåkingssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser



Øyvind Voie, Arnt Johnsen og Kjetil Longva



Overvåkingssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser

Øyvind Voie, Arnt Johnsen og Kjetil Longva

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

19. mai 2014

FFI-rapport 2014/00070

119703

P: ISBN 978-82-464-2384-5

E: ISBN 978-82-464-2385-2

Emneord

CO

Overvåkingssystem

Standplass

Håndvåpen

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Janet Blatny

Avdelingssjef

Sammendrag

Norske soldater opplever fra tid til annen helseplager karakterisert som metallfeber etter skytetrening. Problemet er særlig knyttet til bruk av HK416 på innebygde standplasser. FST har iverksatt en rekke tiltak for å redusere problemet. Formålet med denne rapporten er å gi en anbefaling om metode og teknologi for å overvåke skytegasser på overbygde standplasser, slik at det kan gis et varsel om når konsentrasjonene nærmer seg nivåer som kan gi helseplager. Utslipp av kobber er den komponenten i skytegassene som mest sannsynlig er hovedårsaken til helseplager hos skytterne. Kobber forekommer som en partikkel, og egner seg ikke til overvåking, ettersom den ikke kan måles i sanntid. Karbonmonoksid (CO) lar seg imidlertid enkelt måle i sanntid, og ble valgt ut som indikatorgass. Forholdet mellom CO og kobber er undersøkt for en rekke kombinasjoner av våpen og ammunisjon, og danner et grunnlag for etablering av grenseverdier for CO. Ulike detektorer for CO ble testet under en skyteøvelse på Sessvollmoen. Disse var LaserGas CO Monitor fra Norsk Analyse, PAC 7000 fra Dräger og FT-IR fra Gasmet Technologies. Resultatene viste at de ulike detektorene gav tilnærmet identiske målinger av CO. Det anbefales derfor å benytte elektrokjemiske detektorer, da dette sannsynligvis vil være det billigste alternativet. Resultatene indikerer at det bør benyttes et minimum av tre detektorer på hver skytebane for å gjøre representative målinger. Detektorene kan installeres på en midtstolpe mellom hver skytter i 60 cm høyde og bør være tilkoblet et styrings- og alarmsystem. Her bør bruker ha mulighet til å stille inn alarmnivåer basert på type våpen og ammunisjon. Lagring av overvåkingsdata i en database anbefales for å gjøre det mulig å analysere dataene i en større sammenheng og gjennomføre ytterligere risikoreduserende tiltak der det er nødvendig.

English summary

Norwegian soldiers experience from time to time health problems characterized as metal fume fever after shooting training. The problem is particularly related to the use of HK416 at roofed firing points. FST has implemented a number of measures to mitigate the problem. The aim of the current report is to provide recommendations on methodology and technology to monitor the level of fumes from the use of small arms on covered firing points, in order to give a warning when the concentrations are approaching the levels that may cause health problems. Emission of copper from small arms is the most likely component of the fumes to cause the health problems. Copper occurs as particles, and is not suitable for monitoring, since it cannot be monitored in real time. Carbon monoxide (CO), however, can easily be monitored in real time, and was selected as the indicator gas. The relationship between CO and copper was investigated for a variety of combinations of weapons and ammunition, and formed a basis for the establishing of guidance values for CO. Different detectors for CO were tested during a live-fire exercise at Sessvollmoen. These were LaserGas CO Monitor from Norsk Analyse, PAC 7000 from Dräger, and FT-IR from Gasmeter Technologies. The results showed that all sensors gave virtually identical measurements of CO. It is therefore recommended to use electrochemical detectors, as these probably will be the cheapest option. The results indicate that a minimum of three point measuring detectors are necessary on each shooting range in order to make representative measurements. The detectors should be installed on a mullion between each shooter at 60 cm height and connected to a control and alarm system. The user must be able to select alarm levels based on the type of weapon and ammunition in use. Storage of monitoring data in a database is recommended. This will make it possible to analyze the data in a larger context and to carry out further risk reduction measures where needed.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
2	Metoder og materiell	7
2.1	Utvelgelse av indikatorgass	7
2.2	Beregning av grenseverdier for beskyttelse mot helseplager	8
2.3	Testing av ulike detektorer for måling av CO	8
2.4	Plassering av detektor på standplass	10
3	Resultater	11
3.1	Beregning av grenseverdier for beskyttelse mot helseplager	11
3.2	Testing av ulike detektorer for måling av CO	12
4	Diskusjon og anbefaling	16
4.1	Valg av detektor	16
4.2	Plassering av detektor	16
4.3	Kobling av detektorer til styrings- og alarmsystem	17
4.4	Lagring og analyse av overvåkingsdata	17
	Referanser	18

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Hensyn til helse og miljø har oppmuntret ammunisjonsleverandører til å utvikle ammunisjon med substitutter for bly. Etter at Forsvaret begynte å bruke blyfri ammunisjon (NM229 produsert av NAMMO) i kombinasjon med det nye standardvåpenet til Forsvaret, HK416, rapportere mange av brukerne om helseplager slik som, feber, frysninger, kvalme, hodepine, tretthet, muskel og leddsmarter og kortpustethet (Strømseng et al., 2009). En studie ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i 2012, konkluderte med at dette mest sannsynlig skyldes høye utslipp av spesielt kobber og til dels sink, som påfører skytterne metallfeber og luftveisirritasjon (Voie et al., 2013). Flere tiltak er innført for å unngå disse helseplagene. Det er blant annet tatt i bruk en forbedret blyfri ammunisjon som slipper ut mindre kobber og sink. Videre er skyttere og skyteledere bevisstgjort om forhold som kan gi høy eksponering av skytegasser. I tillegg er ventilasjonssystemer etablert, eller i ferd med å etableres på alle overbygde standplasser i Forsvaret. I denne studien er det utviklet et konsept for å overvåke skytegasskonsentrasjonen under skyting på overbygde standplasser, slik at man får et varsel om når skytegassene nærmer seg nivåer som kan gi helseplager.

1.2 Formål

Formålet med rapporten var å gi en anbefaling om metode og teknologi for å overvåke skytegasser på overbygde standplasser, slik at det kan gis et varsel når konsentrasjonene nærmer seg nivåer som kan gi helseplager.

2 Metoder og materiell

2.1 Utvelgelse av indikatorgass

Det er kjent at det mest sannsynlig er fint støv av kobber som medfører de viktigste helseplagene (Voie et al., 2013). Metaller som kobber i luft er svært vanskelig å måle i sanntid. Man er vanligvis avhengig av å samle opp prøven på et filter, for så å analysere prøven i etterkant i et laboratorium. Det finnes imidlertid flere andre komponenter i skytegassen som lar seg måle i sanntid. For å vurdere hvilken komponent som best egner seg som måleindikator, ble forholdet mellom ulike komponenter i skytegassen undersøkt. Resultater fra tidligere studier av utslipp både fra kontrollerte målinger hvor det ble skutt inne i en forseglet beholder (Dullum et al., 2013, Voie et al., 2013), og fra målinger på standplass (Voie et al., 2011, Voie et al., 2012, Voie et al., 2013 og Ljønes et al., 2013) ble benyttet. Resultatene viser at CO er den gassen som påvises i høyest konsentrasjon. CO er en gass som dannes ved forbrenning av krutt, og er erfaringsmessig et av hovedproduktene fra forbrenning av drivladninger i ammunisjon til håndvåpen. Resultatene viser også at det er relativt god korrelasjon mellom innholdet av kobber i luft og konsentrasjonen

av CO i luft (Ljønes et al., 2013). Det finnes enkle og raske metoder for måling av CO i luft. Med bakgrunn i disse resultatene, ble det derfor besluttet å benytte CO som indikatorgass.

2.2 Beregning av grenseverdier for beskyttelse mot helseplager

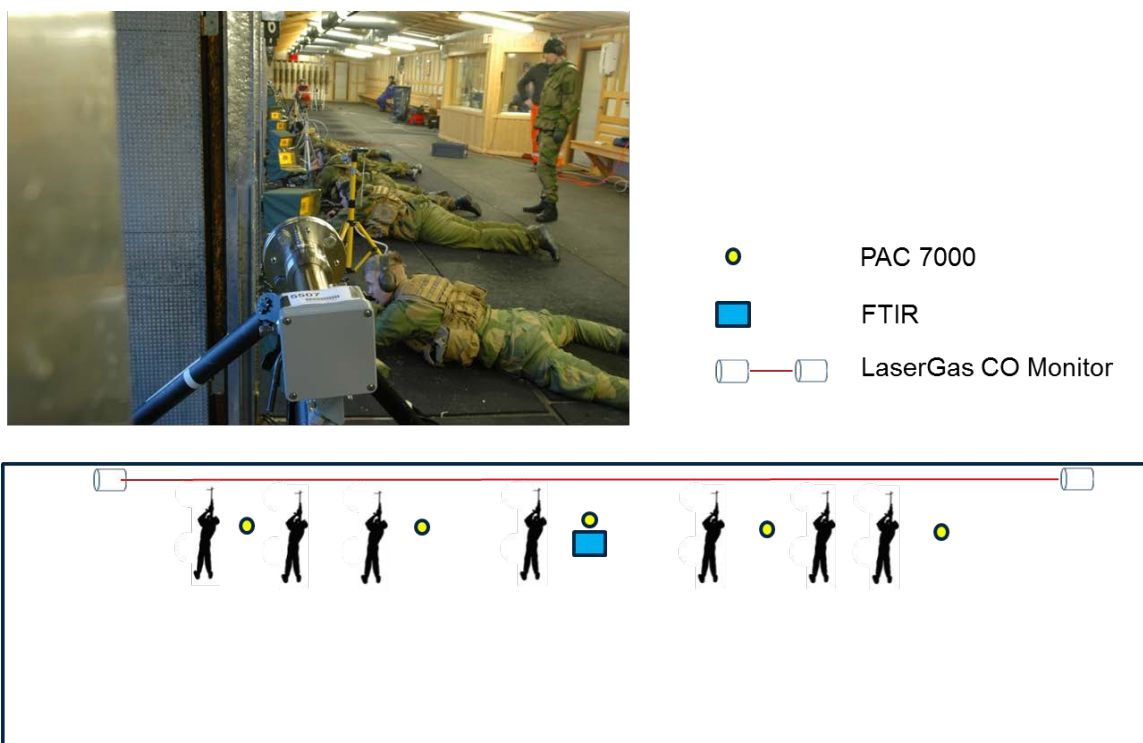
Tidligere undersøkelser (Voie et al., 2013; Strømseng et al., 2009) har vist at kobber er styrende for helserisiko fra skytegasser. Derfor vil en grenseverdi basert på kobber, i de aller fleste tilfeller også beskytte mot andre komponenter i avgassene. For å kunne etablere grenseverdier for indikatorgassen CO, ble det basert på tidligere målinger beregnet et forholdstall mellom indikatorgassen og kobber for ulike kombinasjoner av våpen og ammunisjon. Fra dette forholdstallet ble det beregnet en grenseverdi for CO som sikrer at grenseverdien for kortidseksponering for kobber ($0,3 \text{ mg/m}^3$) ikke overskrides. Dette forholdstallet varierer noe avhengig av våpen og ammunisjon. Det er derfor beregnet en grenseverdi for hver enkelt kombinasjon av våpen og ammunisjonstype.

2.3 Testing av ulike detektorer for måling av CO

Det finnes to ulike prinsipper for måling av CO i luft, elektrokjemisk og optisk. Den typen som er mest i bruk for påvisning av CO i luft, er elektrokjemiske detektorer. Her diffunderer luften inn i den flytende elektrolytten i sensoren, der CO reagerer med vann og danner CO_2 , H^+ og e^- . Elektroder inne i elektrolytten registrerer så dette. Da det er en kjemisk reaksjon som skjer, vil detektoren ha en viss responstid. Typisk for CO ligger denne på 15 sekunder (t_{90}). Denne typen detektor er små og billige (< NOK 10000 per detektor) og har en nedre bestemmelsesgrense på noen få ppm CO. Målingen kan kun foregå i det punktet som detektoren er plassert. I industri benyttes gjerne infrarøde (IR) detektorer for CO, da denne typen detektor ikke trenger å være i direkte kontakt med luften som skal måles. Deteksjon skjer med bakgrunn av adsorpsjon i IR-båndet som er karakteristisk for CO. Denne typen detektor har liten responstid, og har en nedre bestemmelsesgrense tilsvarende de elektrokjemiske detektorene. Detektorene er gjerne noe større og dyrere enn en elektrokjemisk detektor. IR-detektor for CO finnes både som punktmåler og som "open path" måler. En nyutviklet teknologi for deteksjon av CO, er bruk av laserlys med en bølgelengde lik en av CO sine absorpsjonslinjer uten interferens. Disse detektorene er beregnet for "open path" målinger og er relative store og kostbare (~NOK 200000). Denne type detektor benyttes for overvåkning i industrielle anlegg og i vegtuneller. Deteksjonsgrensen er gjerne lavere enn 1 ppm, og detektoren har kort responstid.

I denne undersøkelsen ble det benyttet elektrokjemiske detektorer, en IR-detektor for punktmåling og en laserdetektor for "open path" måling. Det ble benyttet flere PAC 7000 fra Dräger (elektrokjemisk detektor), et FT-IR instrument (Gasmeter DX4015) fra Gasmeter Technologies og en LaserGas CO Monitor fra Norsk Analyse. Undersøkelsen foregikk på bane 17 i Sessvollmoen skyte- og øvingsfelt under en skyteøvelse arrangert av Forsvaret med 7 skyttere den 21. november 2012. Skytterne var plassert på standplass 5, 6, 7, 9, 11, 12 og 13 (Se Figur 2.1 for plassering av detektorer i forhold til skytterne). Det ble skutt 14 serier á 10 skudd i forskjellige skytestillinger med HK416 og ammunisjonen NM255.

Selv om PAC 7000 er designet for å bæres på kroppen, virker den i prinsippet som en stasjonær elektrokjemisk detektor. Under skyteøvelsen ble fem PAC 7000 montert 80 cm over bakken mellom to skytestillinger. PAC 7000 ble plassert mellom standplass 5 og 6, 7 og 8, 9 og 10, 11 og 12 og 13 og 14. FT-IR instrumentet fra Gaset fra Gaset kan måle flere gasser samtidig, deriblant CO. Prinsippet for instrumentet er absorpsjon av CO i det infrarøde område av det elektromagnetiske spekteret, og kan derfor benyttes som en modell for enhver type infrarød CO-detektor. Detektoren måler konsentrasjonen av CO i et punkt, og den ble plassert sammen med en PAC 7000 mellom standplass 9 og 10. LaserGas CO Monitor er basert på et prinsipp som kalles enkeltlinje spektroskopi. En enkelt linje velges ut i det nær infrarøde spektrale område. En diode sender ut denne enkeltlinjen, mens en diametralt motsatt detektor fanger opp lyset og absorpsjonen forårsaket av CO-molekylene, slik at konsentrasjonen av CO kan beregnes. Detektoren er en "open path" måler og vil ikke kunne gi et mål for konsentrasjonen av CO i luft ved den enkelte skytter. Detektoren ble plassert slik at den målte omkring 80 cm over gulvet på standplass og noe foran hodet til skytter. Målingen forgikk på tvers av standplass 5-14. For å kunne ha mulighet til å sammenligne konsentrasjonen av metaller i luften mot konsentrasjonen av CO, ble det plassert ut prøvetakere for partikler. Det ble benyttet en AirChek XR5000 pumpe (fra SKC Inc) påkoblet et polykarbonatfilter med porestørrelse 0,4 µm. Det ble samlet opp prøve i skyteperioden, med unntak av lunsj, totalt ca 140 minutter og 280 liter luft. Under denne undersøkelsen foretok også Forsvarsbygg egne målinger for å forsikre at eksponeringsnivået av helseskadelige stoffer i luft under en normal skyteøvelse, er på et forsvarlig nivå, slik at banen kan godkjennes for bruk (Egede-Nissen, 2012).



Figur 2.1 Oversikt over plassering av de ulike sensorene. Dioden for LaserGas CO Monitor er vist nærmest i fotografiet (Foto: FFI)

2.4 Plassering av detektor på standplass

Primært ønsker man å måle CO i pustesonen til skytteren, ettersom denne konsentrasjonen er mest representativ for den faktiske eksponeringen. Dette er mulig dersom man benytter personbårne detektorer som PAC 7000, men lar seg vanskelig gjennomføre dersom man skal benytte fastinstallerte CO-detektorer på standplass. For å undersøke hvilken betydning plassering av CO-detektorene har på målt konsentrasjon av CO under skyting med HK416, er det i forbindelse med tidligere studier plassert ut CO-målere i ulike avstand, høyde og retning fra hodet til skytter (Ljønes m.fl. 2013). Ut fra resultatene i disse studiene viser det seg ikke å være kritisk at CO-detektoren plasseres i pustesonen, spesielt ikke om ventilasjonssystemet er på. Det vil derfor være mulig å plassere CO-detektoren i nærheten av skytteren, som for eksempel på midtstolpen mellom hver bane. Dette vil forenkle bruk, samtidig som det gir en tilstrekkelig estimering av hva skytter utsettes for.

3 Resultater

3.1 Beregning av grenseverdier for beskyttelse mot helseplager

Det er gjort en rekke laboratoriemålinger under kontrollerte betingelser, der mengden av CO og metaller som avgis per skudd er blitt kvantifisert (Dullum et al., 2013). Dette er gjort for en rekke våpen, og ammunisjon til disse. Baserte på grenseverdien for korttidseksponering til kobber ($0,3 \text{ mg/m}^3$) (referanse til forskrift om tiltaks og grenseverdier) er det gjort beregninger av hvilken maksimal gjennomsnittskonsentrasjon over 15 minutter CO kan ha, for å sikre at grense-verdien for kobber ikke overskrides. Resultatene fra disse beregningene er vist i Tabell 3.1.

Våpen	Ammunisjon	CO (ppm) 15 minutters grenseverdi	Våpen	Ammunisjon	CO (ppm) 15 minutters grenseverdi
AG3	NM231	21	HK416N	Frang Fed	28
AG3	NM60	81	HK417	NM232	13
C8	NM229	9	HK417	NM62	16
C8	SS109	14	HK417	NM231	24
C8 SFW	NM229	8	HK417	AP3	59
C8 SFW	SS109	16	HK417	NM60	94
F2000	NM229	11	LMG minimi	NM229	15
F2000	SS109	20	LMG minimi	SS109	28
FM MAG	NM62	28	LMG minimi	M855	48
FM MAG	NM231	35	M16	NM229	26
FM MAG	NM60	47	M16	SS109	75
HK416K	PJP	14	MG3 R	NM60	21
HK416N	DT4 (IR tracer)	4	MG3P	NM231	7
HK416N	Ball 4	4	MG3P	NM232	12
HK416N	NM229	7	MG3P	NM60	26
HK416N	NM230	7	MG3R	NM232	7
HK416N	AP3 (M995)	9	MG3R	NM231	16
HK416N	SS109 SELF	10	MP7	BNT 2 HP	6
HK416N	NM255	10	P80	Frangible	16
HK416N	PJP	11	P80	NM255	26
HK416N	SS109	19	P80	NM233	54
HK416N	Ball M193	21	P80	Parabellum GFL	100

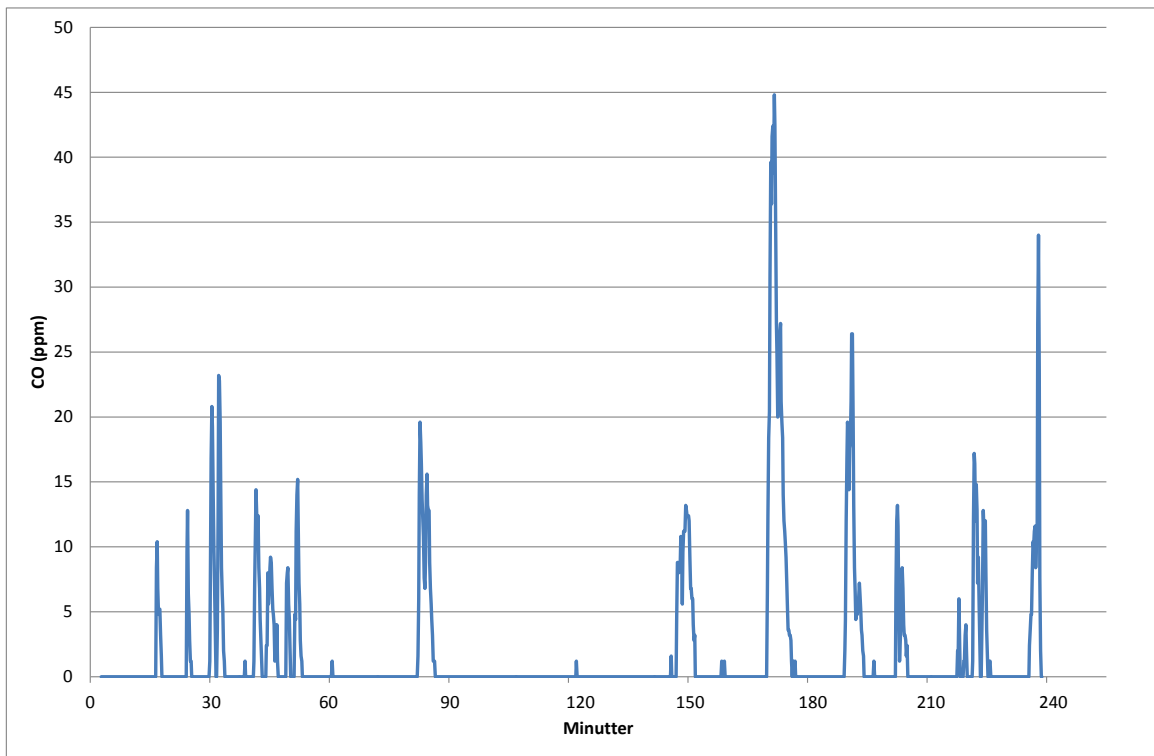
Tabell 3.1 Korttids grenseverdier (15 minutter) for CO som beskytter mot helseplager for en rekke kombinasjoner av våpen og ammunisjon.

3.2 Testing av ulike detektorer for måling av CO

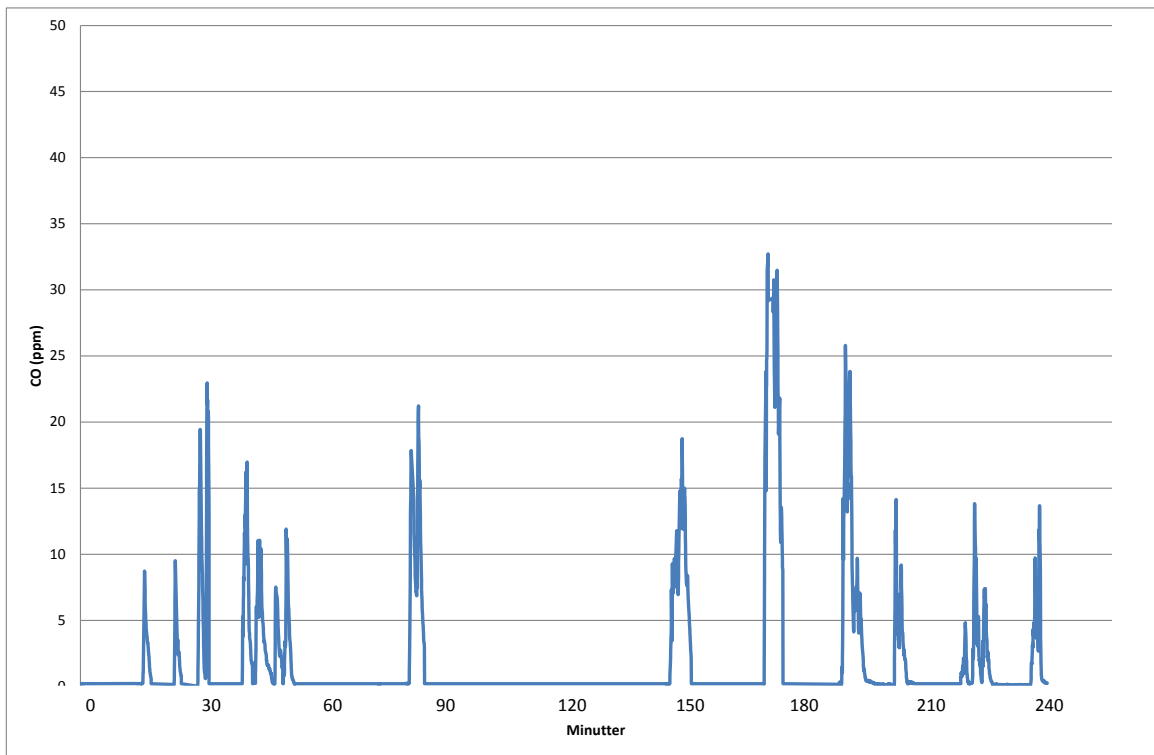
Konsentrasjonen av CO målt med de tre ulike detektorsystemene LaserGas CO Monitor, PAC 7000 og FT-IR, var nesten identiske med hverandre (Figur 3.1-3.3). Fem PAC 7000 detektorer var spredt utover standplassen mellom skytterne. Det var derfor interessant å se hvordan variasjonen mellom de enkelte detektorene var, med tanke på hvor mange detektorer det bør være på standplass for å få en representativ måling. Resultatene viste en viss variasjon mellom de fem detektorene (Figur 3.4).

I Figur 3.5 er måleresultatene for de tre detektortypene sammenlignet for fire skyteserier. Ut fra en vurdering av stabilitet i avlesning ved bakgrunnskonsentrasjon, er det tydelig at LaserGas CO Monitor er den detektoren som har best deteksjonsgrense. PAC 7000 har en oppløsning i målekonsentrasjon på 1 ppm, og den registrerte data kun hvert 10. sekund. Det er derfor vanskelig å vurdere denne detektoren opp mot de to andre. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av CO under de fire skyteseriene for de tre detektorene er vist i Tabell 3.2. Som dataene viser er det noe variasjon, men de tre detektorene gir relativt likt resultat. En må her ta i betraktning at FT-IR detektoren er en punktmåling, mens resultater fra LaserGas CO Monitor er et gjennomsnitt over standplass og PAC 7000 er gjennomsnitt av fem detektorer. Det vil derfor være resultatene fra laserinstrumentet og PAC 7000 som burde være mest like. Resultatene i Tabell 3.3 viser at dette gjelder for tre av de fire skyteseriene. Det ser derfor ut til at gjennomsnittet fra fem punktmålinger er relativt lik gjennomsnittsmålingen på tvers av standplass med laserinstrumentet. Selv en punktmåling fra FT-IR instrumentet som var plassert omtrent midt mellom de syv skytterne på standplass, gir en god indikasjon på konsentrasjon av CO på standplass.

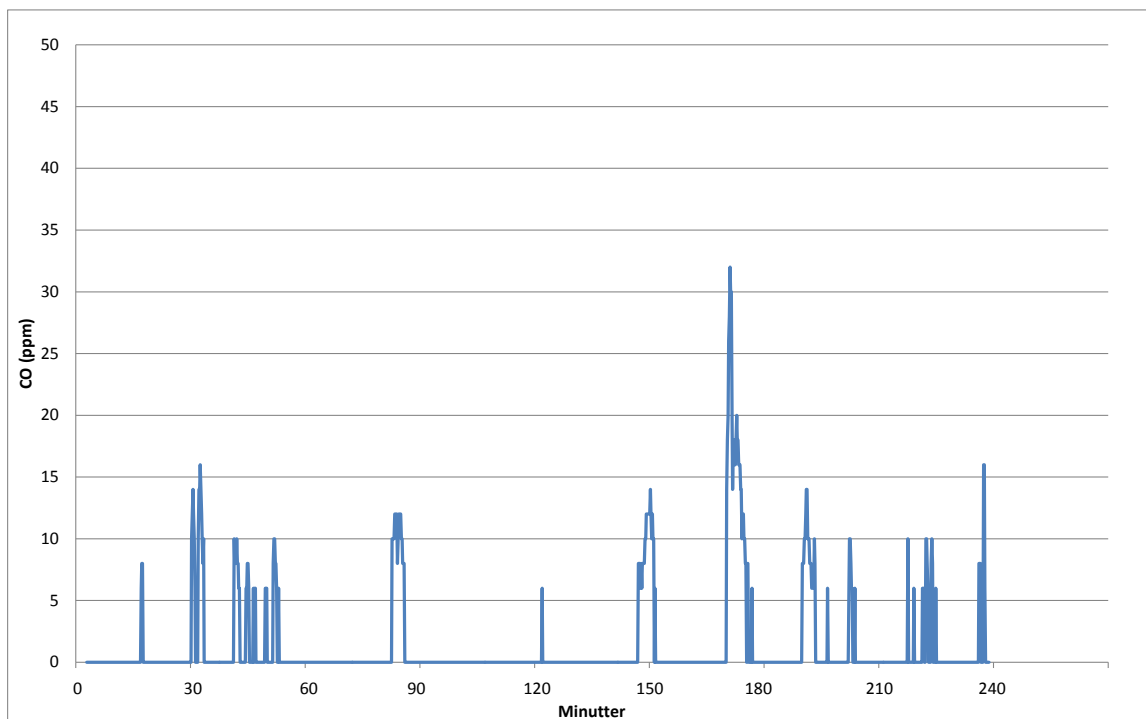
I Tabell 3.3 er målingene som Forsvarsbygg utførte i pustesonen til noen av skytterne (Egede-Nissen, 2012) sammenliknet med de målingene som FFI utført mellom standplassene. Forsvarsbyggs måling av kobberkonsentrasjon i pustesonen er også tatt med. Målingene av CO som Forsvarsbygg utførte var noe høyere sammenliknet med målingene til FFI. Dette gjelder både gjennomsnittskonsentrasjonen og et 15 minutters glidende gjennomsnitt av CO. Forsvarsbygg registrerte et maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter på 8,4 ppm, mens FFI registrerte et maksimalt glidende gjennomsnitt på 6,0 ppm. Dette er under det som er beregnet som grenseverdi for 15 minutter og 8 timers arbeidsdag 5 dager i uken (Tabell 3.1). Den høyeste konsentrasjonen av kobber ble målt til 0,055 mg/m³. Dette er omtrent halvparten av det som er satt til grenseverdi for kobber-røyk for 8 timer 5 dager i uken (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013). Undersøkelsen viser at det kan være noe lavere konsentrasjon av CO mellom standplassene sammenliknet med CO i pustesonen.



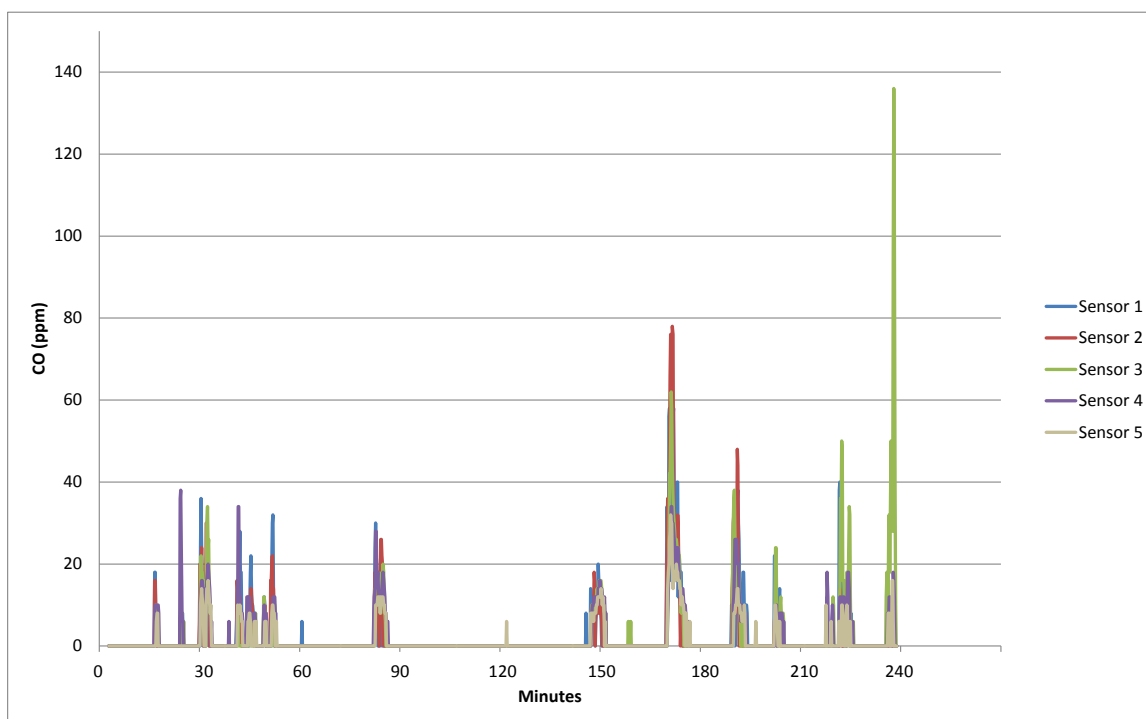
Figur 3.1 Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO for fem PAC 7000 på standplass bane 17, Sessvollmoen. Detektorene var plassert mellom standplass 5 og 6, 7 og 8, 9 og 10, 11 og 12 og 13 og 14.



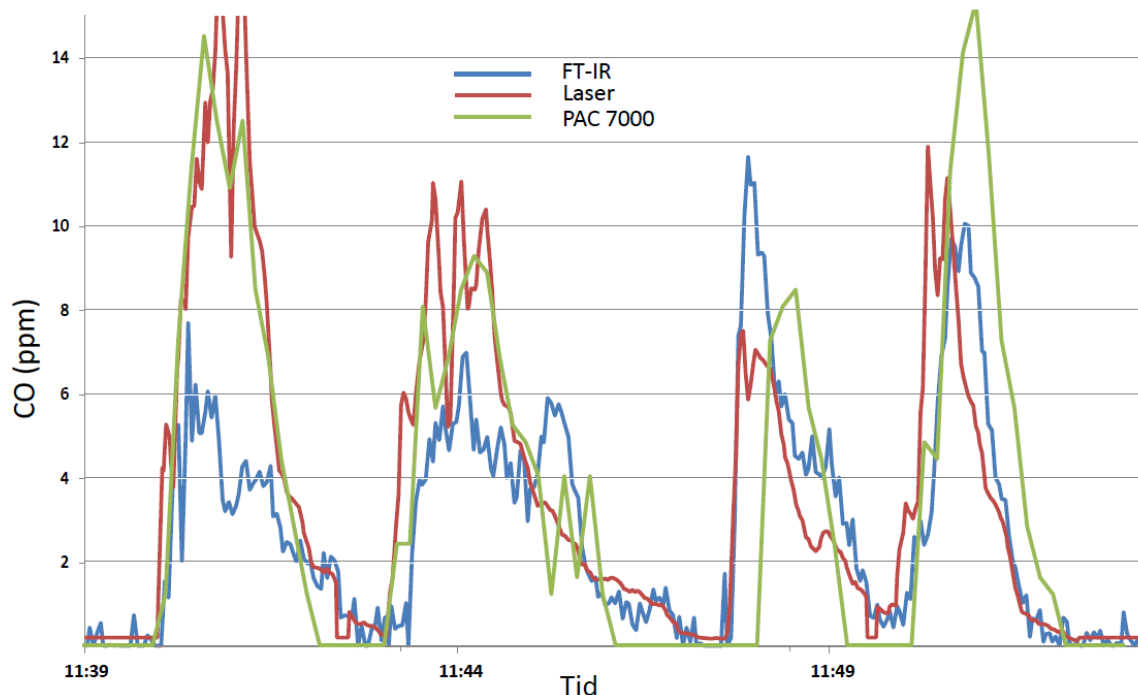
Figur 3.2 CO-konsentrasjon på standplass på bane 17, Sessvollmoen, målt med Gasmeter DX4015 plassert mellom standplass 9 og 10.



Figur 3.3 CO-konsentrasjon på standplass på bane 17, Sessvollmoen målt med LaserGas CO monitor



Figur 3.4 CO-konsentrasjon målt på bane 17, Sessvollmoen, med PAC 7000 CO detektorer. Det ble benyttet fem detektorer.



Figur 3.5 Sammenligning av de tre ulike detektorene for fire skyteserier (LaserGas CO monitor, FTIR, og PAC 7000). For PAC 7000 er det gjennomsnittet fra fem detektorer som er vist.

Skyteserie	FT-IR	Laser	PAC 7000
4	2,95	7,32	6,65
5	3,62	4,01	4,44
6	4,98	3,46	4,50
7	4,09	4,61	6,12

Tabell 3.2 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO (ppm) under de fire skyteseriene som vist i Figur 3.5 for de tre detektorsystemene.

Stoffer	Måling	Standplass 5	Standplass 7	Standplass 9
CO gj.snitt	Forsvarsbygg	2,8 (ppm)	4,3 (ppm)	3,0 (ppm)
CO gj.snitt	FFI	2,0 (ppm)	2,9 (ppm)	2,0 (ppm)
CO gj.snitt over 15 min	Forsvarsbygg	6,0 (ppm)	8,4 (ppm)	5,3 (ppm)
CO gj.snitt over 15 min	FFI	4,8 (ppm)	6,0 (ppm)	3,6 (ppm)
Kobber	Forsvarsbygg	0,055 (mg/m ³)	0,054 (mg/m ³)	0,022 (mg/m ³)

Tabell 3.3 Målinger utført av Forsvarsbygg sammenliknet med målinger utført av FFI for gjennomsnittlig konsentrasjon av CO, glidende gjennomsnitt av CO over 15 min. Forsvarsbygg har målt i pustesonen til skytterne, mens FFI har målt ca. 1 m til siden for standplassene 60 cm over bakken. I tillegg er konsentrasjonen av kobber i pustesonen til skytter tatt med.

4 Diskusjon og anbefaling

4.1 Valg av detektor

Resultatene viste at det generelt var liten forskjell mellom de ulike CO-detektorene som ble testet. Dette betyr at det ikke vil være nødvendig å benytte seg av en "open path" detektor som måler konsentrasjonen av CO på tvers av standplass. Det vil være tilstrekkelig å benytte detektorer som måler i et punkt på standplass. Flere slike punktmålere kan være nødvendig for å gi en mest mulig representativ konsentrasjon av CO på standplass, men selv et målepunkt midt mellom skytterne på standplass vil gi en ganske god indikasjon på konsentrasjon av CO på standplass.

Selv om LaserGas CO Monitor ser ut til å være den beste detektoren for CO på standplass, vil sannsynligvis punktmålinger basert på elektrokjemiske detektorer, være en billigere løsning for overvåkning av CO på standplass. Elektrokjemiske detektorer for CO er vanlige i bruk ved overvåkning av luftforurensning. Med bakgrunn i de resultater som har fremkommet fra den gjennomførte undersøkelsen, anbefales det innkjøp av stasjonære elektrokjemiske detektorer for overvåkning av CO på standplass. Disse detektorene bør som et minimum registrere data hvert 10. sekund.

4.2 Plassering av detektor

Punktmålingene med de fem PAC 7000 viser at det er noe variasjon i konsentrasjon av CO på standplass. Dette vil være naturlig, da det vil være variasjoner i skyte hastighet hos den enkelte skytter og vindforholdene på den enkelte standplass vil variere noe. De variasjonene som er registrert hentyder at et minimum av tre detektorer bør benyttes på en full standplass for å få en representativ måling. Det anbefales at detektorene kobles opp mot et styringssystem, hvor det beregnes en gjennomsnittsverdi fra de tre detektorene. For å unngå underestimering av konsentrasjonen til CO som skytter eksponeres for, må det være mulig å koble ut noen av detektorene om det skulle være få skyttere på banen. Ideelt burde detektorene være plassert i pustesonen til skytterne, ettersom det vil være mest representativt for den eksponeringen de utsettes for. Dette er imidlertid vanskelig å få til når det er snakk om en fast installasjon. Det er i tidligere studier undersøkt om konsentrasjonen av CO er vesentlig lavere når detektoren er plassert litt til høyre for skytterens hode enn det som registreres i pustesonen (Ljønes m.fl. 2013). Resultatene fra disse studiene tyder på at plasseringen har mindre betydning, spesielt om ventilasjonen på standplass var på. Det anbefales derfor at detektorene monteres i 60 cm høyde for å dekke liggende og stående skytestillinger på en midtvegg, eller stolpe som ofte befinner seg mellom banene. Dersom slike midtvegger eller stolper ikke finnes, anbefales det at det settes opp et stativ på 60 cm for detektorene. Under skyting forekommer det utkast av tomhylser fra våpnene som kan skade detektorene. Derfor anbefales det at detektorene installeres i et metallbur som er sterkt og finmasket nok til å stoppe tomhylsene.

4.3 Kobling av detektorer til styrings- og alarmsystem

Detektorene bør være tilkoblet et styringssystem som foretar en gjennomsnittsberegning av CO for de detektorene som er plassert på standplass over 15 minutter, og som tillater brukeren å definere alarmnivåer. Videre bør det være tilkoblet et alarmsystem som gir fra seg lyd og lys når et alarmnivå overskrides. Alarmnivåer for CO midlet over 15 minutter bør settes ut fra tabell 3.1. En midlet verdi betyr at det kan forekomme konsentrasjonstopper av kortere varighet som overskrider grenseverdien for den midlede verdien. Det er ikke kjent hvilken betydning slike konsentrasjonstopper har, og hvor mange slike topper man tåler før helseplager inntreffer. Derfor anbefales det at det settes en øvre alarmgrense for CO som ikke skal overskrides, der denne grensen settes et sted mellom 100 og 300 ppm, avhengig av våpentype og ammunisjonstype. For eksempel foreslår vi at våpen og ammunisjon som har 15 minutters grenseverdi på 20 ppm eller lavere, får en øvre alarmgrense på 100 ppm. For våpen og ammunisjon med 15 minutters grenseverdi fra 20-50 ppm, får en øvre alarmgrense på 200 ppm, og våpen og ammunisjon med 15 minutters grenseverdi over 50 ppm, får en øvre alarmgrense på 300 ppm.

4.4 Lagring og analyse av overvåkingsdata

Vi anbefaler at måledata lagres. Dette vil gi mulighet for å spore hvilke konsentrasjoner det har vært av CO på standplass, om noen av skytterne i ettertid skulle få helseplager. Det vil også gi mulighet for å justere alarmgrensene noe ut fra frekvens av uønskede hendelser. Med uønskede hendelser menes konsentrasjoner over alarmnivå og forekomst av helseplager. Ventilasjonsforholdene på den enkelte standplass vil bli mulig å analysere, slik at en kan gjøre forbedringer av ventilasjon der det trengs, og redusere frekvensen av uønskede hendelser.

Referanser

Dullum, O., Johnsen, A. Sundem-Eriksen, L. (2013) Utslipp av gass og støv fra håndvåpen. FFI-rapport 2013/xxxx Under utarbeidelse.

Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier) (2013). FOR-2011-12-06-1358. <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358>.

Egede-Nissen, C. (2012) Måling av støv og luft under skyteaktivitet på skytebaner med overbygget standplass. Sessvollmoen, bane 17. Forsvarsbygg Futura-rapport 384/2012.

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

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

Voie, Ø.A., Borander, A., Sikkeland, L.I.B., Grahnstedt, S., Johnsen, A., Kongerud, J., Danielsen, T.E., Longva, K. (2013) Helseeffekter ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon i kombinasjon med HK416. FFI-rapport 2013/02026.