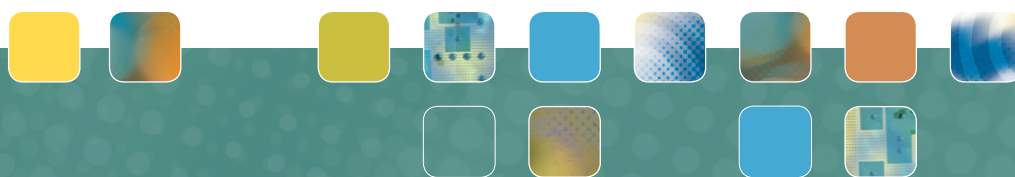




FFI-rapport 2013/02798

Undersøkelse av gass- og metallkonsentrasjoner rundt skytter ved skyting med håndvåpen



Marita Ljønes, Arnt Johnsen, Øyvind Voie, Anne Myran
og Anita Larsen

Undersøkelse av gass- og metalkonsentrasjoner rundt skytter ved skyting med håndvåpen

Marita Ljønes, Arnt Johnsen, Øyvind Voie, Anne Myran og Anita Larsen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

27. august 2014

FFI-rapport 2013/02798

119703

P: ISBN 978-82-464-2420-0

E: ISBN 978-82-464-2421-7

Emneord

Håndvåpen

Gasser

Metall

Støv

Helserisiko

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Janet Martha Blatny

Avdelingssjef

Sammendrag

I forbindelse med at det har vært rapportert om soldater som har følt ubehag og fått metallfeber med influensalignende symptomer etter skyting med HK416, er det foretatt en rekke målinger under skyteøvelser med forskjellige typer håndvåpen. Dette for å kunne vurdere en mulig helserisiko som skytteren utsettes for. Formålet med undersøkelsene var å undersøke gass- og metallkonsentrasjonene i miljøet rundt skytter under skyting med håndvåpnene HK416, MINIMI og MG3. Resultatene danner grunnlaget for at Forsvaret vil kunne iverksette eventuelle beskyttelsestiltak på skytebanene, og dermed bedre miljøet rundt skytter under øvelsesskyting.

Det ble for det meste benyttet blyfri ammunisjon NM229 og NM255, samt blyholdig ammunisjon SS109. Konsentrasjonen av karbonmonoksid (CO) ble målt ved hjelp av detektorer montert på skulderen hos skytteren. Svevestøv for måling av metaller i lufta ble samlet opp ved hjelp av filtre montert på skulderen hos skytteren. I tillegg ble en luftprøvetaker, beregnet for innsamling av partikler fra store luftmengder, plassert mellom to av skytterne. Denne rapporten oppsummerer resultatene og gir en foreløpig vurdering av helserisiko knyttet til bruk av HK416.

For å ha kontroll med gass- og metallkonsentrasjonene i miljøet rundt skytter, har FFI anbefalt å installere et overvåkingssystem på de mest brukte banene.

English summary

The purpose of this study was to evaluate the concentration of gas and heavy metal in air surrounding the shooter when shooting with HK416 and MINIMI using NM229 and NM 255 (ammunition without lead), and SS109 (lead containing ammunition). The concentration of carbon monoxide was measured with detectors mounted on the shoulder of the shooter. Heavy metals in air was measured from a filter mounted on the shoulder of the shooter, and by a high volume air sampler placed between two of the shooters. This report summaries the results and provides a temporary evaluation of a possible health risk associated with the use of HK416 and MINIMI.

Innhold

1	Innledning	7
2	Metoder	7
2.1	Gjennomføring av undersøkelser	7
2.1.1	Masseskyting på Sessvollmoen	7
2.1.2	Skyting med HK416 på Rena 8. mars	8
2.1.3	Innendørs skyting på Huseby	8
2.1.4	Skyting med MINIMI på Rena	9
2.1.5	Skyting med HK416 på Rena	9
2.1.6	Skyting med MINIMI og ulike ammunisjonstyper på Terningmoen	10
2.1.7	Skyting med MG3 på Terningmoen	11
2.1.8	Vurdering av distribusjonen av kruttgasser rundt skytter	12
2.2	Utstyr	12
2.3	Kjemisk analyse	13
3	Resultater og diskusjon	13
3.1.1	Masseskyting på Sessvollmoen	13
3.1.2	Skyting med HK416 på Rena 8. mars	14
3.1.3	Innendørs skyting på Huseby	17
3.1.4	Skyting med MINIMI på Rena	18
3.1.5	Skyting med HK416 på Rena	21
3.1.6	Skyting med MINIMI og ulike ammunisjonstyper på Terningmoen	25
3.1.7	Skyting med MG3 på Terningmoen	32
3.1.8	Distribusjon av kruttgasser rundt skytter	35
4	Vurdering av helserisiko	43
4.1	Karbonmonoksid (CO)	43
4.2	Metaller i svevestøv	44
4.3	Overvåkning	46
5	Konklusjon	47
	Vedlegg A CO-målinger	49

1 Innledning

I forbindelse med at det har vært rapportert om at soldater har følt ubehag og fått metallfeber med influensalignende symptomer etter skyting med håndvåpenet HK416, er det foretatt en rekke forskjellige målinger i forbindelse med håndvåpenskyting. Dette er først og fremst gjort for å få en oversikt over hvilke gass- og metallkonsentrasjoner som oppstår rundt skytter under skyting ved ulike skytescenarioer, slik at en mulig helserisiko kan vurderes.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har deltatt på gjennomføring av skyteøvelser der utslippet av gasser og partikler er undersøkt under skyting med NM229 og NM 255 (blyfri ammunisjon), samt SS109 (blyholdig ammunisjon), som alle er ammunisjon for bruk i HK416. Denne rapporten oppsummerer resultatene, og gir en foreløpig vurdering av helserisiko knyttet til bruk.

2 Metoder

2.1 Gjennomføring av undersøkelser

Ved følgende skyteøvelser har det vært foretatt undersøkelser av luftkvaliteten i nærheten av skytter:

1. Masseskyting for funksjonstest av HK416, Sessvollmoen 25. januar 2011
2. Skyteøvelse med HK416, Rena 8. mars 2011
3. Skyteøvelse med HK416 på innendørs bane, Huseby 11. mars 2011
4. Skyteøvelse med MINIMI, Rena 22. november 2011
5. Skyteøvelse med HK416, Rena 23. november 2011
6. Skyteøvelse med MINIMI, Terningmoen 1. mars 2012
7. Skyteøvelse med MG3, Terningmoen 1. mars 2012
8. Undersøkelser av distribusjon av avgasser rundt skytter

I tillegg har det vært utført undersøkelser for å vurdere effekten av ventilasjonsanlegg montert på overbygde standplasser på håndvåpenbaner ved flere lokaliteter. Resultatene fra disse undersøkelsene er beskrevet i FFI-rapportene [1-3].

2.1.1 Masseskyting på Sessvollmoen

Den 25. januar 2011 ble det utført masseskyting med HK416 og ammunisjonstypene NM229 (blyfri ammunisjon), SS109 (blyholdig ammunisjon) og NM226F1 (rødplast) på skytebane 17 i Sessvollmoen skyte- og øvingsfelt. Standplass for skytingen var utenfor standplasshus mot målskivene. Denne skyteøvelsen pågikk over 6 timer. Ved hjelp av en pumpe montert til en filterkassett som inneholdt et filter av typen HTTP fra Millipore med porestørrelse 0,4 µm, ble det sugd luft med en hastighet på 2 liter/minutt. Det var plassert ut en filterkassett for prøvetaking av støv i umiddelbar nærhet av noen skyttere som benyttet SS109 ammunisjon.

Denne samlet svevestøv for måling av tungmetaller i lufta under hele testen. I tillegg ble det i to av skuddseriene med NM229 montert en filterkassett på en skytter for måling av tungmetaller i innåndingssonen. I den første skuddserien ble det skutt 11 fulle magasiner (330 patroner) i løpet av 7 minutter, i den andre serien ble det skutt 12 fulle magasiner (360 patroner) i løpet av 8 minutter. Det ble også foretatt målinger av gasskonsentrasjonen til karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH₃) og hydrogencyanid (HCN) under skyteserier med NM229, SS109 og NM226F1.

2.1.2 Skyting med HK416 på Rena 8. mars

Denne skyteøvelsen var arrangert av Forsvarsbygg på bane 4, for å undersøke hvordan skytter eksponeres for metaller og CO. Det var to skyttere som deltok, og det ble skutt en skyteserie som bestod av 120 skudd med NM229 og en skyteserie med 120 skudd NM255. Skuddene ble avfyrt i rask rekkefølge, og skyteserien var gjennomført i løpet av tre minutter. Multiwarn II ble benyttet for kontinuerlig registrering av konsentrasjonen til CO, NH₃ og HCN i innåndingssonen hos skytter på standplass 20. Det ble også samlet inn luftprøver for å kvantifisere eksponeringen for metaller i innåndingssonen hos begge skytterne. Under skyting med NM229 ble det samlet inn prøver i 2,5 minutter og under skyting med NM255 ble det samlet inn prøve i 2 minutter. I tillegg ble det benyttet en høyvolumprøvetaker plassert mellom de to skytterne som samlet inn prøve i tre minutter under begge skyteseriene.

Forsvarsbygg foretok en kontinuerlig registrering av CO-konsentrasjonen i innåndingssonen hos skytter. Deres CO-måler registrerte kun ett datapunkt hvert minutt, og dette punktet var gjennomsnittsverdien for det siste minuttet. Deres prøver for kvantifisering av metaller ble tatt på venstre skulder av skytter, mens FFI sine prøver ble tatt på høyre skulder. Forsvarsbygg tok også to prøver for kvantifisering av metaller i luft bak ved benken på standplass.

2.1.3 Innendørs skyting på Huseby

I denne undersøkelsen var det 10 vernepliktige soldater som skjøt med HK416N og SS109, samt 10 vernepliktige som skjøt med HK416N og NM229 på innendørs skytebane i Huseby leir. Ventilasjonssystemet på banen ble slått av for å gi tilstrekkelig høye nivåer av gassutslipp fra våpenet til at disse kunne måles. Det ble først skutt med SS109, og etter pause med god utlufting ble det skutt med NM229. Skytterne som skjøt med NM229 benyttet filtermaske for å hindre eksponering for partikler. To og to av de vernepliktige skjøt samtidig, slik at det totalt ble fem runder med skyting for hver type ammunisjon. Hver skytter skjøt totalt 12 skudd i henholdsvis stående, knestående og liggende posisjon i henhold til "Prøve 01 Skyting korte hold" (Grunnleggende soldatutdanning 2). Skyteøvelsen ble utført på en slik måte at posisjon for skyting endret seg gradvis mot skyteskivene under skyteserien.

Under hver skyteserie ble gassene karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH₃) og hydrogencyanid (HCN) målt i pustesonen til en av skytterne. For å samle opp metallpartikler i svevestøvet, ble det også sugd luft fra pustesonen gjennom et filter. Det ble skiftet filter mellom hver ammunisjonstype, men samme filter ble benyttet for alle fem rundene med skyting for hver av de to ammunisjonstypene. Totalt ble det for hver av de to ammunisjonstypene tatt prøver i ca fem

minutter, noe som tilsvarte 10 liter prøve. En høyvolumprøvetaker av typen XMX-CV fra Dycor var plassert på standplass, der 500 liter luft/minutt ble samlet og oppkonsentrert i 5 ml ultrarent vann. Høyvolumprøvetakeren samlet partikler i 18 minutter.

2.1.4 Skyting med MINIMI på Rena

Undersøkelsen foregikk på utendørsbane B1 på Rena, der det ble skutt med MINIMI, først en serie med SS109 og deretter en serie med NM255 (ny blyfri ammunisjon). Skyteprogrammet for de to skyteseriene var følgende:

- Tilvenningsskyting – 60 patroner
- Innskyting av sikte – 20 patroner
- Samlingsskyting – 40 patroner
- Punktild – 200 patroner

I denne undersøkelsen deltok det 10 vernepliktige soldater. Soldatene hadde lite trening i skyting med MINIMI, noe som førte til en god del stopp underveis i skyteprogrammet. Det ble først skutt med linket SS109, der hvert femte skudd var sporlys (NM230, blyfri ammunisjon). To av de ti skytterne fikk festet en filterkassett for oppsamling av svevestøv samt en måler for karbondioksid (CO) på skulderen. Dette var henholdsvis skytter 2 og 5 observert fra venstre side i skyteretningen. Ved hjelp av en pumpe montert til filterkassetten ble luft sugd med en hastighet på 2 liter/minutt gjennom et filter. Filterkassetten som var festet på skytter 2, samlet partikler i 31 minutter, mens filterkassetten som var festet på skytter 5 samlet partikler i 33 minutter. CO-måleren foretok en fortløpende registrering av konsentrasjonen av karbonmonoksid (CO) i innåndingssonen. Det ble også plassert ut en høyvolumprøvetaker mellom skytter 2 og 3, der 500 liter luft/minutt ble samlet og oppkonsentrert i 5 ml ultrarent vann. Høyvolumprøvetakeren samlet partikler i 14 minutter.

Etter avsluttet skyting med SS109, ble samme skyteprosedyre fulgt for NM255. Både skytter 2 og 5 hadde CO-måler av typen PAC 7000 fra Dräger festet til skulderen for kontinuerlig registrering av konsentrasjon av CO i innåndingssonen. Ved denne skytingen var det bare skytter 5 som fikk påmontert filterkassett for prøvetaking av partikler, og denne tok prøve i 24 minutter.

2.1.5 Skyting med HK416 på Rena

Bane 4 i Rødsmoen skyte- og øvingsfelt er en lukket bane med dører som åpnes i front under skyting. Her var det montert nytt ventilasjonsanlegg, og skytetestene ble utført både med og uten ventilasjon. Det deltok 20 skyttere (vernepliktige soldater), hver med 90 patroner NM255 og SS109. Følgende skyteprogram ble benyttet under denne undersøkelsen:

- Innskyting av optisk sikte – 20 patroner
- Samlingsskyting – 20 patroner
- Samlingsskyting med magasin støtte – 20 patroner
- Øyeblikkskudd – 20 patroner
- Skarpskyttermerket – 10 patroner

Den første skuddserien var med SS109 og med ventilasjonen på fullt. Andre skuddserie var med SS109 og med ventilasjonen av. Tredje skuddserie var med NM255 og med ventilasjonen på fullt, mens fjerde skuddserie var med NM255 og med ventilasjonen av.

Tre av de 20 skytterne fikk påmontert CO-måler for kontinuerlig registrering av konsentrasjon av CO i innåndingssonen. Dette var skytter 5, 12 og 18 regnet fra venstre side av standplass. I tillegg fikk skyteleder en CO-måler montert på skulderen. Skytter 12 fikk også en filterkassett montert på skulderen for oppsamling av partikler i innåndingssonen. Ved hjelp av en pumpe montert til filterkassetten ble luft sugd med en hastighet på 2 liter/minutt gjennom et filter. Filterkassetten som var festet på skytter 12 samlet partikler i 55 minutter. Det ble også plassert ut en høyvolumprøvetaker mellom skytter 11 og 12, der 500 liter luft/minutt ble samlet og oppkonsentrert i 5 ml ultrarent vann. Høyvolumprøvetakeren samlet partikler i 10 minutter.

2.1.6 Skyting med MINIMI og ulike ammunisjonstyper på Terningmoen

Denne undersøkelsen ble gjort på utendørs bane 17 i Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Det ble skutt med MINIMI i kombinasjon med NM255 og NM 250 (blåplast). Ammunisjonen ble testet ut på fire nye og fire brukte våpen. Det ble foretatt puss, vedlikehold og MBK (materieell beredskapskontroll) av våpnene i pausen mellom de to ammunisjonstypene. I etterkant av undersøkelsen kom det fram at enkelte skyttere hadde fått beskjed om ikke å pusse våpenet, for å se hvordan våpenet oppførte seg ved dårlig puss i kombinasjon med NM250. Det ble ikke gitt informasjon om hvilke skyttere som hadde nye og brukte våpen. Det ble heller ikke gitt informasjon om hvilke skyttere som hadde pusset våpenet, og hvilke som ikke hadde gjort det. På formiddagen ble det skutt med NM255, mens det ble skutt med NM250 på ettermiddagen. Selve testen ble utført ved hjelp av åtte skyttere. Det ble skutt fem serier med NM255 med en frekvens på 200 skudd i løpet av 5 minutter. Etter puss og vedlikehold av våpnene ble det skutt 2 serier på 200 skudd med NM250. Det oppstod en del problemer i forbindelse med kiling av ammunisjonen under skyting med NM250.

Før og umiddelbart etter skytingen, ble skytterne testet for CO i blodet ved hjelp av et ToxCO instrument. Det ble montert en CO-måler på skulderen hos fire av skytterne. Denne måleren foretok en kontinuerlig registrering av konsentrasjonen av CO i innåndingssonen til skytteren. De samme fire skytterne fikk i tillegg montert en filterkassett i innåndingssonen for oppsamling av partikler. Ved hjelp av en pumpe montert til filterkassetten ble luft sugd med en hastighet på 2 liter/minutt gjennom et filter. En oversikt over oppsamlingstid for de enkelte filterkassettenes er vist i Tabell 2.1. Det ble også plassert et instrument av typen Multiwarn II fra Dräger for kontinuerlig måling av gassene CO, HCN og NH₃ like i bakkant av skytesonen mellom to skyttere.

	Oppsamlingstid, minutter
Skyting 1 NM255, skytter 1,3,6	5
Skyting 2 NM255, skytter 1,2,6	7
Skyting 3 NM255, skytter 1,3,6	6
Skyting 4 NM255, skytter 1,2,6	5
Skyting 5 NM255, skytter 1,2,6	7
Skyting 1 NM250, skytter 1	4
Skyting 2 NM250, skytter 5	6
Skyting 3 NM250, skytter 1	10
Skyting 4 NM250, skytter 5	7

Tabell 2.1 Oversikt over oppsamlingstid for filterkassetter.



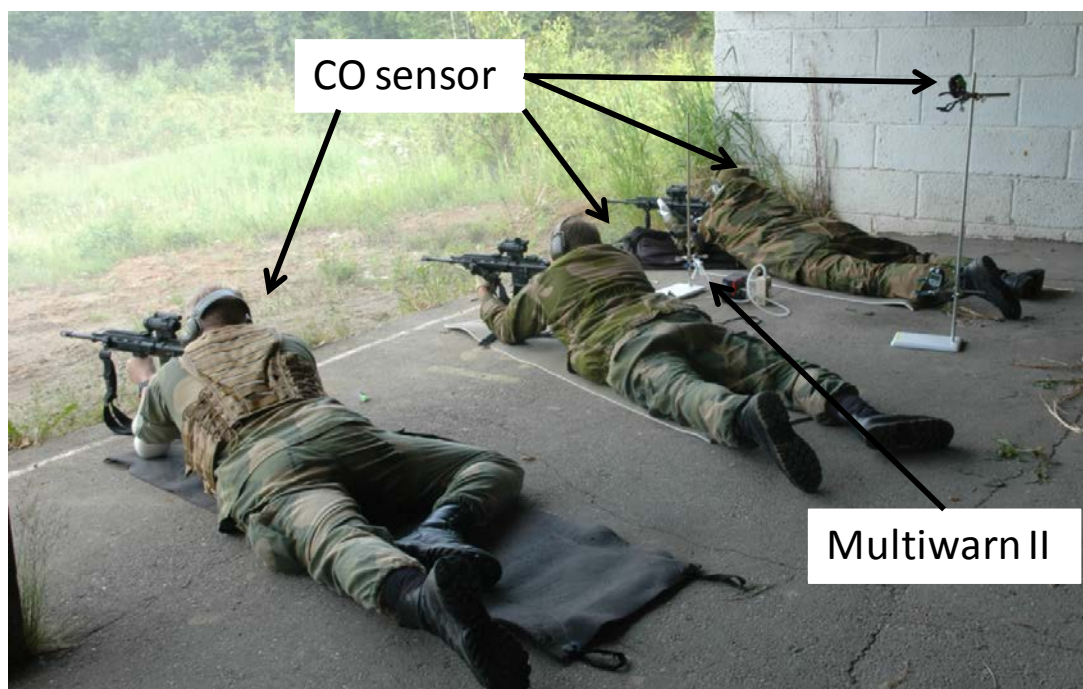
Figur 2.1 Det var tåke og stillestående luft under de to første skuddseriene på Terningmoen.

2.1.7 Skyting med MG3 på Terningmoen

Det ble utført en test der en skytter skjøt med MG3 i kombinasjon med ulike ammunisjonstyper. Det ble skutt to serier á 200 skudd med MG3 i kombinasjon med NM60 (blyholdig)/NM62 (blyholdig sporlys) og to serier á 200 skudd med NM231 (blyfri)/NM232 (blyfri sporlys). Skytteren hadde påmontert CO-måler i pustesonen.

2.1.8 Vurdering av distribusjonen av kruttgasser rundt skytter

For å undersøke distribusjonen av kruttgasser rundt skytter, ble det plassert ut CO-målere i ulike avstand, høyde og retning fra hodet til skytter for kontinuerlig registrering av konsentrasjonen av CO. For å undersøke i hvilken grad ventilasjon på standplass har innvirkning på distribusjonen av kruttgasser, ble målingene foretatt med ventilasjonssystemet både på og av.



Figur 2.2 Eksempel på plassering av CO-sensorer og Multiwarn II under skyting på Sessvollmoen.

2.2 Utstyr

For måling av CO i luft ble det benyttet små bærbare CO-målere av typen PAC 7000 fra Dräger. Det ble i tillegg benyttet en Multiwarn II fra Dräger for måling av både CO, NH₃ og HCN i luft. Disse to instrumentene benytter seg av elektrokjemiske sensorer for deteksjon av de nevnte gassene. For prøvetaking av svevestøv ble det benyttet en høyvolumprøvetaker av typen XMX-CV fra Dycor, der 500 liter luft/minutt ble samlet og oppkonsentrert i 5 ml ultrarent vann. I tillegg ble det benyttet en filterkassett med et Isopore™ membranfilter av typen HTTP med porestørrelse 0,4 µm fra Millipore. Luft ble sugd gjennom filteret med en hastighet på 2 liter/minutt.

For bestemmelse av CO i blodet til skyttere, ble det benyttet en ToxCO™ fra Bedfont. ToxCO beregner konsentrasjon av komplekset mellom hemoglobin og CO (COHb) i blodet i prosent ved hjelp av å måle CO i utåndingsluft. CO er en toksisk, lukt-, smak- og fargeløs gass som når den inhaleres, konkurrerer ut oksygenet i blodet, og danner karboksyhemoglobin (COHb). CO kan forbli i blodet i opptil 24 timer, avhengig av fysisk aktivitet, kjønn og pusteaktivitet. Halveringstiden av CO i blodet er ca 5 timer uten ekstra oksygentilførsel. CO i luft har en administrativ norm for eksponering på 25 ppm, eller 29 mg/m³ over en periode på 8 timer.

Kortvarig eksponering bør ikke overstige 100 ppm. Dersom dette kan forekomme, skal det utarbeides skriftlig instruks for arbeid i CO-atmosfære [4].

2.3 Kjemisk analyse

Membranfiltrene i filterkassetene ble veid før og etter eksponering for å kvantifisere mengden partikler. Filtrene ble etter eksponering overført til en 100 ml Duran glassflaske og tilsatt 20 ml 65 % ultraren HNO₃. Prøven ble deretter oppsluttet ved 75 °C i minimum 24 timer for å bestemme mengden metaller avsatt på filteret. Prøven fra høyvolum-prøvetakeren ble overført til en 100 ml Duran glassflaske og tilsatt 20 ml 65 % ultraren HNO₃. Prøven ble deretter oppsluttet ved 75 °C i minimum 24 timer. Innholdet av metallene kobber (Cu), bly (Pb), antimon (Sb), sink (Zn) og vismut (Bi) ble bestemt ved hjelp av en XseriesII ICP-MS fra ThermoFisher.

3 Resultater og diskusjon

3.1.1 Masseskyting på Sessvollmoen

I Tabell 3.1 er det vist en oversikt over maksimale konsentrasjoner av de tre gassene som ble målt for de tre ammunisjonstypene benyttet under masseskytingen. Konsentrasjonen av både HCN og NH₃ er lave under skyting med både NM229, SS109 og NM226F1. Grenseverdier og tiltaksverdier for forurensning i arbeidsatmosfære [4] er for HCN satt til 5 ppm, noe som også er takverdi, dvs. maksimal konsentrasjon som er akseptabelt i arbeidsatmosfæren. For NH₃ er grenseverdien satt til 15 ppm. Bruk av NM229 og SS109 gir relativt like konsentrasjoner av både HCN og NH₃, mens bruk av NM226F1 gir en noe høyere konsentrasjon av de to gassene. Konsentrasjonen av CO var imidlertid veldig høy, og langt over grenseverdien for kortvarig eksponering på 100 ppm [4]. Konsentrasjonen av CO ved bruk av NM229 og SS109 var ganske lik, mens NM226F1 gav en vesentlig høyere konsentrasjon av CO. Dette kan ha noe med skytefrekvens å gjøre, da skytefrekvensen var en del høyere under skyting med NM226F1 i forhold til skytingen med NM229 og SS109. Det kan også hende at det er en noe mindre optimal forbrenning av kruttet i NM226F1 enn det som er tilfellet for NM229 og SS109.

Våpen og ammunisjon	CO, ppm	HCN, ppm	NH ₃ , ppm
HK416N, HK416K og NM229	700	1	4
HK416N, HK416K og SS109	600	0,6	4
HK416N, HK416K og NM226F1	3000	2	8

Tabell 3.1 Oversikt over maksimale konsentrasjoner av CO, HCN og NH₃ ved skyting med ulike våpen og ammunisjon.

Konsentrasjonen av metaller i svevestøv i ansiktshøyde hos skytter under skyting med HK416 i kombinasjon med SS109 og NM229 er oppsummert i Tabell 3.2. Resultatene viser at det kan være store variasjoner av metallkonsentrasjonen i pusteluften under skyting. Dette har sannsynligvis sammenheng med ulike vindforhold på standplass. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i nærheten av de som skjøt med SS109 er på høyde med det som ble registrert kortvarig hos de som skjøt med blyfri NM229. Det tyder derfor på at blypartiklene fra SS109 sprer seg utover standplass og gir en ganske lik eksponering også for de som ikke skjøt med blyholdig ammunisjon. Kortvarig ble det registrert høyest konsentrasjon av kobber ved skyting med NM229. Nivåene ser imidlertid ut til å variere sterkt fra skyteserie til skyteserie, sannsynligvis på grunn av variasjoner i vindforhold på standplass. Det ble ikke foretatt noen målinger av vindhastighet eller retning under skytingen, men registreringer gjort på Gardermoen flystasjon viser at vinden har vært fra nordlig kant og hastigheten har variert fra 2 – 5 m/s i løpet av dagen. Ut fra videofilm som ble tatt på stedet av FFI, ser det ut som om dette også har vært tilfelle på standplass. Vindretningen var derfor slik at utslippet fra de som skjøt med SS109 beveget seg mot de som skjøt med NM229. Ved skyting med SS109 i lukket beholder i skytelab på FFI, er konsentrasjonsforholdet mellom kobber og bly i svevestøv fem. Det er derfor indikasjoner på at kobberpartiklene også sprer seg utover standplass, da konsentrasjonsforholdet mellom kobber og bly i nærheten av de skjøt med SS109 ligger på 15. Det er kun konsentrasjonen av kobber som overstiger grenseverdien for forurensning i arbeidsatmosfære, som er på 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [4]. Grenseverdi for kortvarig eksponering for kobber er satt til 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og ved en måling ble også denne verdien overskredet. Målinger som blir utført under en intensiv skuddserie vil generelt gi høyere verdier enn målinger som blir utført under hele skyteøvelsen (se SS109 vs. NM229 i Tabell 3.2).

Ammunisjon	Antall skudd og oppsamlingstid filterkassett	Cu, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pb, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sb, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Zn, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SS109	2200 skudd, 6 timer	150	10	2	22
NM229	360 skudd, 8 min	460	11	< 1	140
NM229	330 skudd, 7 min	45	24	36	< 1

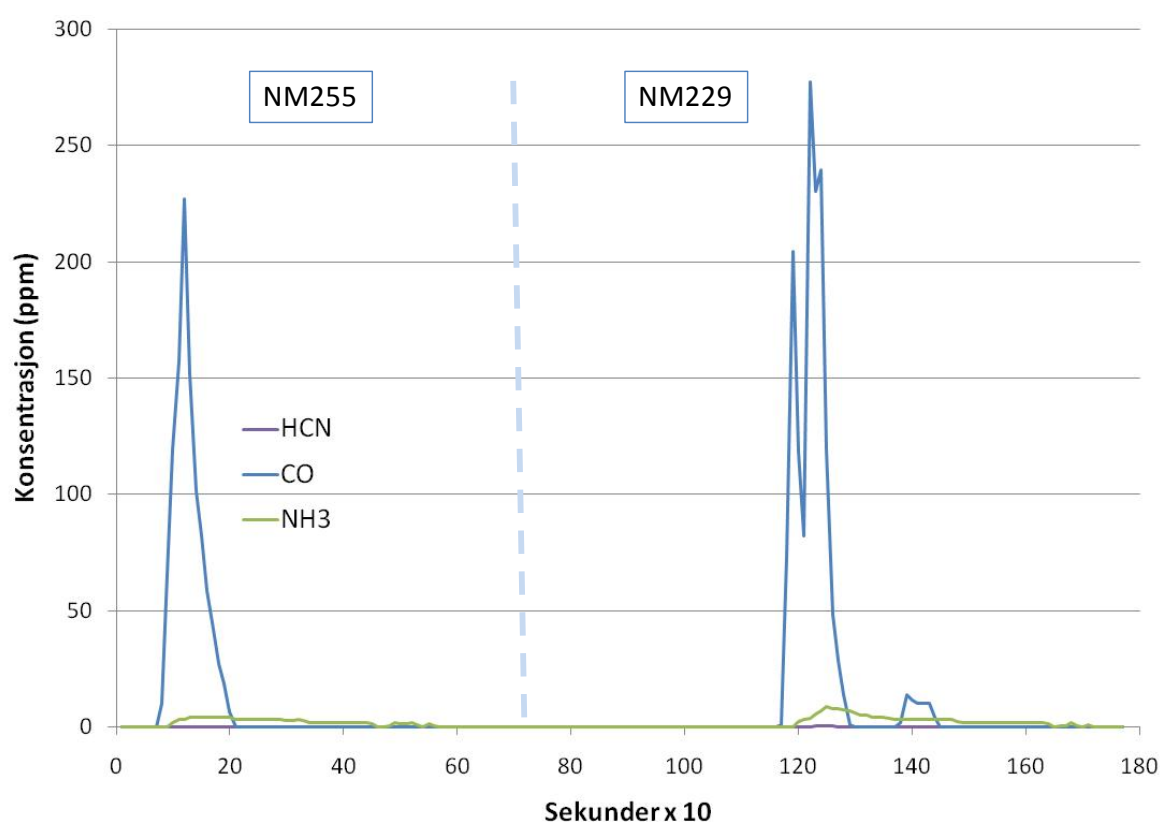
Tabell 3.2 Konsentrasjon av metaller i svevestøv i nærheten av skyting med HK416N i kombinasjon med SS109 og NM229.

3.1.2 Skyting med HK416 på Rena 8. mars

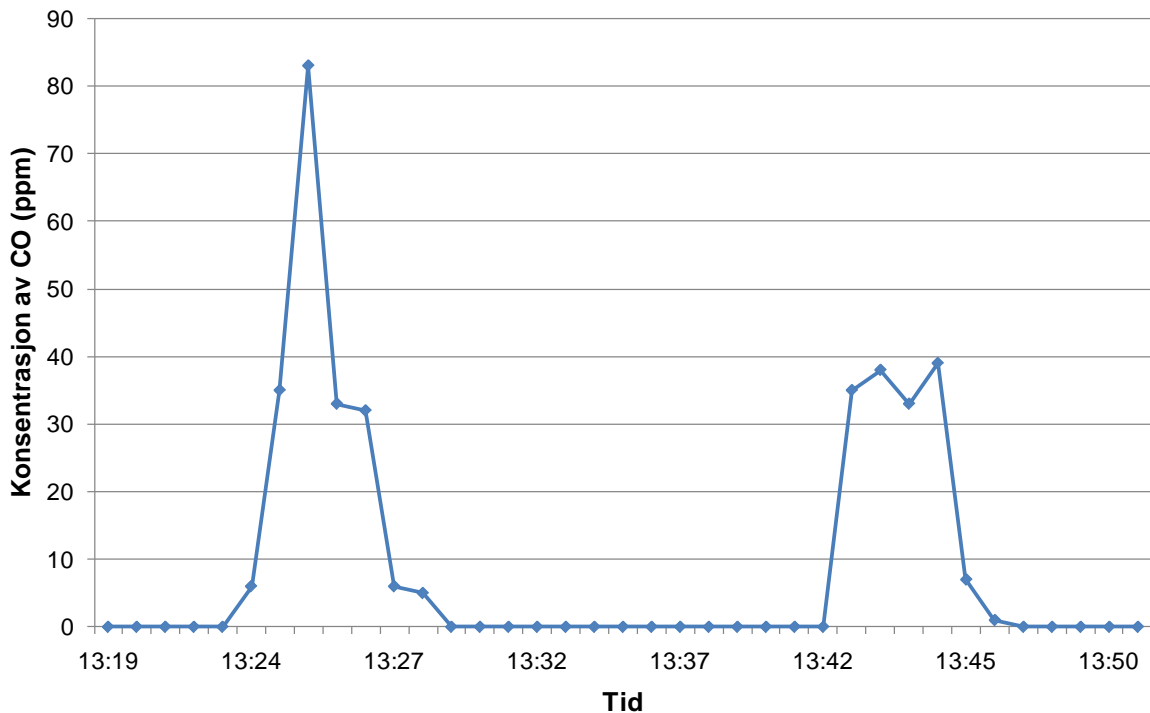
Eksponeeringskonsentrasjon for skytter av HCN, CO og NH_3 under skyting med NM255 og NM229 er vist i Figur 3.1. Konsentrasjonen av CO er høy under skyting, mens nivået av NH_3 er lavt. Det maksimale nivået av CO endrer seg ikke vesentlig ved skyting med NM255 (227 ppm) og NM229 (277 ppm). Ved skyting i lukket beholder i FFIs skytelab, ble det også registrert et høyere utslipp av CO fra NM229 enn fra NM255. Gjennomsnittskonsentrasjonen under skyting var for NM255 på 71 ppm, mens den for NM229 var 96 ppm. Dette er under gjeldende grenseverdi for kortvarig eksponering (100 ppm, 15 minutter) [4]. Hvis en beregner gjennomsnittskonsentrasjonen av CO over 10 minutter, er den for NM255 18 ppm og for NM229 25 ppm, noe som er lavere enn grenseverdi for arbeidsatmosfære [4]. Det maksimale nivået av

NH₃ ble registrert til 4 ppm ved skyting med NM255 og 9 ppm ved skyting med NM229. Grenseverdi for NH₃ i arbeidsatmosfære er 15 ppm [4]. I FFIs skytelab ble det også registrert lavere utlipp av NH₃ ved bruk av NM255 i forhold til NM229. Det ble så vidt målt HCN over instrumentets deteksjonsgrense under skyting med NM229, og maksimalkonsentrasjonen var 0,47 ppm.

Figur 3.2 viser resultatet fra målingen av CO foretatt av Forsvarsbygg. Deres måling gav en noe lavere eksponeringskonsentrasjon for NM229 enn NM255, motsatt av det som FFI registrerte. Dette kan skyldes ulik oppløsning i registreringene av CO. Forsvarsbygg sin detektor registrerte kun en måleverdi pr minutt, mens FFI sin detektor registrerte en måleverdi hvert tiende sekund. Ingen av de målte konsentrasjonene av CO var over grenseverdien for korttidseksponering (100 ppm, 15 minutter).



Figur 3.1 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon for skytter av gassene HCN, CO og NH₃. Første skyteserie som vises etter ca 100 sekunder er med NM255 og andre skyteserie etter ca 1150 sekunder er med NM229.



Figur 3.2 Målinger gjort av Forsvarsbygg som viser eksponeringskonsentrasjon for skytter av CO. Første skyteserie som vises ved 13:24 er med NM255 og andre skyteserie ved 13:42 er med NM229.

Konsentrasjonen av metaller i svevestøv i innåndingssonen til skytter er vist i Tabell 3.3. Det ble målt svært høye konsentrasjoner av kobber både under skyting med NM255 og NM229. Resultatene viser at det er noe høyere konsentrasjon av kobber under skyting med NM229 enn under skyting med NM255. Resultatene viser også at det er noe høyere konsentrasjon av vismut under skyting med NM255 enn under skyting med NM229, mens konsentrasjonen av sink er ganske lik for de to ammunisjonstypene. Utslippsmålinger gjort i FFIs skytelab viser et større utslipp av vismut fra NM255 i forhold til NM229 og et høyere utslipp av sink fra NM229 enn fra NM255. Resultatene synes derfor å kunne gjenspeile utslippsmålinger i skytelab. Resultater fra høyvolumprøvetaker viser lavere konsentrasjon av metaller i svevestøv enn det som ble registrert i innåndingssonen til skytter. Denne prøvetakingen ble imidlertid foretatt mellom skytterne, og vil derfor naturlig bli noe lavere enn i innåndingssonen til skytter. Det er også her bruk av NM229 som gir høyest konsentrasjon av kobber i svevestøvet. Nivået av kobber i luft i innåndingssonen til skytter er langt over grenseverdi for korttidseksponering ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 15 minutter) [4]. Det er ingen nasjonal grenseverdi for vismut, og den tolkes derfor inn under støv med grenseverdi på $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Grenseverdi for sinkoksid er på 5000 ppm [4], og konsentrasjonen av sink overstiger dermed ikke denne grenseverdien.

Prøve av svevestøv	Luft- mengde, liter	Cu, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
Standplass 19, 120 skudd NM255, høyre side av skytter	5	1860	480	740
Standplass 20, 120 skudd NM255, høyre side av skytter	5	1810	600	560
Standplass 19, 120 skudd NM229, høyre side av skytter	4	3990	800	390
Standplass 20, 120 skudd NM229, høyre side av skytter	4	2290	500	230
Høyvolumprøvetaker, NM255	1500	940	140	250
Høyvolumprøvetaker, NM229	1500	1410	170	9
Standplass 19, 120 skudd NM255, venstre side av skytter (prøvetatt av Forsvarsbygg)	8	500	130	520
Standplass 20, 120 skudd NM255, venstre side av skytter (prøvetatt av Forsvarsbygg)	8	1850	350	1370
Standplass 19, 120 skudd NM229, venstre side av skytter (prøvetatt av Forsvarsbygg)	6	2180	310	360
Standplass 20, 120 skudd NM229, venstre side av skytter (prøvetatt av Forsvarsbygg)	6	630	4	150
Benk bak standplass, 120 skudd NM255 (prøvetatt av Forsvarsbygg)	10	1410	280	420
Benk bak standplass, 120 skudd NM229 (prøvetatt av Forsvarsbygg)	8	750	110	230

Tabell 3.3 Konsentrasjon av metaller i svevestøv under skyting med HK416N i kombinasjon med NM255 og NM229.

Forsvarsbygg sine målinger viser generelt noe større avvik mellom de to skytterne enn det som ble registrert i FFI sine målinger. Årsaken kan være at det er større variasjon i konsentrasjonen på venstre side av skytter enn på høyre side. Begge skytterne skjøt med høyre hånd. Ellers viser resultatene den samme trenden som FFI sine resultater.

3.1.3 Innendørs skyting på Huseby

Den maksimale konsentrasjonen av CO i pustesonen til skytter var i underkant av 50 ppm under skyting. For HCN var det ikke utslag over deteksjonsgrensen på 0,1 ppm, mens det for NH₃ kun var små utslag (< 4 ppm). Det ble ikke registrert noen forskjell i konsentrasjonen av de målte gassene under skyting med NM229 i forhold til skyting med SS109. Det ble derfor ikke registrert konsentrasjoner av gasser som overstiger de grenseverdier som er satt for arbeidsmiljø [4].

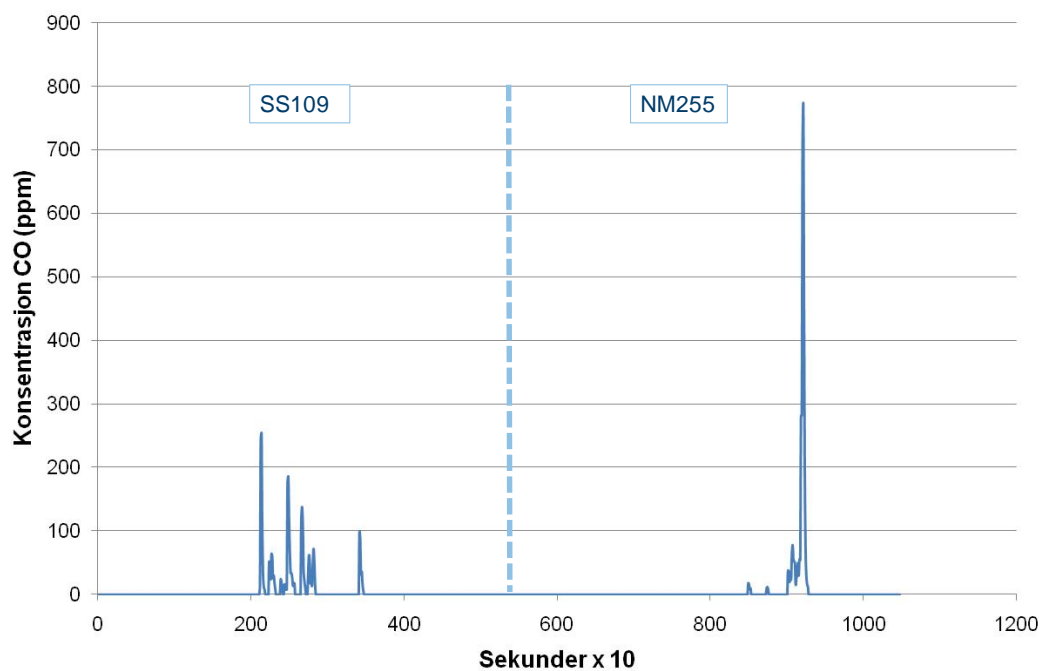
Konsentrasjonen av metaller i luft fra innåndingssonen til skytter er angitt i Tabell 3.4. Det ble registrert høye kobberkonsentrasjoner fra begge ammunisjonstypene, og konsentrasjonen overstiger grenseverdi for arbeidsatmosfære (100 µg/m³). Grenseverdi for korttids eksponering (15 minutter) er 300 µg/m³ for kobber [4], denne verdien ble overskredet under skyting med NM229. Konsentrasjonen av bly er lav og ligger under gjeldene grenseverdi for arbeidsatmosfære [4]. Konsentrasjonen av både antimon og sink er lave.

Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³
NM229	350	3	1	52
SS109	260	29	6	28

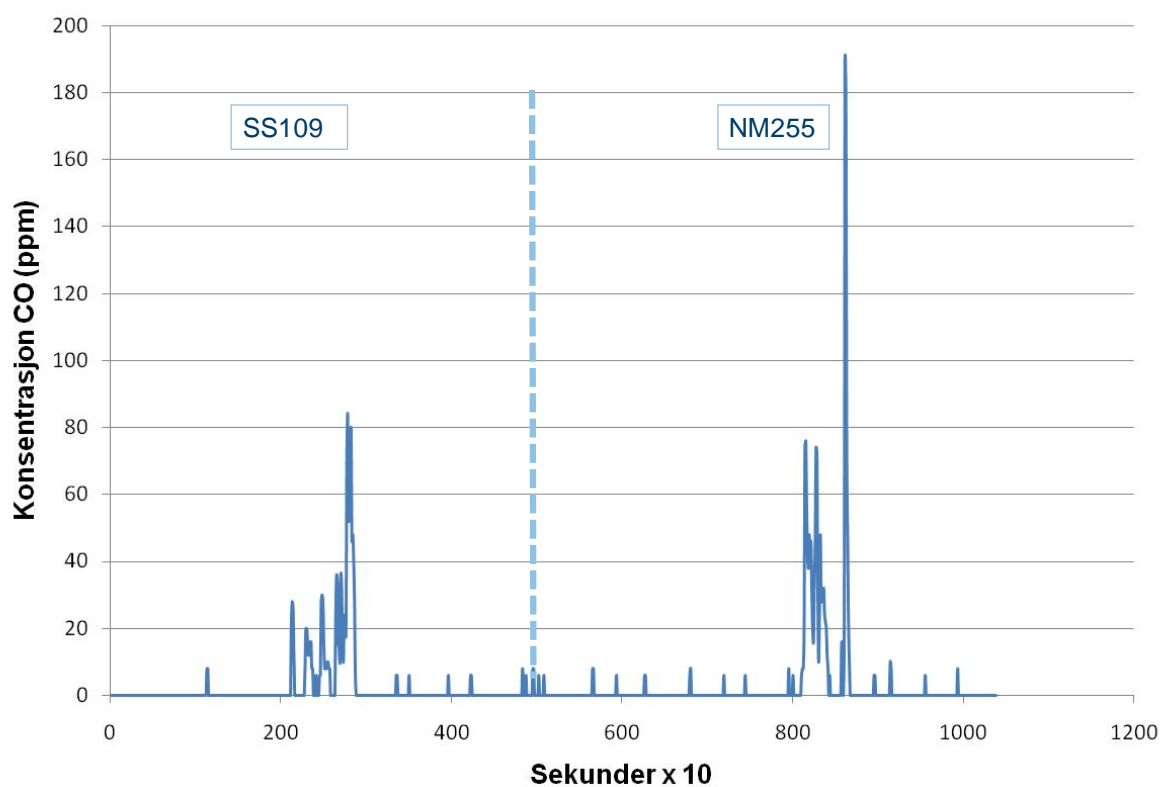
Tabell 3.4 Konsentrasjon av metaller i svevestøv under skyting med HK416N i kombinasjon med SS109 og NM229 målt over 10 minutter.

3.1.4 Skyting med MINIMI på Rena

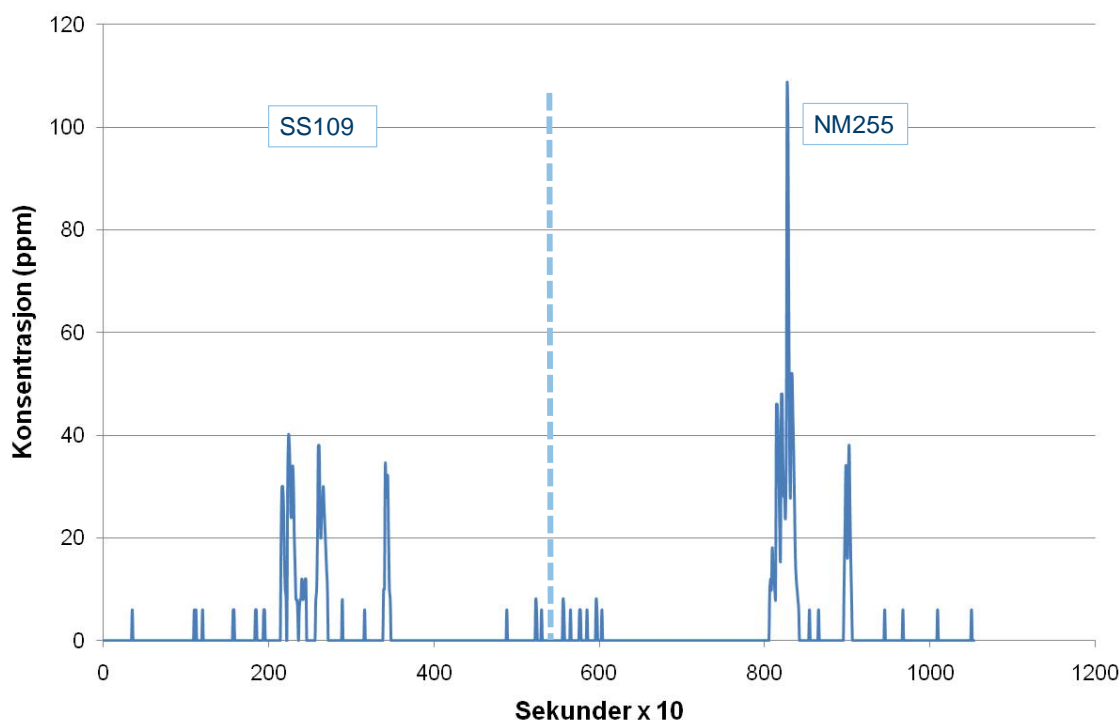
Konsentrasjon av CO i innåndingsluft under gjennomføringen av skyteøvelsene for henholdsvis skytter 2, 5 og 10 er vist i Figur 3.3, Figur 3.4 og Figur 3.5. Det ble jevnt over registrert en høyere konsentrasjon av CO under skyting med NM255 sammenlignet med SS109. Den maksimale konsentrasjonen av CO ved skyting med NM255 ble registrert til 770 ppm, mens tilsvarende konsentrasjon for SS109 ble registrert til 250 ppm. Det ble registrert store forskjeller i konsentrasjon av CO hos de tre skytterne, noe som viser at skytefrekvens har stor betydning for nivået av CO rundt skytter. Skytter blir imidlertid utsatt for de høye konsentrasjonene av CO over en kort periode, slik at gjennomsnittskonsentrasjonen likevel blir lav, og under det som er satt som grenseverdi for kortvarig eksponering (100 ppm, 15 minutter). Dette gjelder for begge de to ammunisjonstypene som ble benyttet. Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) foretok også målinger under denne skytingen. Resultatene fra deres målinger er noe forskjellig fra våre, da deres resultater viser høyest nivå av CO under skyting med SS109 [5]. Dette viser at nivåene av CO er forskjellig fra skytter til skytter, noe som sannsynligvis skyldes skytefrekvens og lokale vindforhold på standplass. STAMI finner, i likhet med FFI at middelveiden av CO under skyting er under 100 ppm for begge ammunisjonstypene.



Figur 3.3 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skytter 2 under skyting med SS109 og NM255 på utendørs bane B1.



Figur 3.4 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skytter 5 under skyting med SS109 og NM255 på utendørs bane B1.



Figur 3.5 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skytter 10 under skyting med SS109 og NM255 på utendørs bane B1.

Det ble målt lave konsentrasjoner av metaller i luft fra innåndingssonen til skytterne (Tabell 3.5). Som forventet var det kobber som hadde høyest konsentrasjon, og konsentrasjonen av kobber var høyest ved bruk av NM255. NM255 gav også høyest konsentrasjon av vismut, mens SS109 gav høyest konsentrasjon av bly. Nivåene av alle metallene er under grenseverdier for forurensning i arbeidsatmosfære [4]. Undersøkelsen gjort av STAMI viste også lave konsentrasjoner av metaller i luft fra innåndingssonen til skytter [5]. Bruk av høyvolumprøvetaker for prøvetaking av svevestøv på standplass viste også lave konsentrasjoner av metaller (Tabell 3.6). Dette er sannsynligvis på grunn av at vindretningen under skyting var slik at utslippet fra våpenet drev bort fra skytterne [5].

Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
NM255, skytter 5	45	3	0,4	11	18
SS109, skytter 2	12	15	4	8	2
SS109, skytter 5	21	6	1	6	1

Tabell 3.5 Konsentrasjon av metaller i svevestøv samlet inn i innåndingssonen hos den enkelte skytter.

Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
NM255	6	0,3	0,07	0,8	0,8
SS109	11	1	0,3	1	0,6

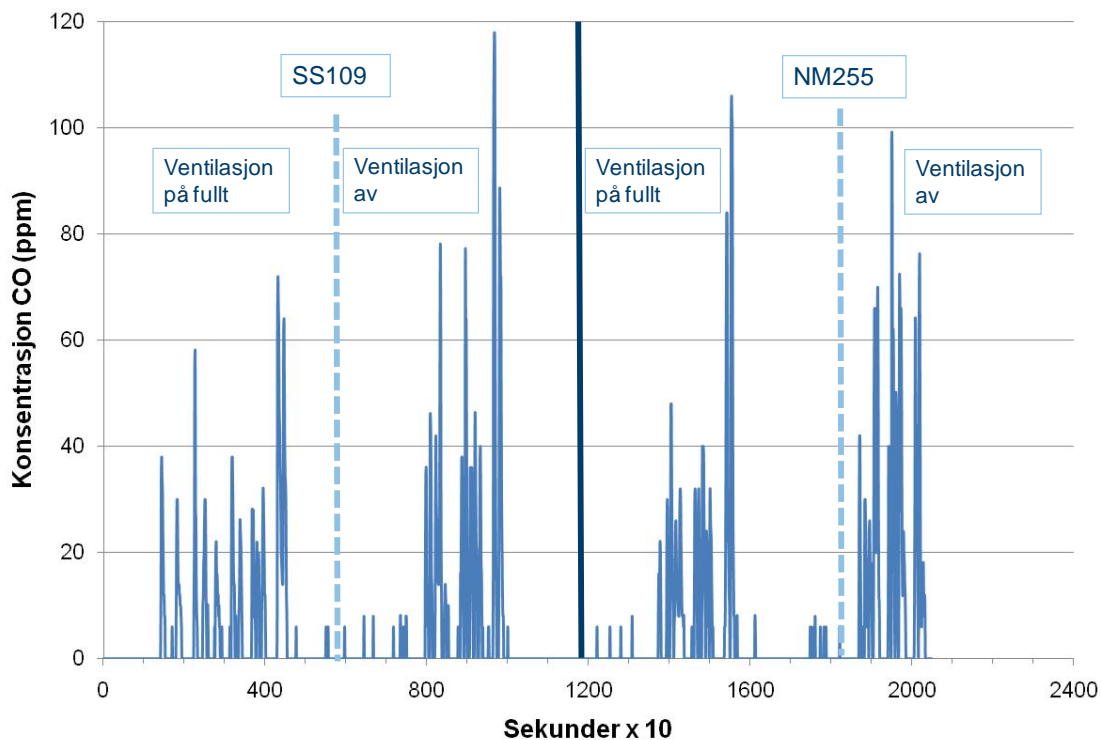
Tabell 3.6 Konsentrasjon av metaller i svevestøv samlet inn med høyvolumprøvetaker plassert i hoftehøyde mellom skytter 2 og 3.

3.1.5 Skyting med HK416 på Rena

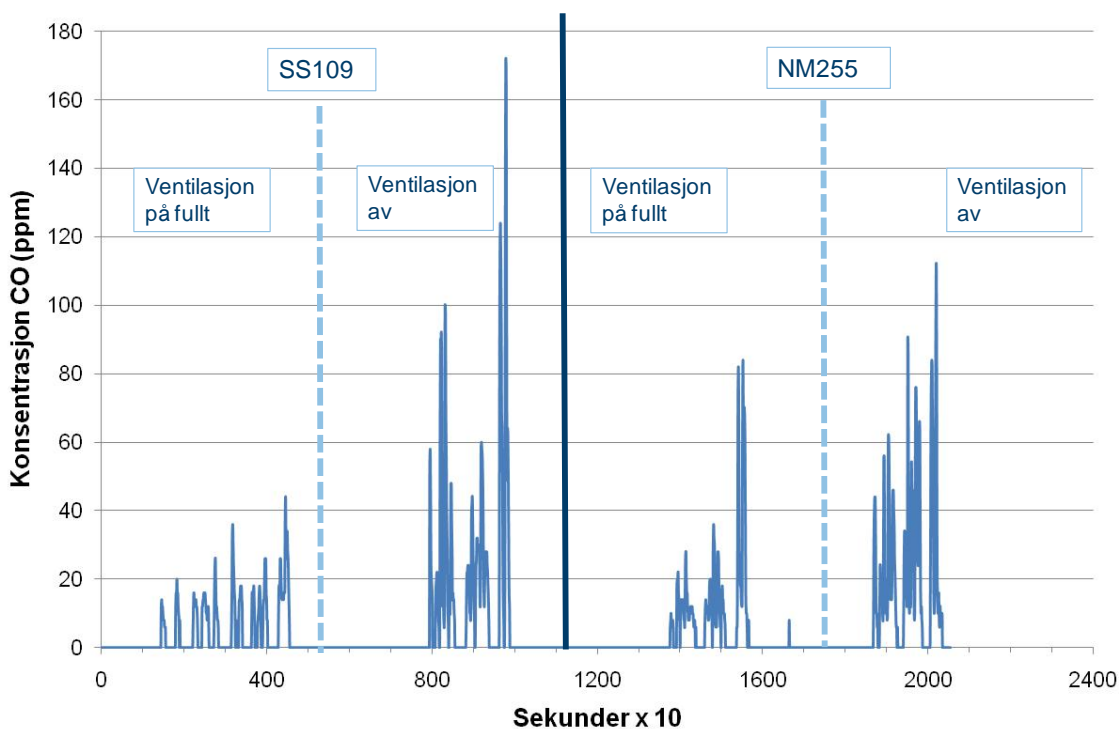
Den 23. november 2011 ble det foretatt skyteøvelse med HK416 på bane 4 i Rena leir for å undersøke effekten av montert ventilasjonsanlegg. STAMI foretok også en rekke målinger i forbindelse med denne skytingen. Måleresultatene for CO under skyteøvelsene er vist i Figur 3.6 - Figur 3.9. Det ble generelt registrert en noe lavere konsentrasjon av CO når ventilasjonen var satt på fullt sammenlignet med når den var avskrudd, men det er variasjoner mellom de enkelte skytterne. Selv med ventilasjonen på fullt ble det registrert korte perioder der konsentrasjonen av CO oversteg 100 ppm. Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO under skyteøvelsene var under 100 ppm, både når ventilasjonen var slått på og når ventilasjonen var slått av. Det ble ikke registrert noen vesentlig forskjell i konsentrasjonen av CO ved skyting med SS109 og NM255. Det ble heller ikke registrert noen vesentlig forskjell i eksponeringen av CO mellom skytter og skyteleder. Under skyteøvelsene ble det registrert en vindretning som gjorde at utslippet fra våpenet drev mot skytter [5]. Dette er sannsynligvis årsaken til at effekten av ventilasjonsanlegget var noe dårligere enn det som tidligere er påvist [3] og at skyteleder ser ut til å bli eksponert for CO i samme grad som skytterne. Resultatene fra målinger av CO er sammenlignbare med resultatene fra STAMI [5].

Det ble foretatt måling av metaller i svevestøv fra luften rundt en av skytterne. Resultatene for dette er vist i Figur 3.10 og Figur 3.11. Resultatene viser at det er kobber som dominerer i svevestøvet både under skyting med SS109 og NM255. Når ventilasjonen er slått på, reduseres konsentrasjonen av metaller i større grad enn det som ble registrert for CO. Nivået av kobber er høyest når det skytes med NM255. NM255 gir også et betydelig utslipp av vismut, mens SS109 gir et betydelig utslipp av bly. Ved skyting med SS109 og ventilasjonen på fullt, ble det ikke registrert konsentrasjoner av metaller som overskred grenseverdier for forurensing i arbeidsatmosfære [4]. Med ventilasjonen avslått var nivået av kobber over grenseverdien, mens konsentrasjonen av bly var helt oppunder grenseverdien. Konsentrasjonen av kobber oversteg ikke grenseverdien for kortvarig eksponering (300 µg/m³ i løpet av 15 min). Ved skyting med NM255 ble det registrert en konsentrasjon av kobber som overskred grenseverdien for forurensing i arbeidsatmosfære både med ventilasjonen på og av. Imidlertid er ikke konsentrasjonen av kobber høyere enn grenseverdien for kortvarig eksponering (15 minutter). Prøvetaking av svevestøv med høyvolumprøvetaker gav resultater tilsvarende prøvetaking av svevestøv rundt skytter (Tabell 3.7). Resultater fra denne prøvetakingen viser at konsentrasjonen av kobber overskrider grenseverdien for kortvarig

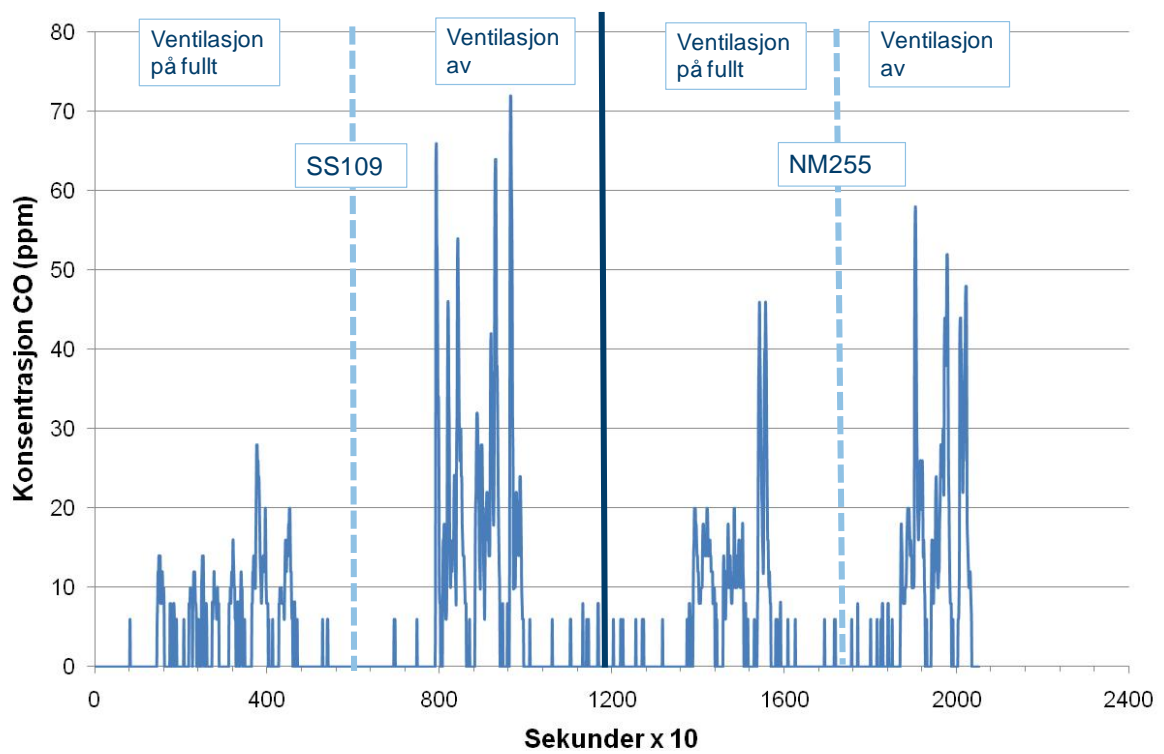
eksponering under skyting med NM255 uten ventilasjon. Våre resultater for metaller i svevestøv er tilsvarende resultatene som STAMI har rapportert fra sine undersøkelser [5].



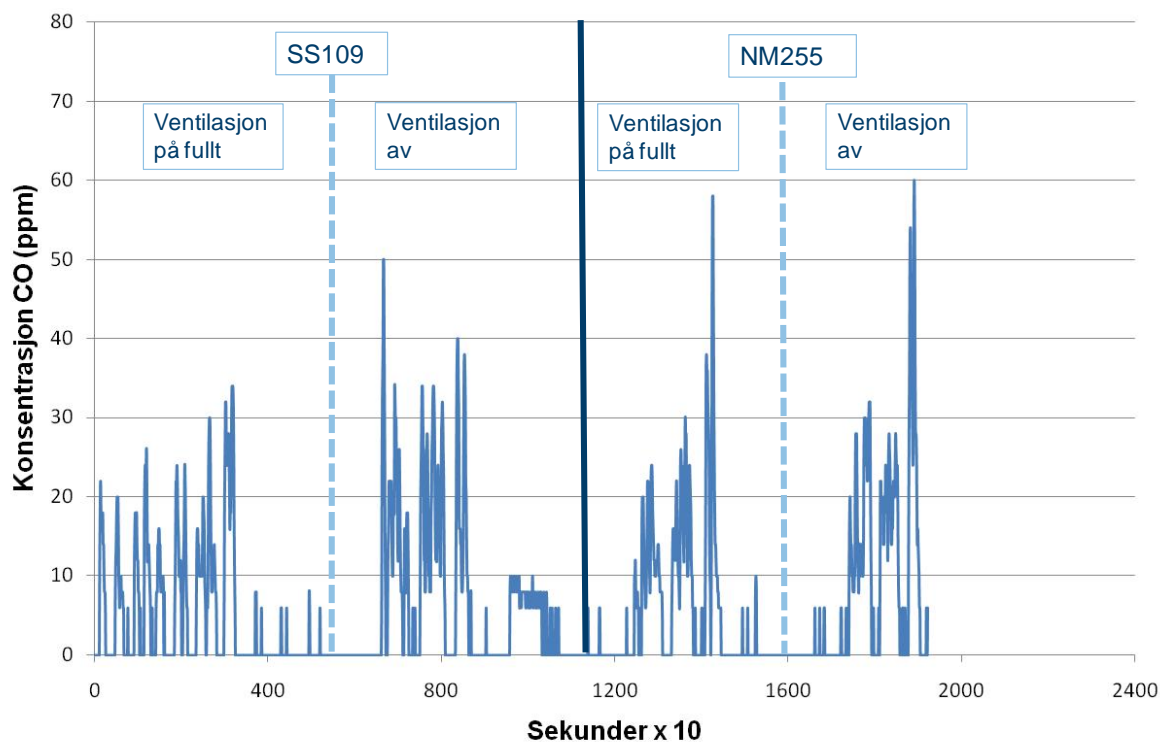
Figur 3.6 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skytter 5 under skyting med SS109 og NM255 med og uten ventilasjon på standplass.



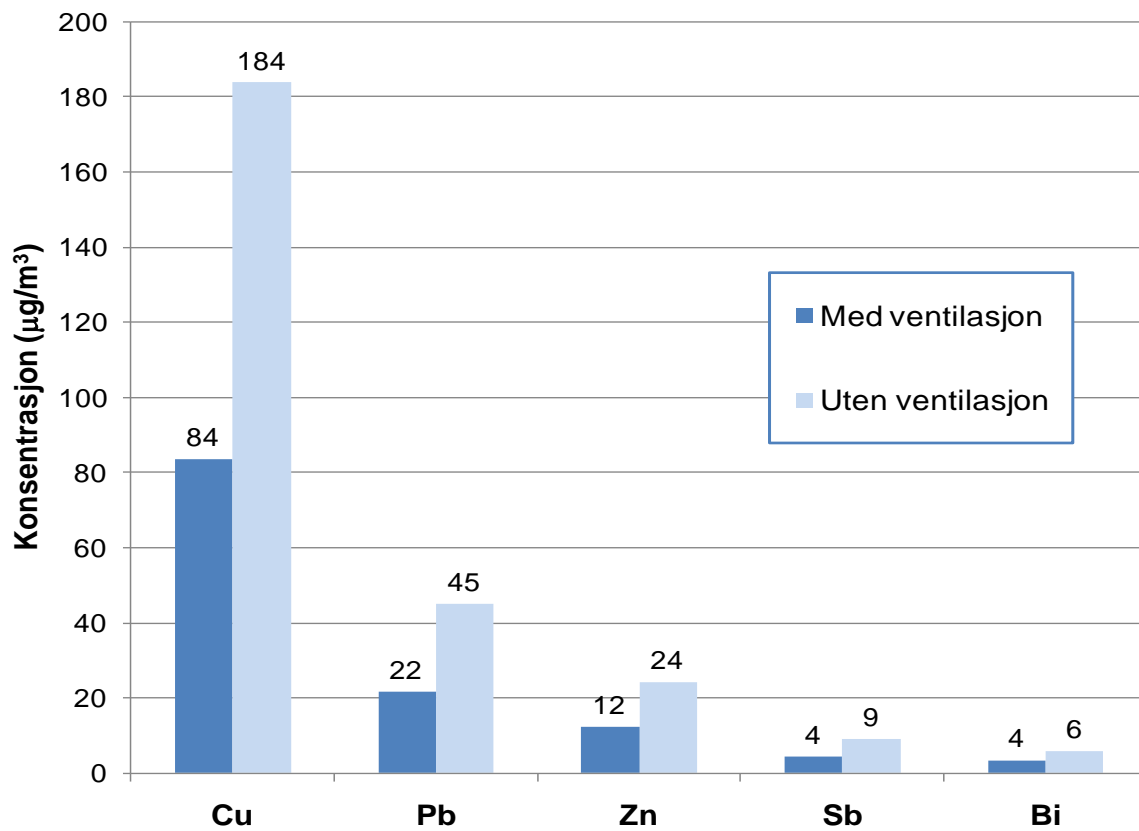
Figur 3.7 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skytter 12 under skyting med SS109 og NM255 med og uten ventilasjon på standplass.



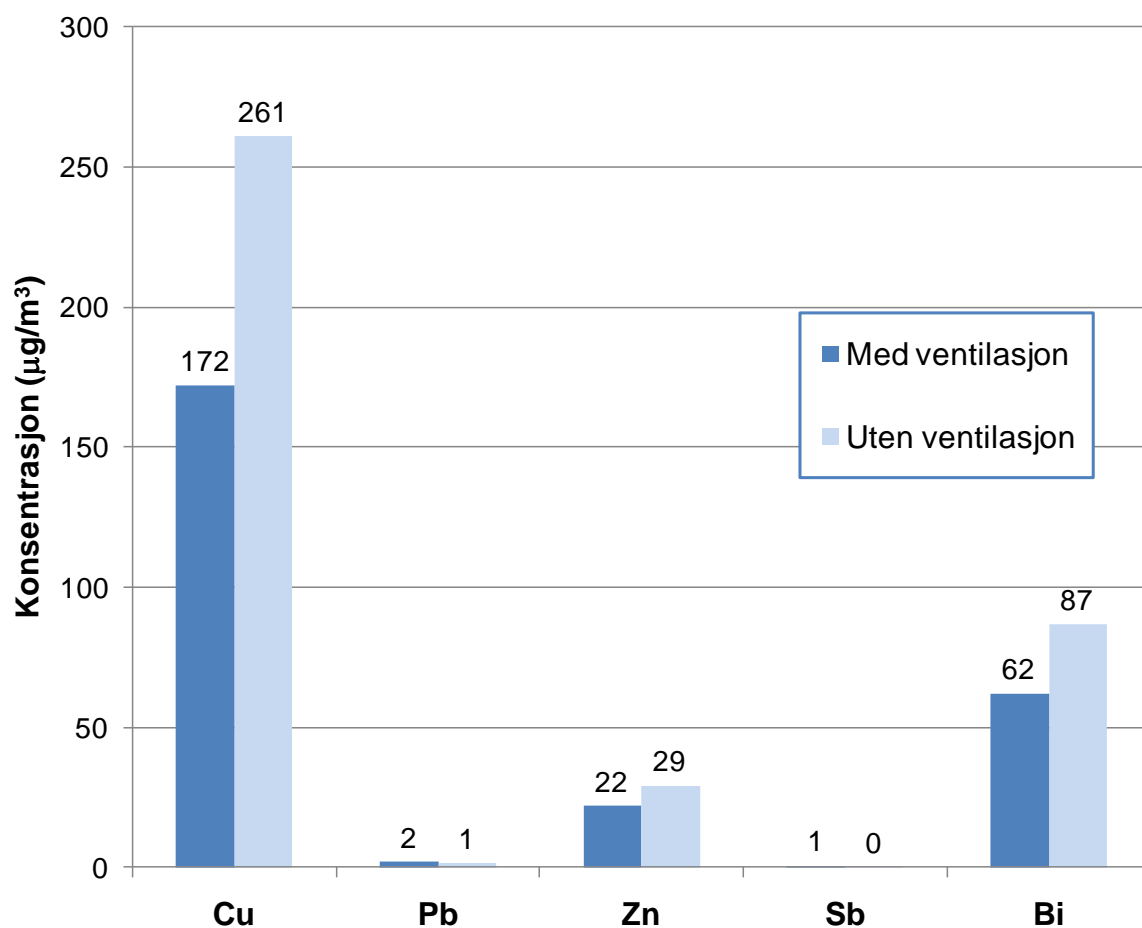
Figur 3.8 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon for CO hos skytter 18 under skyting med SS109 og NM255 med og uten ventilasjon på standplass.



Figur 3.9 Oversikt over eksponeringskonsentrasjon av CO hos skyteleder under skyting med SS109 og NM255 med og uten ventilasjon på standplass.



Figur 3.10 Oversikt over konsentrasjon av metaller i svevestøv i innåndingssonen hos skytter 12 når det ble skutt med SS109 på bane 4 med og uten ventilasjon på standplass.



Figur 3.11 Oversikt over konsentrasjon av metaller i svevestøv i innåndingssonen hos skytter 12 når det ble skutt med NM255 på bane 4 med og uten ventilasjon på standplass.

Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
SS109 med ventilasjon	86	15	3	9	4
SS109 uten ventilasjon	260	44	10	27	8
NM255 med ventilasjon	180	6	1	17	33
NM255 uten ventilasjon	550	3	0,8	47	120

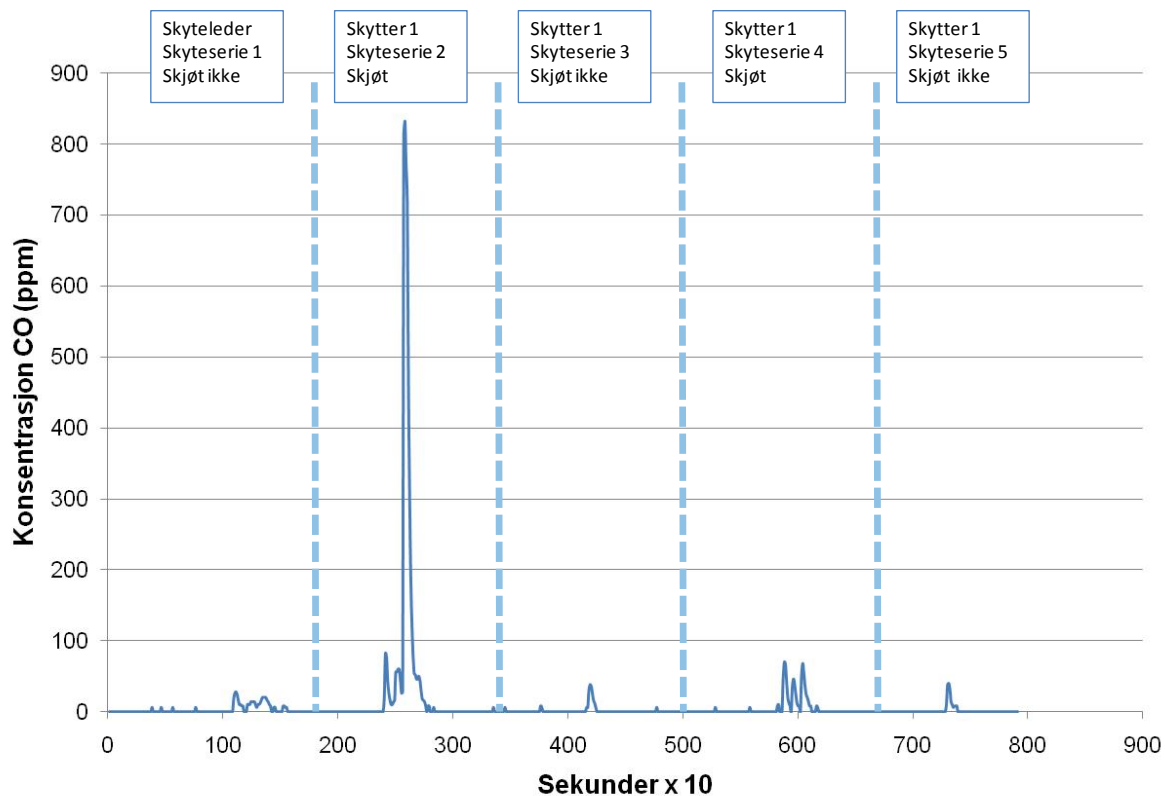
Tabell 3.7 Oversikt over konsentrasjon av metaller i svevestøv samlet opp av høyvolumprøvetaker ved skyting med SS109 og NM255 med og uten ventilasjon på standplass. Prøvetakeren var plassert i hoftehøyde mellom skytter 11 og 12

3.1.6 Skyting med MINIMI og ulike ammunisjonstyper på Terningmoen

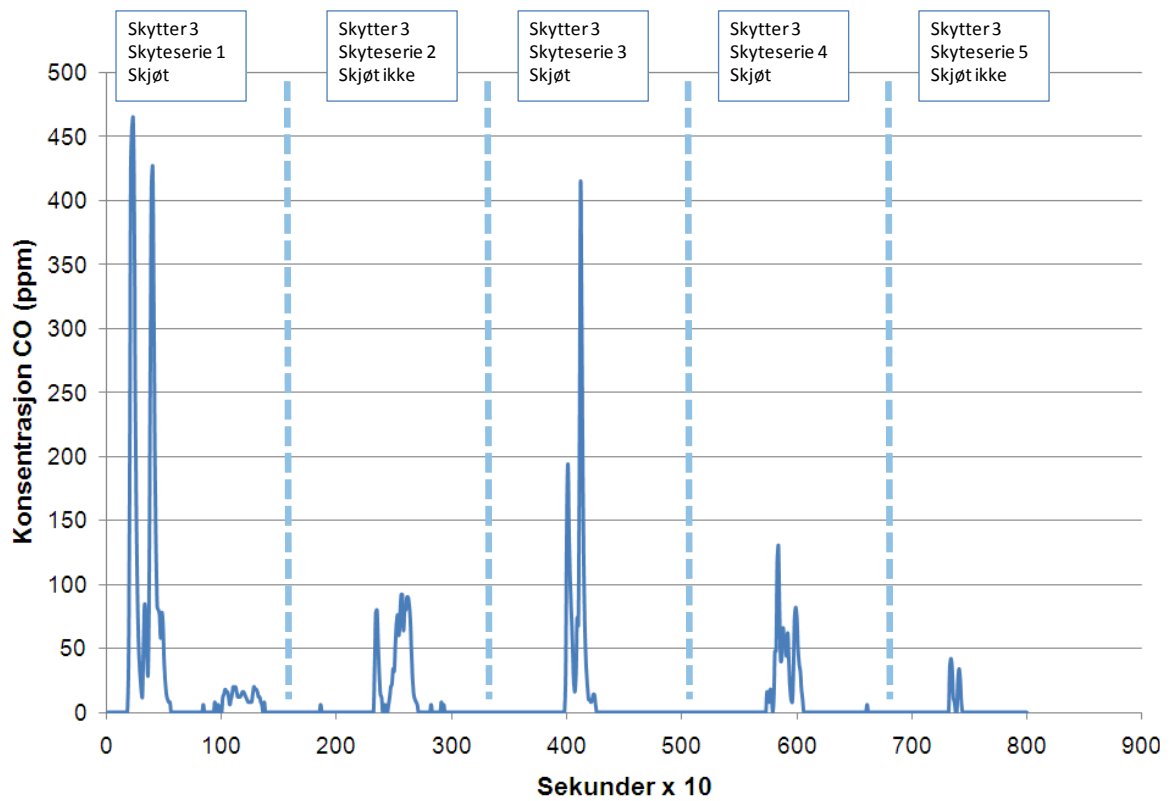
Denne undersøkelsen ble gjort på utendørs bane 17 i Terningmoen skyte- og øvingsfelt 1. mars 2012. Det ble skutt med MINIMI i kombinasjon med NM255 og NM 250 (blåplast). Konsentrasjonen av CO under de fem seriene, der det ble skutt 200 skudd med NM255, er vist for tre av de åtte skytterne i Figur 3.12 - Figur 3.14. På grunn av at det var flere skyttere enn

tilgjengelige våpen, måtte skytterne bytte på å skyte. Detektoren for CO-måling var festet til samme skytter under hele skyteøvelsen, slik at noen av CO målingene er foretatt mens skytter ikke skjøt. Når skytter ikke skjøt, oppholdt han seg i nærheten av skytter. Det er avmerket i figurene når aktuell skytter skjøt en skyteserie.

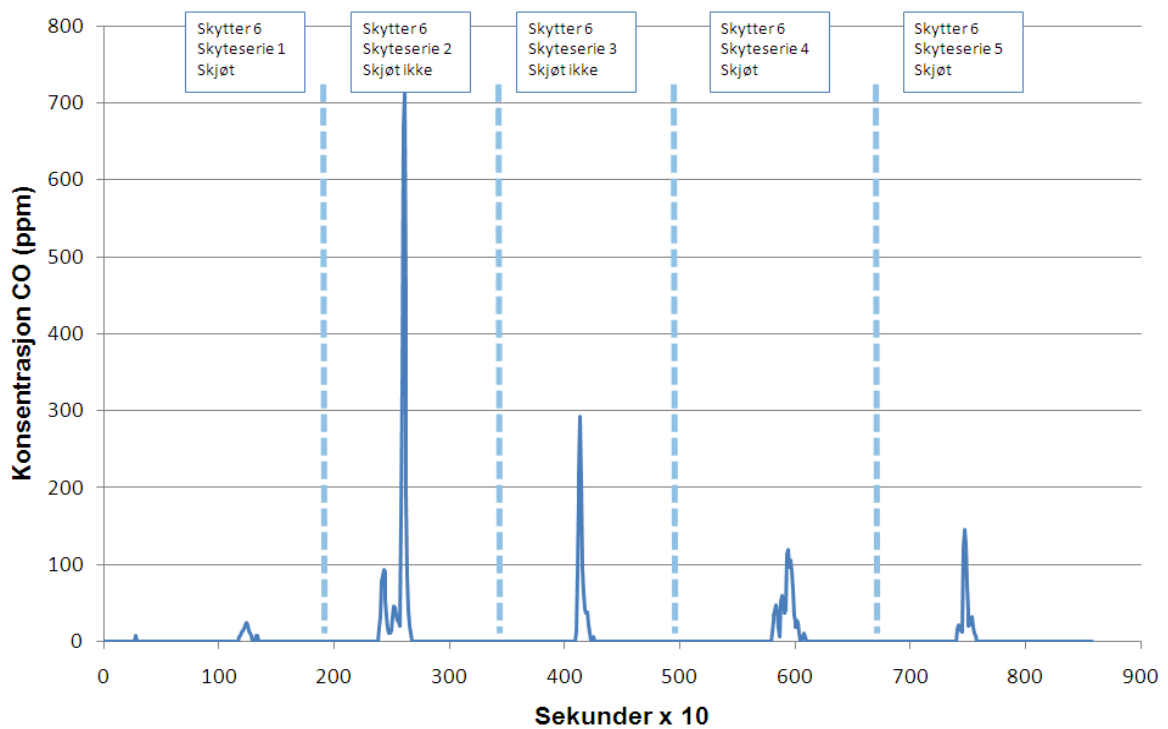
Under skyting med NM250 var det aktuell skytter som skjøt alle skyteseriene.



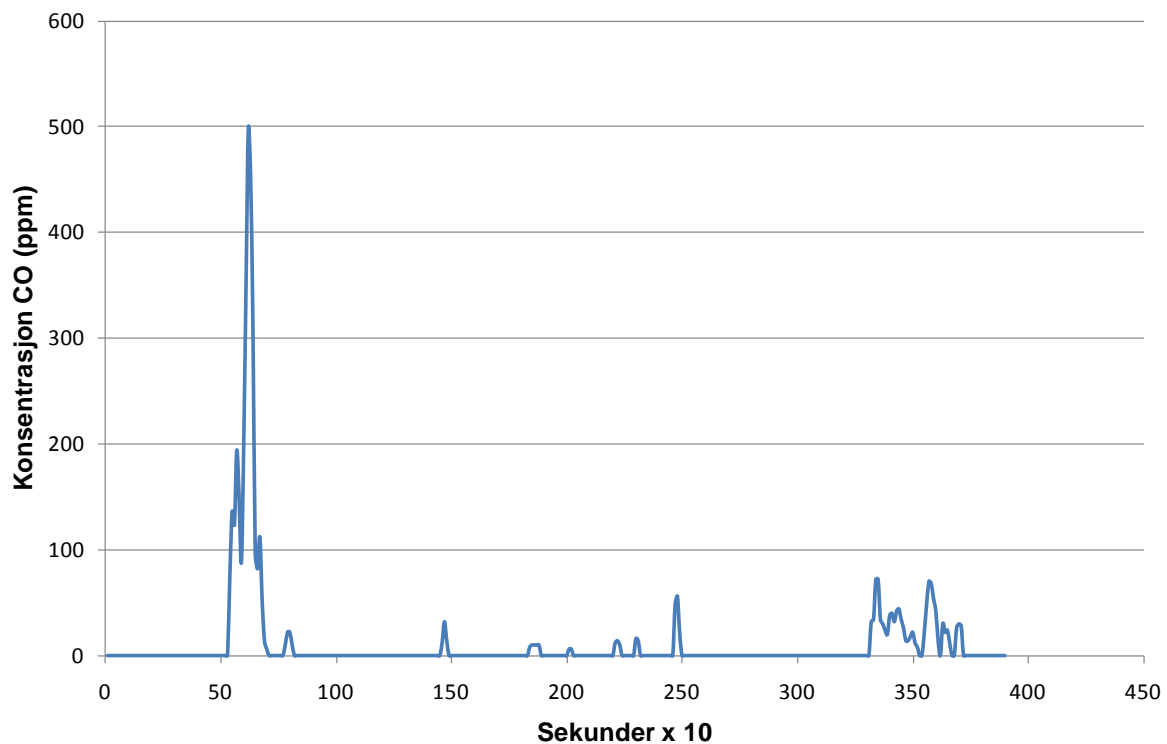
Figur 3.12 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytteleder (første skytteserie) og skytter 1 fra skytteserie 2-5 under skyting med NM255.



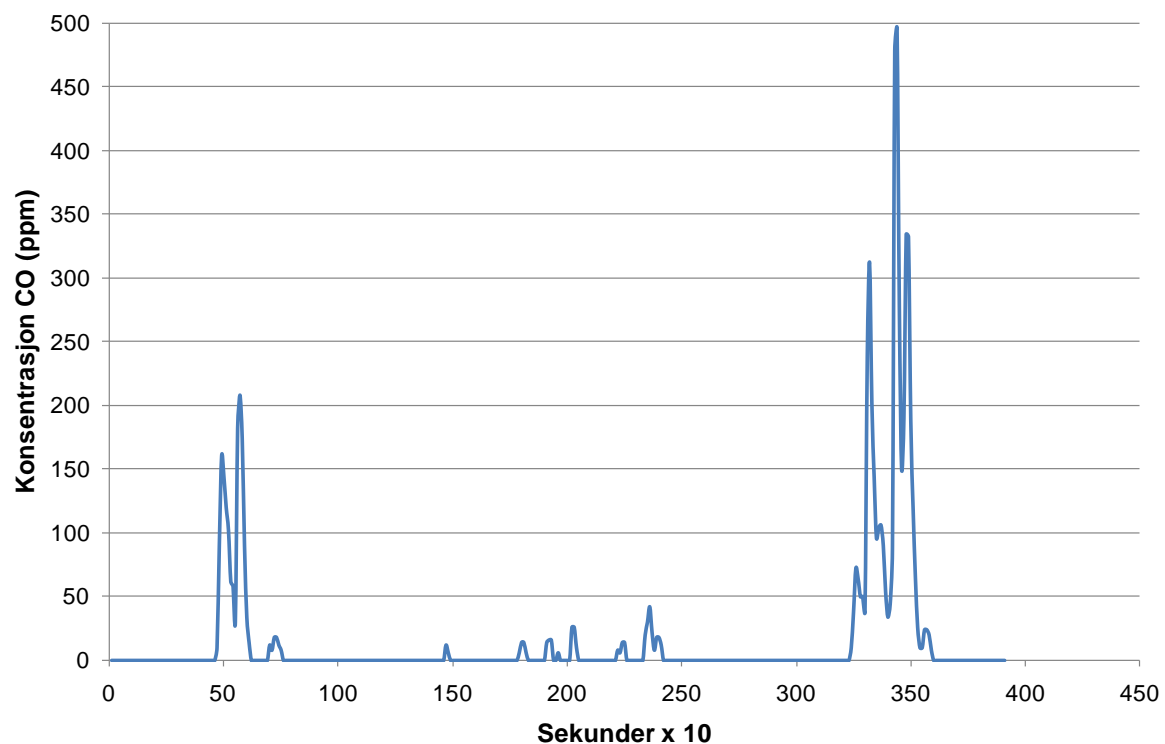
Figur 3.13 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter 2 under skyting med NM255.



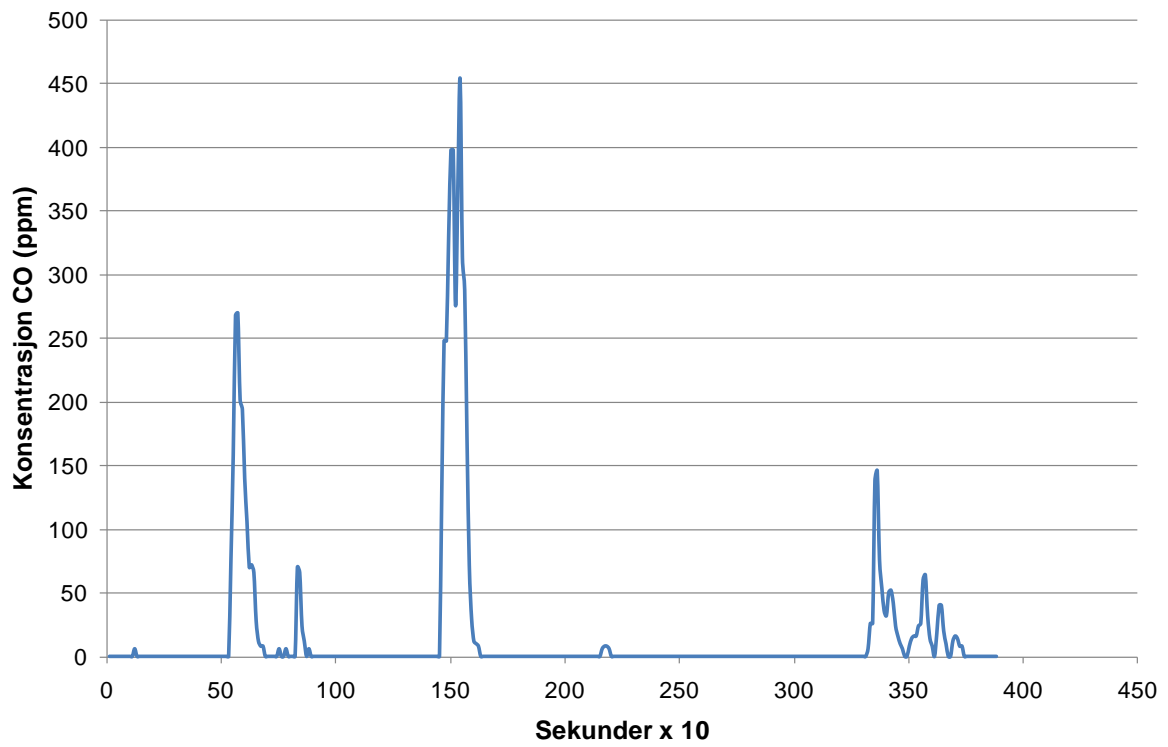
Figur 3.14 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen til skytter 6 under skyting med NM255.



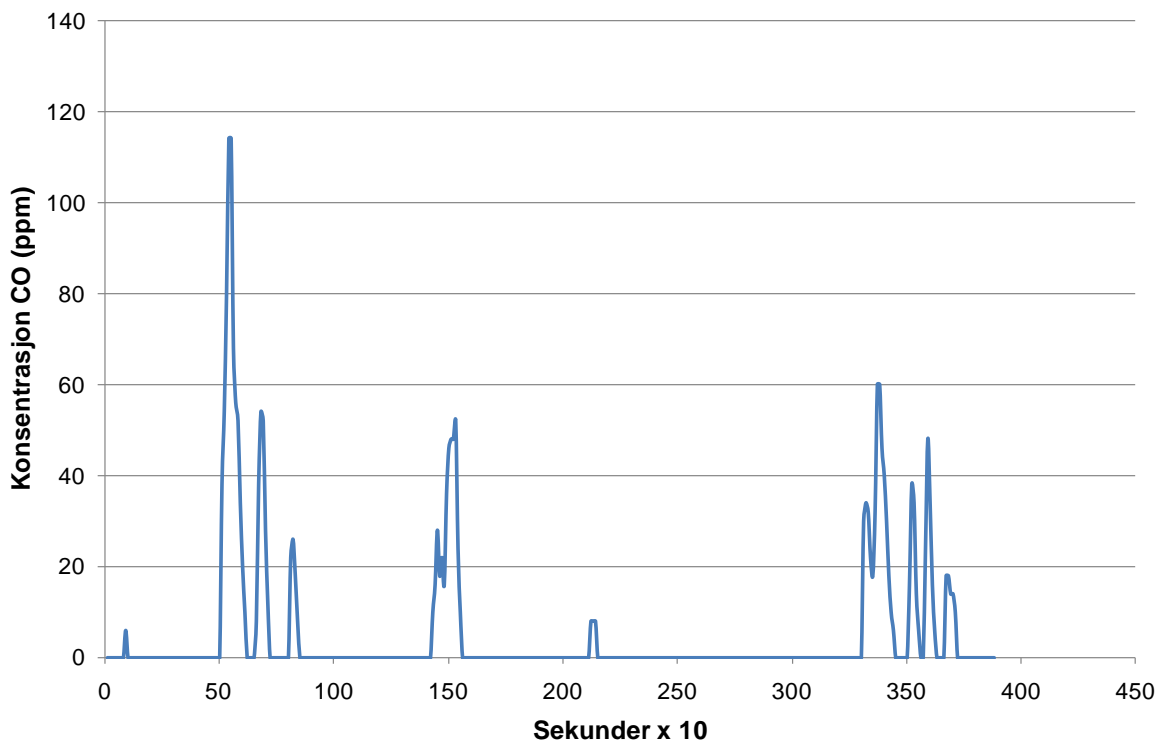
Figur 3.15 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter 1 under skyting med NM250 (blåplast).



Figur 3.16 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter 3 under skyting med NM250 (blåplast).



Figur 3.17 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter 6 under skyting med NM250 (blåplast).



Figur 3.18 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter 8 under skyting med NM250 (blåplast).

Resultatene viser at det kan være store variasjoner i konsentrasjonen av CO. Dette kan ha sammenheng med skyte hastighet og vindforhold på standplass. I flere tilfeller er den høyest målte konsentrasjonen av CO langt over grenseverdi for arbeidsatmosfære [4]. Den høyeste konsentrasjonen av CO er sammenlignbar med det som ble observert under skyting med MINIMI og NM255 på Rena. Det er stort sett slik at det observeres høyest konsentrasjon av CO når skytter skyter med MINIMI. Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO under hver skyteøvelse ligger under grenseverdien for kortvarig eksponering (100 ppm, 15 minutter). Også under skyting med NM250 (blåplast) ble det registrert høye maksimalkonsentrasjoner av CO (Figur 3.15 - Figur 3.18). Målinger foretatt i lukket beholder i FFIs skytelab viser imidlertid at utslippet av CO er noe lavere for NM250 enn NM255. Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO er lavere enn grenseverdi for kortvarig eksponering (100 ppm, 15 minutter) også for NM250.

Resultater etter måling av COHb (karboksyhemoglobin) viser at nivået for de åtte skytterne er normalt før skyting med MINIMI (Tabell 3.8). Etter skyting er det noe varierende resultater som skyldes at ikke alle skytterne kunne måles samtidig umiddelbart etter skyting. Det høyeste nivået som ble målt etter skyting var 2,5 % COHb. For friske, voksne mennesker er det ikke påvist noen helseeffekter av nivåer lavere enn 5 % COHb [6]. Selv om skytterne blir kortvarig eksponert for høye konsentrasjoner av CO, vil ikke nivået av COHb øke nevneverdig, ettersom gjennomsnittskonsentrasjonen av CO blir lav. Ved eksponering for 30 ppm CO over lengre tid vil en oppnå 5 % COHb [7].

	COHb før skyting, %	COHb etter skyting, %
Skytter 1	0	0,2
Skytter 2	0	1,0
Skytter 3	0	1,9 (nettopp skutt)
Skytter 4	0	1,4
Skytter 5	0,2	1,6 (nettopp skutt)
Skytter 6	0	1,0
Skytter 7	0	1,0
Skytter 8	0,2	2,5 (nettopp skutt)

Tabell 3.8 Målt nivå av CO i blodet hos skytterne før og etter skyting.

Konsentrasjonen av metaller i svevestøv i innåndingsluft til skytterne ved bruk av NM255 er vist i Tabell 3.9. Konsentrasjonen av kobber varierer noe mellom de ulike skyteseriene og skytterne. Under en skyteserie ble det hos en skytter målt høy konsentrasjon av kobber i innåndingsluften ($720 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Det ble stort sett registrert høyere konsentrasjoner av kobber enn $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er grenseverdien for arbeidsatmosfære. Bortsett fra hos en skytter, ble grenseverdien for korttidseksponering ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ikke overskredet. For mange av skytterne var konsentrasjonen av sink nesten like høy som kobberkonsentrasjonen, noe som er litt overraskende, ettersom

mantelen kun inneholder 10 % sink. Ekstra bidrag av sink kommer sannsynligvis fra tennheten. Det ble også registrert et visst nivå av vismut i innåndingsluften.

I Tabell 3.10 er konsentrasjonen av metaller i svevestøv i innåndingsluft ved bruk av NM250 (blåplast) vist. Det ble også her målt en betydelig kobberkonsentrasjon selv om prosjektet er av plast. Utslippmålinger som er gjort i FFIs skytelab viser veldig lave utslipp av kobber ved skyting med NM250. Utslipet av kobber kan derfor komme fra avleiringer i våpenet etter skyting med skarp ammunisjon. Konsentrasjonen av sink var betydelig høyere enn det som var tilfellet for NM255. Sluttstykket for bruk av NM250 i MINIMI gjør at våpenet er rekyldrevet og ikke gassdrevet som ved bruk av skarp ammunisjon. Dette fører til at mer av kruttgassen kommer ut av utkasteråpningen ved bruk av NM250 i forhold til ved bruk av skarp ammunisjon. Dette er nok årsaken til at det blir observert høye konsentrasjoner av sink i innåndingsluft til skytter.

Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
Skyteserie 1, skytter 1, NM255 Usikker på pumpe til metallfilter. Skjøt	25	4	4	98	8
Skyteserie 2, skytter 1, NM255 Skjøt, ingen problem	720	10	1	170	210
Skyteserie 3, skytter 3, NM255 Skjøt ikke, stod i nærheten	83	8	2	98	21
Skyteserie 3, skytter 6, NM255 Skjøt, ingen problem	150	10	2	110	21
Skyteserie 4, skytter 1, NM255 Skjøt, ingen problem	130	4	1	97	34
Skyteserie 4, skytter 3, NM255 Skjøt ikke, men stod i nærheten.	200	2	1	110	50
Skyteserie 5, skytter 6, NM255 Skjøt, ingen problem.	170	2	1	120	58

Tabell 3.9 Konsentrasjonen av metaller i svevestøv samlet fra innåndingssonen hos skyttere under skyting av 200 skudd NM255.

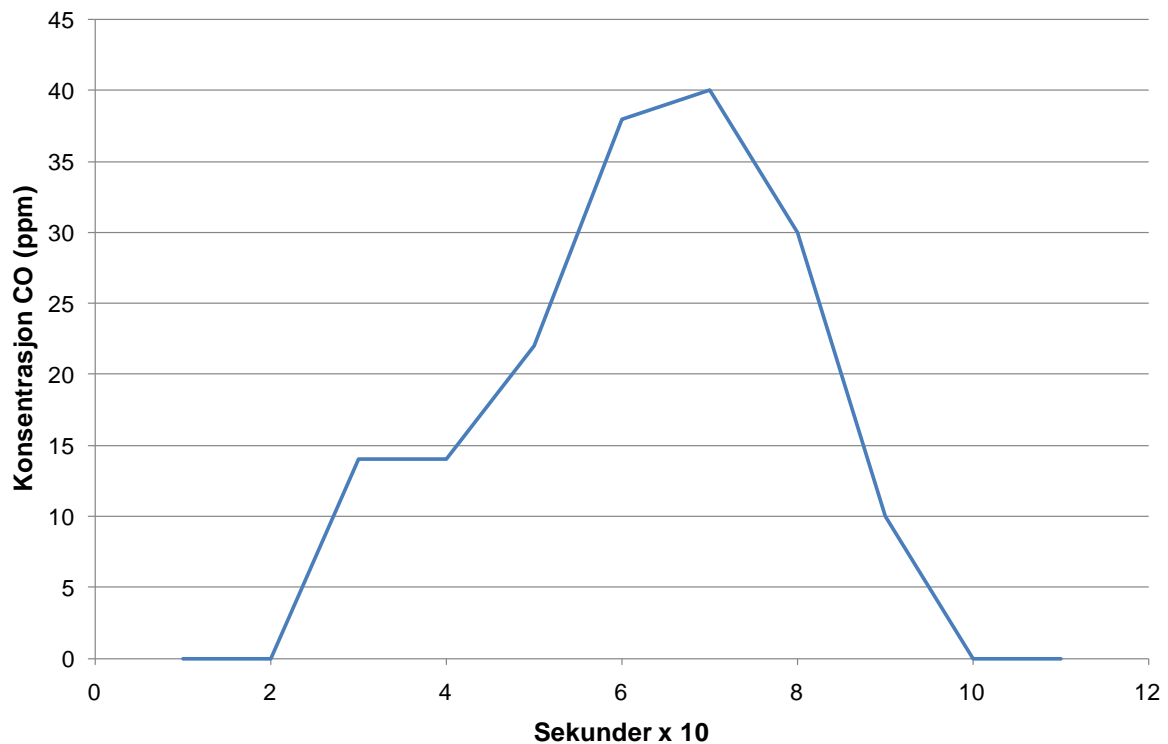
Ammunisjon	Cu, µg/m ³	Pb, µg/m ³	Sb, µg/m ³	Zn, µg/m ³	Bi, µg/m ³
Skyteserie 1, skytter 9, NM250	300	29	7	470	51
Skyteserie 2, skytter 9, NM250	52	10	2	93	5
Skyteserie 3, skytter 9, NM250	69	3	1	490	24
Skyteserie 4, skytter 9, NM250	43	2	0	180	5
Skyteserie 5, skytter 9, NM250	150	4	1	1100	19

Tabell 3.10 Konsentrasjonen av metaller i svevestøv samlet fra innåndingssonen til skyttere under skyting av 200 skudd NM250 (blåplast).

Den høyeste konsentrasjonen av sink i innåndingsluft ble målt til 1100 µg/m³. For sinkoksid ligger grenseverdien for arbeidsatmosfære på 5000 µg/m³ [4]. Det ble registrert lave konsentrasjoner av bly og vismut i innåndingsluft, og det var ingen forskjell i konsentrasjonen mellom NM255 og NM250.

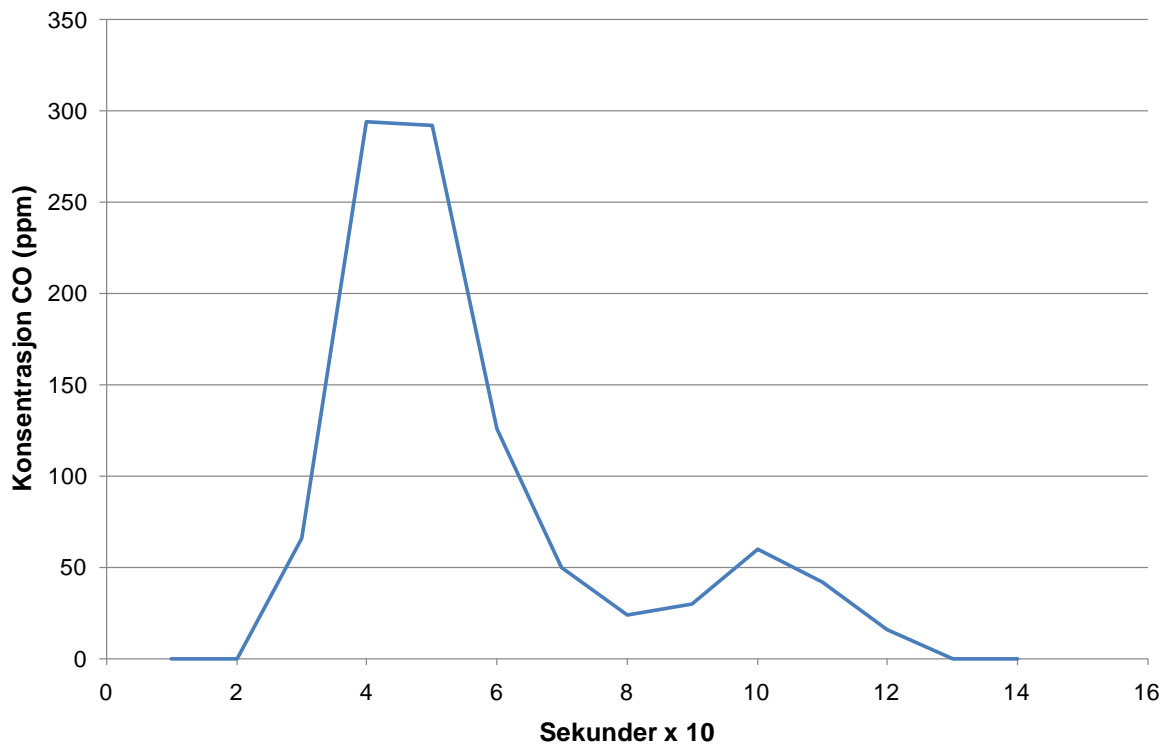
3.1.7 Skyting med MG3 på Terningmoen

Skytingen foregikk på en utendørs skytebane. Det ble skutt to serier á 200 skudd med MG3 i kombinasjon med NM60 (blyholdig)/NM62 (blyholdig sporlys) og to serier á 200 skudd med NM231 (blyfri)/NM232 (blyfri sporlys). Målinger av CO i innåndingsluft hos skytter ved skyting med NM60/NM62 er vist i Figur 3.19 og Figur 3.20. I den ene serien med NM60/NM62 ble det registrert relativt lave konsentrasjoner av CO under skytingen (Figur 3.19), mens det i den andre serien ble registrert en betydelig høyere konsentrasjon av CO (Figur 3.20). Årsaken til dette kan være vindforhold på standplass i kombinasjon med ulik skyte hastighet. Maksimalkonsentrasjonen av CO var over 100 ppm, som er grenseverdien for korttidseksponering [4], mens gjennomsnittskonsentrasjonen var under 100 ppm under skyting.

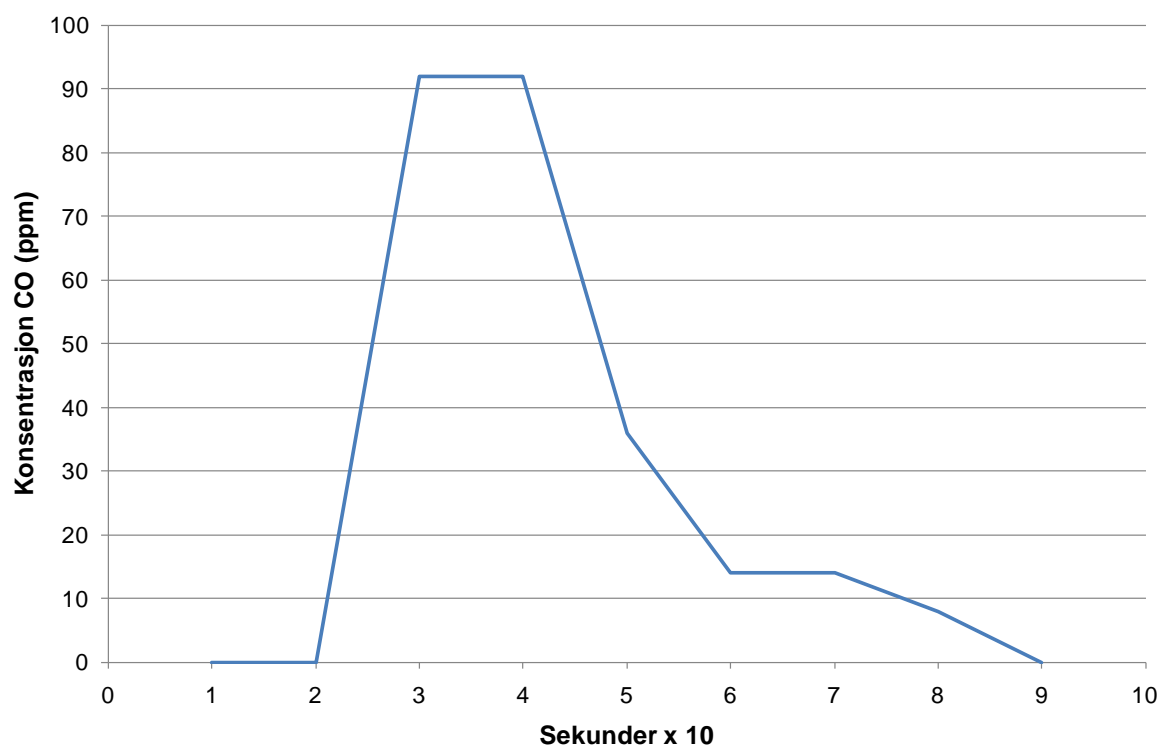


Figur 3.19 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter ved skyting av 200 skudd linket NM60 og NM62 i forholdet 1:4.

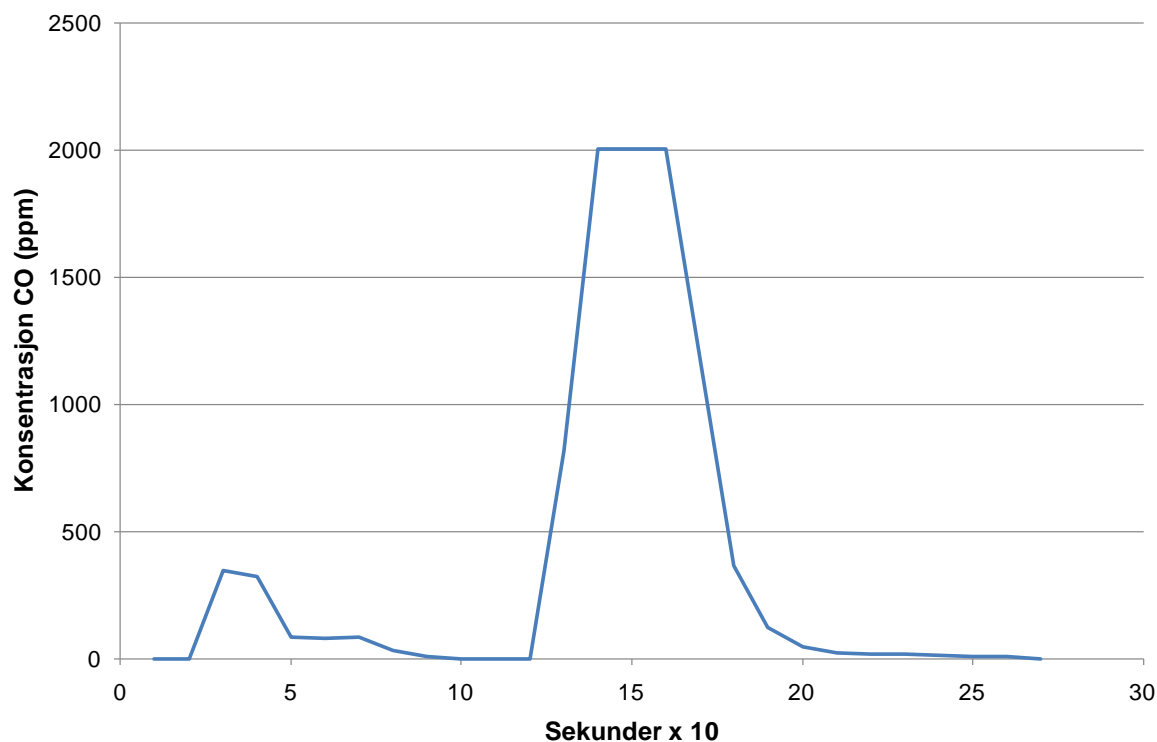
Resultatene fra måling av CO ved skyting med blyfri NM231/NM232 er vist i Figur 3.21 og Figur 3.22. Det er enda større forskjell mellom disse to seriene enn det som ble observert for NM60/NM62. I andre skyteserie ser det ut til at det har tatt lengre tid å skyte de 200 patronene enn det som er tilfellet under første skyteserie. Likevel er det i skyteserie 2 at de høyeste konsentrasjonene av CO blir registrert. Dette viser at det kan være store forskjeller i konsentrasjonen av CO i innåndingsluften hos skytter under skyting med MG3. Den høyeste konsentrasjonen som ble målt, var på over 2000 ppm, men denne verdien ble ikke registrert, siden måleinstrumentet har en øvre målegrense på 2000 ppm. Måleresultatene viser dermed at konsentrasjonen av CO kan variere med en faktor på over 20 mellom to like skyteserier á 200 skudd med MG3. Den mest naturlige forklaringen på disse store forskjellene er vindforholdene på standplass i tillegg til variasjoner i skyte hastighet. Skytestilling kan også ha en viss betydning for eksponeringsgrad for kruttgasser. Utslippmålinger som er gjort i FFIs skytelab viser at utslippet av CO er noe høyere for NM231 enn for NM60 ved bruk av MG3. Mengden av CO som frigjøres ved bruk av 7,62 mm ammunisjon er høyere enn det som er tilfellet for 5,56 mm ammunisjon, noe som først og fremst skyldes forskjeller i kruttmengden.



Figur 3.20 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter ved skyting av 200 skudd linket NM60 og NM62 i forholdet 1:4.



Figur 3.21 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter ved skyting av 200 skudd linket NM231 og NM232 i forholdet 1:4.



Figur 3.22 Konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter ved skyting av 200 patroner linket NM231 og NM232.

3.1.8 Distribusjon av kruttgasser rundt skytter

For å undersøke distribusjonen av kruttgasser rundt skytter, ble det plassert ut CO-målere for kontinuerlig registrering av CO- konsentrasjonen i ulik avstand, høyde og retning fra hodet til skytter. For å undersøke i hvilken grad ventilasjon på standplass har innvirkning på distribusjonen av kruttgasser, ble målingene foretatt både med ventilasjonssystemet på - og avslått (Figur 3.23).



Figur 3.23 Eksempel på ventilasjonssystem montert på overbygde standplasser.

De påfølgende figurene, Figur 3.24 - Figur 3.32 illustrerer hvordan sensorene er plassert rundt og på skytter. De røde strekene angir plasseringen av sensorene, mens høyden over bakken til sensorene er angitt i de røde boksene. For enkelthets skyld er banene nummerert fra bane 1 til bane 6 i illustrasjonene, og disse tilsvarer baner angitt i Tabell 3.11. I Tabell 3.11 er det også angitt hvilket våpen og ammunisjon som er benyttet, samt antall skudd som er skutt. I Appendix A er måledata for den kontinuerlige registreringen av CO under skyting vist.

Angitt bane i figur	Benyttet bane	Våpen og ammunisjon	Antall skudd, ventilasjon på	Antall skudd, ventilasjon av
Bane 1	Rena, bane 3	HK416, SS109	3 x 90	3 x 90
Bane 2	Sessvollmoen, bane 17	HK416, NM255	2 x 90	2 x 90
Bane 3	Sessvollmoen, bane 15	HK416, NM255	3 x 90	3 x 90
Bane 4	Terningmoen, bane 6	HK416, NM255	2 x 90	3 x 90
Bane 5	Terningmoen, bane 3	HK415, NM255	2 x 90 + 60	3 x 90
Bane 6	Råvatn skytebane	HK416, NM255	2 x 90 + 100	3 x 90

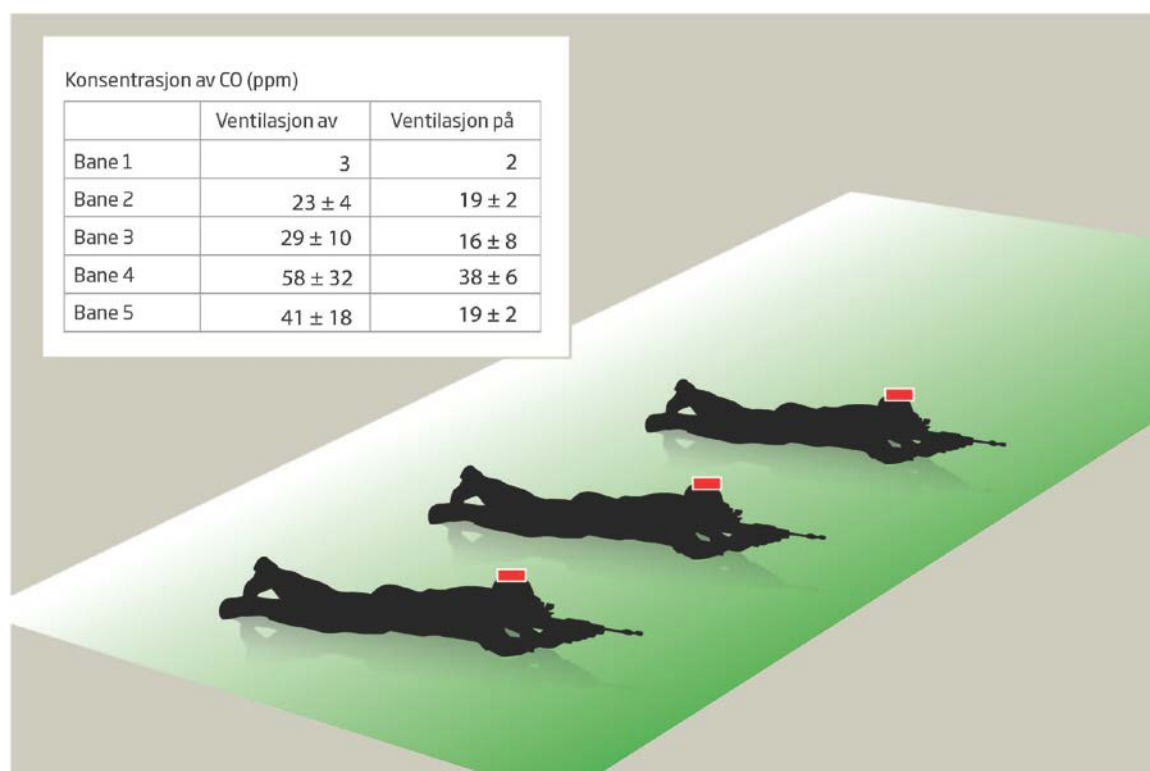
Tabell 3.11 Oversikt over hvilke baner som tilhører de ulike banenumrene i illustrasjoner vist i Figur 3.24 - Figur 3.32.

Forskjellig utforming av standplassene på de ulike banene kan også ha innvirkning på konsentrasjonen av CO i pustesonen til skytter. Bortsett fra på en bane, er gjennomsnittskonsentrasjonen av CO under skyting lavere enn grenseverdien for arbeidsatmosfære når ventilasjonen er i drift. På bane 1-5 er den gjennomsnittlige konsentrasjonen av CO lavere enn grenseverdien for kortvarig eksponering (100 ppm, 15 minutter) [4].

I Figur 3.24 er det vist en oversikt over den gjennomsnittlige konsentrasjonen av CO i innåndingsluft hos skytter under skyting. De lave konsentrasjonene på bane 1 er heftet med stor grad av usikkerhet, i og med at det var problemer med batteriene til CO-målerne under skytingen. Konsentrasjonene er derfor basert på data fra bare en sensor.

Resultatene viser at konsentrasjonen av CO i pustesonen til skytter reduseres ved bruk av ventilasjonsanlegg. Dette er også beskrevet i tidligere FFI-rapporter [1-3].

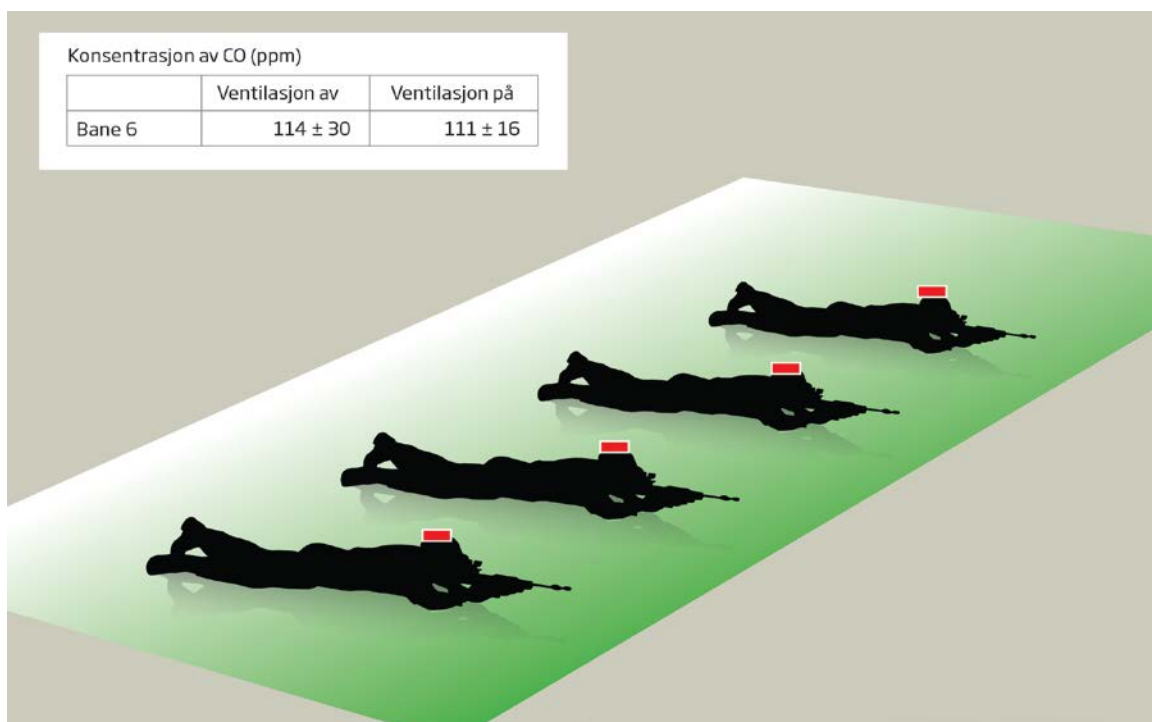
Gjennomsnittskonsentrasjonen varierer noe mellom de ulike skytebanene som er undersøkt, og skyldes i hovedsak vindforholdene på standplass.



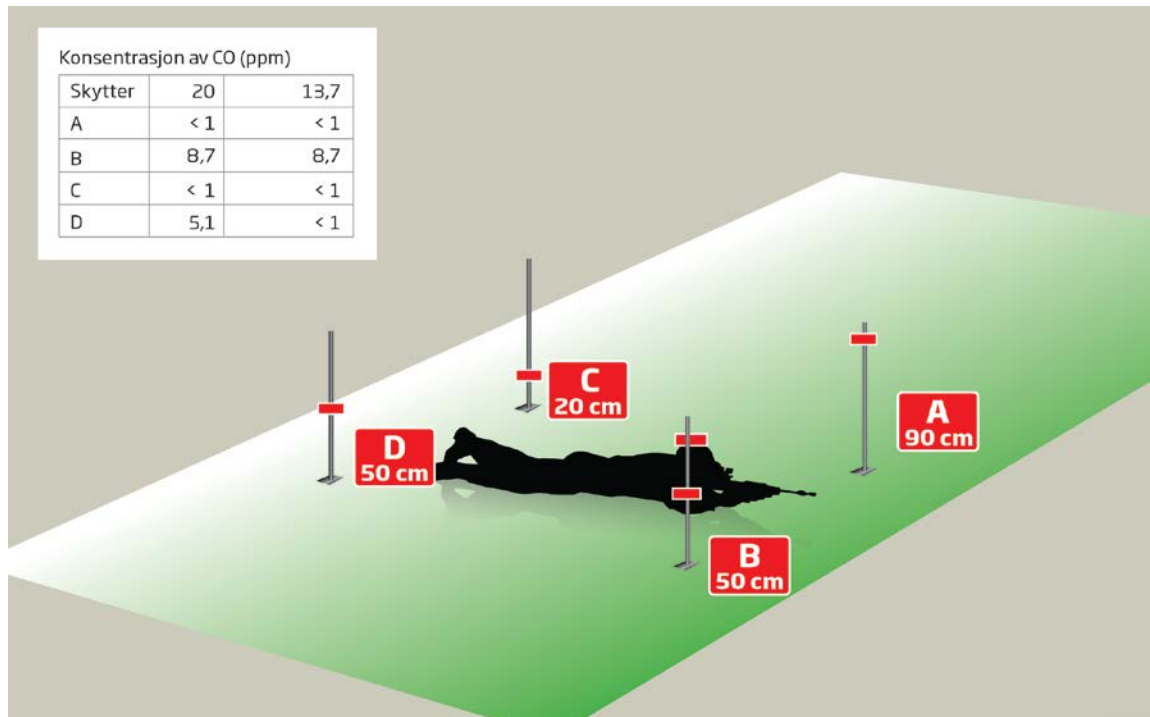
Figur 3.24 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO i pustesonen til skytter på fem forskjellige skytebaner. På bane 1 deltok to skyttere, på resten av banene deltok tre skyttere. På bane 2 ble det skutt to skyteserier. På de resterende banene ble det skutt tre skyteserier. På bane 1 var det problemer med CO sensorene, noe som førte til lave konsentrasjoner og ingen parallelle målinger. Målingene ble gjort med ventilasjonsanlegget slått av og på.

Konsentrasjonen av CO i pustesonene til skytter ved skyting på den innebygde og støyskjermede Råvatn skytebane er vist i Figur 3.25. Resultater fra denne er rapportert separat, da standplassen har svært forskjellig utforming i forhold til de andre overbygde standplassene som er undersøkt. Resultatene viser en mye høyere konsentrasjon av CO enn det som er ble observert på de andre banene. Ventilasjonen har liten innvirkning på konsentrasjonen av CO. Disse resultatene skyldes et frembygg foran skytterne, etablert for å dempe støy til omgivelsene. Gjennomsnittskonsentrasjonen av CO under skyting oversteg 100 ppm, som er grenseverdien for kortvarig eksponering. Dette tyder på at nivået av alle kruttgasser var generelt forhøyet, inkludert verdiene for kobber og sink. Det førte til at alle de fire skytterne rapporterte om helseplager i etterkant av denne skytingen [8]. Ved skytetester på slike baner er det nå etablert særskilte rutiner, slik at skytterne ikke blir eksponert for kruttgasser. På denne banen var det lite effekt av ventilasjonen på banen.

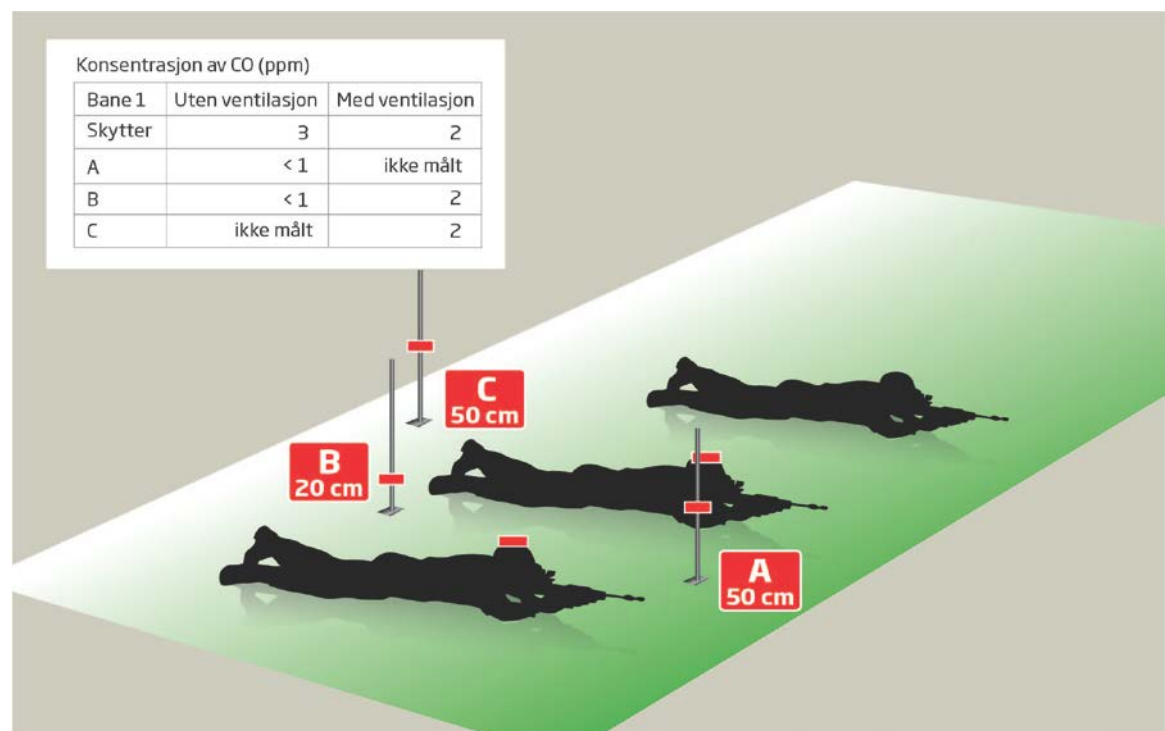
I Figur 3.26 er gjennomsnittskonsentrasjonen av CO rundt en skytter vist under skyting av tre serier á 90 skudd med ventilasjonen avslått. Målingene viser at konsentrasjonen av CO er høyest i innåndingssonen hos skytter. I front ble det registrert en lavere konsentrasjon når høyden øker fra ansiktshøyde. Det ser ut til at det er noe lavere konsentrasjon av CO i fotenden av skytter enn det som registreres ved ansiktet.



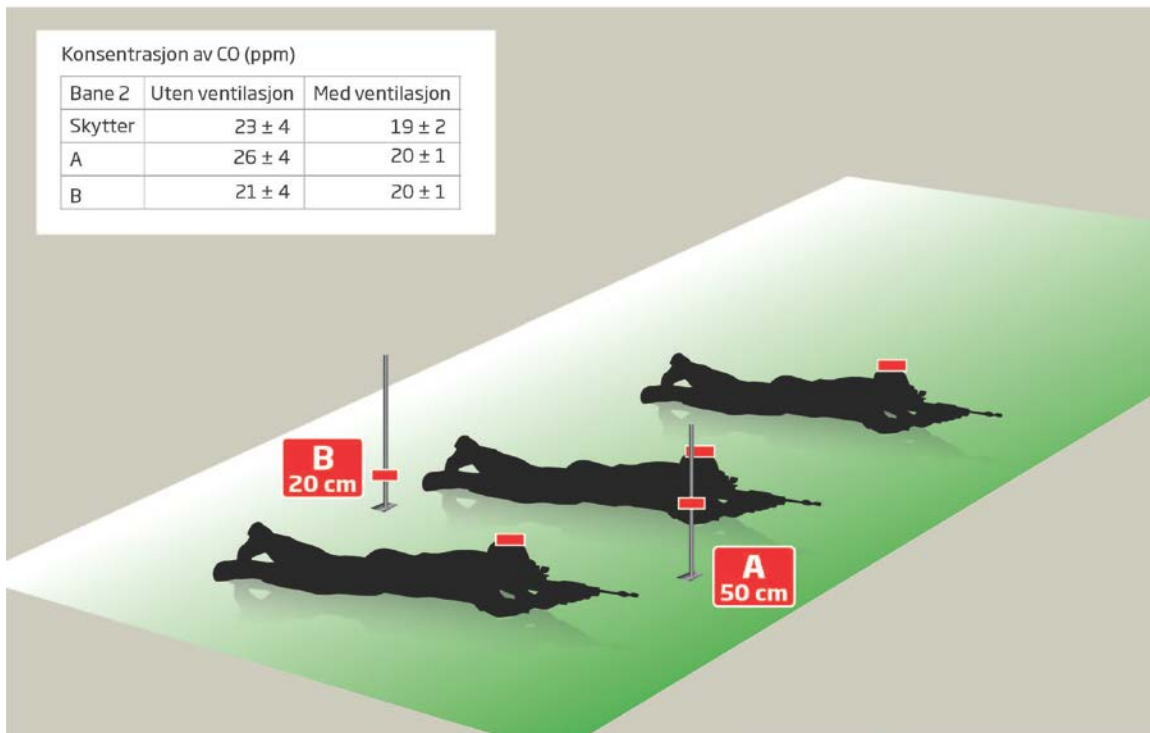
Figur 3.25 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO fra 4 skyttere og 3 skyteserier på Råvatn skytebane med ventilasjonsanlegget slått av og på.



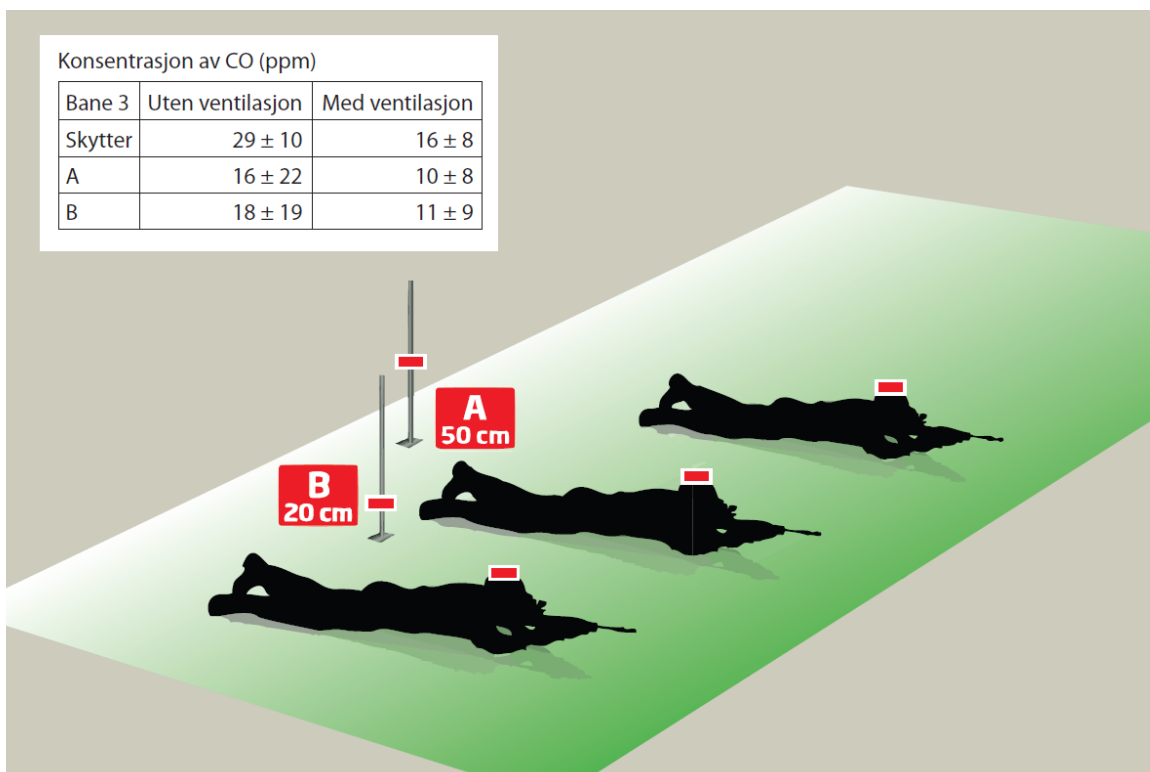
Figur 3.26 Gjennomsnittskonsentrasjoner av CO rundt en skytter, bane 15 Sessvollmoen. To skyteserier med ventilasjonsanlegget avslått, den første serien på standplass 15, den andre på standplass 13.



Figur 3.27 Gjennomsnittskonsentrasjoner av CO mellom skytter en og to, av tre skyttere på bane 3, Rena. Tre skyteserier med ventilasjonsanlegget av og på.



Figur 3.28 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO mellom skytter en og to, av tre skyttere på bane 17, Sessvollmoen. To skyteserier med ventilasjonsanlegget av og på.



Figur 3.29 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO i fotenden av skytter to, av tre skyttere på bane 15, Sessvollmoen. Tre skyteserier med ventilasjonsanlegget av og på.

Tilsvarende undersøkelse ble gjort på bane 3 på Rena (Figur 3.27). Her ble målingene foretatt rundt den midterste skytteren av tre skyttere. Det ble registrert svært lave konsentrasjoner under denne undersøkelsen på grunn av problemer med batteriene til CO-sensoren. Det ser ikke ut til at det er noen forskjell i konsentrasjonen av CO i pustesonen til skytter i forhold til ved fotenden av skytter når ventilasjonen er på.

På Sessvollmoen, bane 17, ble det gjort måling av CO både i fotenden og ved hodet mellom skytter en og to av tre skyttere (Figur 3.28). I fotenden var CO-sensoren plassert 20 cm over bakken, mens den var plassert 50 cm over bakken ved hodet. Disse målingene viser at nivået av CO er omtrent det samme både foran og bak skytter som det er i innåndingssonen til skytter. I denne undersøkelsen har ventilasjonsanlegget liten innvirkning på konsentrasjonen av CO på standplass.

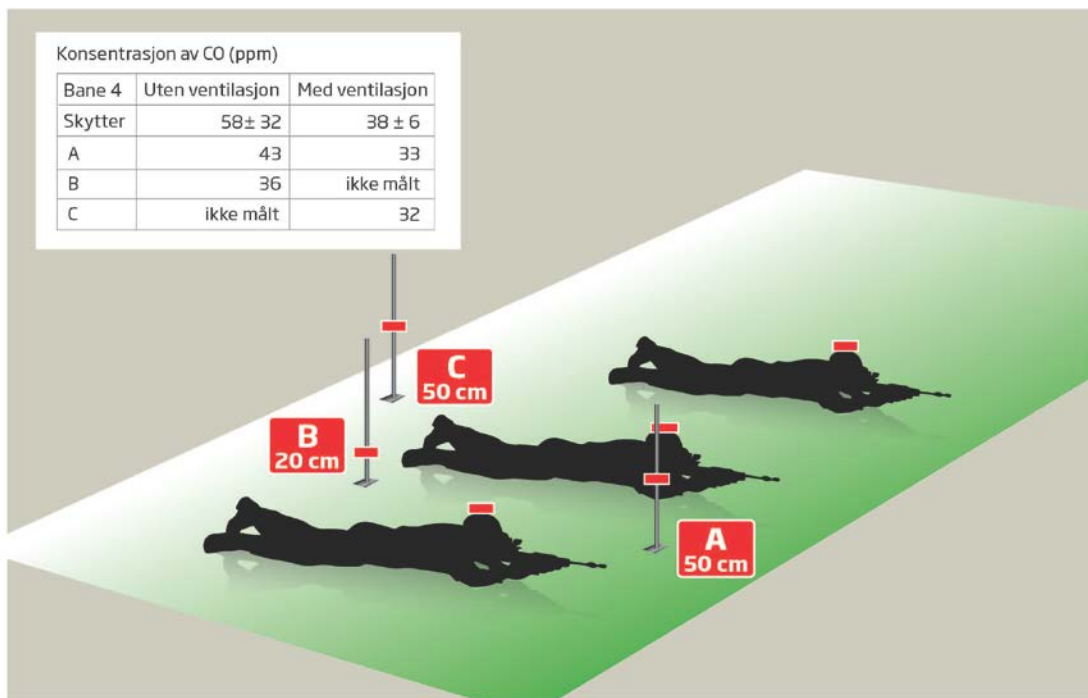
På Sessvollmoen, bane 15, ble det gjort måling av CO i fotenden av skytter. Sensorene ble plassert på høyre og venstre side og ved to forskjellige høyder, 20 og 50 cm over bakken. Resultatene viser at det ikke er noen vesentlig forskjell i konsentrasjonen av CO, hverken i høyde eller på høyre eller venstre side av skytter (Figur 3.29). Nivået av CO i fotenden av skytter ble målt til å være noe lavere enn nivået i pustesonen hos skytter. Det ble også registrert en viss reduksjon i konsentrasjonen av CO når ventilasjonsanlegget var slått på, både i innåndingssonen hos skytter og ved fotenden av skytter.

På Terningmoen, bane 6, ble det også gjort målinger av CO mellom skytter en og to av tre skyttere. I tillegg var det også her plassert en sensor i fotenden mellom skytter to og tre. Resultatene viser at det er liten forskjell i konsentrasjonen av CO ved fotenden og i front av standplass når ventilasjonsanlegget er slått på (Figur 3.30). Tilsvarende målingene på Sessvollmoen (bane 15), ble det også her registrert samme konsentrasjon av CO i fotenden, både i høyde og på høyre og venstre side av skytter når ventilasjonsanlegget var slått på. Når ventilasjonsanlegget var slått av, kunne det se ut til at det var lavere konsentrasjon av CO i fotenden av skytter i forhold til i front av standplass. Det samme kunne observeres på Sessvollmoen (bane 17). Som tidligere, ble det registrert noe høyere konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter, enn mellom skytterne og bak skytter.

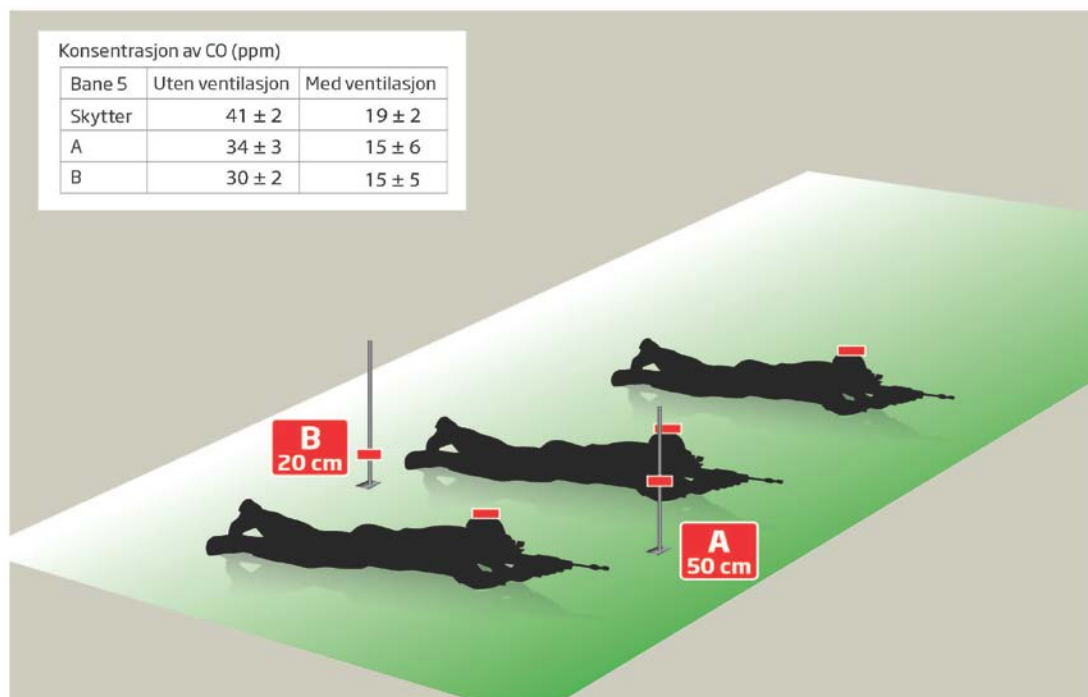
På Terningmoen, bane 3, ble konsentrasjonen av CO målt mellom skytter en og to av tre skyttere med ventilasjonsanlegget av og på. Resultatene (Figur 3.31) viser som tidligere at det er ingen forskjell i konsentrasjonen av CO bak skytter i forhold til i front av standplass når ventilasjonsanlegget er slått på. Når ventilasjonsanlegget er slått av er det også liten forskjell mellom bak skytter og i front av standplass. Som tidligere, ble det registrert noe høyere konsentrasjon av CO i innåndingssonen til skytter, enn mellom skytterne og bak skytter.

På Råvatn ble det foretatt målinger av konsentrasjonen til CO rundt skytter under en skyteserie med ventilasjonsanlegget påslått. Resultatene viser høye konsentrasjoner av CO i innåndingssonen hos skytter, og konsentrasjonen er den samme både 20 og 50 cm over bakken til

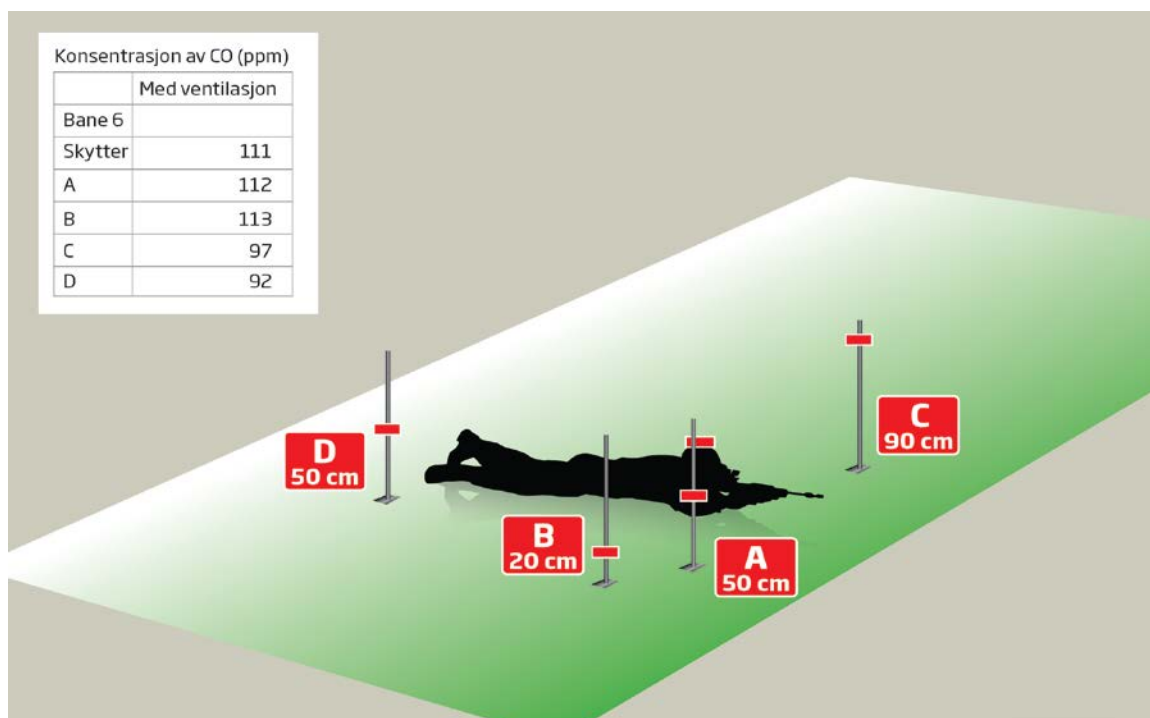
høyre for skytter (Figur 3.32). Bak skytter og 90 cm over bakken til venstre for hodet til skytter er konsentrasjonen av CO noe lavere.



Figur 3.30 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO mellom skytter en og to, av tre skyttere på bane 6, Terningmoen. Tre skyteserier med ventilasjonsanlegget av og på.



Figur 3.31 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO mellom skytter en og to, av tre skyttere på bane 3, Terningmoen. Tre skyteserier med ventilasjon av og på.



Figur 3.32 Gjennomsnittskonsentrasjon av CO rundt en skytter på 100 m bane, Råvatn. En skyteserie med ventilasjonsanlegget på.

4 Vurdering av helserisiko

4.1 Karbonmonoksid (CO)

CO er en fargeløs, luktfri, smakløs og ikke-irriterende gass. Tidlige symptomer på eksponering for CO er hodepine, svimmelhet, kvalme, brystmerter og slapphet, noe som kan likne på influensa, bortsett fra at CO ikke gir feber. Hodepine og svimmelhet kan oppstå etter 6-8 timers eksponering ved luftkonsentrasjoner på rundt 35 ppm. Ved høyere konsentrasjoner (1600 ppm) kan man også få unormale hjerterytmer, økt blodtrykk, hodepine svimmelhet, forvirring, kramper, bevisstløshet og død etter mindre enn 2 timer. Manifestasjonene av akutt forgiftning utvikler seg i organer som er mest avhengig av oksygen, slik som sentralnervesystemet og hjertet. Langvarig og gjentatt eksponering gir økt risiko for personer med hjertesykdommer samt gravide [9]. Grenseverdi for arbeidsatmosfære er 25 ppm, mens grenseverdi for kortvarig eksponering (15 minutter) er 100 ppm. Ved forgiftning binder gassen seg til hemoglobin i røde blodlegemer med høyere affinitet enn oksygen, og påvirker dermed oksygentransporten i blodet samt oksygentilførselen til vevet, både ved å oppta bindingssteder for oksygen i røde blodlegemer og ved forskyvning av likevekten mellom oksygens partialtrykk og oksyhemoglobin. Funksjonen i følsomme organer og vev som hjerne og blodårevegger, samt blodplater kan dermed påvirkes [10].

For de fleste undersøkelsene som er gjennomført, overskrider den høyest målte konsentrasjonen av CO grenseverdien for korttids eksponering (100 ppm, 15 minutter) under skyting. Imidlertid er skyteseriene av en så kort varighet at gjennomsnittskonsentrasjonen ikke overstiger 100 ppm

dersom konsentrasjonen midles over 10 eller 15 minutter. Det ser derfor ikke ut til at de ulike våpnene og den ammunisjon som er benyttet, vil medføre en overskridelse av grenseverdien for kortvarig eksponering. I en av undersøkelsene som er gjort, ble det målt COHb etter gjennomført skyting. Den høyeste verdien som ble målt var 2,5 % COHb. For friske, voksne mennesker er det ikke påvist noen helseeffekter av nivåer som er lavere enn 5 % COHb [6]. Selv om skytterne blir kortvarig eksponert for høye konsentrasjoner av CO, vil ikke nivået av COHb øke nevneverdig, ettersom gjennomsnittskonsentrasjonen av CO blir lav. Gjentatte skytinger i løpet av en dag vil imidlertid kunne føre til at den totale eksponeringen for CO likevel overstiger gjeldende grenseverdier. Det viser seg at bruk av ventilasjon reduserer konsentrasjonen av CO på standplass, noe som også er påvist tidligere av FFI [1-3]. I tillegg til å gjennomføre tiltak med ventilasjon på standplass i standplasshus, vil det være nødvendig med en form for overvåkning av CO-konsentrasjonen på standplass, for å sikre at skytter ikke eksponeres for CO i et omfang som ikke er akseptabelt. For en bane (Råvatn) som var spesielt utformet for å begrense støy til omgivelsene, ble det registrert en gjennomsnittskonsentrasjon av CO på over 100 ppm. På slike baner er det derfor nødvendig med særskilte tiltak for å redusere eksponering for avgasser fra våpenet under skyting. Overvåkning av konsentrasjonen av CO vil også være nødvendig på slike baner.

Målingene som er gjennomført viser at det er høyest konsentrasjon av CO i innåndingssonen hos skytter. Konsentrasjonen rundt skytter er imidlertid ikke veldig forskjellig fra det som registreres i innåndingssonen, spesielt dersom ventilasjonen på standplass er i drift. Annet personell på standplass enn skytterne, vil derfor eksponeres for tilsvarende konsentrasjoner av CO som det skytter blir eksponert for.

4.2 Metaller i svevestøv

Metallene sink og kobber kan gi metallfeber ved inhalasjon. Metallfeber forekommer ofte i fabrikker hvor metaller varmes til nær kokepunktet og danner oksider. Metallfeber er spesielt vanlig etter eksponering for sinkoksid. Metallfeber gir influensaliknende symptomer som feber, frysninger, utilpasshet, kvalme, ledd- og muskelsmerter, hodepine, hoste og halsvonde. Mekanismen bak metallfeber er noe uklar. Studier tyder på at man får en betennelsesreaksjon i alveolene. En teori går ut på at hvite blodceller involvert i betennelsesreaksjonen frigjør histamin-liknende stoffer etterfulgt av dannelsen av et allergen, noe som igjen fører til en allergisk respons [11]. Toleranse for eksponering kan utvikles dersom det er et opphold i eksponeringen før man blir eksponert på nytt. Metallfeber kan lett bli misoppfattet som en virusinfeksjon, ettersom den gir mye av de samme symptomene. Metallisk smak i munnen er et symptom som skiller seg ut i fra en virusinfeksjon, og er viktig for å stille riktig diagnose. Symptomene gir seg gjerne etter to-tre dager [11]. En mer alvorlig versjon av metallfeber er beskrevet i litteraturen [11], men denne forårsakes av stoffer som ikke er til stede i håndvåpenammunisjon. Behandling for metallfeber inkluderer at man stopper eksponering, og får hvile [11]. Grenseverdi for forurensning i arbeidsatmosfære er satt til 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for kobber og 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for sinkoksid. Det er imidlertid satt spørsmålsteget ved verdien for sinkoksid, ettersom metallfeber er observert hos frivillige forsøkspersoner der 10 av 12 personer fikk metallfeber etter 2 timers eksponering for en konsentrasjon på 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sinkoksid [12]. Andre symptomer som er observert ved inhalasjon

av kobber og sink uten at det er relatert til metallfeber, er hoste, nysing, brystsmarter og rennende nese. Partikler kan gi irritasjoner i øyne og slimhinner i hals og munnhule [13;14].

Blyforgiftning har forekommet etter lengre tids eksponering på skytebaner [11]. Symptomene på blyforgiftning er ofte vage og kan oppstå akutt, selv om selve forgiftningen er kronisk. Hos voksne kan symptomene inkludere nyresvikt, høyt blodtrykk, leddsmerter og impotens. De systemene i kroppen som er involvert ved blyforgiftning er nervesystemet, det kardiovaskulære system, mage-tarmsystemet, urogenitalt system og blodsystemet. Det sentrale nervesystemet er det mest kritiske organet når det gjelder forgiftning hos barn. Tidlige symptomer er irritabilitet, sløvhet, hodepine, skjelvinger, trøtthet, hallusinasjoner og hukommelsestap. Perifer neuropati er mer vanlig hos voksne, noe som kan føre til svakhet. Symptomer som magesmerter, spisevegring, diaré, svimmelhet, kvalme og metallisk smak i munnen kan være tegn på blyforgiftning [11]. Ved kronisk eksponering kan man se effekter på nyrene, som blant annet redusert filtreringsrate. Bly hemmer også viktige enzymer i heme-syntesen, noe som fører til anemi. Leddsmerter er tidlige symptomer på akutt blyforgiftning. Bly er også teratogent [11]. Bly er av International Agency for Research on Cancer (IARC) klassifisert som et mulig karsinogen for mennesker [15]. Bly gir ikke metallfeber. Grenseverdi for bly i arbeidsatmosfære er satt til $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ut fra de målingene som er gjort, er det nivået av kobber som i forhold til gjeldende grenseverdier er mest problematisk. I flere tilfeller overskrider kobberkonsentrasjonen grenseverdien for arbeidsatmosfære ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Det blir også registrert konsentrasjoner som er høyere enn grenseverdien for korttidseksponering ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 15 minutter), og enkelte målinger er betydelig høyere enn denne grenseverdien. Ettersom skyteseriene er av relativt kort varighet, vil gjennomsnittet over 15 minutter eller åtte timer kunne komme under gjeldende grenseverdier. Normalt blir det foretatt flere skyteserier i løpet av en dag. Det er derfor mulig at eksponering for kobber overskrider det som anses som akseptabelt i løpet av en dag. Men selv om kobbernivået i løpet av en hel dag er akseptabelt kan høye konsentrasjonstopper av kort varighet være nok til å gi helseplager hos skytterne. Når man skal gjøre en vurdering av risiko for å få helseplager i forbindelse med skyting er det derfor viktig å påse at disse korttidstopperne ikke overskrider et visst nivå. Dette må gjøres ved å ta en måling under de mest intense skyteseriene. Arbeidstilsynet angir også grenseverdier som gjelder for 15 minutters eksponering. Dermed virker det også fornuftig å gjennomføre målinger av metaller av 15 minutters varighet. Nivået av sink er i de fleste tilfeller relativt lavt og godt under grenseverdi for forurensning i arbeidsatmosfære ($5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for sinkoksid). Det høyest registrerte nivået av sink i innåndingsluft hos skytter ble registrert under skyting med NM250 (blåplast) i MINIMI. Denne konsentrasjonen var på $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er godt under grenseverdien for arbeidsatmosfære, men studier har vist at selv dette nivået kan gi metallfeber [12]. Bruk av NM229 gir også relativt mye sink i innåndingsluft til skytter. En kan derfor ikke utelukke at det i enkelte tilfeller kan være tilstrekkelig høy eksponering for sink til å gi helseeffekter. Både kobber og sink vil kunne gi metallfeber. En bør derfor benytte summen av konsentrasjonen av kobber og sink i innåndingslufta ved vurdering av mulig metallfeber. Ut fra de målinger som er gjort, er det ikke usannsynlig at en kan få symptomer på metallfeber etter en dag på skytebanen med intensiv skyting.

Målingene viser at det er god effekt av å benytte ventilasjon på standplass, noe som også er observert tidligere av FFI [1-3].

4.3 Overvåkning

I tillegg til ventilasjon på standplass, vurderer Forsvarsbygg å anskaffe et fast installert overvåkingssystem for overvåkning og varsling ved forhøyede konsentrasjoner av kruttgasser. Ettersom det vil være vanskelig med overvåking av metaller under skyting, anbefales det å benytte gassen CO som en indikator. Det har vist seg i laboratorieforsøk som FFI har gjennomført at utslippet av metaller er relatert til konsentrasjonen av CO i utslippet. Ut fra resultatene i denne studien virker det som det ikke er kritisk at man installerer CO-sensoren i pustesonen, men at den kan plasseres i nærheten av skytteren slik som på midtstolpen mellom hver bane. Dette vil forenkle en eventuell anskaffelse. For å lage et slikt varslingsystem må forholdet mellom CO og kobber undersøkes i utslipp fra flere våpen og ammunisjonstyper i kombinasjon. De målingene som er rapportert i denne rapporten, viser at det er noe variasjon mellom målt konsentrasjon av metaller og konsentrasjon av CO under skyting med samme våpen og ammunisjon. Forholdet mellom konsentrasjonen av kobber i svevestøvet og gjennomsnittskonsentrasjonen av CO under skyting med HK416, er ikke veldig forskjellig for de forskjellige ammunisjonstypene (Tabell 4.1). Det ser ut til at NM229 gir mest utslipp av metaller i forhold til mengde utslipp av CO, mens SS109 ser ut til å gi lavest utslipp av metaller i forhold til CO-utslipp. MINIMI har kun vært skutt ute på helt åpne standplasser. Det er derfor vanskelig å si om det lave utslippet av metaller i forhold til CO skyldes dette, eller om MINIMI gir lavere utslipp av metaller enn HK416. Ut fra resultatene vil det være mulig å benytte CO som indikator for innholdet av metaller i svevestøv, men på grunn av variasjoner som sannsynligvis i første rekke skyldes værforhold under skyting samt variasjon i skytefrekvens, vil det være nødvendig med en form for sikkerhetsfaktor for å sikre at eksponering av metaller ikke overstiger et nivå som vil gi helseeffekter.

	Forholdstall Cu/CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ppm	Forholdstall (Cu + Zn)/CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ppm	Antall målinger
HK416, NM255	16 \pm 4,4	19 \pm 6,6	7
HK416, NM229	21 \pm 4,4	23 \pm 8,3	3
HK416, SS109	12 \pm 3,2	13 \pm 6,8	2
MINIMI NM255	4,5 \pm 2,7	7,2 \pm 4,3	3

Tabell 4.1 Beregnede forholdstall mellom konsentrasjonen av kobber og sink i svevestøvet og gjennomsnittskonsentrasjonen av CO i innåndingssonen til skytter under skyting. Standardavvik og antall målinger er også angitt.

5 Konklusjon

Resultatene viser at skytter kortvarig eksponeres for til dels høye nivåer av CO og metaller under skyting med håndvåpen. Maksimalkonsentrasjonen av både CO og metaller overskrider grenseverdier for arbeidsatmosfære ved kortvarig eksponering. I og med at gjennomføringen av skyteseriene er av kort varighet, vil gjennomsnittskonsentrasjonen i løpet av 15 minutter i de fleste tilfeller ikke overskride de grenseverdier som gjelder for kortvarig eksponering. Avhengig av skytefrekvens og antall skyteserier i løpet av en dag, kan en ikke utelukke at den totale belastningen for CO og metaller kan overstige gjeldende grenseverdier.

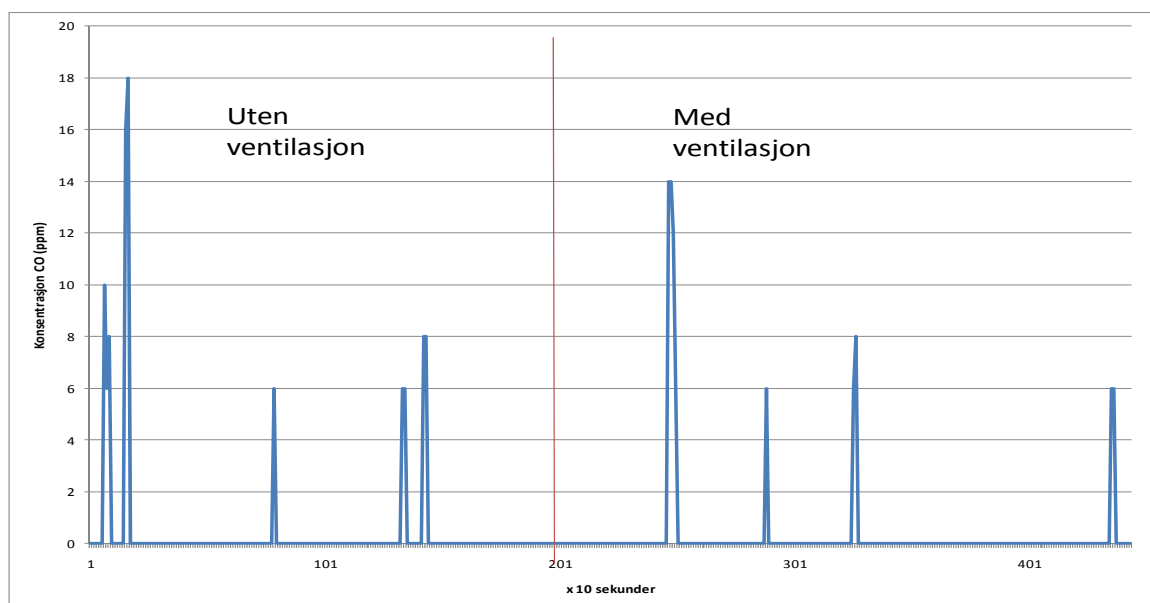
Bruk av ventilasjon gir redusert konsentrasjon av CO og metaller i innåndingssonen til skytter. Ved bruk av ventilasjon er det liten forskjell i konsentrasjonen mellom innåndingssonen til skytter og bak skytter. Personell som oppholder seg på standplass vil derfor i stor grad bli eksponert for samme nivå av CO og metaller som skytter.

Det er mange forhold som fører til konsentrasjonen av kruttgasser på standplass. Det anbefales derfor at det på de mest brukte banene installeres et overvåkningssystem for monitorering av kruttgassene. Målinger som er foretatt viser at det er en sammenheng mellom konsentrasjonen av metaller og CO. Som overvåkningssystem vil derfor bruk av CO-sensorer montert på standplass kunne være en løsning som raskt gir varsel dersom eksponeringen for kruttgasser skulle bli høy.

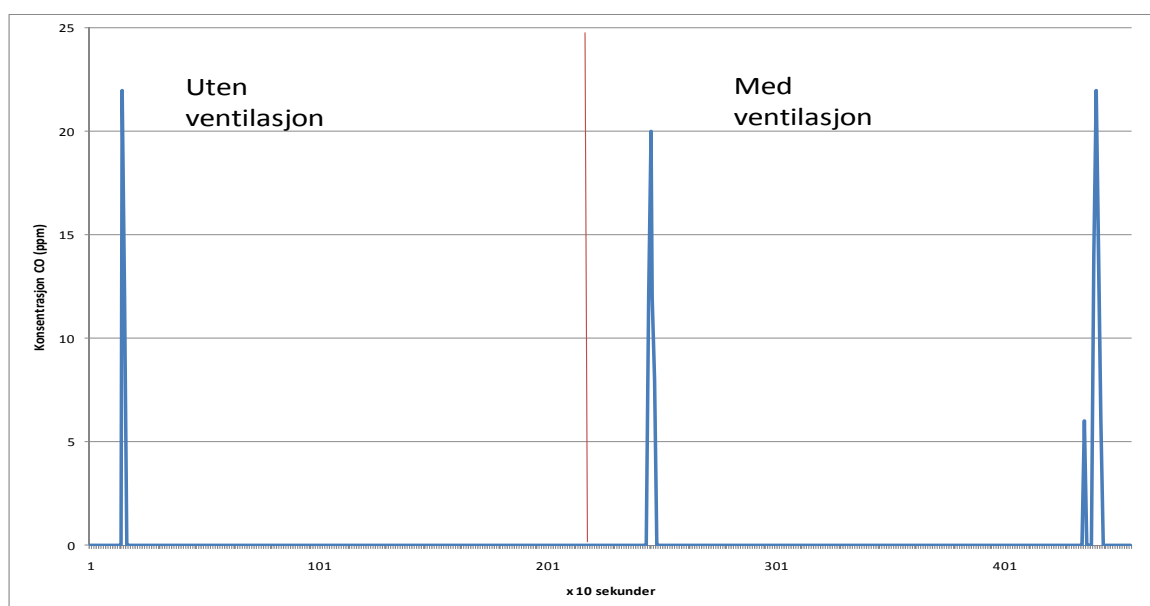
Litteratur

- [1] Voie Ø., Ljønes M., and Johnsen A., "Testing av ventilasjonssystem på to overbygde standplasser på Rena leir. FFI-rapport 2012/00567," 2012.
- [2] Voie Ø. and Ljønes M., "Testing av ventilasjonssystem på diverse overbygde standplasser. FFI-rapport 2012/01704," 2012.
- [3] Voie Ø., Johnsen A., and Ljønes M., "Testing av ventilasjonssystem på en overbygd standplass på Rena leir. FFI-rapport 2011/00937," 2011.
- [4] Arbeidsdepartementet, "Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier).," 2013.
- [5] Thomassen Y., Daae H.L., Dahl K., Hersson M., Olsen R., Skaugset N.P., Skogstad A., and Solbu K., "Forurensninger i luft på standplass - Rena leir.," Avdeling for kjemisk og biologisk arbeidsmiljø. Statens arbeidsmiljøinstitutt., 2012.
- [6] Folkehelseinstituttet, "Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsdatabase. B.3.12 Karbonmonoksid (CO). <http://www.fhi.no/artikler/?id=70211>," 2012.
- [7] U.S.Department of Health and Human Services.Public Health Service.Agency for Toxic Substances and Disease Registry., "Toxicological profile for carbon monoxide.," 2012.
- [8] Forsvarsstaben, "Tiltak etter hendelse med helseplager i forbindelse med testing av ventilasjonsanlegg på Råvatn skytebane. Brev fra Forsvarsstaben 2012/034308-004/FORSVARET/651.," 2012.
- [9] Goldstein M., "Carbon monoxide poisoning.," *Journal of Emergency Nursing*, no. 34, pp. 538-542, 2008.
- [10] McGrath J.J., "Carbon monoxide.," in *Inhalation Toxicology*. Salem H. and Katz S.A., Eds. Boca Raton, FL.: Taylor & Francis CRC Press, 2006.
- [11] Kimberlie A., Graerne M.D., and Pollack Jr.C.V., "Heavy metal toxicity, Part I: Lead and metal fume fever.," *The Journal of Emergency Medicine*, vol. 16, no. 2, pp. 171-177, 1998.
- [12] Fine J.M., Gordon T., Chen L.C., Kinney P., Falcone G., and Beckett W.S., "Metal fume fever: Characterization of clinical and plasma IL-6 responses in controlled human exposures to zinc oxide fume at and below the threshold limit value.," *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 38, no. 8, pp. 722-726, 1997.
- [13] ATSDR, "Toxicological profile for copper. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.," 2004.
- [14] ATSDR, "Toxicological profile for zinc. U.S. Department of Health and Human services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.," 2005.
- [15] IARC, "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human.," 87 ed 2006.

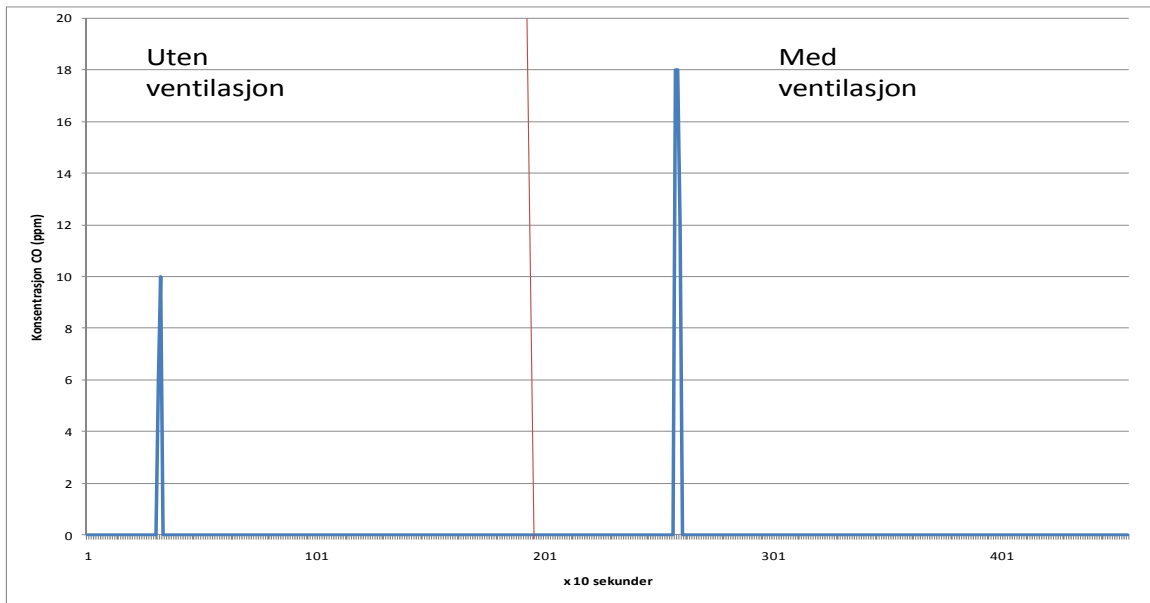
Vedlegg A CO-målinger



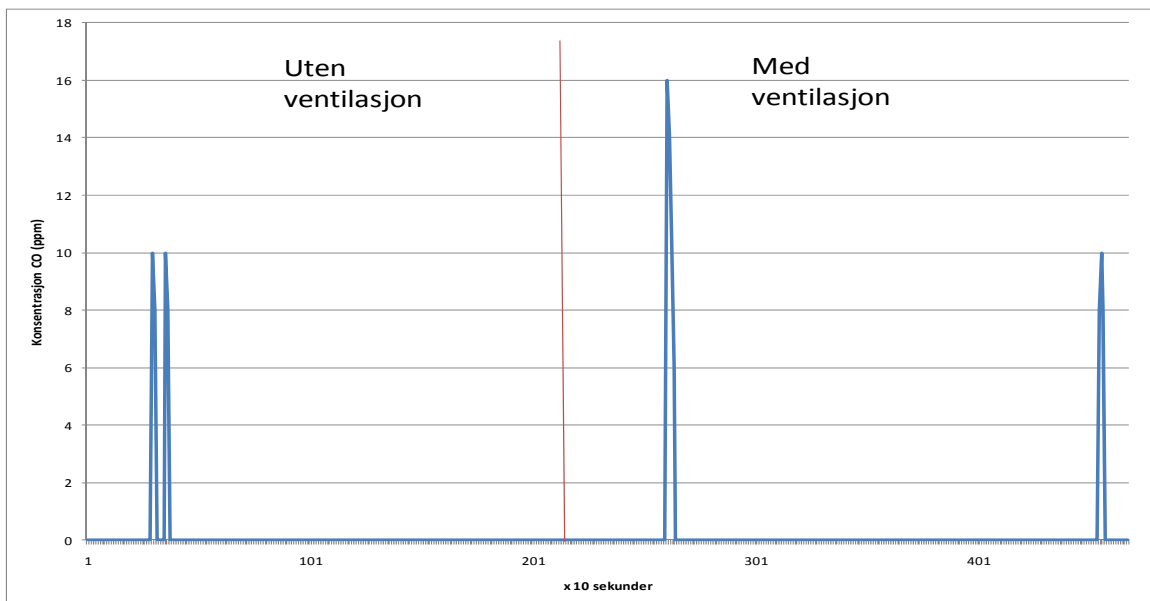
Figur A.1 Konsentrasjon av CO målt på skytter nærmest vegg, bane 3 på Rena. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



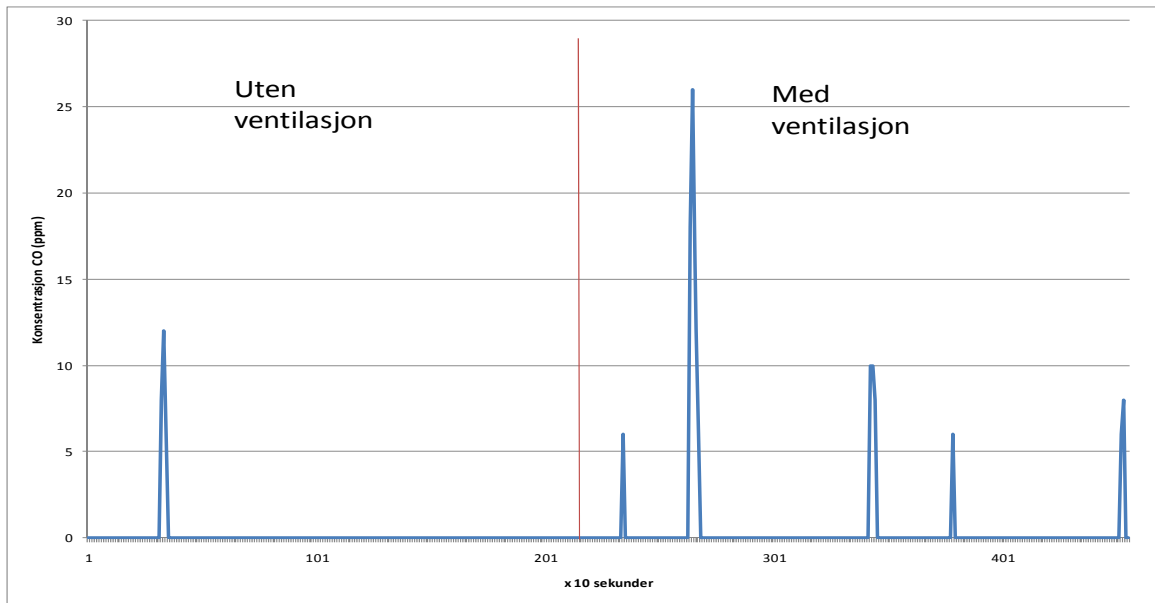
Figur A.2 Konsentrasjon av CO målt på skytter nr 2 fra vegg på Rena. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



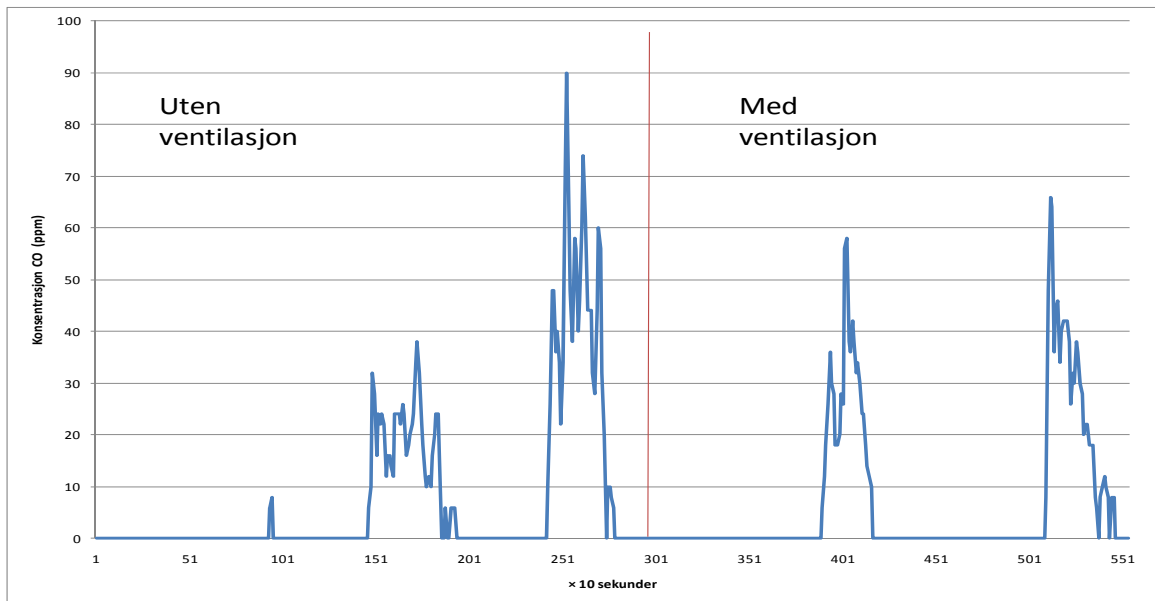
Figur A.3 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert i 50 cm høyde mellom skytter 1 og 2 på Rena. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



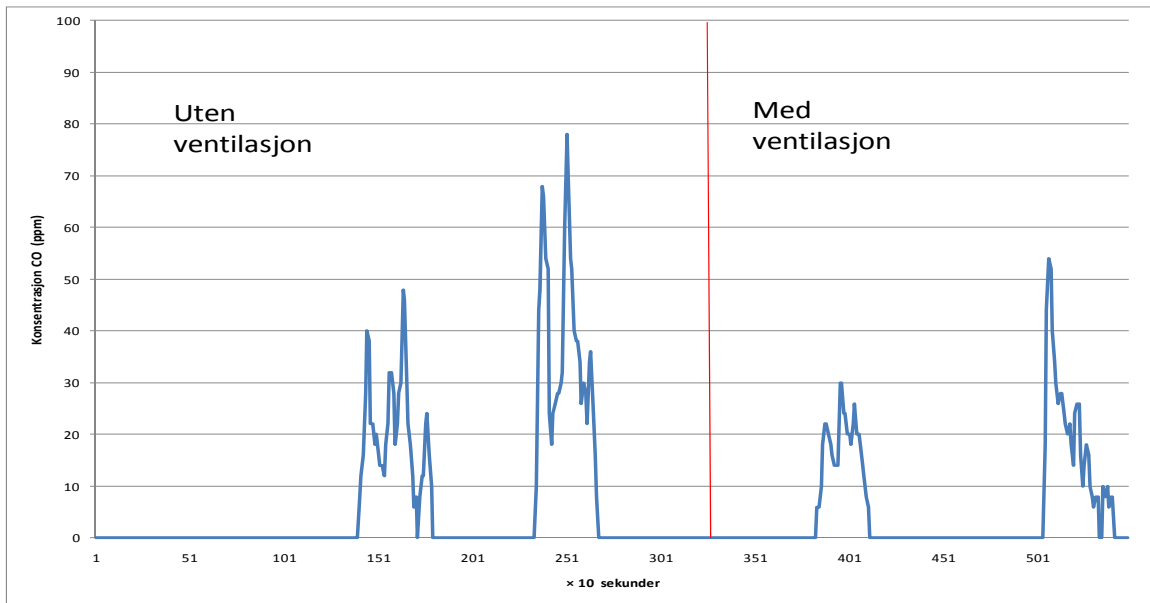
Figur A.4 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert 20 cm over bakken i fothøyde mellom skytter 1 og 2 på Rena. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



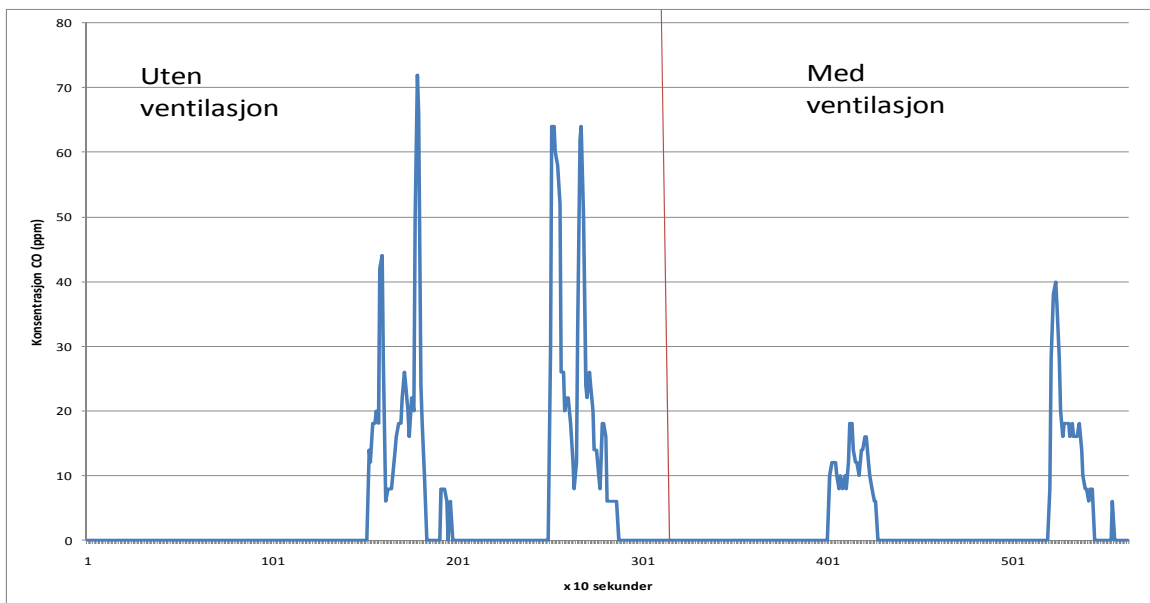
Figur A.5 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert 50 cm over bakken i fothøyde mellom skytter 1 og 2 på Rena. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



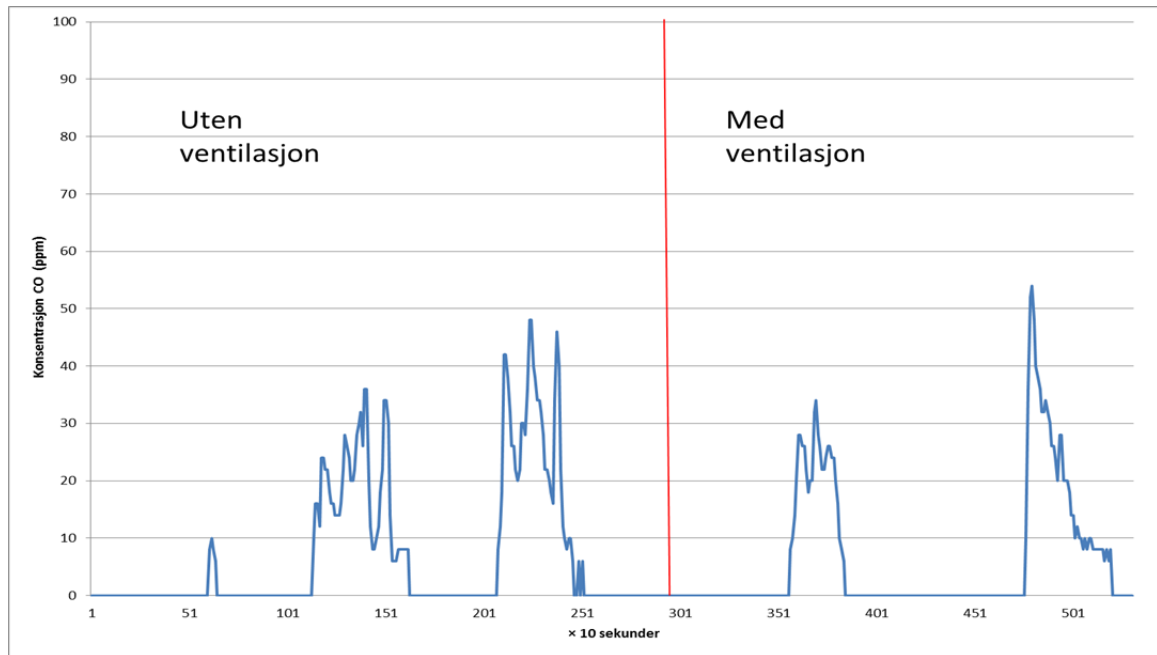
Figur A.6 Konsentrasjon av CO målt på skytter nærmest vegg, bane 17 på Sessvollmoen. 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 1 serie a'90 skudd og 1 serie a'70 skudd med ventilasjonen på.



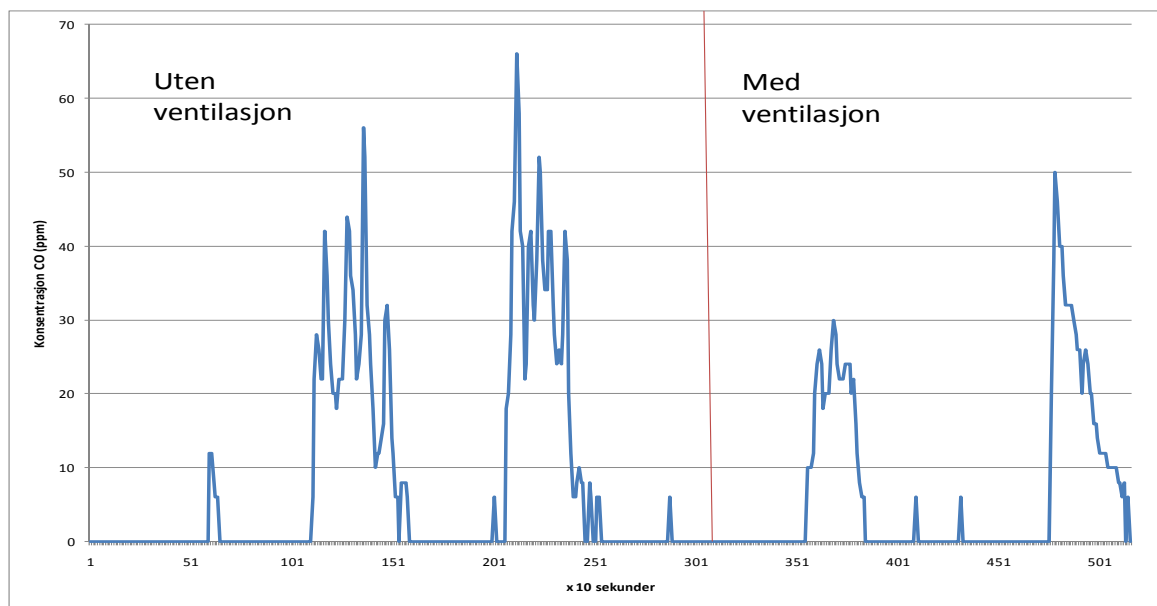
Figur A.7 Konsentrasjon av CO målt på skytter 2 fra vegg, bane 17 på Sessvollmoen. 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 1 serie a'90 skudd og 1 serie a'70 skudd med ventilasjonen på.



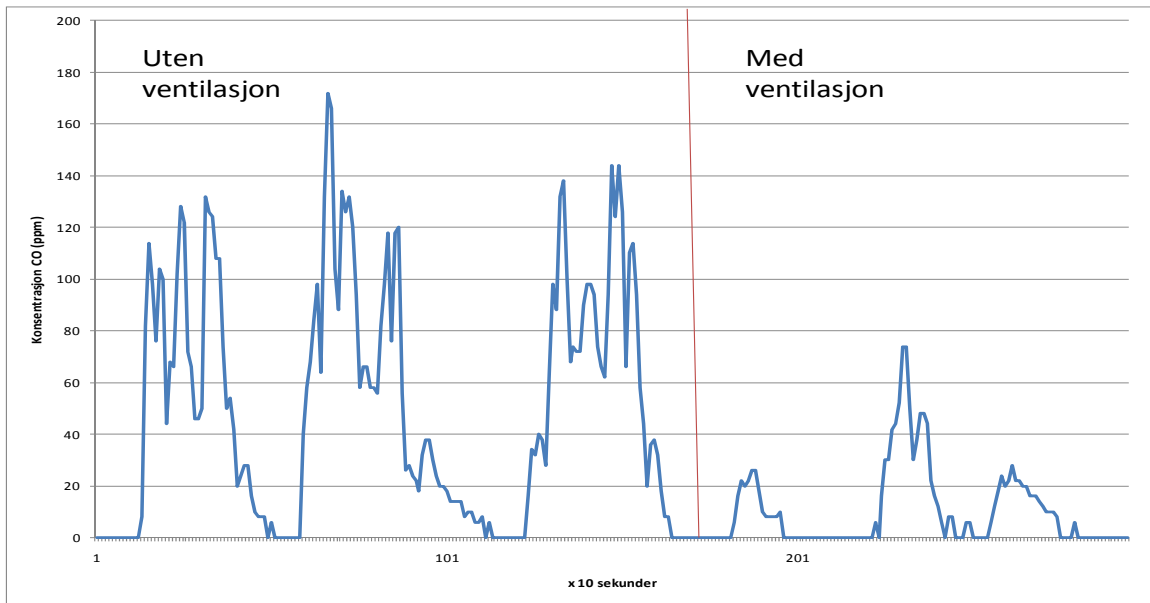
Figur A.8 Konsentrasjon av CO målt på skytter 3 fra vegg, bane 17 på Sessvollmoen. 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 1 serie a'90 skudd og 1 serie a'70 skudd med ventilasjonen på.



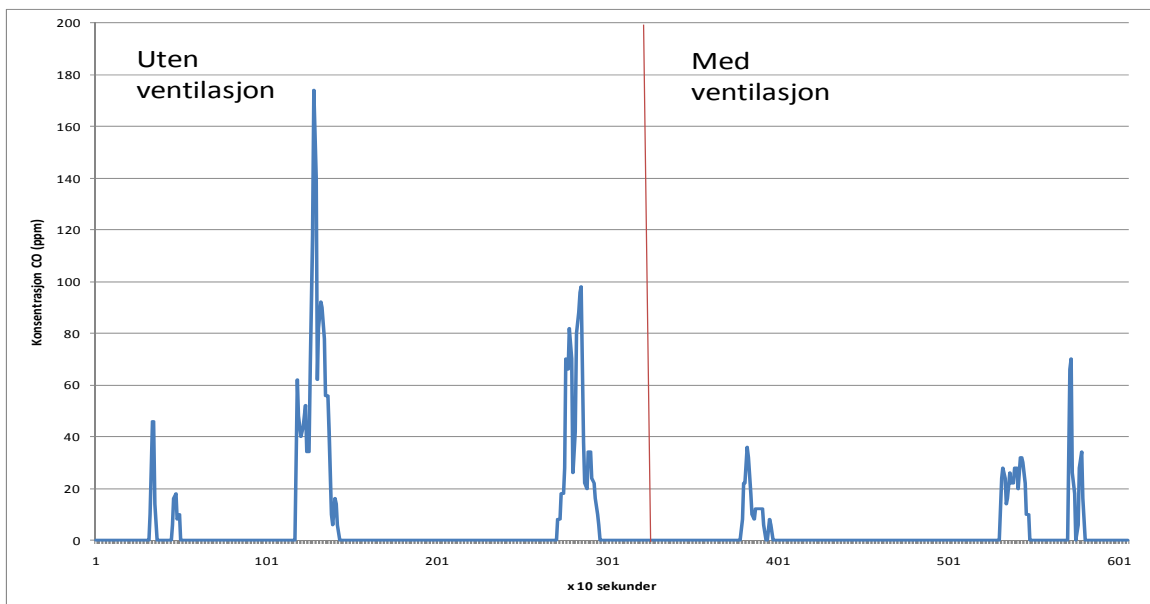
Figur A.9 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert 20 cm over bakken i fothøyde mellom skytter 1 og 2, bane 17 på Sessvollmoen. 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 1 serie a'90 skudd og 1 serie a'70 skudd med ventilasjonen på.



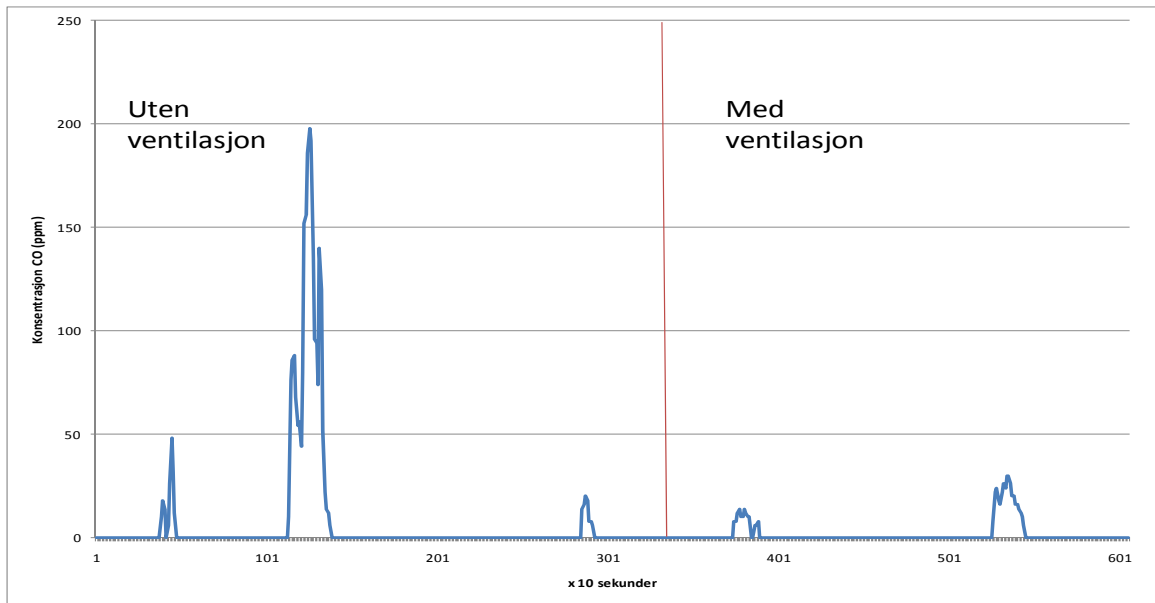
Figur A.10 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert ca 50 cm over bakken i fothøyde mellom skytter 1 og 2, bane 17 på Sessvollmoen. 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 1 serie a'90 skudd og 1 serie a'70 skudd med ventilasjonen på.



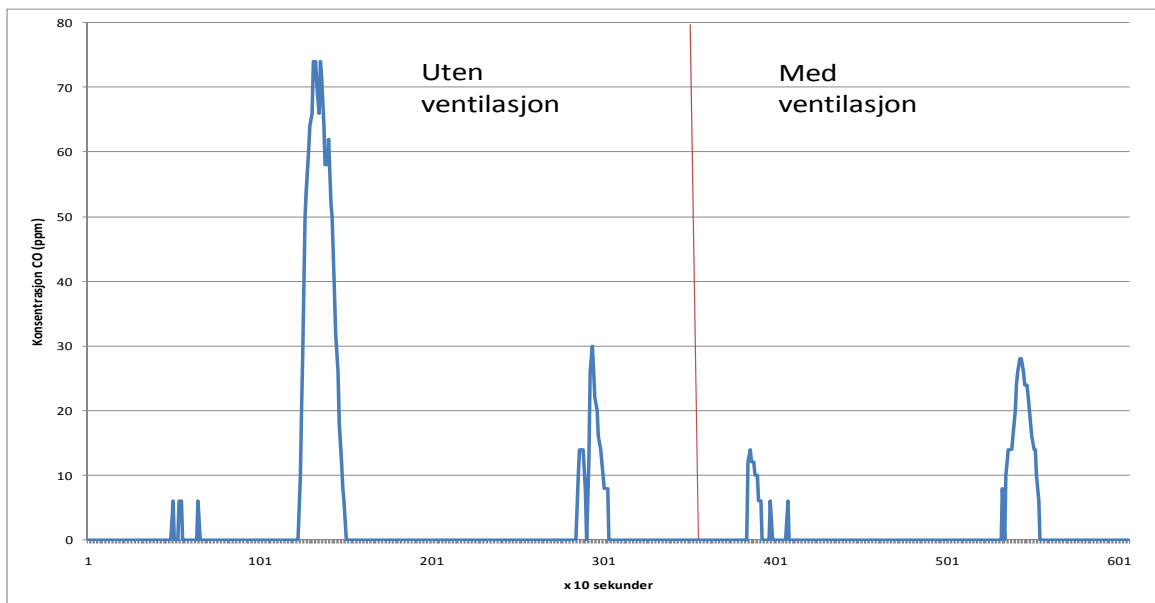
Figur A.11 Konsentrasjon av CO målt på skytter 1 fra vegg, bane 15 på Sessvollmoen. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



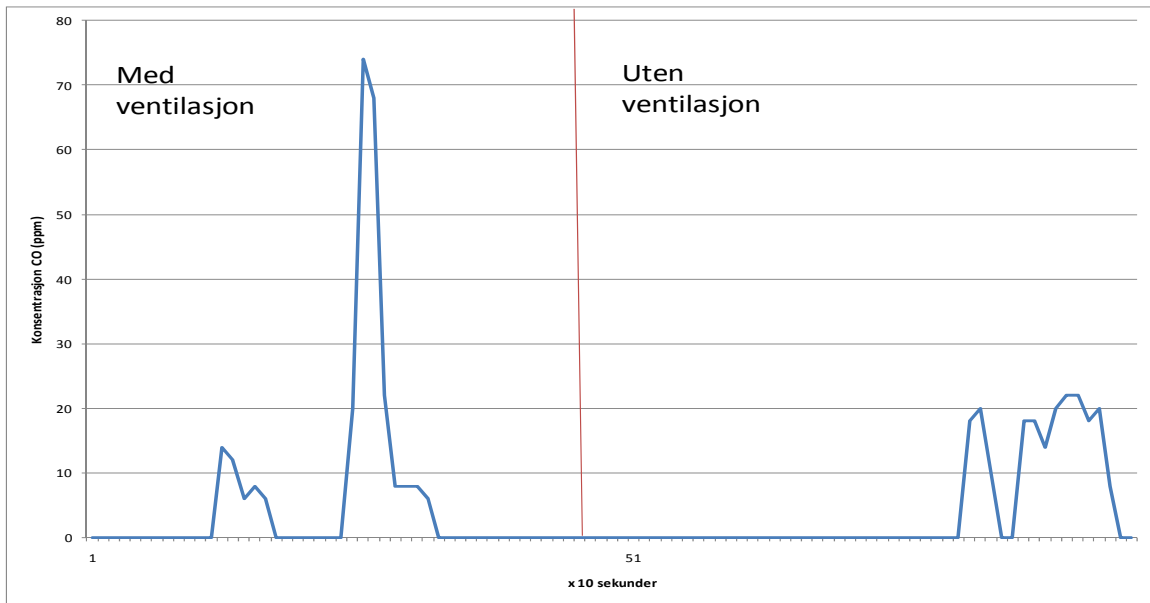
Figur A.12 Konsentrasjon av CO målt på skytter 2 fra vegg, bane 15 på Sessvollmoen. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen på.



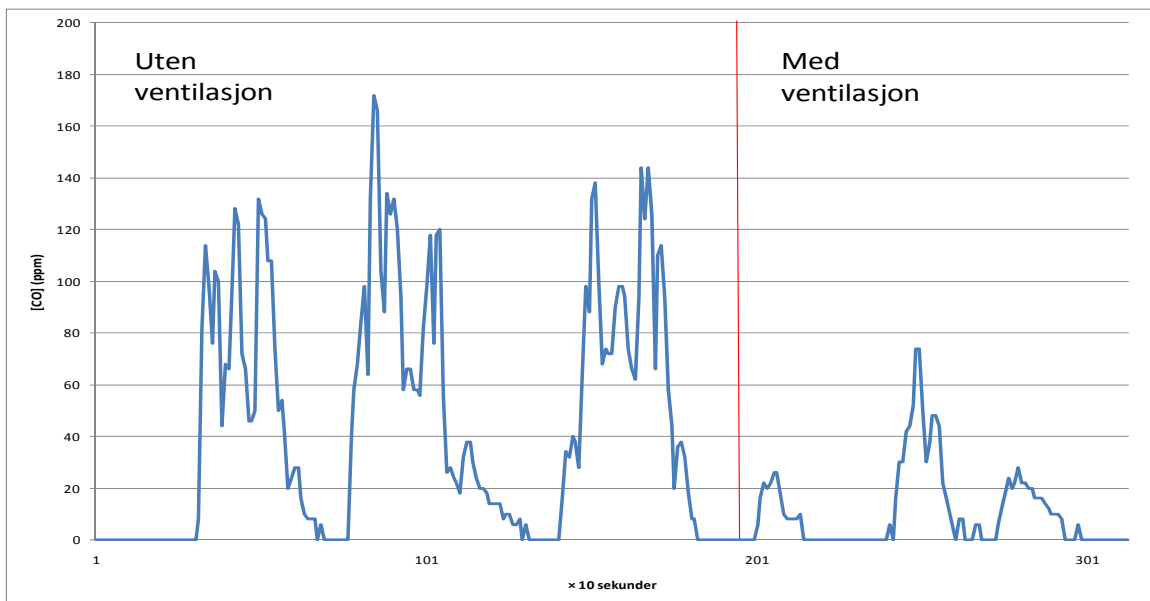
Figur A.13 Konsentrasjon av CO målt på skytter 3 fra vegg, bane 15 på Sessvollmoen. 3 serier a´90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a´90 skudd med ventilasjonen på.



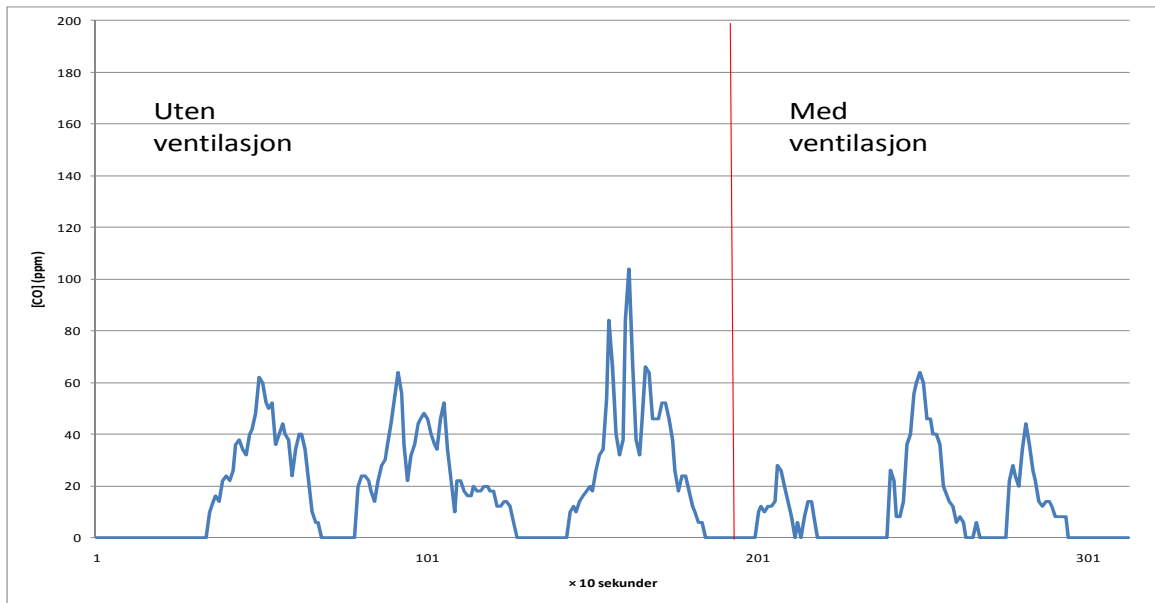
Figur A.14 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert 50 cm over bakken i fothøyde mellom skytter 1 og 2, bane 15 på Sessvollmoen. 3 serier a´90 skudd med ventilasjonen av, og 3 serier a´90 skudd med ventilasjonen på.



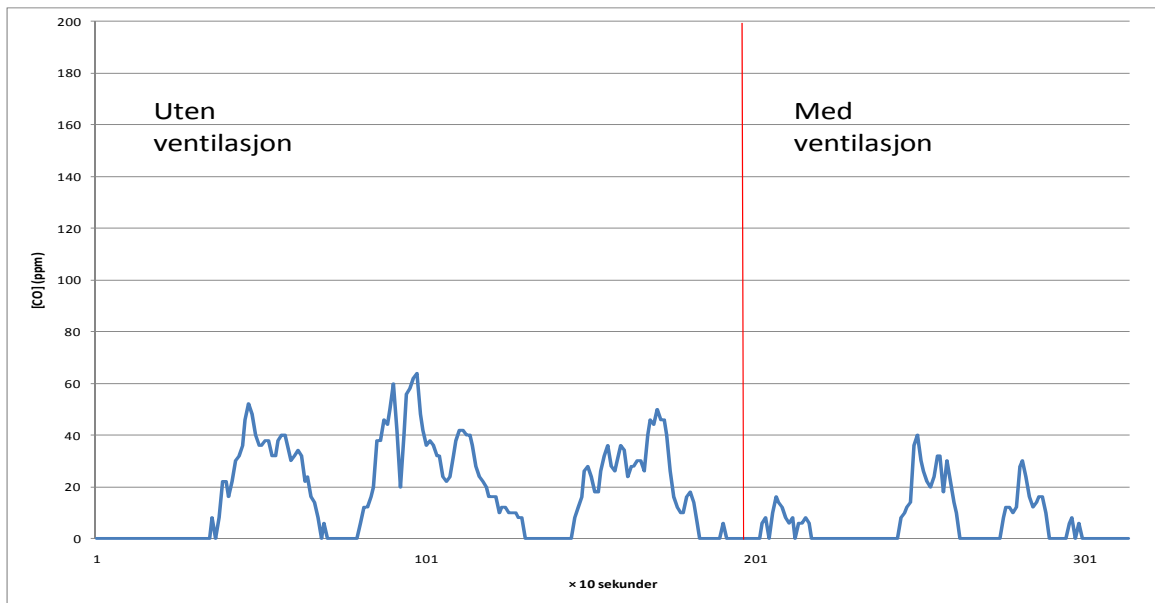
Figur A.15 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert i 50 cm høyde foran ved skytter, bane 15 på Sessvollmoen. 1 serie a'90 skudd med ventilasjonen av. Standplass 15 og standplass 13.



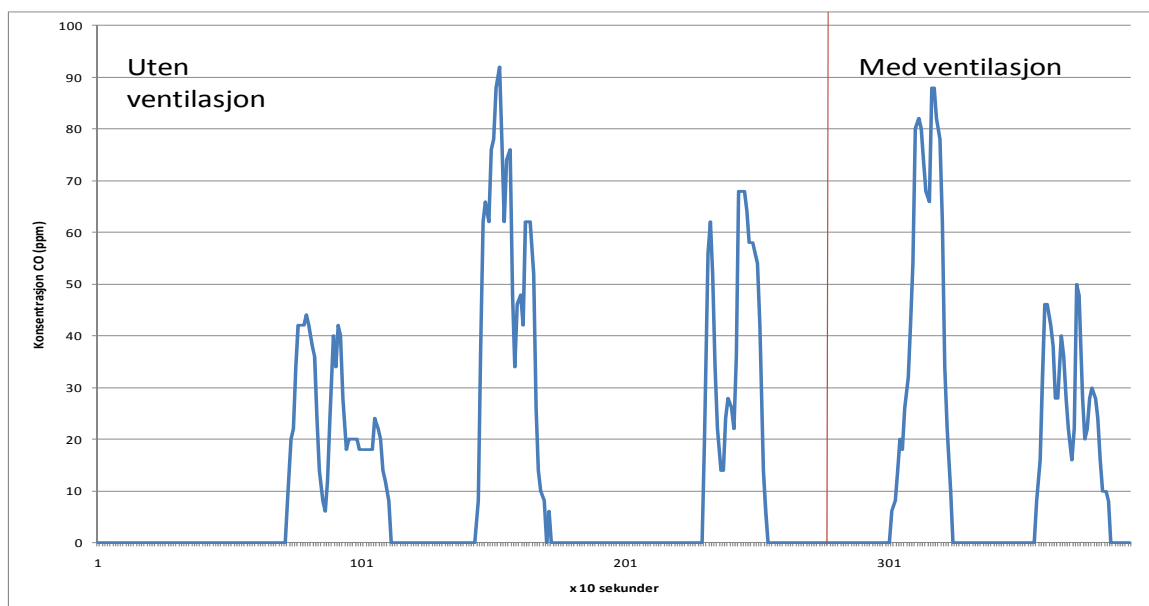
Figur A.16 Konsentrasjon av CO målt på skytter nærmest vegg, bane 6 på Terningmoen. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen på..



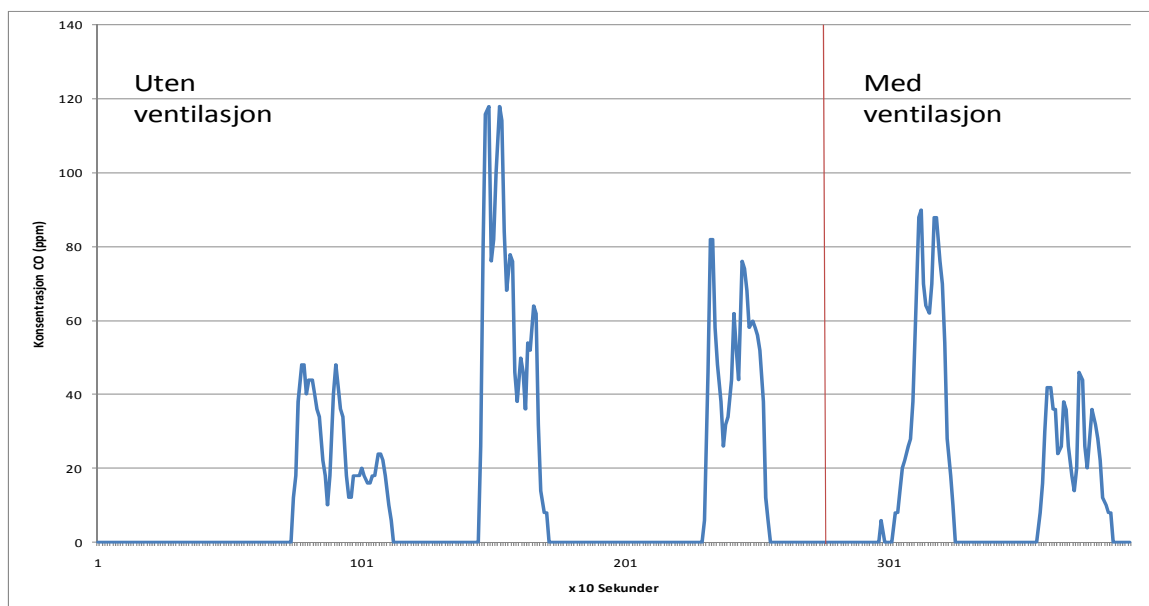
Figur A.17 Konsentrasjon av CO målt på skytter nr to fra vegg, bane 6 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd med ventilasjonen på..



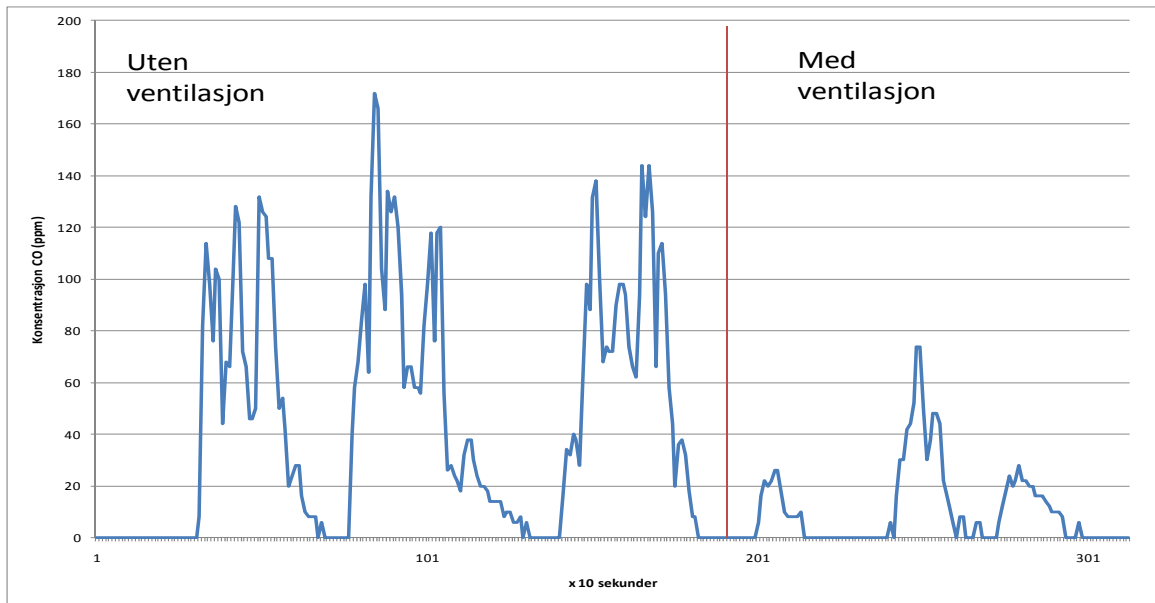
Figur A.18 Konsentrasjon av CO målt på skytter nr tre fra vegg, bane 6 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd med ventilasjonen på..



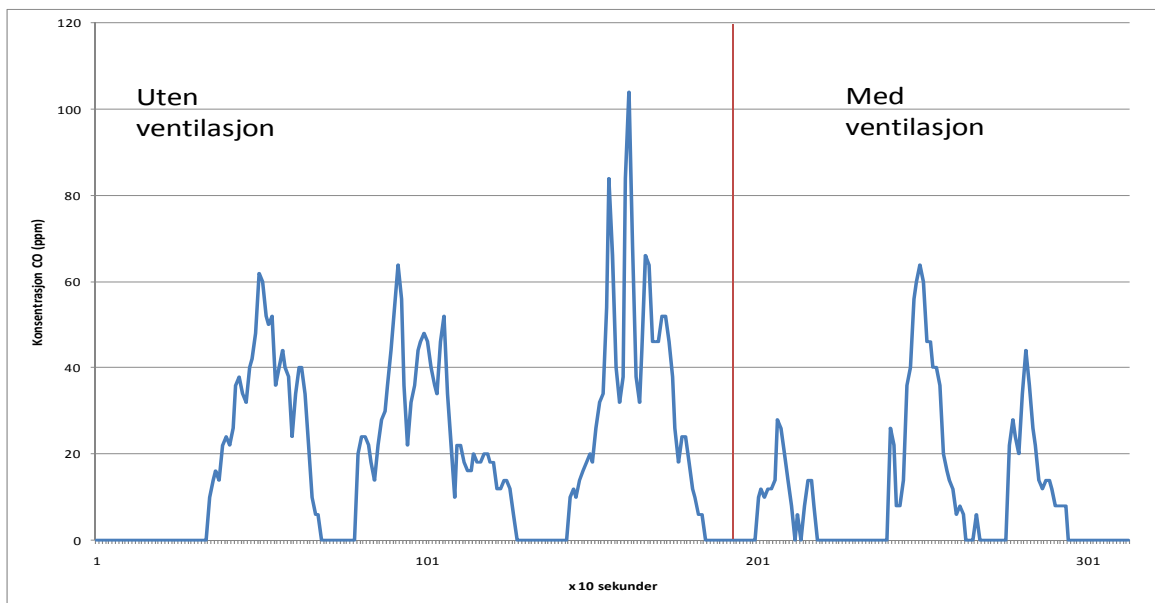
Figur A.19 Konsentrasjon av CO målt på sensor plasser bak mellom skytter 1 og 2 i 50 cm høyde, bane 6 på Terningmoen. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen på..



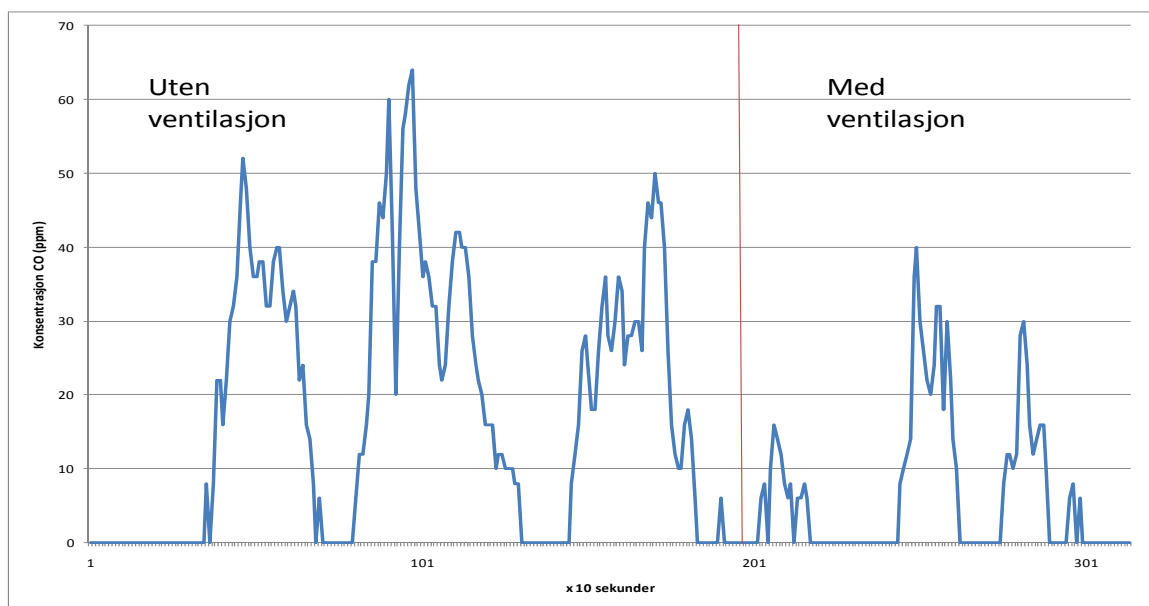
Figur A.20 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert bak mellom skytter 1 og 2 i 20 cm høyde, bane 6 på Terningmoen. 3 serier a'90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a'90 skudd med ventilasjonen på..



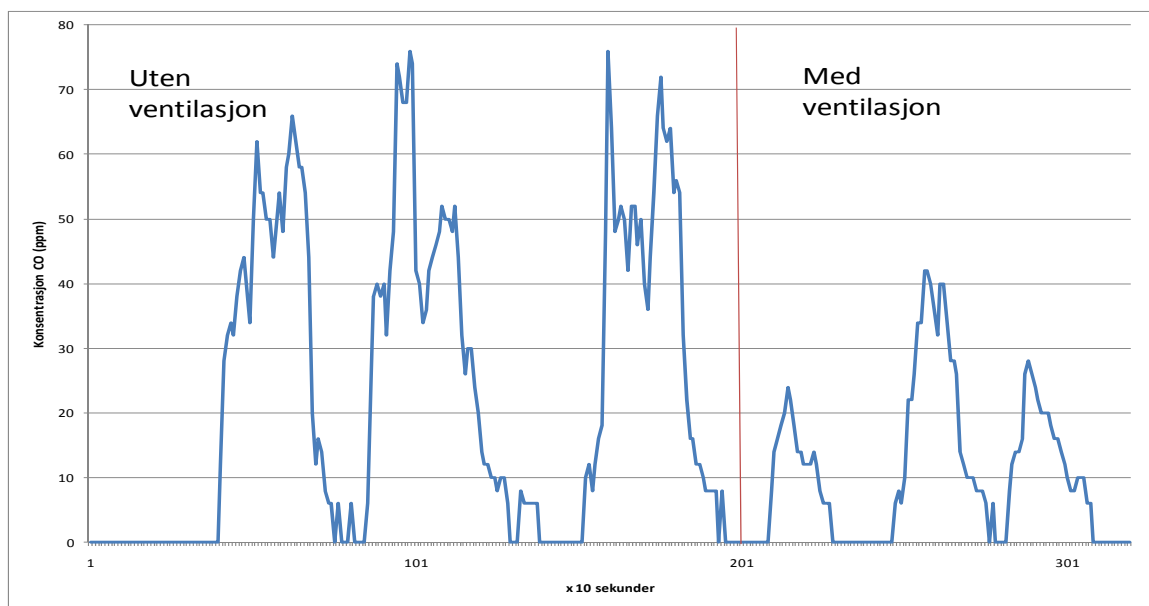
Figur A.21 Konsentrasjon av CO målt på skytter nærmest vegg, bane 3 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd og 1 serie a '50 skudd med ventilasjonen på.



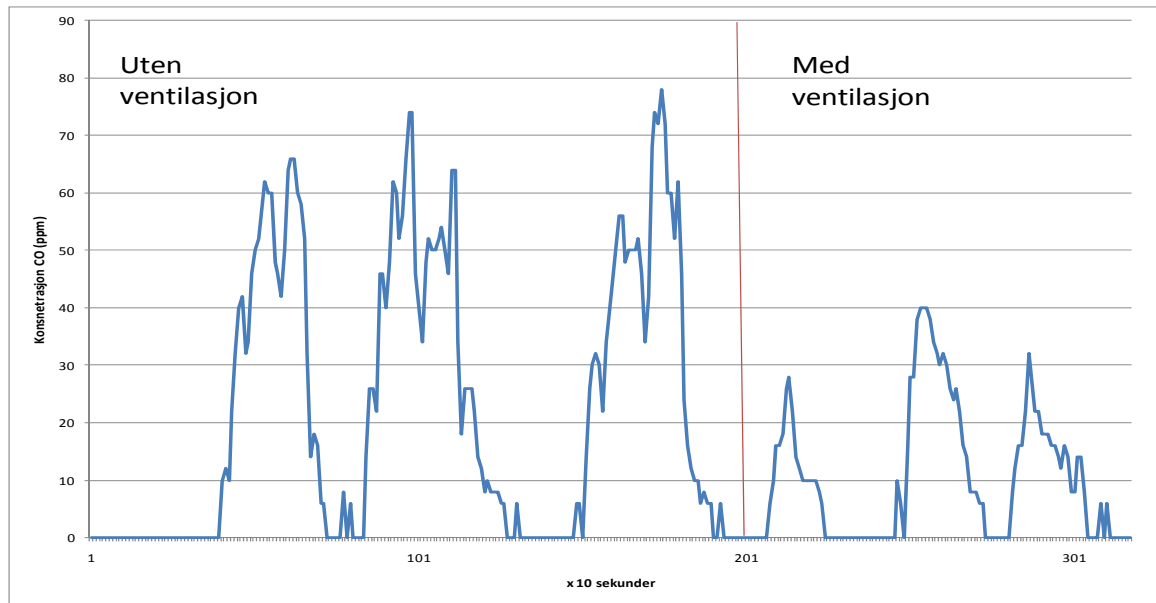
Figur A.22 Konsentrasjon av CO målt på skytter nr to fra vegg, bane 3 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd og 1 serie a '50 skudd med ventilasjonen på.



Figur A.23 Konsentrasjon av CO målt på skytter nr tre fra vegg, bane 3 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd og 1 serie a '50 skudd med ventilasjonen på.



Figur A.24 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert bak mellom skytter 1 og 2 i 50 cm høyde, bane 3 på Terningmoen. 3 serier a '90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a '90 skudd og 1 serie a '50 skudd med ventilasjonen på.



Figur A.25 Konsentrasjon av CO målt på sensor plassert bak mellom skytter 1 og 2 i 20 cm høyde, bane 3 på Terningmoen. 3 serier a´90 skudd med ventilasjonen av, 2 serier a´90 skudd og 1 serie a´50 skudd med ventilasjonen på.