

Undersøkelse av mobile og stasjonære målestasjoner for støy på Regionfelt Østlandet

Morten Huseby

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

23. januar 2009

FFI-rapport 2008/02214

3533

P: ISBN 978-82-464-1531-4

E: ISBN 978-82-464-1532-1

Emneord

måling

støy

rifle

dB

Regionfelt Østlandet

Godkjent av

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

I konsesjonen for Regionfelt Østlandet pålegges Forsvaret å overholde utslippsbestemmelser for støynivået hos naboene. Forsvaret logger kontinuerlig støynivået, slik at man ved klager kan gå tilbake og vurdere om den støyende aktiviteten gikk utover konsesjonsgrensene. For dette formålet har Forsvarsbygg satt opp to stasjonære målestasjoner, ved Risskogen og Storhaugen. I tillegg har man tre mobile målestasjoner montert i hengere.

I forbindelser med tekniske målinger gjort av FFI for andre formål, ble samtidig en mobil målestasjon benyttet for å gi utfyllende data. Verdiene fra målestasjonen var forskjellige fra det man hadde ventet. Dette motiverte å gjøre en kontrollmåling av målestasjonene.

FFI har utført en måling av støy 45 m fra en rifle. Deretter har det blitt beregnet støynivåer ut i fra definisjoner i internasjonale standarder. Nivåene beregnet av FFI er vesentlig forskjellig fra de beregnet av målestasjonene. Nivåene fra de tre målestasjonene er også vesentlig forskjellige dem imellom. Konklusjonen er at målestasjonene ikke beregner støynivåene i henhold til standardene.

SINTEF IKT, som har levert målestasjonene, ble gjort kjent med innholdet i denne rapporten før den ble publisert, og har allerede utført feilsøking. Det ble da funnet feil i programvaren på målestasjonene. SINTEF IKT har påtatt seg å rette feilen.

English summary

The license for the military training range “Regionfelt Østlandet” orders the armed forces to abide restrictions on noise at the neighbors. The armed forces continuously log the noise level to be able to go back and consider whether the noisy activity went beyond the licensing limits. For this purpose the Norwegian Defence Estates Agency has set up two stationary monitoring stations, at Risskogen and Storhaugen. In addition, there are three mobile monitoring stations installed in trailers.

In connection with technical measurements made by the FFI for other purposes, at the same time, a mobile monitoring station was used to provide complementary data. The values from the monitoring station was different from what was expected. This was the motivation to make a control measurement of the monitoring stations.

FFI has conducted noise measurements 45 m from a rifle. The noise levels are found according to the definitions in international standards. Levels estimated by FFI are significantly different from those calculated by the monitoring stations. Levels from the three monitoring stations are also significantly different. The conclusion is that the monitoring stations do not calculate noise levels in accordance with the standards.

SINTEF ICT, which have delivered the monitoring stations, received the results of this report before it was published, and has already performed debugging. An error was found in the software of the monitoring stations. SINTEF ICT have taken on the responsibility of fixing the error.

Innhold

1	Bakgrunn	7
2	Innledning	7
3	Måleoppsett	8
4	Målinger	9
5	Spekterfil	9
5.1	Sammenligning	10
6	Hovedfil	12
7	Konklusjoner	14
Appendiks A	Datainnsamling	15
Appendiks B	Kalibrering	16

1 Bakgrunn

I konsesjonen for RØ (Regionsfelt Østlandet) pålegges Forsvaret å overholde en mengde utslippsbestemmelser. Blant annet er det satt en rekke grenser for støynivået hos naboene til feltet. Et virkemiddel Forsvaret benytter er å logge støynivået, slik at man ved klager kan gå tilbake og vurdere om den støyende aktiviteten gikk utover konsesjonsgrensene. For dette formålet har Forsvarsbygg fått satt opp to stasjonære målestasjoner, ved Risskogen og Storhaugen. I tillegg har man tre mobile målestasjoner montert i hengere, mobil-a, mobil-b og mobil-c (Figur 2.1). Alle disse målestasjonene er levert av SINTEF IKT.

I forbindelse med måling av kildestyrken for støy fra M109 i 2006 [1, 2] ble det også foretatt målinger med mobil-b, 7 km unna skytset. Fra FFI sin side var man den gangen overasket over måleresultatene fra mobil-b. Dette var bakgrunnen for å foreta kontrollmålinger av målestasjonene.

I forbindelse med at FFI var på feltet for å gjøre andre målinger benyttet vi derfor anledningen til å kontrollmåle mobil-b. Dette ble gjort på Deset 28/5-2008, i forbindelse med en større øvelse. Denne kontrollmålingen viste også overaskene resultater. Det ble derfor besluttet å utføre en mer kontrollert måling av både mobil-b, mobil-c og den stasjonære stasjonen på Risskogen.

2 Innledning

Målingene ble utført 27/8-2008. Mobil-b og mobil-c ble kjørt opp til den stasjonære målestasjonen på Risskogen. Der ble disse tre testet med en rifle i lik avstand til målestasjonene, slik at nivåene ved alle tre målestasjonene burde gi samme støynivåer som FFI sine målinger.

I denne rapporten ser vi på beregnede støynivåer fra et skudd fra en rifle avfyrt ca. 45 m fra anleggene. Det har her ingen betydning hva kilden er. Hensikten er å sjekke om FFI sine referansemålinger og de tre anleggene gir samme svar, dvs. om målestasjonene gir verdier som stemmer med definisjonene i [3].



Figur 2.1: FFI sine mikrofoner festet på mobil-b under målingene på Deset 28/5-2008.

3 Måleoppsett

Det ble avfyrt 15 skudd mellom kl. 11:53 og 12:10, med startpistol og AG3. Mobil-b og mobil-c ble parkert ved siden av hverandre der veien slutter omtrent 90 m fra den faste stasjonen på Risskogen. FFI sine mikrofoner (Appendiks A) var festet rett under mikrofonen på mobil-c, ikke ulikt det som er avbildet på Figur 2.1. Det ble skutt midt mellom den faste og de mobile stasjonene, slik at det var ca. 45 m fra kilde til mottaker. Det ble skutt slik at alle sensorene stod omtrent 90 grader på skuddretningen.

Posisjonene til målestasjonene og lyd-kilden ble målt med en vanlig bil-GPS (Tabell 3.1). Dette gir 45.8 m fra den stasjonære stasjonen til lyd-kilden. Avstanden fra de mobile stasjonene

	latitide	longitide
Lydkilde	61.17987	11.44191
Stasjonær stasjon	61.17973	11.44111
mobil-b/c	61.17997	11.44273

Tabell 3.1: GPS-posisjoner

til lyd-kilden var 45.5 m. Nøyaktigheten til vanlig GPS er 5-10 m. For relative avstander målt i løpet av kort tid er nøyaktigheten noe bedre. For denne rapporten gir det ubetydelige feil dersom vi antar at alle tre målestasjonene er like langt fra lyd-kilden.

4 Målinger

Målestasjonene skriver logger av støynivået i tre forskjellige filer:

1. Filer som starter med “Opptak” inneholder en komprimert lydfil som kan benyttes til å identifisere riktige støykilder.
2. Filer som starter med “Spekter” inneholder spektre for en time, 28800 spektre i hver fil. Hvert 1/8 s er det gitt et uveid spekter som kan benyttes til å vurdere frekvensinnholdet og f.eks. til å regne ut sound exposure level. Disse verdiene vil normalt være mest relevant for mer omfattende analyse av spesielle hendelser.
3. Filer som starter med “Hoved” inneholder støyindikatorerne L_{CS} , L_{AF} , L_{AS} og L_{AI} . Her vil f.eks. L_{CS} kunne fortelle om støyen fra tunge våpen har vært for høy.

En del om støyindikatorer kan finnes i Appendiks A og B i [4]. Støyindikatorerne i “Hoved”-fila er definert i ligning (1) i [3]. Et eksempel er

$$L_{CS} = 20 \log \left(\left[\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t p_A(\xi)^2 e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right), \quad (4.1)$$

der τ er den eksponentielle midlingskonstanten for tidsvekting (i dette tilfellet 1 sekund), p_A er den A-veide tidsserien av trykket og $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Vi ser på målingene i “Spekter” og “Hoved” i hvert sitt avsnitt.

5 Spekterfi

Verdiene i fila “spekter” er ikke tidsvektet. De er kontinuerlig beregnet hvert 1/8 s ut i fra trykket gitt i samplene, p_n . Verdiene i spekter-fila er gitt ved [5]

$$L_{rms}^l = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (p_n^l / p_0)^2 \right), \quad (5.1)$$

der p_n^l er det båndpassfiltrerte trykket for frekvens nummer l i 1/3-oktav filteret og N er antall samplingpunkter for trykket. Det er 44 bånd fra 1 Hz til 20 kHz. Totalnivået er gitt ved

$$L_{rms} = 10 \log \sum_{l=1}^{44} 10^{0.1L_{rms}^l}. \quad (5.2)$$

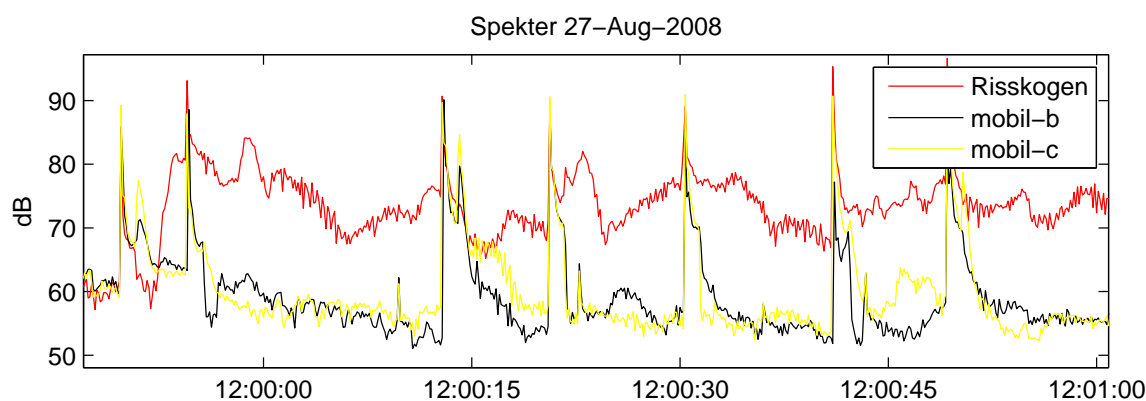
Gitt at vi ikke har energi utenfor frekvensområdet kan vi også finne L_{rms} fra

$$L_{\text{rms}} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (p_n/p_0)^2 \right). \quad (5.3)$$

Her sammenligner vi L_{rms} fra målestasjonene med samme tall beregnet fra FFI sine målinger. FFI sine målinger gir L_{rms} “kontinuerlig”. Målestasjonen sampler verdien hvert 0.125 s. Man kan altså tenke seg spesielle tilfeller der man sampler en lite relevant verdi. Med mindre skuddet kommer akkurat på grensen mellom to 0.125 s perioder er dette neglisjerbart for de tilfellene vi ser på her.

5.1 Sammenligning

I Figur 5.1 ser vi tidsserien for L_{rms} for skudd 5 til 11. I Tabell 5.1 har vi tatt ut maksverdiene for hvert skudd. Vi ser at de tre stasjonene gir forskjellige verdier seg imellom, og at FFI sine verdier skiller seg ytterligere ut.

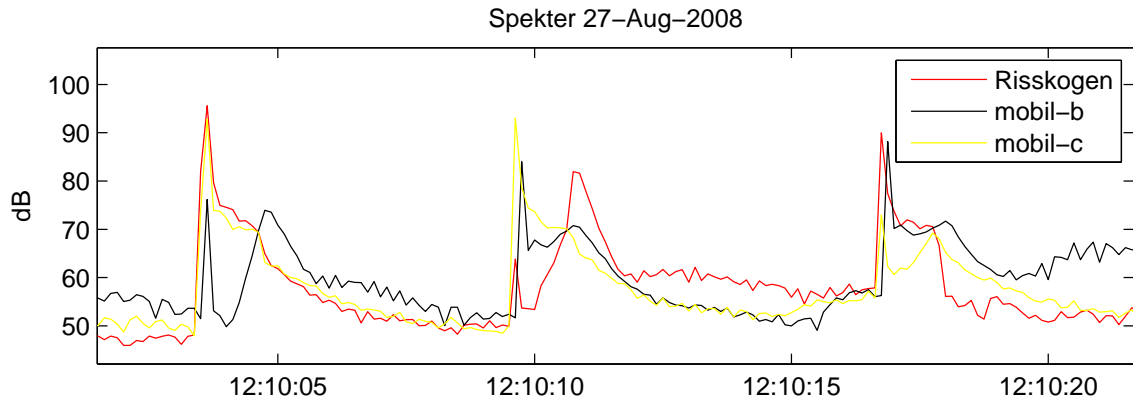


Figur 5.1: L_{rms} fra Spekterfil, skudd 5–11.

skudd	7	8	9	10	11	13	14	15
FFI	98.2	100.2	101.4	101.0	96.6	108.2	108.2	107.8
Risskogen	90.7	89.1	89.2	95.3	96.6	95.6	81.9	90.0
mobil-b	90.1	89.8	85.5	77.2	85.8	73.9	84.0	88.2
mobil-c	89.7	90.6	90.9	90.7	91.3	92.8	93.1	73.0

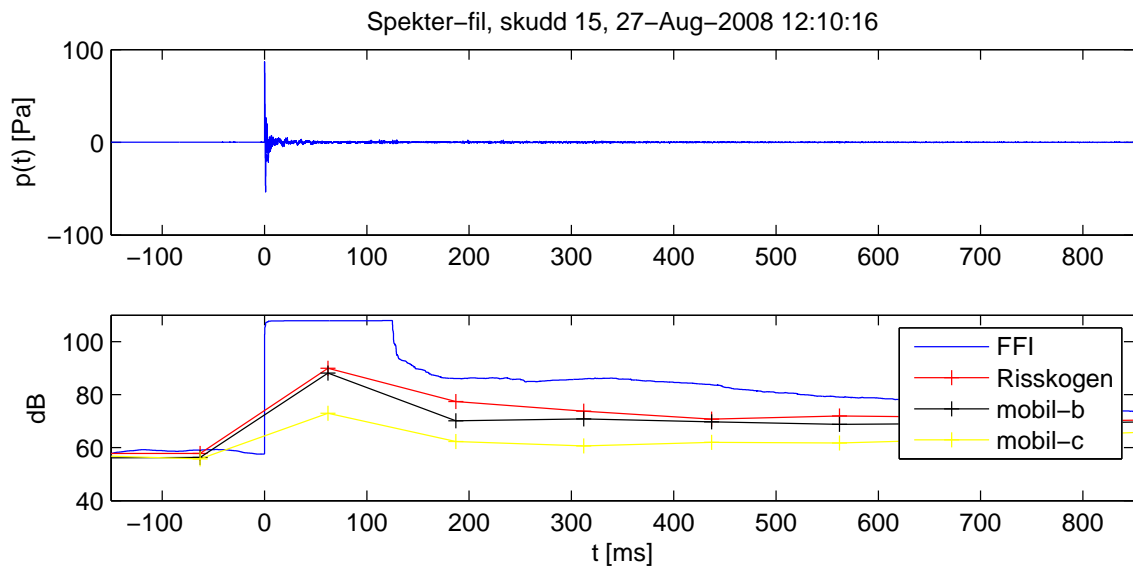
Tabell 5.1: L_{rms} fra Spekterfil fra sammenlignet med tall fra FFI.

Skudd 13–15 ble målt i løpet av kort tid med et noe annet arrangement for lydilden enn for skudd 5–11 (Figur 5.2). Maksverdiene er gitt i Tabell 5.1. Som vi ser er det dårlig overensstemmelse også for disse skuddene.

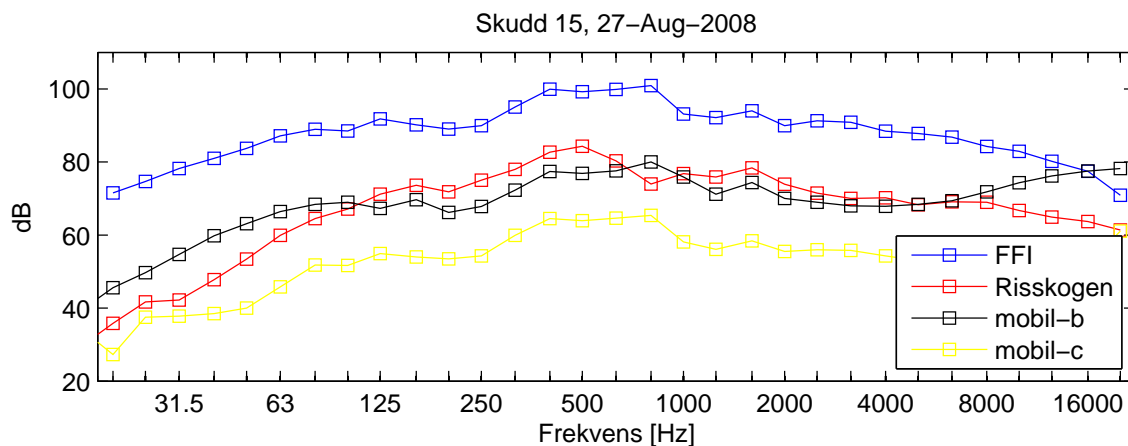


Figur 5.2: L_{rms} fra Spekter-fila fra målestasjonene, skudd 13–15.

I Figur 5.3 ser vi på skudd 15 som ble avfyrt omtrent 12:10:16 i følge Spekter-fila til stasjonen på Risskogen. Her har vi plottet inn målingen gjort av FFI i samme plottet. Det finnes ikke noen måte å synkronisere tidsaksene med millisekund nøyaktighet, så det vil være litt varierende hvor målestasjonene sine punkter ligger i forhold til tidssignalet. Den høyeste verdien er plassert innefor vinduet på 125 ms etter skuddet. Vi ser at mobil-c gir forskjellige verdier fra mobil-b og den stasjonære stasjonen, og at FFI sine verdier er forskjellige fra alle stasjonene. I Figur 5.4 ser vi frekvensinnholdet til skudd 15. Heller ikke her er det spesielt god overensstemmelse, selv om vi ser at toppen i spekteret ligger på omtrent samme frekvens for alle målingene.



Figur 5.3: L_{rms} fra Spekterfil, skudd 15.

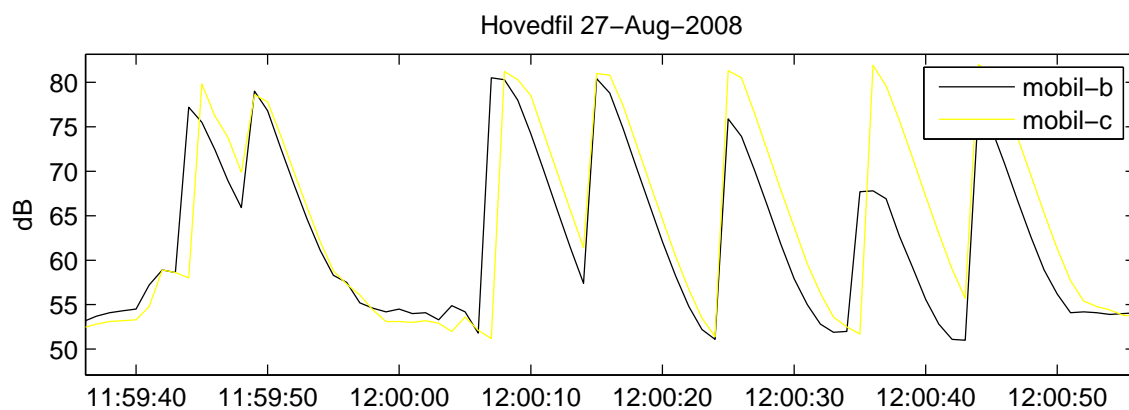


Figur 5.4: 1/3-oktav spekter av L_{rms} fra Spekter-filene, skudd 15.

6 Hovedfil

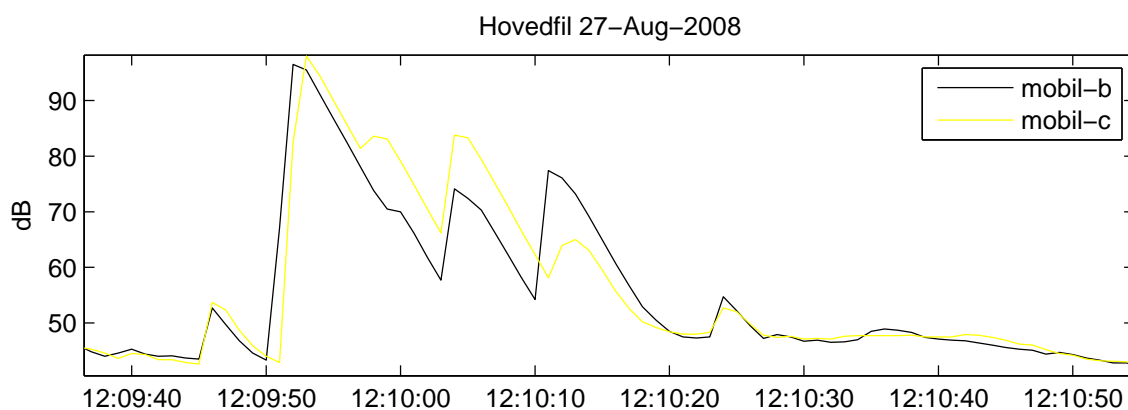
Nivåene i “hoved” er de verdiene som benyttes av Forsvarsbygg og FLO sine medarbeidere. Vi har valgt å se på L_{cs} fordi tidsvektingen her er så langsom at det ikke vil ha vesentlig betydning at nivåene er samlet hvert sekund. Vi ser kun på mobil-b og mobil-c, da den stasjonære stasjonen ikke logget noen hoved-fil.

I Figur 6.1 ser vi L_{cs} for skudd 5–11, og i Figur 6.2 skudd 12–15. Maksverdiene er gitt i Tabell 6.1. Vi ser at mobil-b og mobil-c gir forskjellige resultater som også er forskjellige fra FFI sine målinger.



Figur 6.1: L_{CS} fra Hovedfil, skudd 5–11.

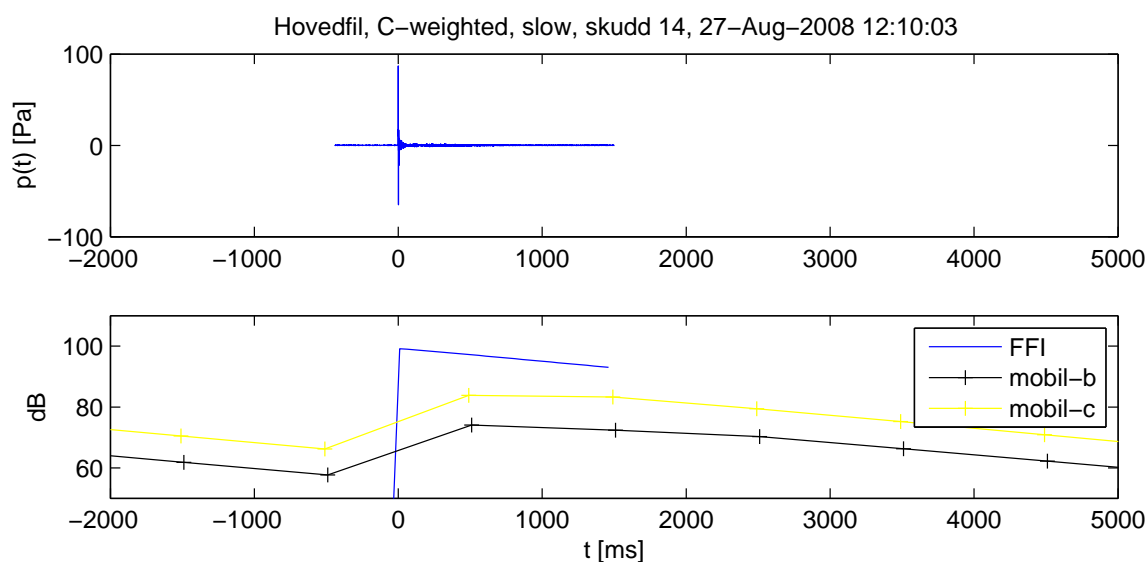
I Figur 6.3 ser vi spesielt på skudd 14.



Figur 6.2: L_{CS} fra Hovedfil, skudd 12–15. Skudd 12 er et dobbeltskudd og “svelger” skudd 13.

skudd	7	8	9	10	11	13	14	15
FFI	88.6	90.8	92.1	91.6	87.0	99.0	99.0	98.5
mobil-b	80.5	80.4	75.9	67.8	76.9	-	74.1	77.4
mobil-c	81.2	81.0	81.3	81.9	82.0	-	83.8	65.0

Tabell 6.1: L_{CS} fra Hovedfil sammenlignet med tall fra FFI.



Figur 6.3: L_{CS} fra Hovedfil, skudd 14.

7 Konklusjoner

Vi har gjort målinger av støynivået fra enkeltskudd 45 m fra en rifle. Støynivåer har blitt beregnet i henhold til standarder. Disse nivåene har blitt sammenlignet med nivåer fra tre av Forsvarsbygg sine målestasjoner. Det er vist at målestasjonene produserer verdier som er ganske langt unna verdiene målt av FFI (omtrent 10–30 dB forskjell). Målestasjonene gir også seg imellom forskjellige verdier (opptil omtrent 20 dB forskjell).

Det er ikke slik at målestasjonene ligger samme antall dB over eller under det korrekte nivået. Feilene som beregnes ser ut til å være avhengige av formen på tidsserien av trykket, på en ikke forutsigbar måte. I målingene som er analysert har målestasjonene gitt for lave verdier. Det er ikke vist at dette vil gjelde ved annen bruk av målestasjonene. Det er vist at målestasjonene ikke beregner støynivået i henhold til standardene.

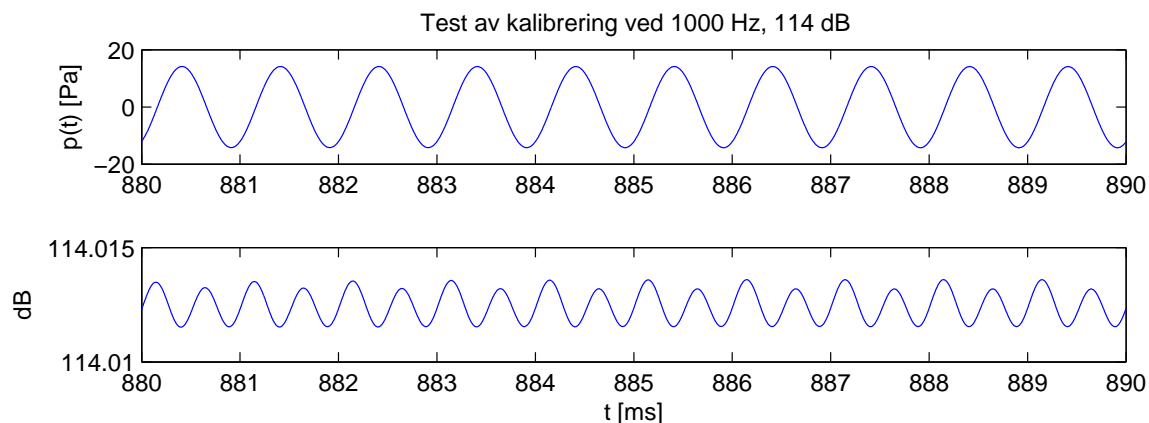
SINTEF IKT ble gjort kjent med innholdet i denne rapporten før den ble publisert, og har allerede utført feilsøking. Det ble da funnet feil i programvaren på målestasjonene. SINTEF IKT har påtatt seg å rette feilen.

Appendiks A Datainnsamling

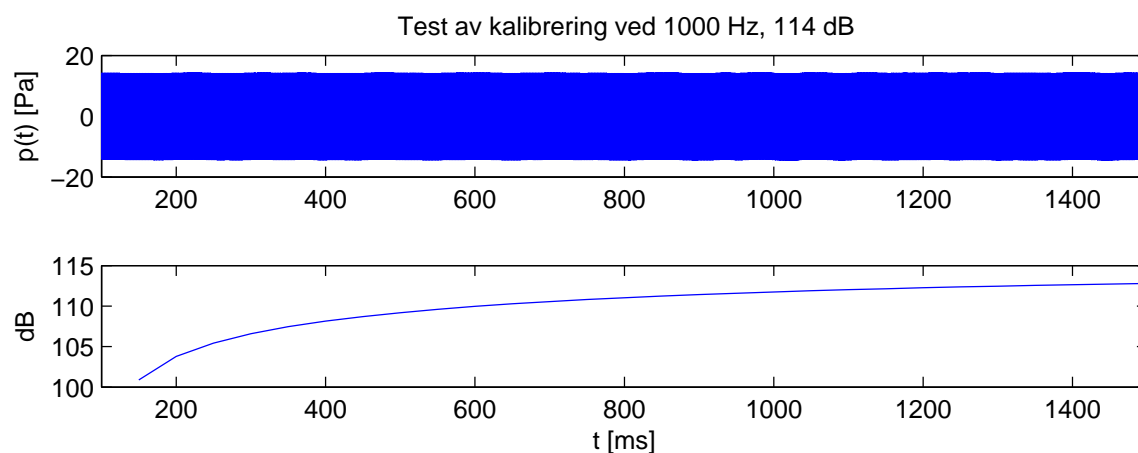
Vi har benyttet 1/2" mikrofoner fra Brüel & Kjær (BK) av typen 4189, koblet til forsterkere av typen BK 2669. Det ble benyttet to mikrofoner. Den andre mikrofonen ga identiske resultater til den det er gitt resultater for i denne rapporten. Mikrofonene er så koblet til kondisjoneringsforsterkere av typen BK nexus 2690. Båndpassfilteret ble stilt til å slippe igjennom signaler fra 20 Hz til 22.4 kHz. Signalet går fra kondisjoneringsforsterkeren i coax-kabel til en datamaskin med et National Instruments datainnsamlingskort av typen NI-PCI 4462. Samlingraten var satt til 204.8 kS/s per kanal. Det ble logget 24-bits data. For å kontrollere oppsettet ble det brukt en kalibrator av typen BK 4231. Denne ble kalibrert av BK 28/3-2006. I Appendiks B ser vi hele måle og analysekjeden anvendt på kalibreringssignalet på 114 dB ved 1000 Hz.

Appendiks B Kalibrering

Vi viser to typer plot i denne rapporten, i tidsdomenet og i frekvensdomenet. I Figur B.1 ser vi et plot i tidsdomenet av målinger med kalibrator tilkoblet. Den blå linja i Figur 5.3 er med andre ord beregnet på nøyaktig samme måte som i Figur B.1. I Figur B.2 ser vi L_{cs} beregnet for kalibratorsignalet.

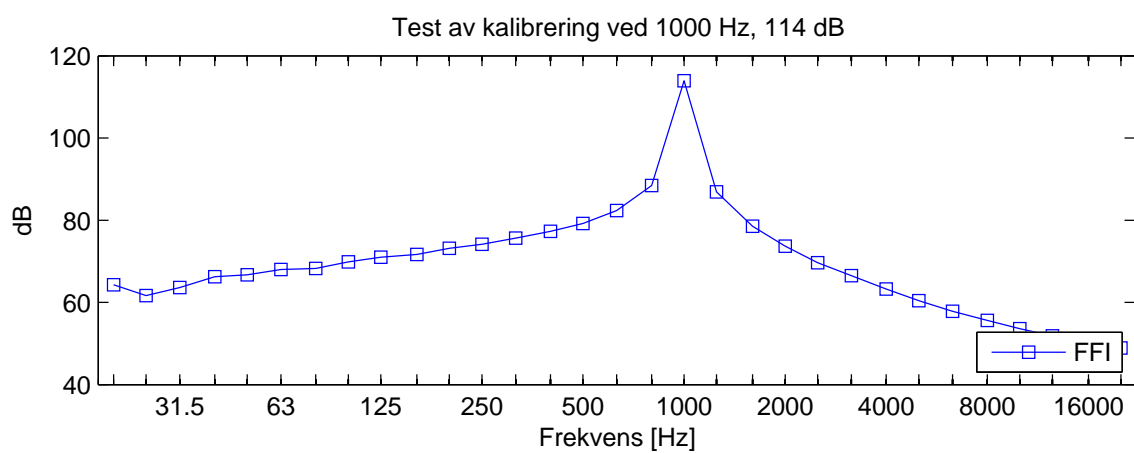


Figur B.1: L_{rms} med kalibratoren tilkoblet.



Figur B.2: Test av L_{CS} med 114 dB, 1000 Hz kalibrator.

I Figur B.3 ser vi med et 1/3-oktav spekter hele systemet sin respons på 125 ms av kalibratorsignalet.



Figur B.3: 1/3-oktav spekter av L_{rms} med kalibratoren tilkoblet i 125 ms.

Referanser

- [1] M. Huseby, K. O. Hauge, E. Andreassen, and N. I. Nilsen. Målinger av lydtrykket nær M109, 155 mm felthaubits. FFI-rapport 2007/01450, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [2] M. Huseby. Noise emission data for M109, 155 mm field howitzer. FFI-rapport 2007/02530, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [3] IEC 61672-1. Electroacoustics – sound level meters – part 1: Specifications, 2002.
- [4] M. Huseby, B. Hugsted, I. Dyrdal, H. Fykse, and A. Jordet. Målinger av lydtrykket nær lette våpen, Terningmoen, revidert utgave. FFI/RAPPORT - 2006/00260, Norwegian Defence Research Establishment, 2006.
- [5] H. Olsen. SINTEF IKT, private correspondence, september 2008.