



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

23/01365

FFI-RAPPORT

Trykkbelastning på personell ved bruk av 84 mm Carl Gustaf rekylfri kanon

Audun Bjerke

Trykkbelastning på personell ved bruk av 84 mm Carl Gustaf rekylfri kanon

Audun Bjerke

Emneord

Feltforsøk
Hørselskader
Hjerneskader
Rekylfrie våpen
Luftsjokk
Trykkmåling

FFI-rapport

23/01365

Prosjektnummer

1581

Elektronisk ISBN

978-82-464-3507-7

Engelsk tittel

Blast load on personnel using 84 mm Carl Gustaf recoilless rifle

Godkjenner

Morten Huseby, *forskningsleder*

Halvor Ajer, *forskningssjef*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett / Copyright

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammendrag

Militært personell eksponeres for sjokkbølger i mange ulike situasjoner som ved eksplosjoner fra sprengstoff, ved bruk av skulderavfyrte våpen og bruk av grovkalibret rifle og indirekte ild som artilleri og bombekastere. Slik eksponering kan skade kroppens organer avhengig av sjokkbølgens styrke og form.

For å øke det empiriske grunnlaget målte vi trykket ved ulike posisjoner i nærheten av en 84 mm Carl Gustaf rekylfri kanon (RFK) under et instruktørkurs. Vi målte på ulike avstander, vinkler og høyder, og vi vurderte resultatene opp mot skadekriteriene for indre organer.

Målingene viste at det finnes områder i nærheten av RFK-en hvor trykkpåvirkningen overstiger skadekriteriene som er satt, selv utenfor det farlige området som definert i UD 2-1 Forsvarets sikkerhetsbestemmelser for landmilitær virksomhet.

Summary

Military personnel are exposed to blast overpressure in many situations such as being near explosions, using shoulder-mounted weapons and sniper rifles and indirect fire like artillery and mortars. The shockwave from this kind of exposure can cause injury if it is strong enough or has a specific shape.

To increase our empirical knowledge, we measured the pressure at different positions close to an 84 mm Carl Gustaf recoilless rifle during use. We then reviewed injury criteria for internal organs in light of the recorded data.

Our results showed that there are areas close to the Carl Gustaf rifle where the exposure to blast overpressure exceeds the injury criteria, even outside the area marked as dangerous in the Norwegian Armed Forces safety regulations, 'UD 2-1 Forsvarets sikkerhetsbestemmelser for landmilitær virksomhet'.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning	7
2 Skadekriterier	8
2.1 Hørselsskade	9
2.2 Hjerneskode	10
3 Testoppsett og resultater	11
3.1 Trykkbelastning på ulike avstander fra våpenet	15
3.1.1 90° ut fra skyteretningen	15
3.1.2 60° ut fra skyteretningen	18
3.1.3 45° ut fra skyteretningen	20
3.1.4 30° ut fra skyteretningen	21
3.2 Trykkbelastning under hjelmen til skytter	23
4 Sammendrag og konklusjon	25
Vedlegg	28
A Trykkinhistorier	28
Referanser	39



1 Innledning

Militært personell eksponeres for trykkbølger i mange ulike situasjoner som ved eksplosjoner fra sprengstoff, bruk av skulderavfyrte våpen, bruk av grovkalibret rifle eller indirekte ild som artilleri og bombekastere. Slik eksponering vil kunne skade kroppens organer, avhengig av sjokkbølgens styrke og form. Det er imidlertid mange usikkerhetsmomenter som påvirker risikoen for personellet.

- De fysiologiske årsakssammenhengene er ikke helt kartlagt for alle kroppens organer.
- Trykkbølgen fra ulike våpen er ikke systematisk kartlagt.
- Omgivelsene som et gitt våpen benyttes i vil påvirke hvordan trykkbølgen utvikler seg.

Det er kommet tilbakemeldinger fra Hærens Våpenskole (HVS) om at personell etter treningssituasjoner med våpensystemer som forårsaker høye trykk opplever forbigående symptomer som hodepine, utmattelse, svimmelhet og konsentrasjonsvansker. På bakgrunn av dette er det derfor et ønske om å kartlegge trykkutviklingen i området rundt våpen som kan tenkes å skape høye trykk rundt avfyringsposisjonen.

Et eksempel på et våpen som genererer et høyt trykk ved avfiring er det skulderavfyrte våpenet 84 mm Carl Gustaf rekylfri kanon (RFK). Kruttgassen som driver prosjektilet, vil skape en trykkbølge som påvirker personellet i nærheten, men lite er kjent om amplituden til bølgen. For å øke kunnskapsgrunnlaget om trykkbølgen fra dette våpenet gjennomførte FFI og HVS derfor en trykkmålingskampanje i forbindelse med et instruktørkurs. Under den praktiske skytingen på dette kurset ble det målt trykk under hjelmen på skytteren, samt på siden av våpenet ved ulike avstander og vinkler. I Figur 1.1 ser vi en soldat som tester stillingen før skytingen starter.



Figur 1.1 Soldat finner liggestilling og sikter seg inn på målet.

I kapittel 2 beskrives de ulike skadekriteriene som vil bli benyttet for å tallfeste trykkpåvirkningen for henholdsvis hørsel og hjerne og testoppsettet, og resultater blir redegjort for i kapittel 3.

2 Skadekriterier

Ekspløsjoner kan skade personell gjennom flere ulike mekanismer, da spesielt gjennom fragmenter eller interaksjonen mellom trykkbølger og kroppens organer. Vi vil i denne rapporten fokusere på sistnevnte effekt da dette er mest relevant ved bruk av et skulderavfyrt våpen som RFK.

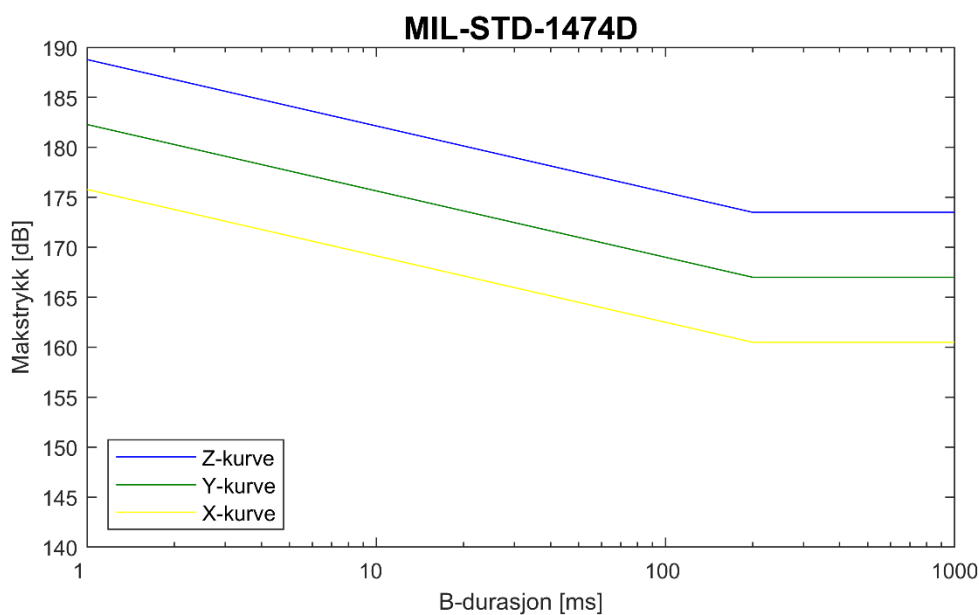
De organene som er mest utsatt for en trykkbølge er lungene, øret og hjernen. Målingene viste at de observerte trykkene er langt unna å kunne forårsake lungekollaps eller lungeemboli så vi vil i denne rapporten fokusere på virkningen på øre og hjerne.

2.1 Hørselsskade

I analysen av resultatene har vi har benyttet oss av grenseverdiene for hørselsskader som er definert i MIL-STD-1474D (1). MIL-STD-1474D knytter makstrykk, B-durasjon og hvorvidt det benyttes enkelt eller dobbelt hørselsvern opp mot hvor mange eksponeringer man kan utsettes for per døgn. B-durasjon er litt forenklet den tiden impulsstøynivået er over et nivå som er 20 dB lavere enn makstrykket og er således et mål på varigheten av impulsstøyen.

Grenseverdiene som angis i standarden baserer seg på et arbeid publisert av U.S. National Academy of sciences Committee on Hearing, Bioacustics, and Biomechanics (CHABA) i 1968 (2) hvor det temporære terskelskiftet (TTS¹) i hørselen ble målt hos personell med og uten hørselsvern som var eksponert for trykket fra våpenskudd.

I Figur 2.1 er grenseverdiene for ulike belastninger illustrert ved å plote maksimalt lydtrykk som funksjon av B-durasjon ved ulikt antall eksponeringer per døgn. Den blå Z-kurven angir den største belastningen personell kan utsettes for ved 100 eksponeringer per døgn ved bruk av dobbelt hørselsvern eller 5 eksponeringer per døgn ved bruk av enkelt hørselsvern. En oversikt over maksimalt antall eksponeringer for kombinasjoner av belastning og type hørselsvern er angitt i Tabell 2.1.



Figur 2.1 Grenseverdiene i MIL-STD-1474D.

¹ TTS: Temporært terskelskifte er en forbigående reduksjon av hørselen som oppstår etter eksponering av høy støy.

Tabell 2.1 *Maksimalt antall eksponeringer per døgn for ulike kombinasjoner av hørselsvern og belastning.*

	Uten hørselsvern	Enkelt hørselsvern	Dobbelt hørselsvern
Z-kurve (blå)	0	5	100
Y-kurve (grønn)	0	100	2 000
X-Kurve (gul)	0	2 000	40 000

MIL-STD-1474D er fra 1997 og er i USA erstattet med en helt ny metode i MIL-STD-1474E. Denne er imidlertid langt mer kompleks og metoden baserer seg på bruk av et program hvor man ikke har innsikt i koden. Algoritmen som benyttes er AHAH (Auditory Hazard Assessment Algorithm for Humans). Derfor har vi allikevel valgt å benytte MIL-STD-1474D for å kvantifisere impulsstøyen. Sammenligninger mellom de to metodene viste at MIL-STD-1474D gjennomgående anbefaler lavere grenseverdier og antall avsetninger som soldater bør utsettes for.

2.2 Hjerneskade

I de senere årene har forskningen påvist en reduksjon av de kognitive ferdighetene til personell som er eksponert for trykkbølger. Dette skjer også ved trykkbølger av relativt lav styrke hvor det ikke oppleves noe øyeblikkelig ubehag (3). Man kjenner foreløpig ikke til hvilke skadevirkningsmekanismer som virker og hva slags og hvor store trykkbølger som kan forårsake skade. Men i det amerikanske forsvaret (4) opereres det nå med en grenseverdi på 4 psi, som tilsvarer 27.6 kPa eller 182.8 dB, hvor risikoreduserende tiltak skal vurderes etter en helhetsvurdering av aktiviteten som forårsaker trykkbelastningen. Vi benytter oss derfor av dette som en grenseverdi i trykkmålingene for å illustrere trykkpåvirkning som er av størrelse som kan være skadelig for hjernen.

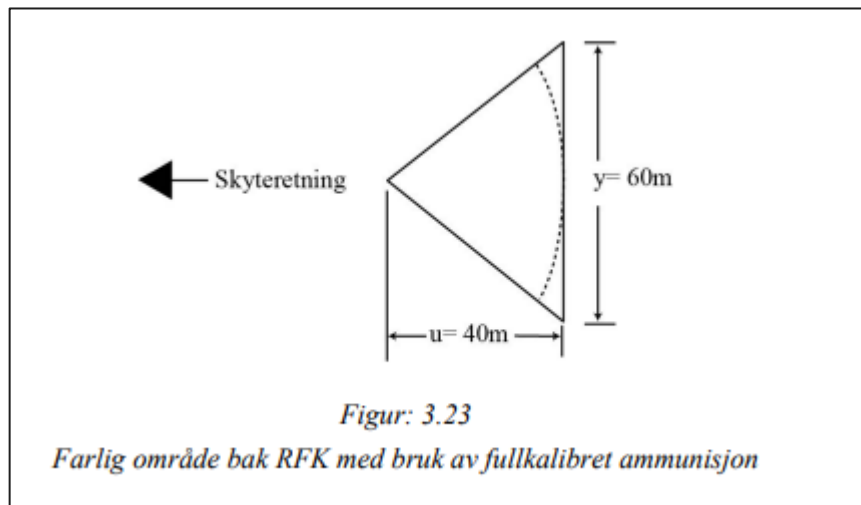
3 Testoppsett og resultater

Det ble skutt med 84 mm Carl Gustaf Mk II og sprenggranater som vist i Figur 3.1.



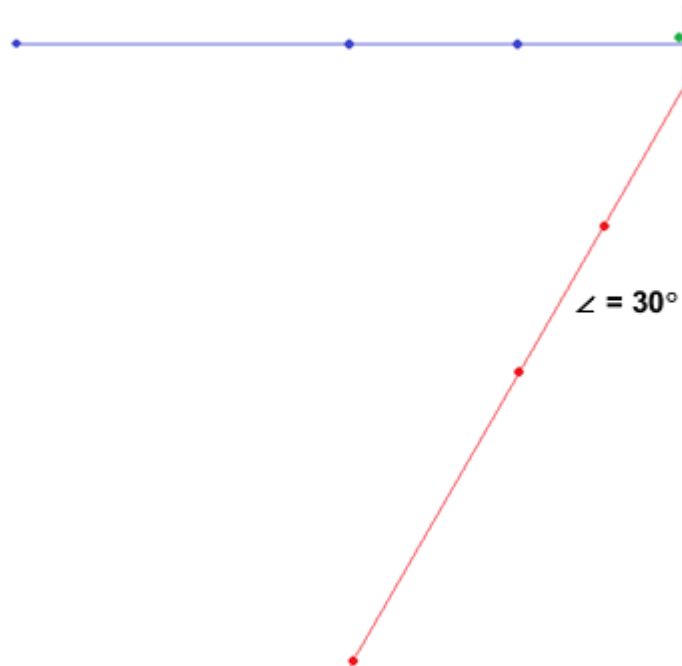
Figur 3.1 Sprenggranaten som ble benyttet under skytingen.

Målingene ble utført på PV-banen i Region Østlandet 27. oktober 2021, hvor det ble satt opp en sensorrekke ved tre ulike avstander fra våpenet. Denne sensorrekken ble flyttet etter tre skudd til en annen vinkel for på denne måten å kartlegge trykkutbredelsen ved ulike vinkler. De ulike måleseriene benevnes med vinkelen ut fra skyteretningen. Følgende måleserier ble utført: $\angle 90^\circ$, $\angle 60^\circ$, $\angle 45^\circ$ og $\angle 30^\circ$. I Forsvarets sikkerhetsbestemmelser for landmilitær virksomhet (UD 2-1) (5) defineres det farlige området bak RFK som vist i Figur 3.2. Vi har dermed tre måleserier som ligger utenfor det farlige området og en måleserie som ligger rett på innsiden (vinkel for farlig område i UD 2-1 vil være $\angle 36.9^\circ$ ved bruk av fullkalibret ammunisjon).



Figur 3.2 Farlig område bak RFK Carl Gustaf, hentet fra UD 2-1, side 130.

Sensorene ble satt opp til å måle trykket ved 170 cm høyde, hvilket korresponderer til typiske posisjoner på hodet til stående personell. Det ble også foretatt en måleserie på 35 cm høyde ved $\angle 90^\circ$ for å måle i hodeposisjoner typisk for liggende personell. Avstandene det ble målt på var 2.5, 5 og 10 meter for alle måleseriene. Dette ble målt fra midt på våpenet for $\angle 90^\circ$ og fra bakkanten av våpenet for $\angle 60^\circ$, $\angle 45^\circ$ og $\angle 30^\circ$. Figur 3.3 illustrerer måleoppsettet sett ovenfra for to ulike retninger, $\angle 90^\circ$ i blått og $\angle 30^\circ$ i rødt. Våpenet var montert i en bukk, slik at posisjonen til våpenet vil være lik for alle skuddene.



Figur 3.3 Fugleperspektiv av sensoroppsettet for $\angle 30^\circ$ (rød) og $\angle 90^\circ$ (blå).

Trykket ble logget ved hjelp av trykksensorer av typen PCB 102A05, montert ned i en rundstokk med diameter 25 mm. Disse ble igjen festet ned i konstruksjonsvirke (45 x 45 mm) som var plassert i stabile kråkeføtter som vist i Figur 3.4. Lengden på rundstokken var økende i retning skytter (18, 89 og 129 cm) for at sensorstativet skulle påvirke trykkutbredelsen minst mulig. For stativet som målte trykket på høyden 35 cm var lengden på rundstokken 7 cm for alle tre stativene.



Figur 3.4 Oppsatt sensorrekke for $\angle 90^\circ$ til venstre og nærbilde av sensorplassering i rundstokk til høyre.

I tillegg ble det plassert en trykksensor i den innvendige foringen på en hjelm som ble benyttet av skytteren, dette for å måle trykkhistorien under hjelmen.



Figur 3.5 Instrumentert hjelm med trykksensor.

Sensorene ble koblet til en signalforsterker, PCB 482C16, ved coaxkabler og videre til en NI PXIe-1082 PC med et 24-bit NI PXI-4462 loggekort. Trykket ble registrert med en frekvens på 204 800 Hz. Tidsseriene av trykket ble lavpassfiltrert (i Matlab) gjennom et Bessel-filter av orden 8 med kuttfrekvens 40 kHz og fra disse fant vi makstrykk og B-durasjon som definert i MIL-STD-1474D. Alle tidsseriene kan finnes i vedlegg A.

3.1 Trykkbelastning på ulike avstander fra våpenet

Under målingene opplevde vi at resultatene fra sensoren som ble benyttet på 5 meter hadde en svakhet i seg ved at målingene kort tid etter at sjokkfronten hadde passert fikk uforklarlige størrelser. Vi har derfor valgt å kutte dataene fra denne sensoren 117 ms etter at målingene har startet, slik får vi med oss den første sjokkfronten og amplituden (makstrykket).

3.1.1 90° ut fra skyteretningen

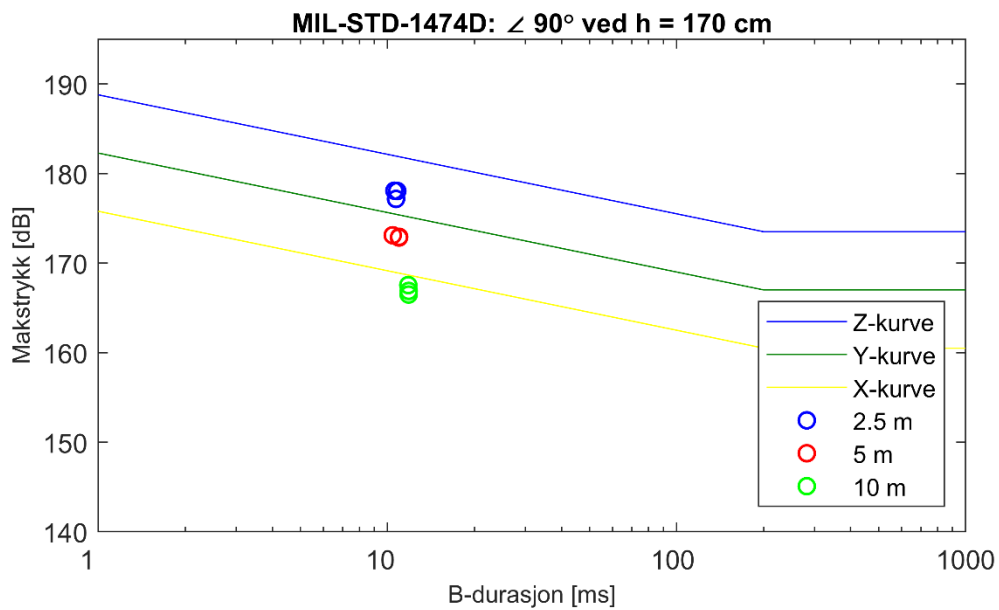
Vinkelrett ut fra våpenet, $\angle 90^\circ$, ble det utført 2 måleserier:

- Sensorene plassert i typisk hodehøyde for en stående soldat ($h = 170$ cm).
- Sensorene ved typisk hodehøyde for en liggende soldat ($h = 35$ cm).

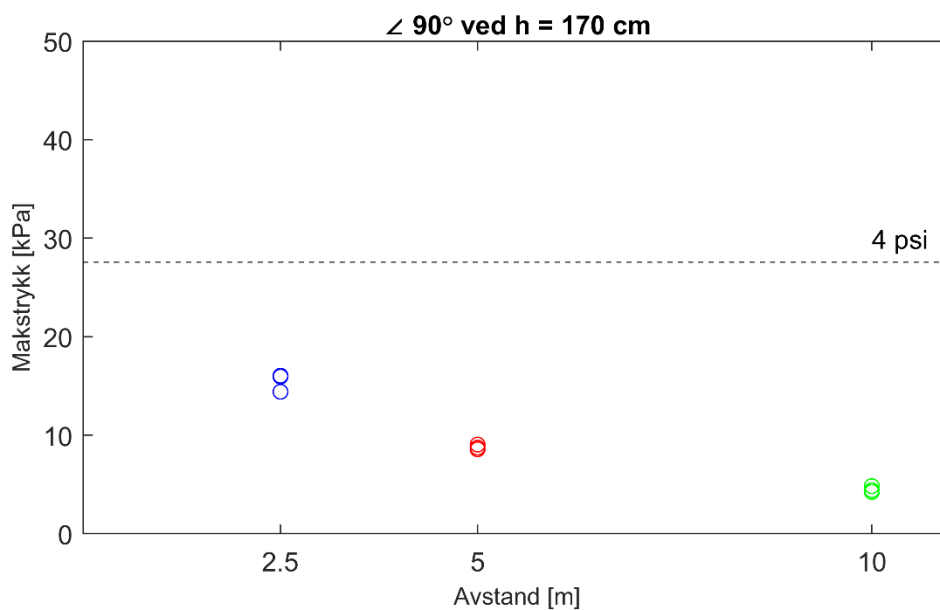
Hver måleserie bestod av 3 skudd og gjennomsnittsverdier for de målte størrelsene ved de ulike avstandene for måleserien ved $h = 170$ cm er lagt inn i Tabell 3.1. Impulsstøy fra MIL-STD-1474D de 3 skuddene i måleserien ved $h = 170$ cm er vist i Figur 3.6 og Figur 3.7 viser maksimal verdi for trykkhistorien for alle skuddene i måleserien ved de ulike avstandene.

Tabell 3.1 Gjennomsnittsverdier for måleserien $\angle 90^\circ$ ved høyde 170 cm.

Avstand [m]	P_{MAX}		B-durasjon [ms]
	[kPa]	[dB]	
2.5	15.5	177.8	10.7
5	8.9	173.0	10.8
10	4.5	167.0	11.8



Figur 3.6 Impulsstøy for de tre skuddene for $\angle 90^\circ$ ved høyde 170 cm.

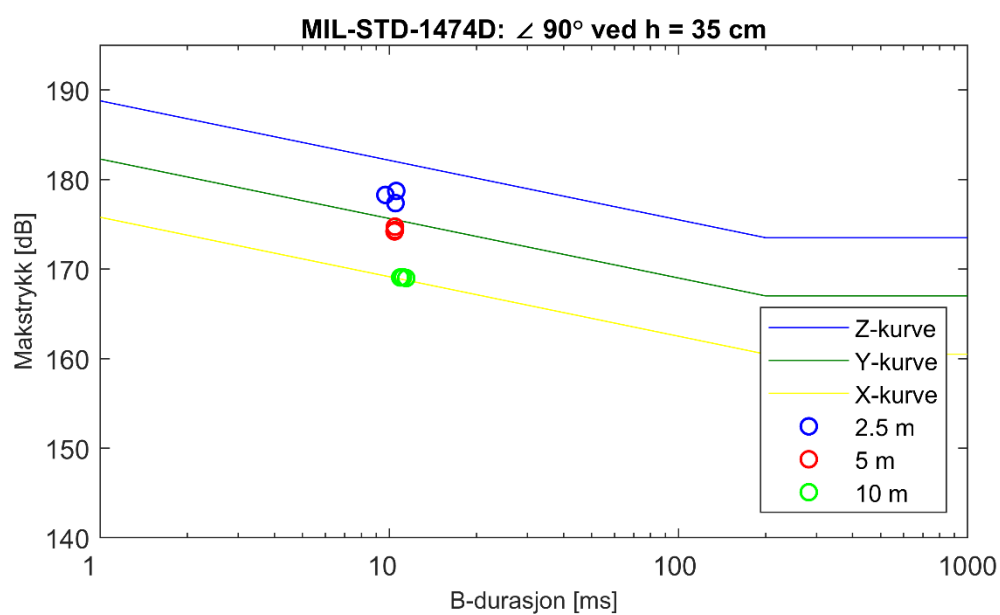


Figur 3.7 Makstrykk for de tre skuddene for $\angle 90^\circ$ ved høyde 170 cm.

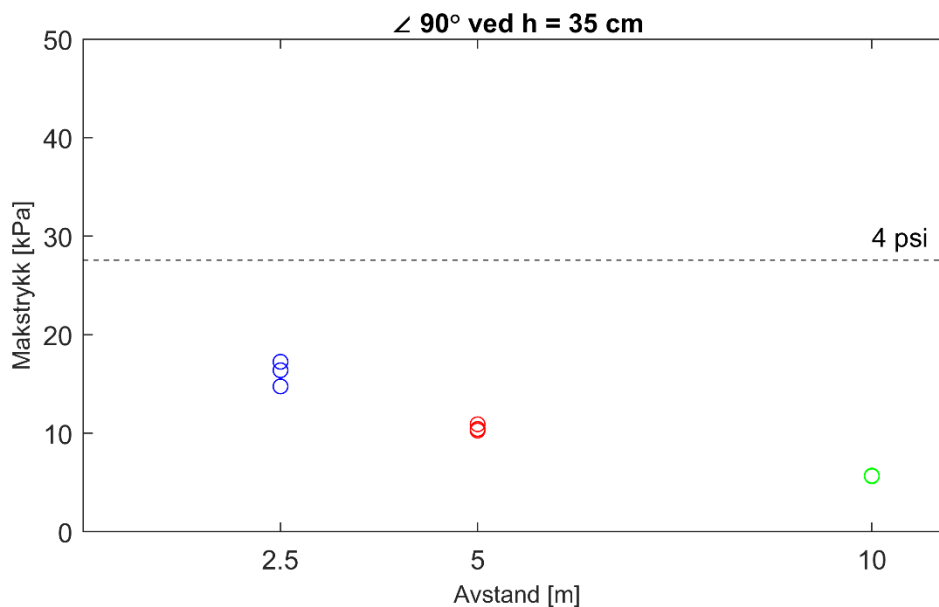
Tilsvarende ble gjort for måleserien hvor sensorene var plassert ved $h = 35$ cm. Gjennomsnittsverdier for disse målingene er lagt inn i Tabell 3.2. Impulsstøy fra MIL-STD-1474D for de 3 skuddene i måleserien ved $h = 35$ cm er vist i Figur 3.8 og Figur 3.9 viser maksimal verdi for trykkhistorien for alle skuddene i måleserien ved de ulike avstandene.

Tabell 3.2 Gjennomsnittsverdier for måleserien $\angle 90^\circ$ ved høyde 35 cm.

Avstand [m]	P_{MAX}		B-durasjon [ms]
	[kPa]	[dB]	
2.5	16.1	178.1	10.2
5	10.5	174.4	10.4
10	5.7	169.9	11.1



Figur 3.8 Impulsstøy for de tre skuddene for $\angle 90^\circ$ ved høyde 35 cm.



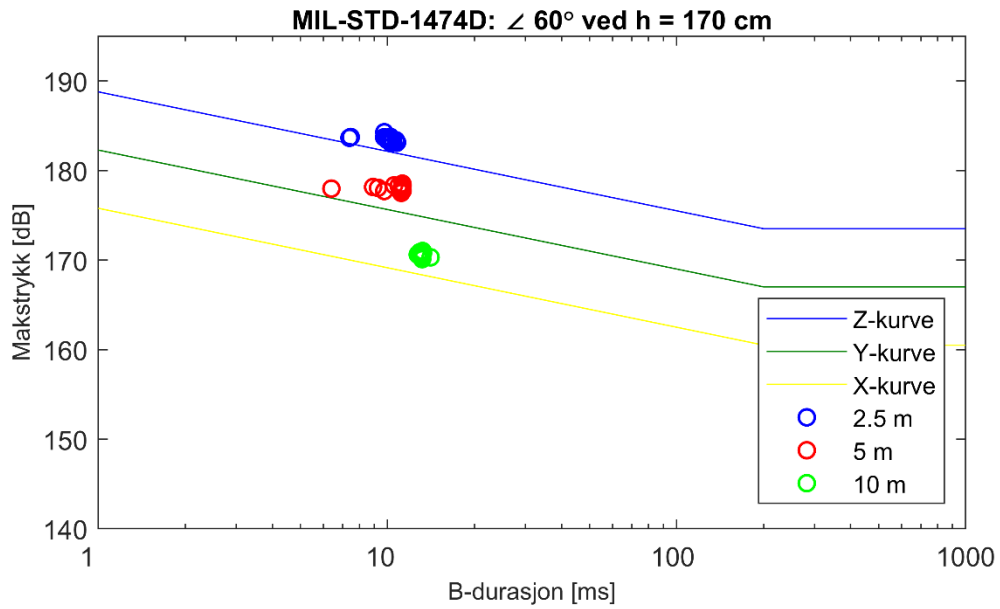
Figur 3.9 Makstrykk for de tre skuddene for $\angle 90^\circ$ ved høyde 35 cm.

3.1.2 60° ut fra skyteretningen

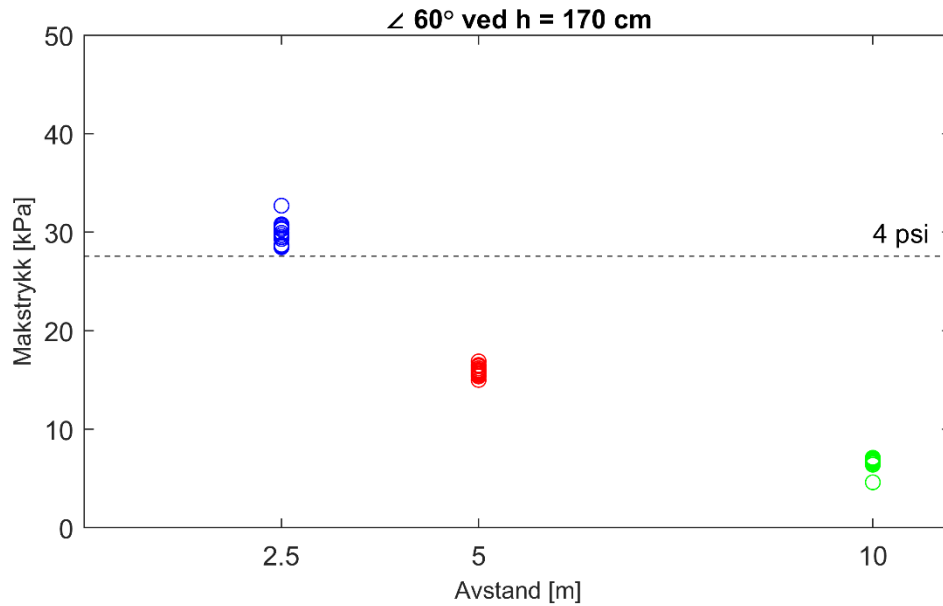
Det ble gjennomført 18 skudd i måleserien hvor sensorrekken var plassert 60 grader ut fra skyteretningen, $\angle 60^\circ$. Grunnen til at det ble utført flere skudd for $\angle 60^\circ$ er at dette var den siste måleserien. Samtidig foregikk det et annet eksperiment som krevde et større datasett, så for å få tid til alle skuddene måtte sensorstativene stå de siste 18 skuddene. Alle målingene ble gjort med sensorene plassert 170 cm over bakken. Gjennomsnittsverdier for disse målingene er lagt inn i Tabell 3.3. Figur 3.10 viser impulsstøy fra MIL-STD-1474D og maksimal verdi for trykkihistorien for alle skuddene i måleserien ved de ulike avstandene er plottet i Figur 3.11.

Tabell 3.3 Gjennomsnittsverdier for måleserien $\angle 60^\circ$ ved høyde 170 cm.

Avstand [m]	P_{MAX}		B-durasjon [ms]
	[kPa]	[dB]	
2.5	30.0	183.5	9.9
5	15.9	178.0	10.6
10	6.8	170.6	13.1



Figur 3.10 Impulsstøy for de 18 skuddene for $\angle 60^\circ$ ved høyde 170 cm.



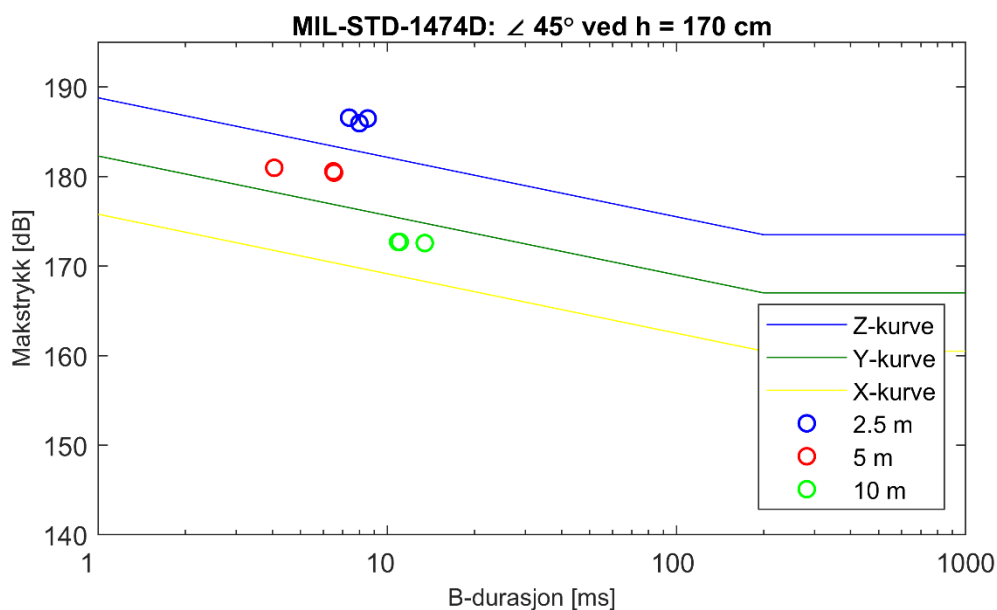
Figur 3.11 Makstrykk for de 18 skuddene for $\angle 60^\circ$ ved høyde 170 cm.

3.1.3 45° ut fra skyteretningen

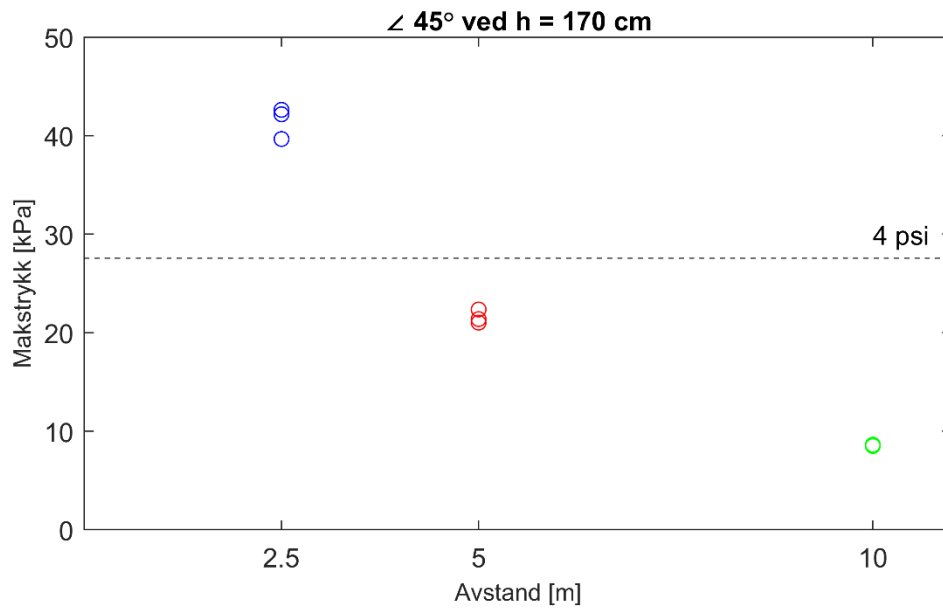
Det ble gjennomført tre skudd i måleserien hvor sensorrekken var plassert 45 grader ut fra skyteretningen, $\angle 45^\circ$. Alle målingene ble gjort med sensorene plassert 170 cm over bakken. Gjennomsnittsverdier for disse målingene er lagt inn i Tabell 3.4. Figur 3.12 viser impulsstøy fra MIL-STD-1474D og maksimal verdi for trykkhistorien for alle skuddene i måleserien ved de ulike avstandene er plottet i Figur 3.13.

Tabell 3.4 Gjennomsnittsverdier for måleserien $\angle 45^\circ$ ved høyde 170 cm.

Avstand [m]	P_{MAX}		B-durasjon [ms]
	[kPa]	[dB]	
2.5	41.5	186.3	8.0
5	21.6	180.7	5.7
10	8.6	172.7	11.8



Figur 3.12 Impulsstøy for de tre skuddene for $\angle 45^\circ$ ved høyde 170 cm.



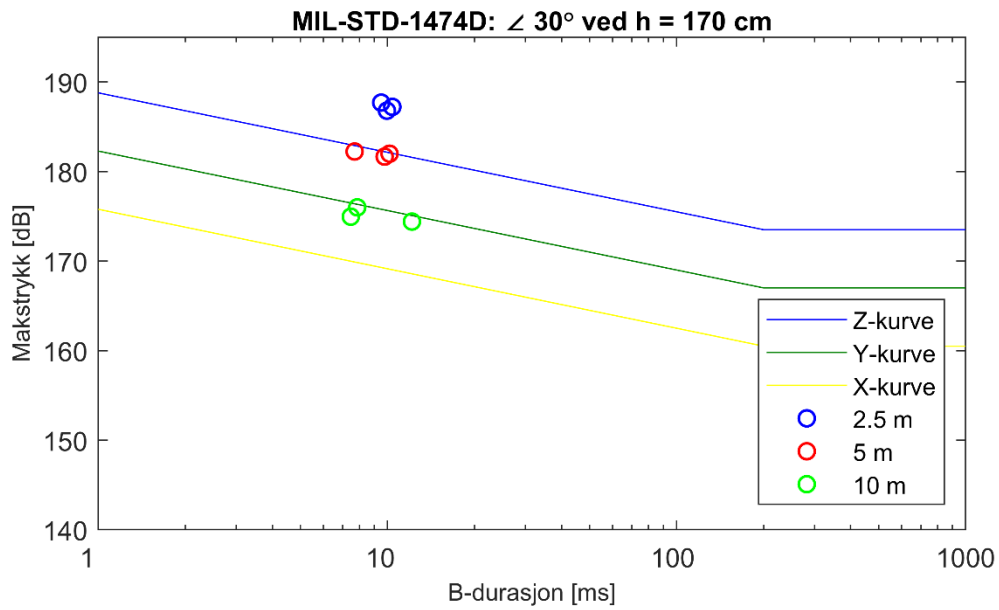
Figur 3.13 Makstrykk for de tre skuddene for $\angle 45^\circ$ ved høyde 170 cm.

3.1.4 30° ut fra skyteretningen

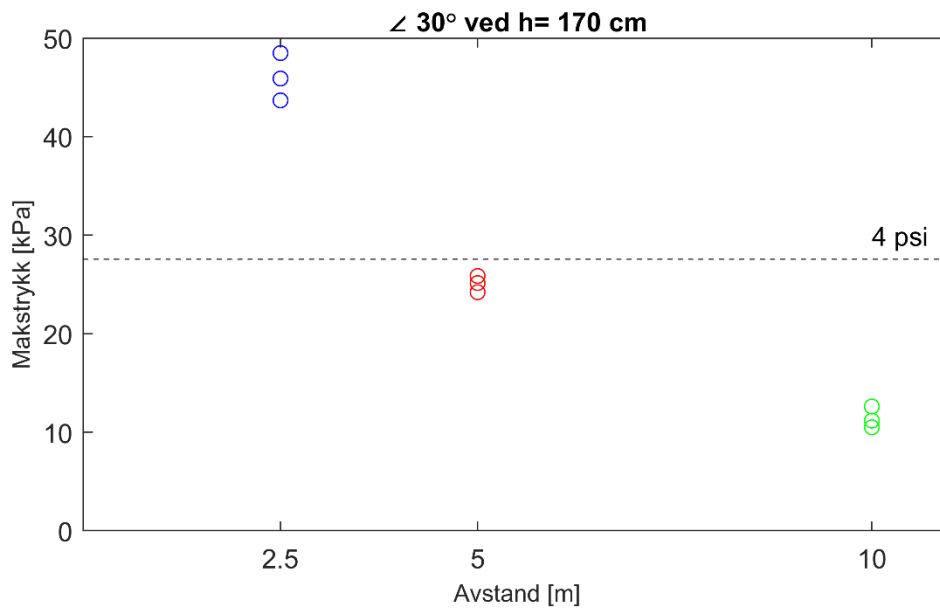
Det ble gjennomført tre skudd i måleserien hvor sensorrekken var plassert 30 grader ut fra skyteretningen, $\angle 30^\circ$. Alle målingene ble gjort med sensorene plassert 170 cm over bakken. Gjennomsnittsverdier for disse målingene er lagt inn i Tabell 3.5. Figur 3.14 viser impulsstøy fra MIL-STD-1474D og maksimal verdi for trykkihistorien for alle skuddene i måleserien ved de ulike avstandene er plottet i Figur 3.15.

Tabell 3.5 Gjennomsnittsverdier for måleserien $\angle 30^\circ$ ved høyde 170 cm.

Avstand [m]	P_{MAX}		B-durasjon [ms]
	[kPa]	[dB]	
2.5	46.0	187.2	10.0
5	25.1	182.0	9.2
10	11.4	175.1	9.2



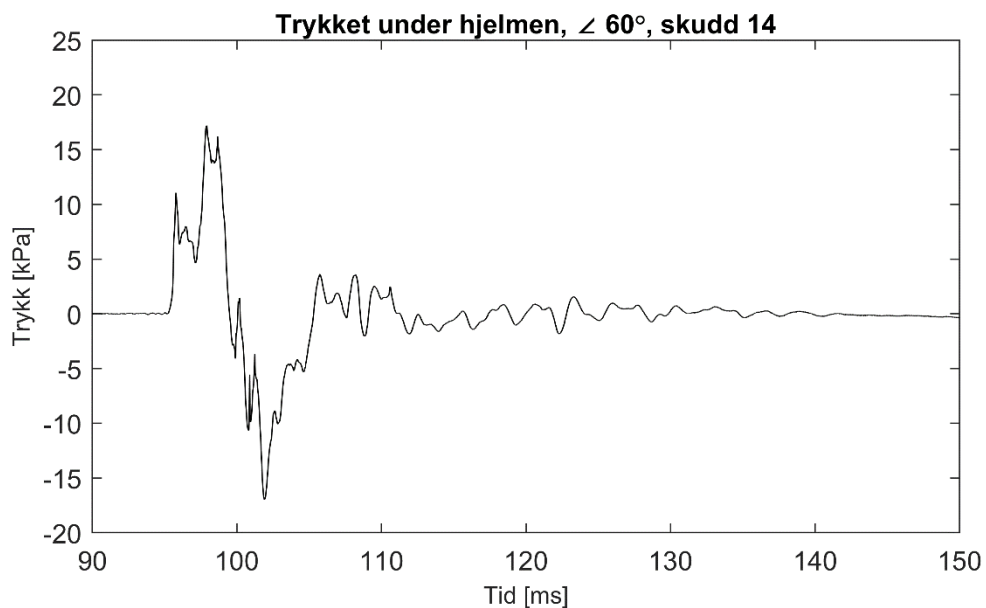
Figur 3.14 Impulsstøy for de tre skuddene for $\angle 30^\circ$ ved høyde 170 cm.



Figur 3.15 Makstrykk for de tre skuddene for $\angle 30^\circ$ ved høyde 170 cm.

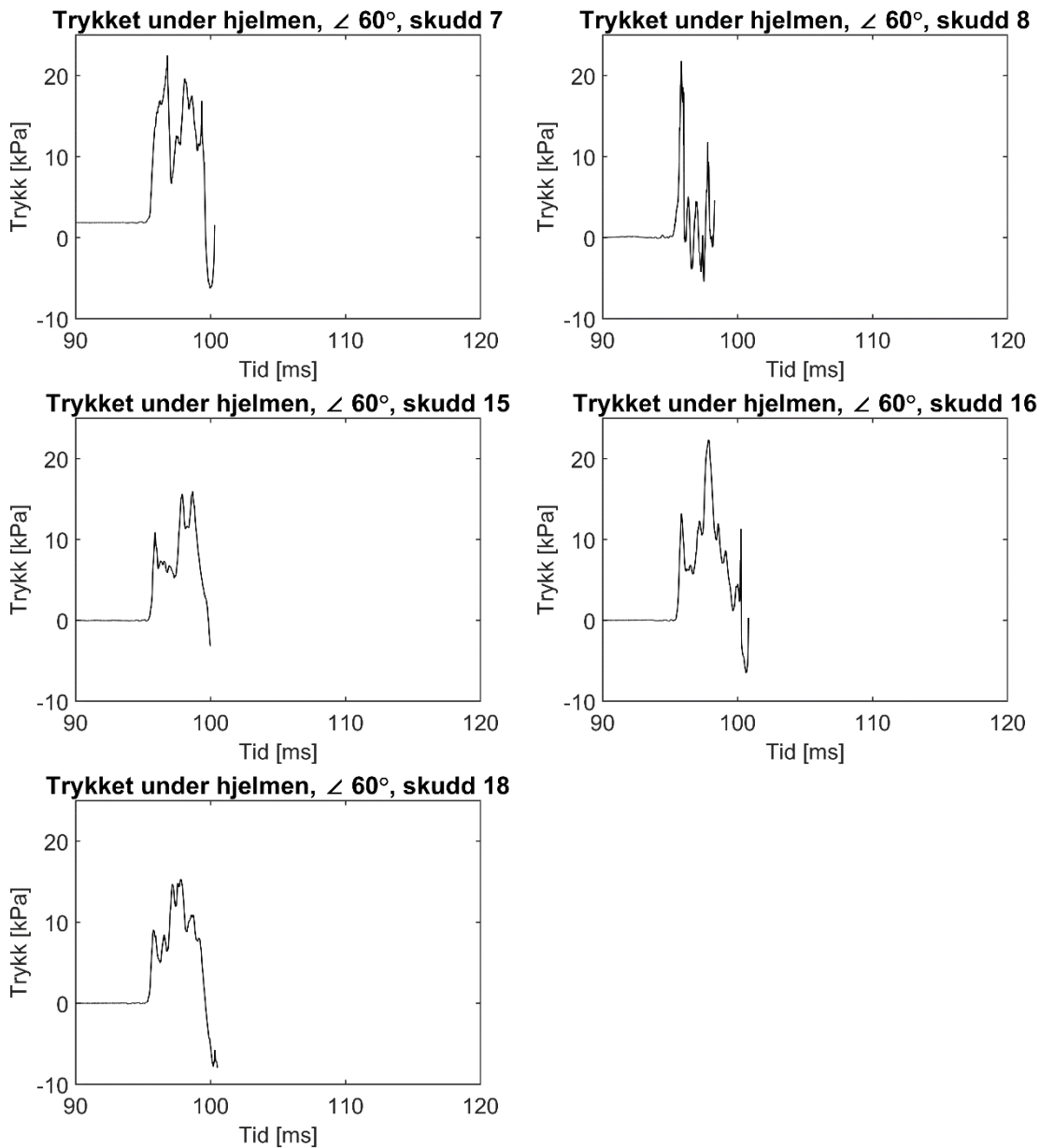
3.2 Trykkbelastning under hjelmen til skytter

Dessverre viste det seg at sensoren som var plassert i hjelmen til skytteren var utsatt for vibrasjoner som forårsaket at resultatene fra trykkmålingene ble irrelevante. Ved bytte av måleposisjoner ble det derfor også forsøkt å justere sensoren i den innvendige foringen. Ved inspeksjon av de registrerte trykkmålingene etter endt målekampanje viste det seg at vi fikk registrert en full trykkmåling uten forstyrrelser som er vist i Figur 3.16.



Figur 3.16 Trykkihistorie under hjelmen.

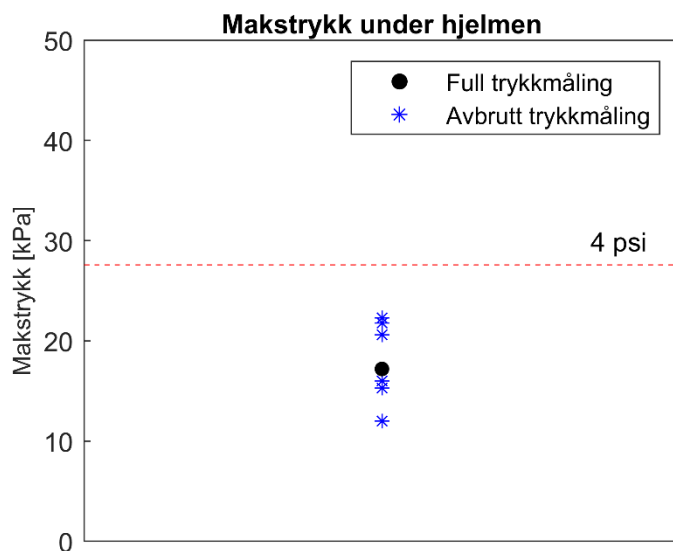
Ved å studere trykkihistoriene til de resterende skuddene ble det funnet ytterligere 5 målinger hvor vi kan anta at amplituden til trykket er passert før resultatene blir befunnet med støy. Bakgrunnen for denne antagelsen er at alle seriene kommer fra samme måleserie, ∠ 60°, slik at triggerpunktet er på samme sensorposisjon for alle skuddene og vi kan benytte dette til utlede at trykktoppen har passert når tiden er 100 ms. Disse målingene er plottet i Figur 3.17.



Figur 3.17 Trykkhistorien under hjelmen for de skuddene hvor det ble delvis målt trykk.

Vi ser at trykkforløpene for de ulike skuddene har amplituder av lik størrelsesorden, men at det er forskjeller på hvordan de ulike trykkhistoriene forløper. Dette i langt større grad enn hva som var tilfellet for sensorene som sto plassert på ulike avstander. Årsaken til dette kan være at hjelmen med sensoren vil ha variasjoner i plasseringen for de ulike skuddene og at små forskjeller i orientering og helning vil påvirke hvordan trykket utvikler seg på innsiden av hjelmen.

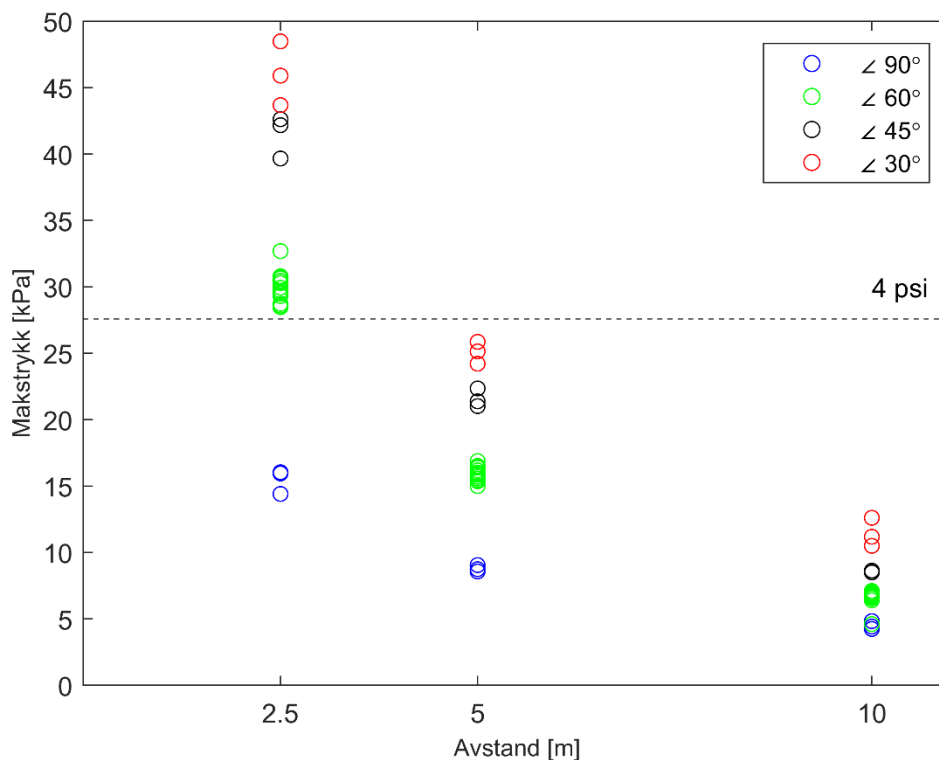
Vi kan nå plote den maksimale trykkverdien for alle skuddene i måleserien hvor vi har full eller delvis trykkehistorie, dette er gjort i Figur 3.18. Vi ser her at vi for de skuddene hvor vi har målt trykket vil makstrykket ikke ligge over grenseverdien fra skadekriteriet.



Figur 3.18 Makstrykk for de 5 skuddene med delvis trykkmåling (blå) og for den ene målingen hvor vi logget hele trykkforløpet (svart).

4 Sammen drag og konklusjon

Målingene som ble gjennomført viser at trykket ved hodet til personell som står i nærheten av våpenet kan overskride skadekriteriene fra kapittel 2 for både hørsel og trykkpåvirkning på hjernen. Dette også om man posisjonerer seg utenfor den farlige sektoren som er angitt i UD 2-1. Oppsummeringen fra målingene kan sammenfattes i Figur 4.1 hvor makstrykket for alle målevinkene er plottet som funksjon av avstand fra våpenet.



Figur 4.1 Makstrykk på ulike avstander og målevinkler.

Som vi ser fra figuren anbefales det ikke å stå nærmere våpenet enn 5 meter, bortsett fra om man står vinkelrett på skyteretningen. Når det gjelder trykkbelastningen på skytteren viser målingene på innsiden av hjelmen at vi ikke får trykk som overskrider skadekriteriene (Figur 3.18), men datagrunnlaget her er ikke så stort som for avstandsmålingene. Det er viktig å påpeke at disse anbefalingene gjelder trykkbelastning når skytingen foregår utendørs uten objekter i umiddelbar nærhet som kan reflektere trykkbølgen.

Som nevnt i kapittel 3 er dataseriene lavpassfiltrert for å kunne benyttes i algoritmen definert i MIL-STD-1474D og de ufiltrerte dataseriene vil ha litt høyere maksimaltrykk. Denne forskjellen ble funnet til å være i størrelsen 0 til 2 %, men utgjorde ikke at noen målinger skiftet side av grenseverdien på 4 psi.

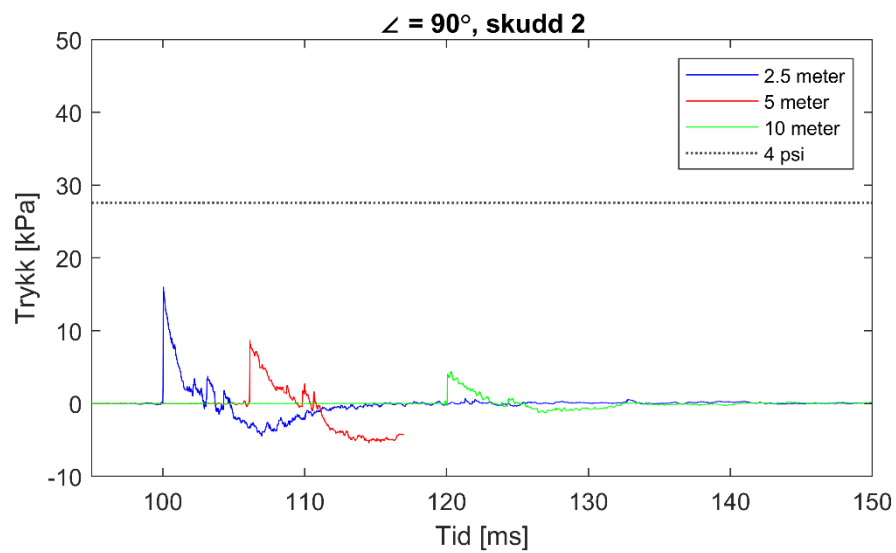
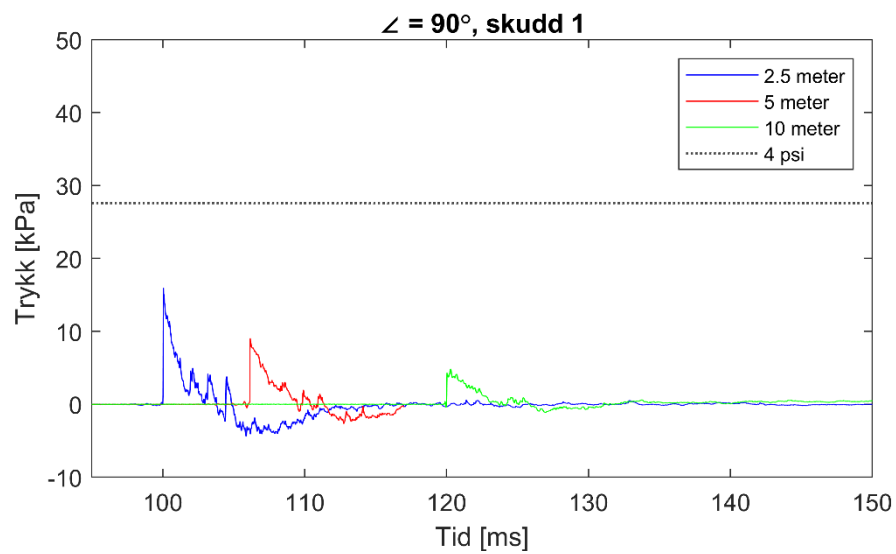


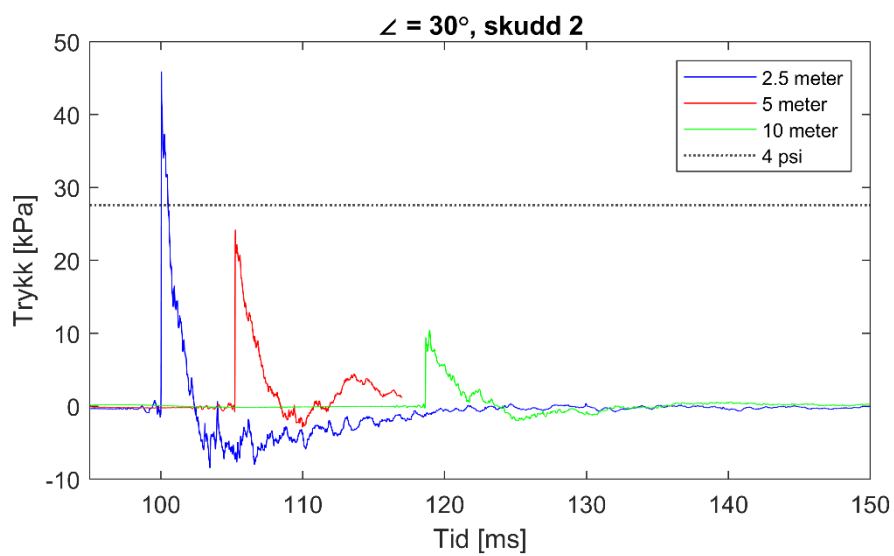
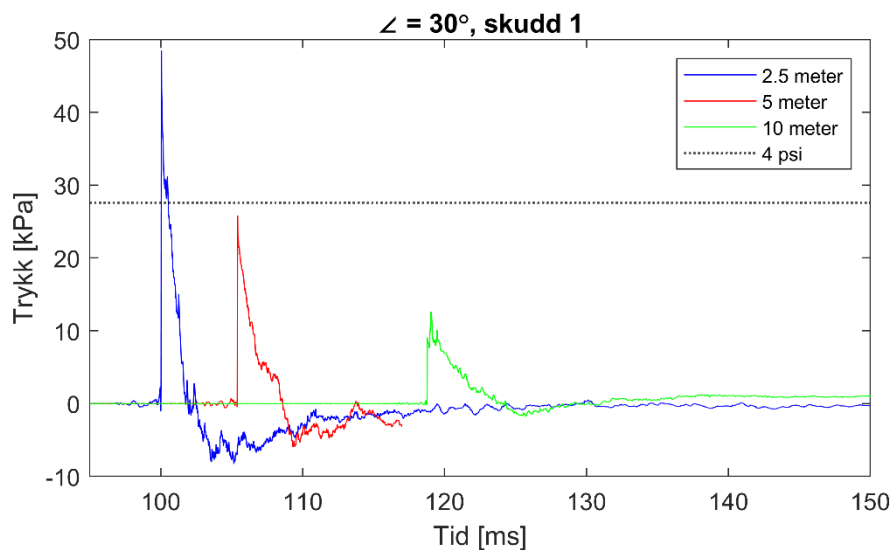
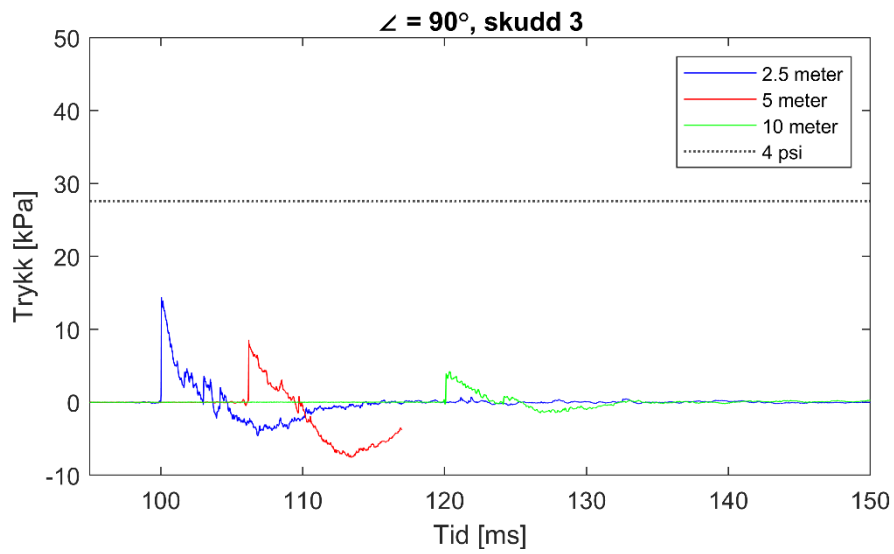
Figur 4.2 Området bak våpenet etter endt skyting.

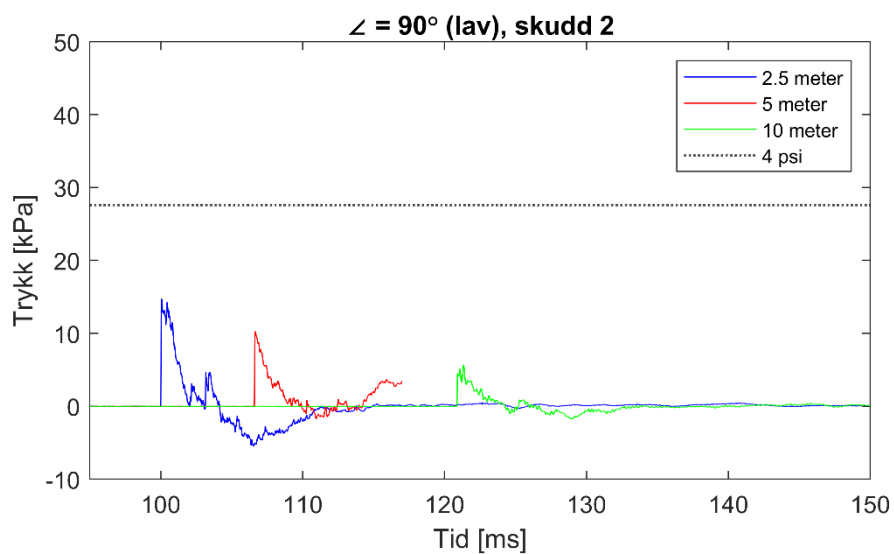
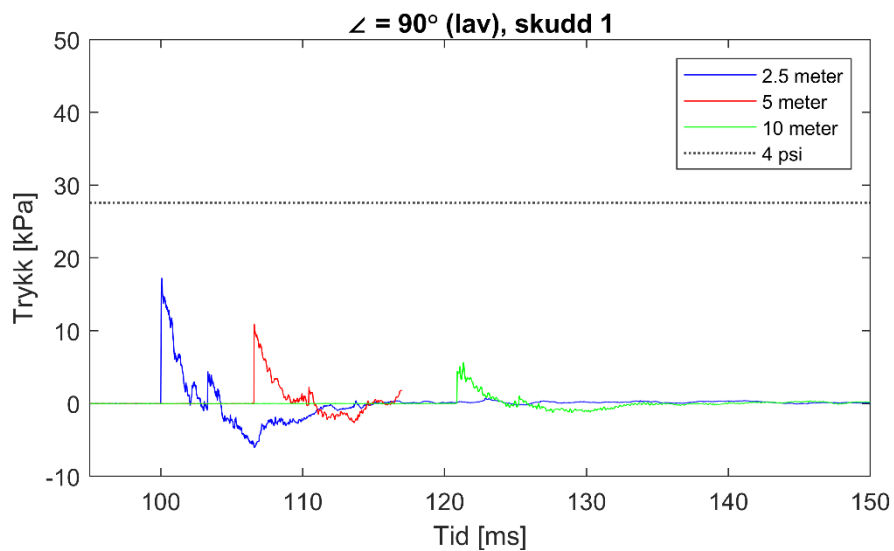
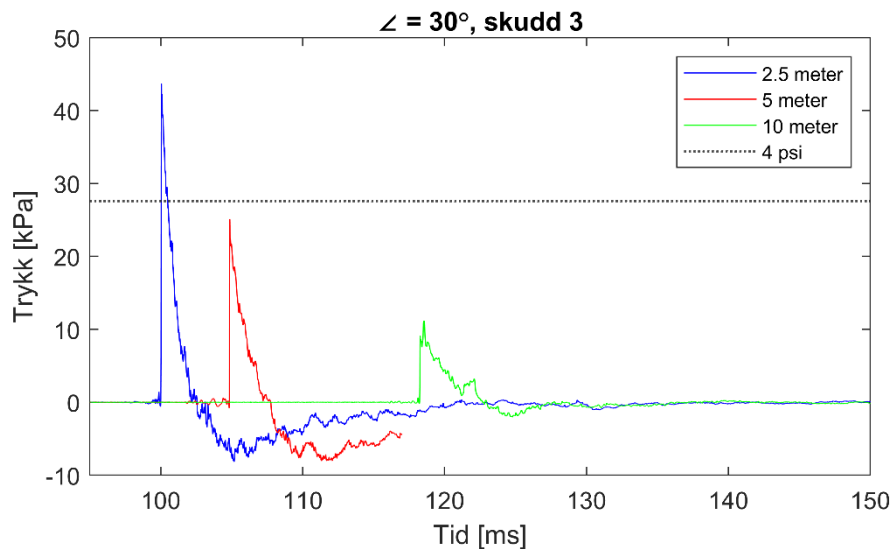
Sektor for farlig område som definert i UD 2-1 bør komme i tillegg til disse anbefalingene, slik at man også tar høye for eventuelle fragmenter som kan oppstå bak våpenet. Figur 4.2 viser hvordan området bak våpenet så ut etter endt skyting, hvor det tydelig har blitt forflyttet masse bakover i den farlige sektoren.

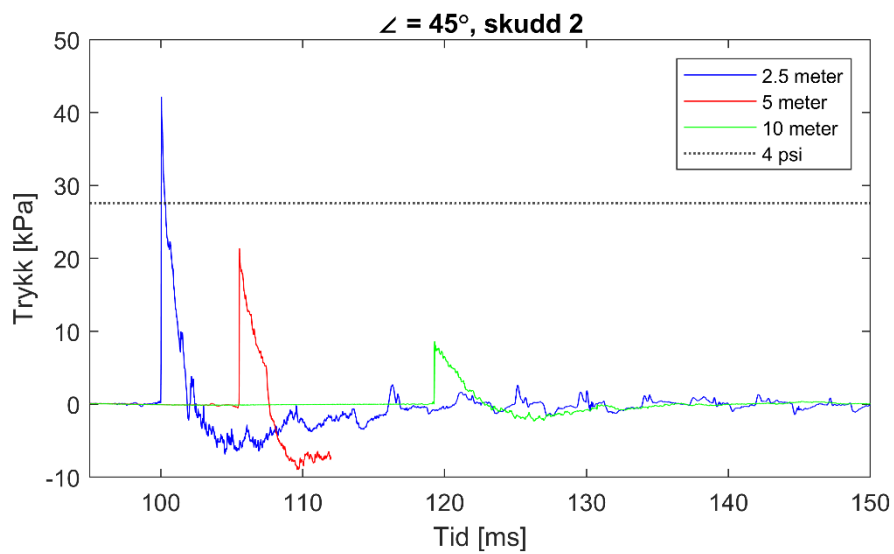
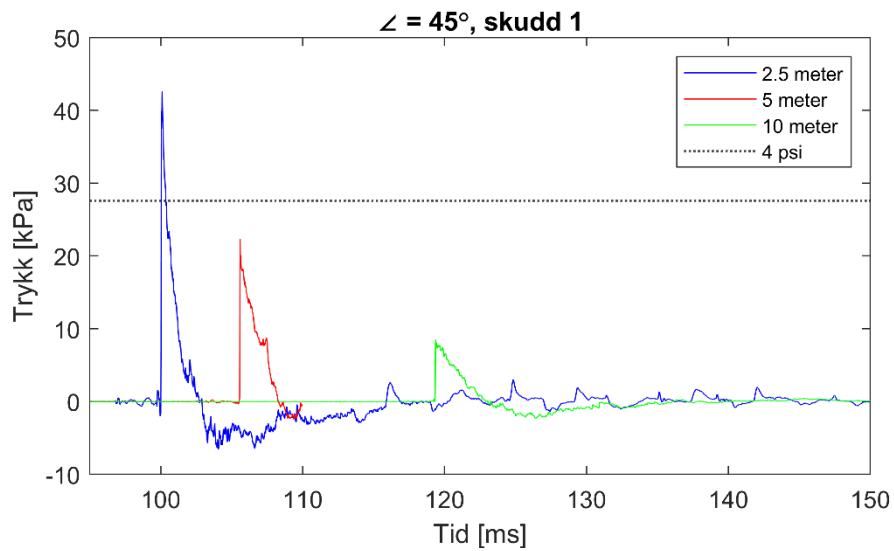
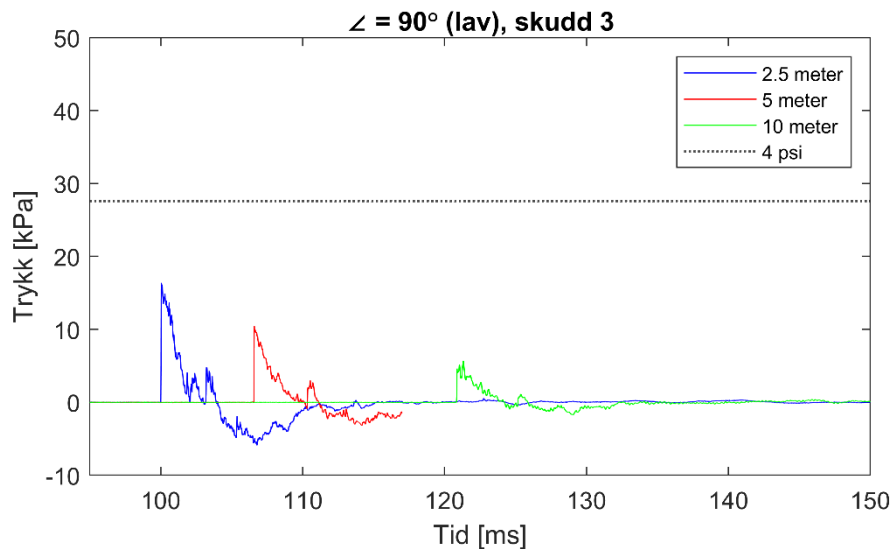
Vedlegg

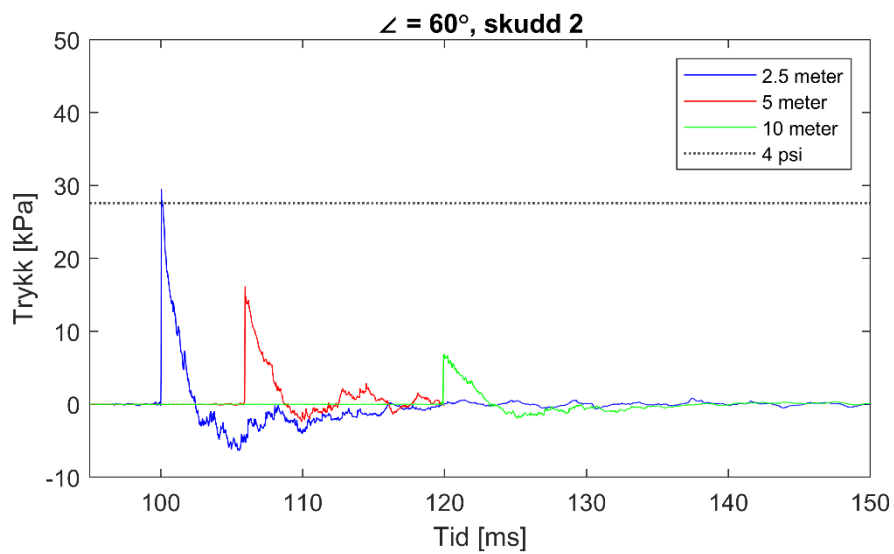
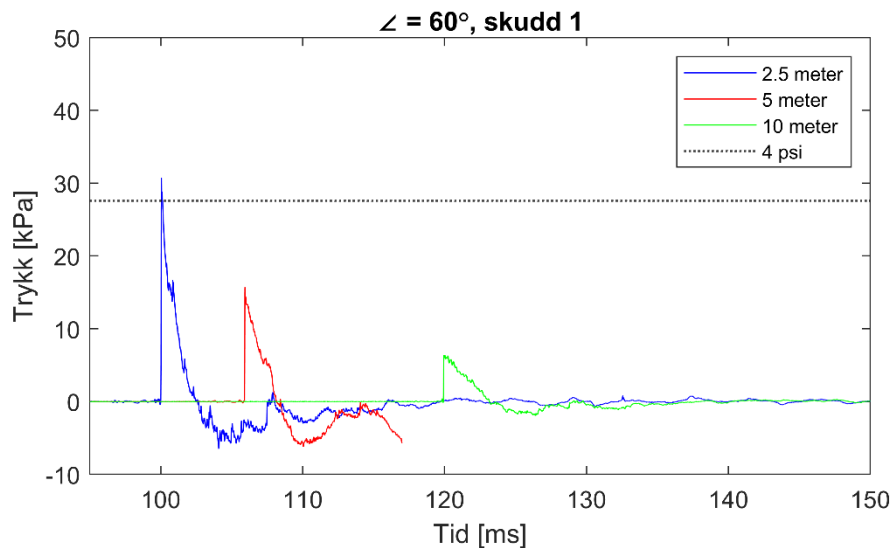
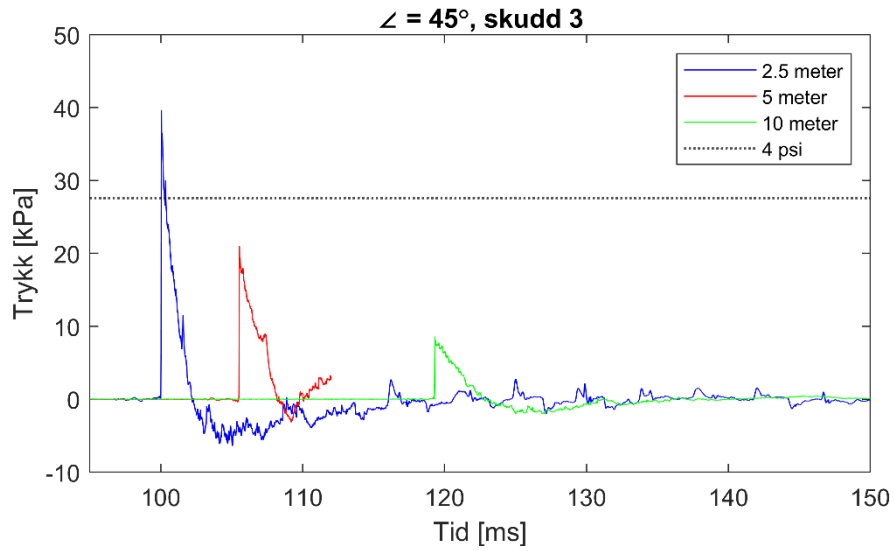
A Trykkihistorier

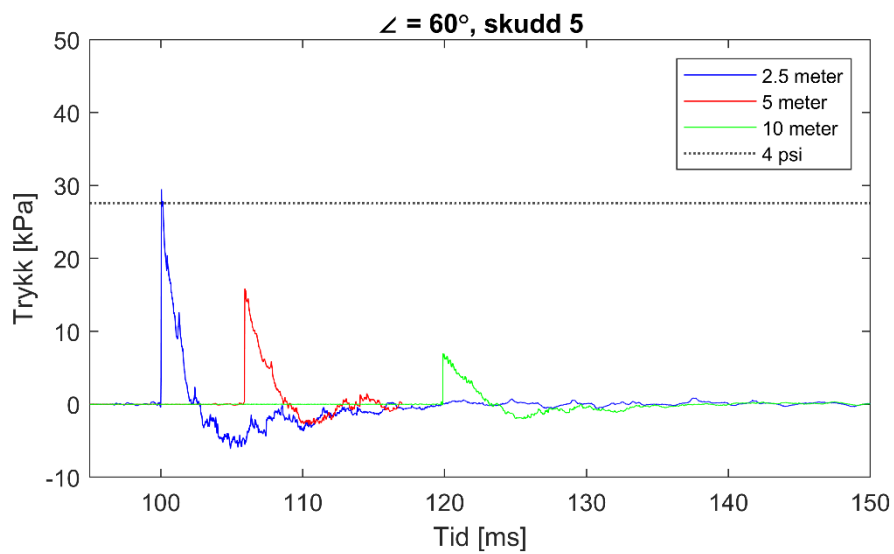
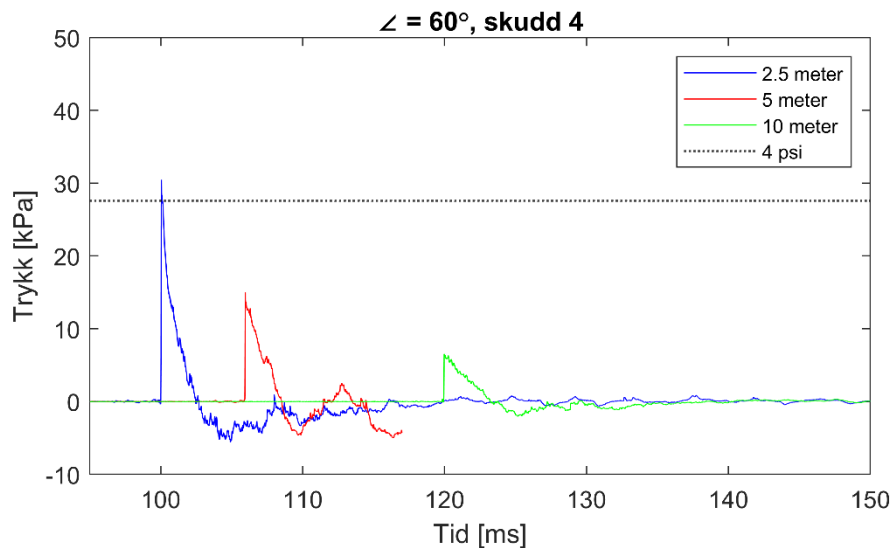
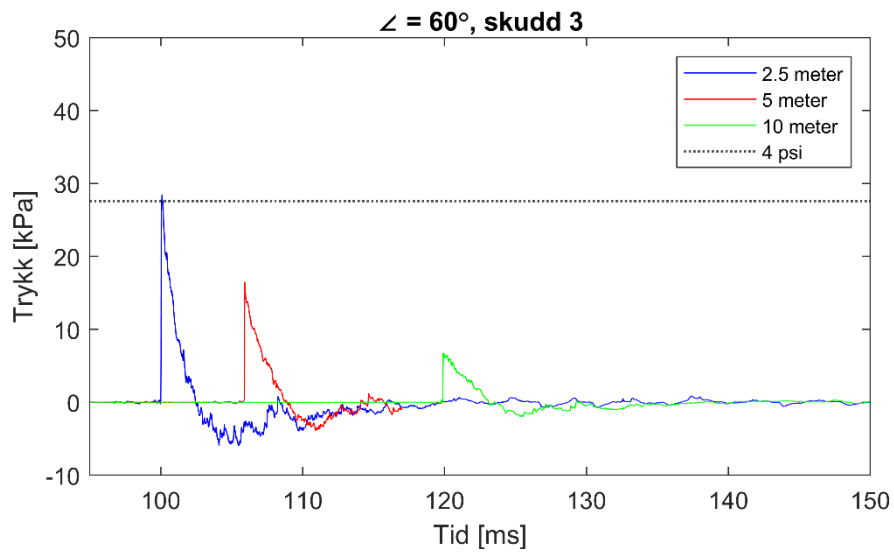


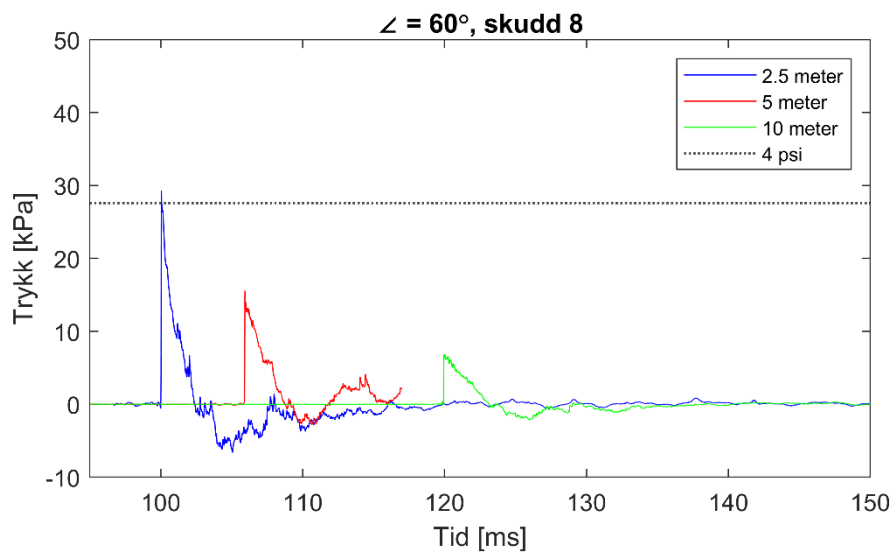
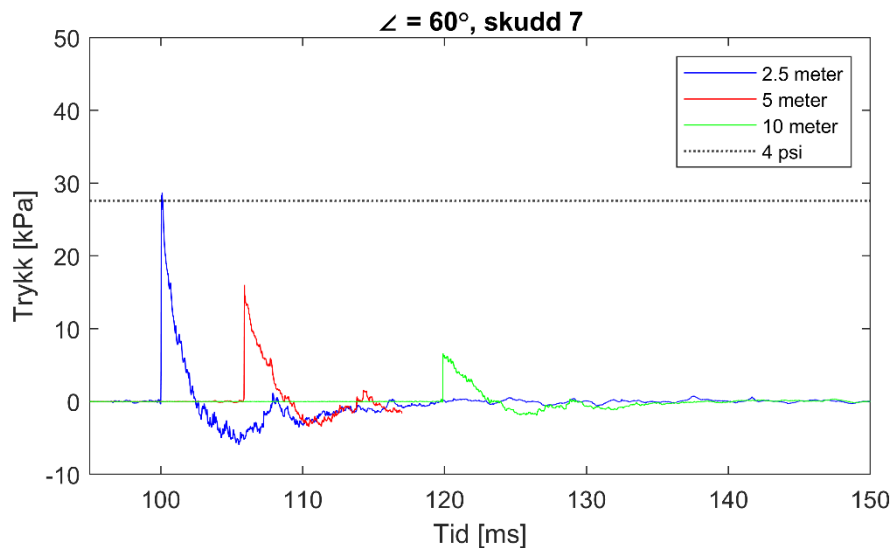
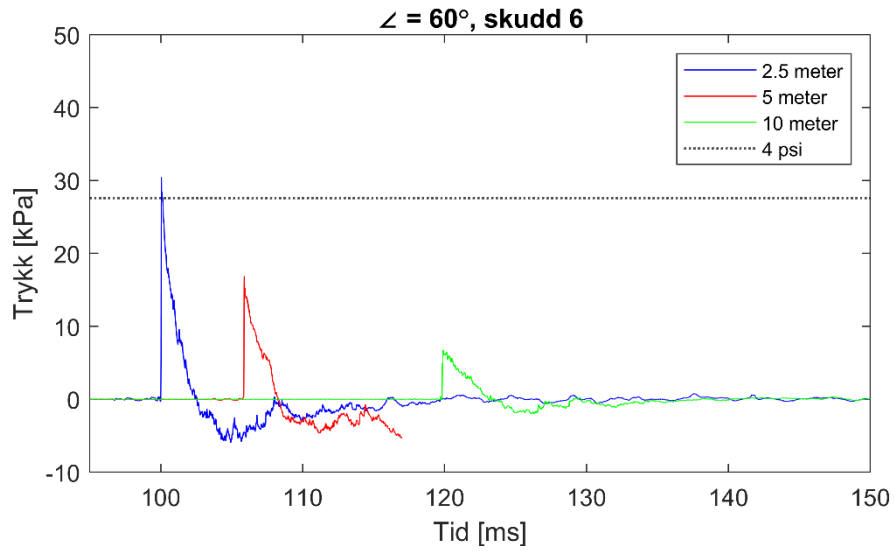


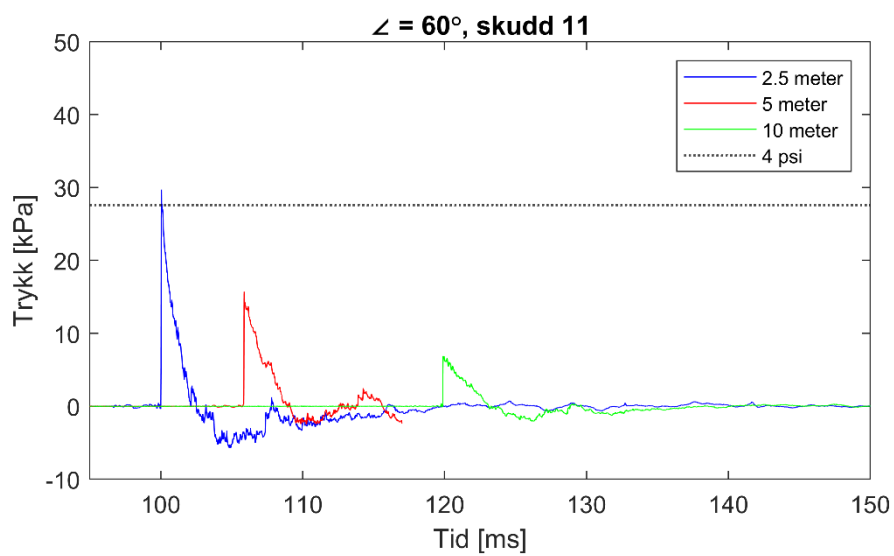
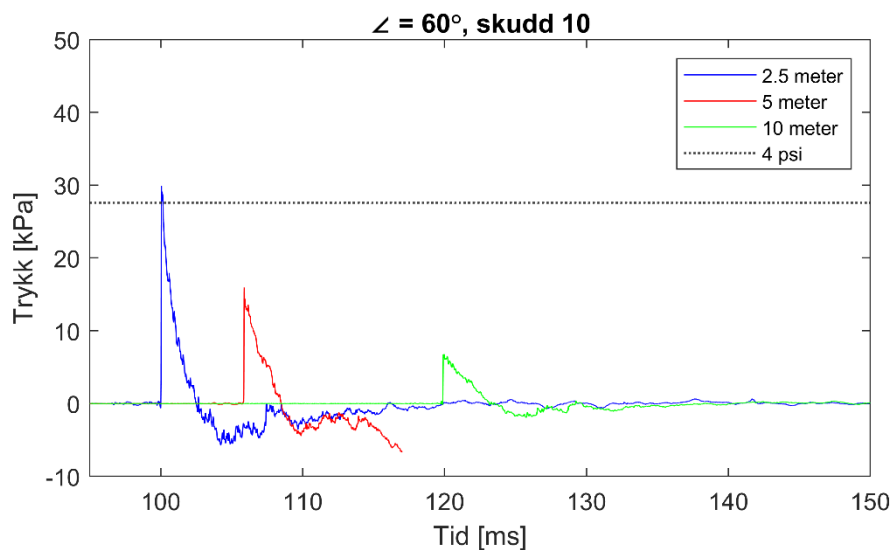
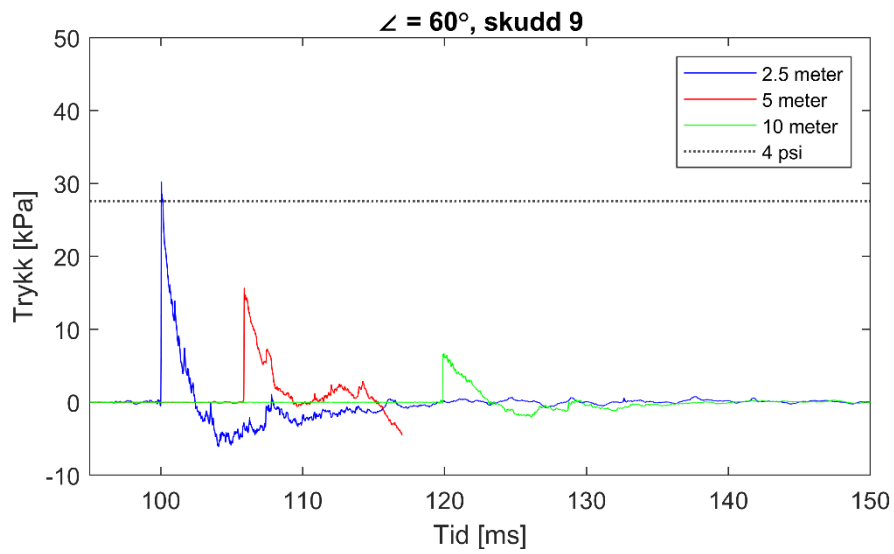


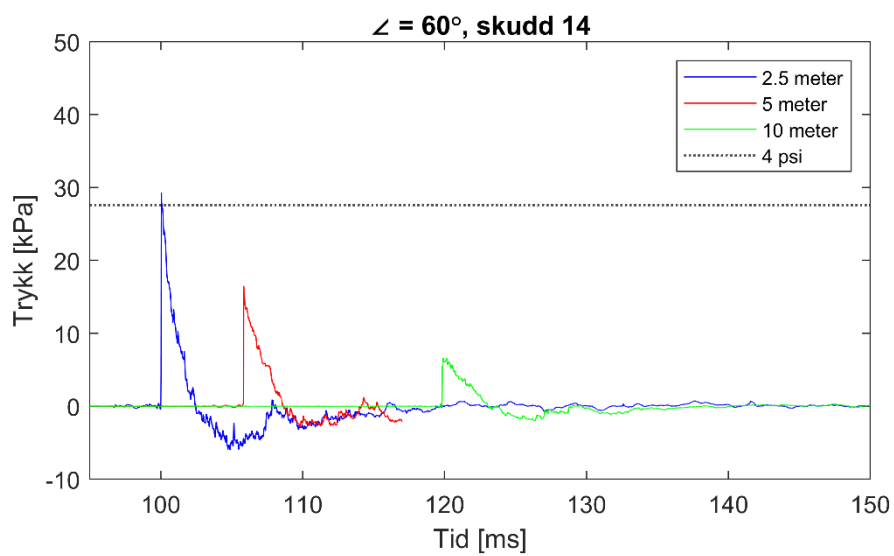
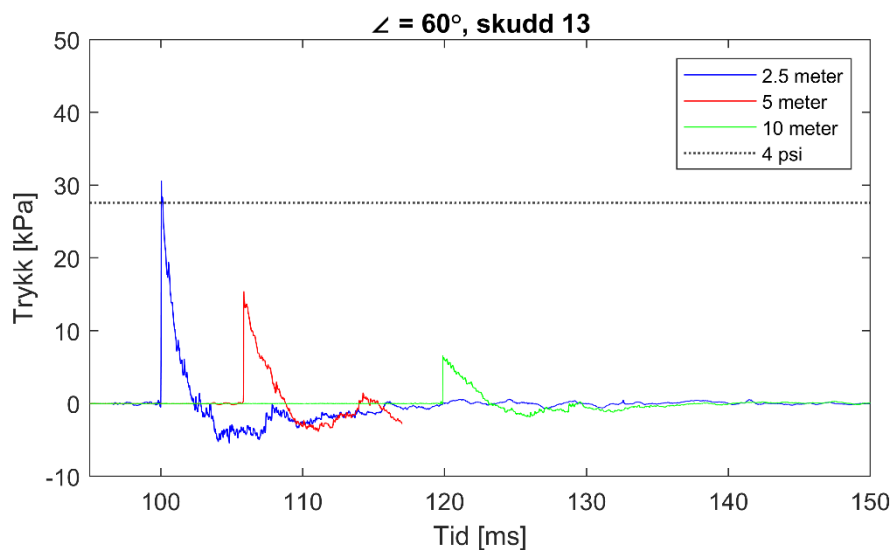
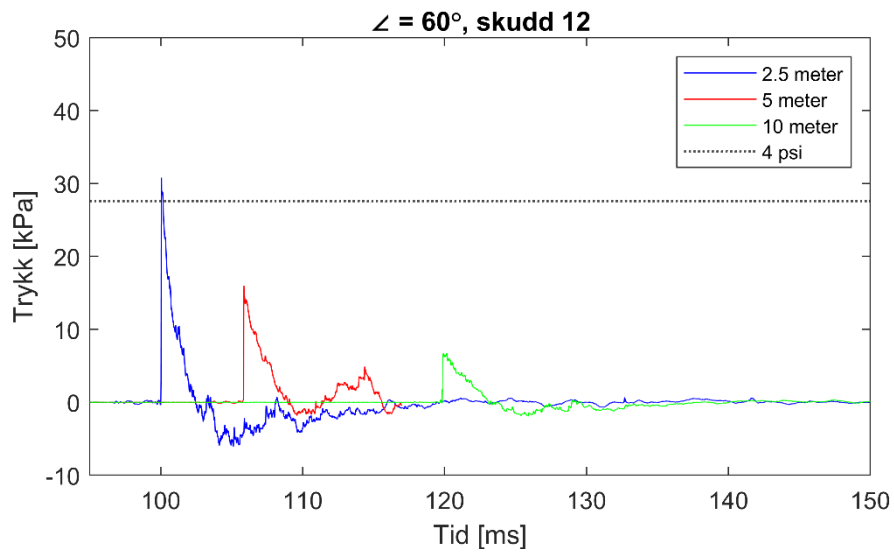


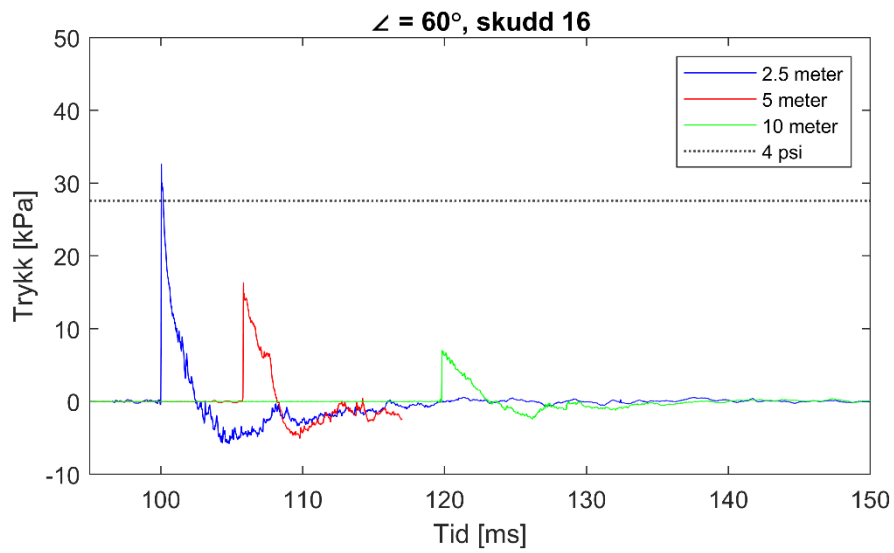
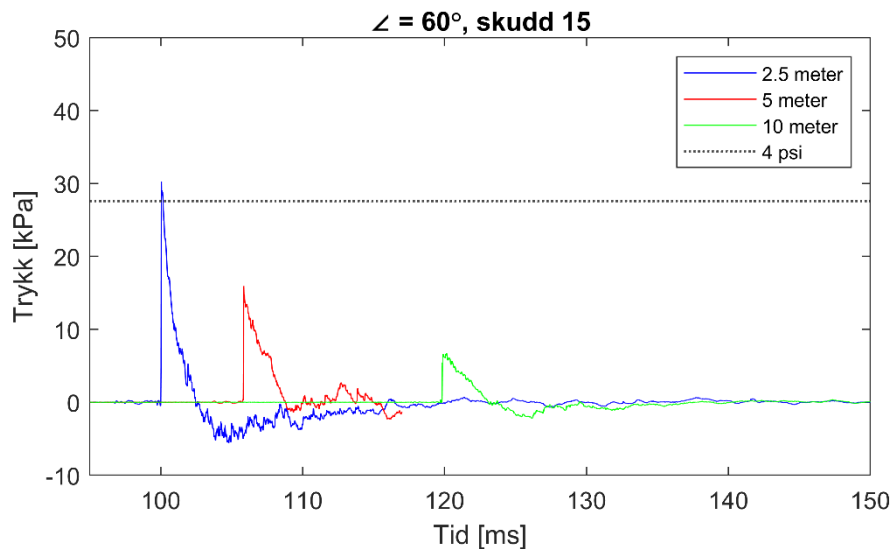


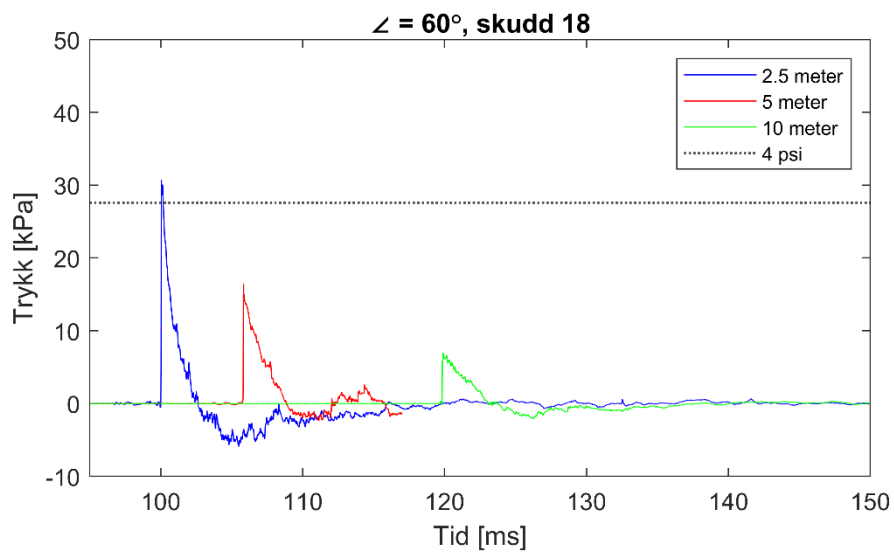
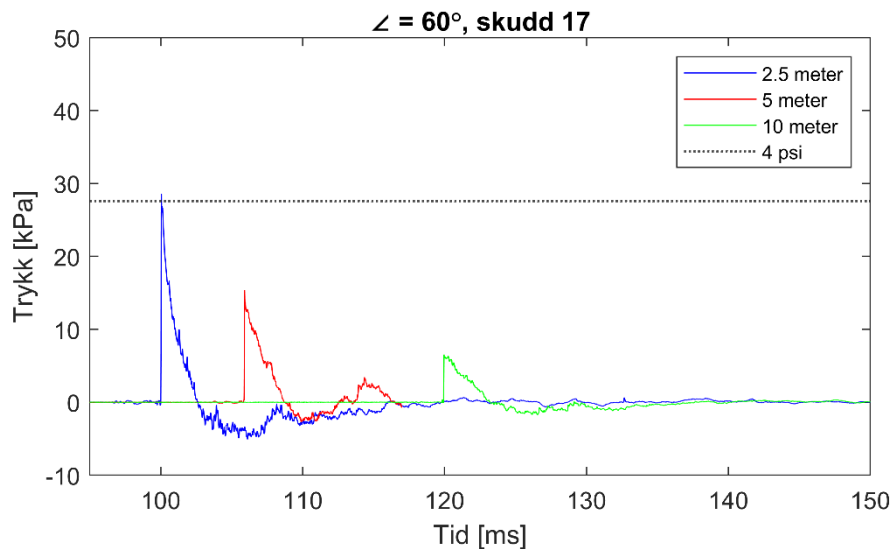












Referanser

- (1) MIL-STD-1474D, Department of Defense. Design criteria standard - Noise limits, 12 February 1997.
- (2) Proposed damage risk criterion for impulse noise (gunfire), Report of Working Group 57, NAS-NRC committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics, Washington, D.C., 1968
- (3) Belding JN, E. R., Fitzmaurice S, et al. (2021). "Potential health and performance effects of high-level and low-level blast: a scoping review of two decades of research." Frontiers in Neurology **12**.
- (4) Interim Guidance for Managing Brain Health Risk from Blast Overpressure, Assistant Secretary of Defense, NOV 04 2022
- (5) UD 2-1, Forsvarets sikkerhedsbestemmelser for landmilitær virksomhet, ikrafttredelse 01.01.2022

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs formål

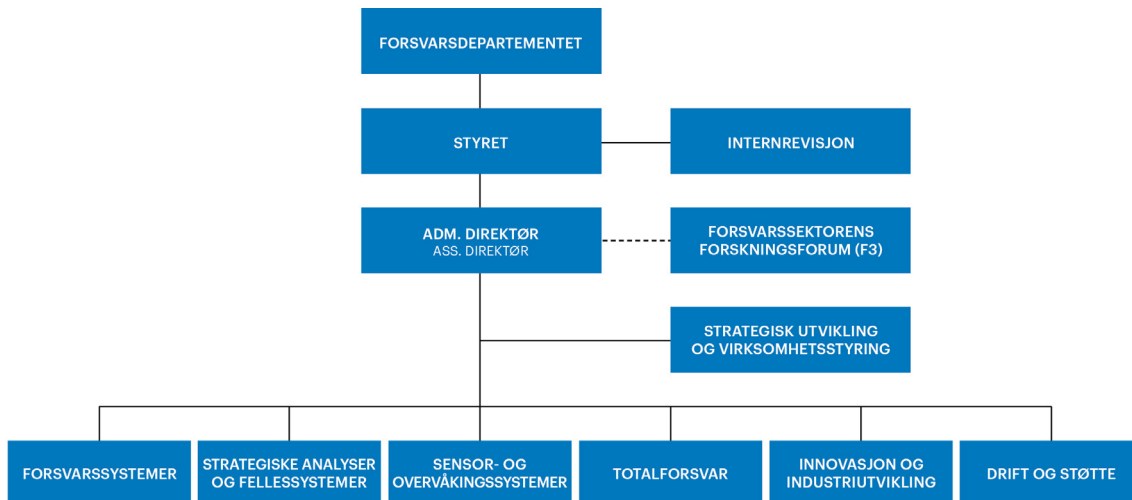
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telefon: 91 50 30 03
E-post: post@ffi.no
ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
PO box 25
NO-2027 Kjeller
NORWAY

Visitor address:
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telephone: +47 91 50 30 03
E-mail: post@ffi.no
ffi.no/en