

A21774 - Åpen

Rapport

Støyreduserende tiltak for skytebaner

Forfatter

Truls Gjestland



SINTEF IKT

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000
Telefaks: 73592730

postmottak.IKT@sintef.no
www.sintef.no
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Støyreduserende tiltak for skytebaner

EMNEORD:
Akustikk
Skytebane
Støy
Støyreduksjon

VERSJON
2.1

DATO
2012-01-09

FORFATTER
Truls Gjestland

OPPDRAGSGIVER
Forsvørsbygg

OPPDRAGSGIVERS REF.
Elin Wølsted
Innkjøpsordre: 300163090

PROSJEKTNR
90E103.96

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
18

SAMMENDRAG

Det er gjort en litteraturundersøkelse omkring støyreduserende tiltak på utendørs skytebaner. Rapporten beskriver kort ulike tiltak og hvilken demping man kan påregne ved gjennomføring av disse.

UTARBEIDET AV
Truls Gjestland

SIGNATUR



KONTROLLERT AV
Idar L N Granøien

SIGNATUR



GODKJENT AV
Odd Kr Ø Pettersen

SIGNATUR



RAPPORTNR
A21774

ISBN
978-82-14-05275-6

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2011-12-15	Første utkast oversendt oppdragsgiver for kommentar

2.0	2012-01-04	Revidert etter innspill fra Forsvarsbygg
-----	------------	--

2.1	2012-01-09	Endelig versjon
-----	------------	-----------------

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Støy fra lette våpen	5
3	Mulige tiltak	6
3.1	Orientering av skytebane	6
3.2	Skillevegger	7
3.3	Skytetunnel	8
3.4	Standplasshus	10
3.5	Blender	13
3.6	Skjermer og voller	13
3.7	Delvis overdekking	16
4	Oppsummering	17
5	Referanser	17

1 Bakgrunn

Klima- og forurensningsdirektoratet skriver på sine informasjonssider: miljøstatus.no

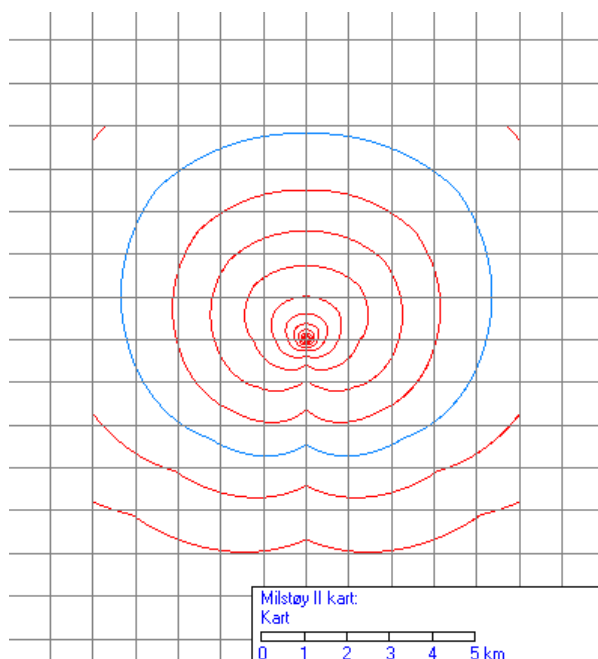
Drøyt 86 000 personer i Norge er utsatt for støy fra skytebaner. Vanlig skyteaktivitet på en skytebane sprer seg gjerne ut over et par timer. På sivile skytebaner skjer mye av aktiviteten på kveldstid og i helgene. På Forsvarets skytebaner skjer stort sett aktiviteten på dagtid. Støy fra sivile skytebaner vil derfor kunne oppleves som mer konfliktfylt enn støy fra Forsvarets skytebaner.

Det finnes i utgangspunktet ingen bestemmelser som spesifikt regulerer støy fra eksisterende skytebaner. Men naboloven – *Lov om rettshøve mellom grannar* – fastslår at ingen må hø, gjøre eller sette i verk noe som urimelig eller unødvendig er til skade eller ulempe på naboeiendommen. Støy er nevnt spesielt, men bare i kvalitative termer, altså ingen tallfestede grenser. Kommunehelsetjenesteloven – *Lov om helsetjenesten i kommunene* – kan også være aktuell. Ved etablering av nye baner, eller ved vesentlig endring i bruk av eksisterende baner vil imidlertid retningslinjene beskrevet i Rundskriv T-1442 fra Miljøverndepartementet: *Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*, komme til anvendelse.

Retningslinjen anbefaler at anleggseierne beregner to støysoner rundt viktige støykilder, en rød og en gul sone. I den røde sonen er hovedregelen at støyfølsom bebyggelse (f eks vanlige boliger) skal unngås, mens den gule sonen er en vurderingszone hvor ny bebyggelse kan oppføres dersom det kan dokumenteres at avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold.

Grensene for støysonene er avhengig av kildetype. Ytre grense for gul sone for skytebaner er gitt av $30 L_{den}$ eller $60 L_{Aimp}$. Dersom man legger generell støypløge til grunn, er disse grensene svært mye strengere enn de som gjelder for andre kilder, f eks støy fra sømferdsel.

SINTEF er bedt om å gjennomføre en litteraturstudie omkring støy fra skytebaner med sikte på å gjennomføre støyreducerende tiltak. Tiltak må ses i sammenheng med gjeldende regelverk.



Problemkompleksets omfang kan illustreres av hosstående figur. Impulsstøy fra 12.7 mm maskingevær er vist som funksjon av avstand ved skyting i åpent lende. Kote-avstanden er 5 dB og den blå konturen viser $60 L_{Aimp}$.

I skuddretningen må man være ca 5 km unna for å komme ut av gul sone, og bakover omkring 2.5 km.

Totalt vil et område på vel 50 km^2 bli båndlagt hvis man følger anbefalingene i T-1442.

Figur 1. Impulsstøy fra 12.7 mm maskingevær
Støykoteavstand 5 dB. Blå kote: $60 L_{Aimp}$

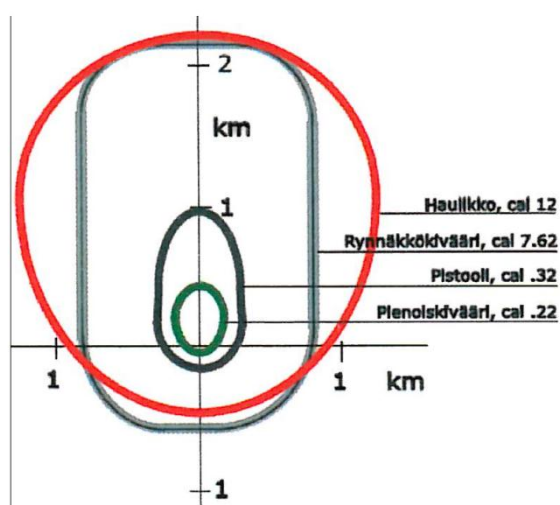
For å unngå eller redusere omfanget av støykonflikter relatert til grenseverdiene som er gitt for skytebaner i T-1442, er det derfor avgjørende å gjennomføre støyreducerende tiltak slik at den støyeksponerte bebyggelsen innenfor de definerte støysonene blir minst mulig.

2 Støy fra lette våpen

Støy fra lette våpen kommer fra tre delkilder. Hovedbidraget kommer fra munningsmellet, men det genereres også støy fra prosjektilet i banen, og støy ved anslag mot blinken. Anslagsstøyen er vanligvis av underordnet betydning, mens støy fra prosjektilet kan være omtrent som munningsmellet. Denne kilden (sjokkbølgen på grunn av prosjektilets overlydshastighet) er direktiv, og har derfor betydning først og fremst i skuddretningen.

Støy fra munningsmellet er normalt mer lavfrekvent enn støy fra prosjektilet. Generelt øker lavfrekvensinnholdet med økende kaliber.

Det kan være stor forskjell på både kildenivå og direktivitet på ulike typer håndvåpen. Figur 2 viser nivå og direktivitet for fire forskjellige våpen: hagle cal 12, rifle 7.62 (Kalashnikov), pistol cal .32 og miniatyrgevær cal .22. Figuren viser støykote 65 L_{Afast} .



Figur 2
Nivå og direktivitet for fire forskjellige håndvåpen [1,2]

Vi har funnet svært få vitenskapelige publikasjoner som omhandler tiltak for å redusere kildenivået til lette våpen. Hovedfokus for produsenter av slike våpen synes å være å få prosjektilet (eller haglladningen) til å forlate våpenet på en mest mulig kontrollert måte. Høyest mulig hastighet blir derfor foretrukket. Lavere prosjektilhastighet, mindre ladning eller andre tiltak (støydempere) for å redusere støynivået synes ikke å være noe prioritert område.

Støyreducerende tiltak må derfor gjøres i forbindelse med omgivelsene og ikke ved modifisering av selve kilden (våpenet).

3 Mulige tiltak

Nær skytebanen er det gjerne forholdene omkring standplass som vektlegges, og det er her de fleste støyreducerende tiltak blir gjort, mens på større avstander vil også prosjektilstøyen kunne gi vesentlig bidrag til støynivået selv om denne er mer høyfrekvent. Prosjektilstøy er normalt vanskeligere å dempe/skjerme. På større avstander vil bakkedempningen og atmosfærisk dempning spille større rolle. Begge disse faktorene er frekvensavhengige. Tiltak som kan gi stor effekt på kort avstand (stor forskjell i nivå før og etter at tiltak er gjennomført) vil derfor kunne oppleves mindre effektive på lang avstand.

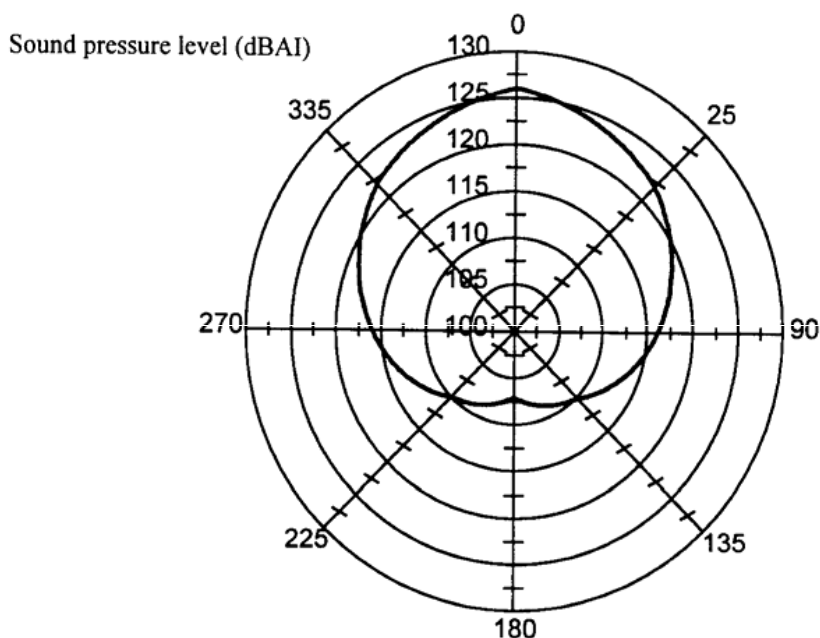
3.1 Orientering av skytebane

Orientering av skyteretning som et støyregulerende tiltak er i praksis bare mulig ved etablering av nye anlegg. Beliggenhet og orientering av skyteretning bestemmes i første rekke ut fra sikkerhetshensyn, men i den grad det går an å velge, bør skyteretningen vende bort fra støyfølsom bebyggelse.

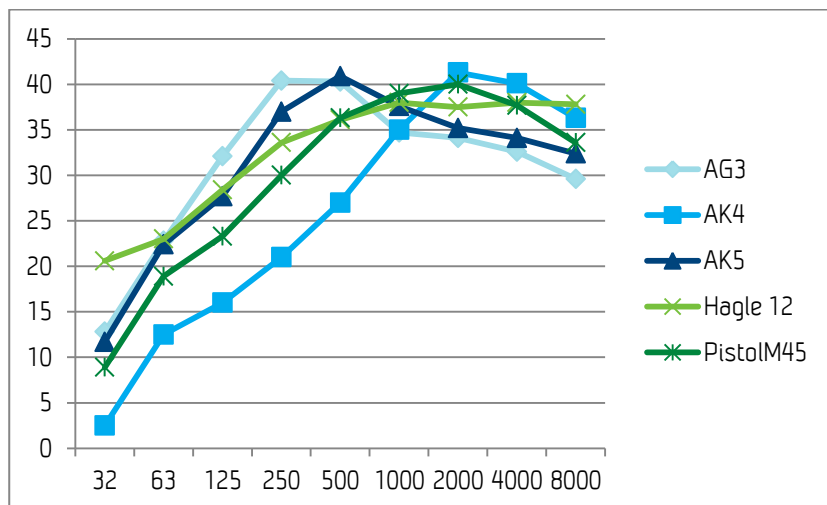
Figur 3 viser direktivitesdiagram for en typisk rifle [3]. Nivåforskjellen målt i dBA impuls mellom skyteretningen og bak standplass er omkring 20 dB.

Figur 4 viser frekvensspekteret for noen typiske håndvåpen [4]. Lyduttbredelse over lange avstander er frekvensavhengig. Høye frekvenser dempes mer enn lave. Nivåforskjeller i dBA som måles/beregnes nær kilden, vil derfor kunne endres på større avstander. Forskjellene øker jo mer høyfrekvent spekteret er.

Differansen på 20 dBA mellom forover og bakover-retning, som kan finnes av figur 3, kan være redusert til 5-7 dBA i en avstand på 1 km eller mer. Det er derfor viktig å beregne virkningen av tiltak på det aktuelle mottakerstedet.



Figur 3
Direktivitet for typisk rifle. Impulsnivå målt i 10 meters avstand [3]



Figur 4. Kildespekter for noen håndvåpen [4]

3.2 Skillevegger

På en åpen standplass vil en inndeling i "båser" slik at det er skillevegger mellom hver skytter, gi demping både til siden og rett bakover. Vanligvis står/ligger skytteren ved kanten av skilleveggen eller litt bakover denne. Dette gjøres for å gi skyteleder best mulig oversikt.

Skilleveggene må være laget av et tett materiale med tilstrekkelig flatevekt for å hindre lydgjennomgang. De må dessuten ha absorpsjon på sidene som vender mot våpenet. Overkant av skilleveggen bør være 1 – 2 m over geværmunningen. For stående skyting bør derfor høyden være minst 3 m. Figur 4 viser eksempel på slike skillevegger [5]. Skilleveggene kan eventuelt kombineres med fremstikkende tak.



Figur 4
Skillevegger på standplass
ca 4 x 3 meter (b x h) [5]

En konstruksjon av 16 - 20 mm kryssfiner med 50 mm mineralull er tilstrekkelig ut fra akustiske hensyn. Dersom skilleveggen også skal fungere som blender for å begrense mulig skytesektor, må valg av materiale tilpasses dette. Oppnåelig sidedempning er gitt av veggens lengde. Typiske lengder for oppdeling av baner synes å være omkring 4 meter [15] mens de ytterste skilleveggene gjerne kan være noe lenger, se figur 5. Med en absorberende vegg på 7 meter vil innskuddsdempningen være 10 – 15 dBA for posisjoner mer enn 30 grader ut til siden [6]. Rett bakover vil man kunne oppnå en dempning i området 2 – 7 dBA [5].



Figur 5
Kombinasjon av skillevegger og skjerm [5]

Virkingen av en skillevegg kan beregnes på samme måte som en skjerm, og er nærmere beskrevet i punkt 3.6.

3.3 Skytetunnel

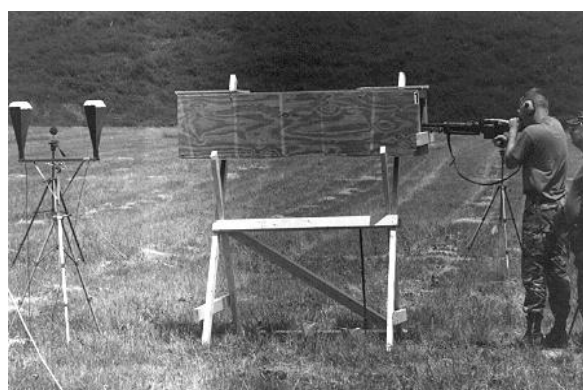
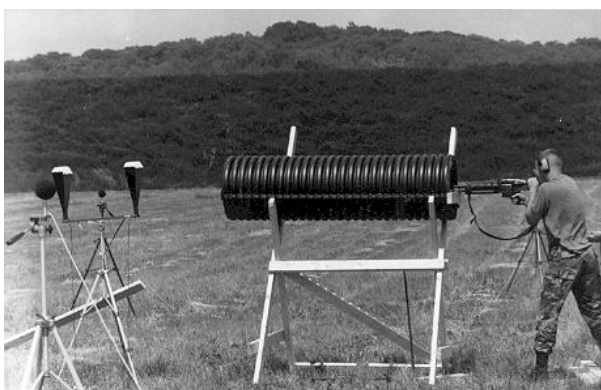
En skytetunnel er et rundt eller rektangulært rør som omslutter deler eller det meste av våpenet. Figur 5 - 9 viser noen eksempler på slike konstruksjoner.



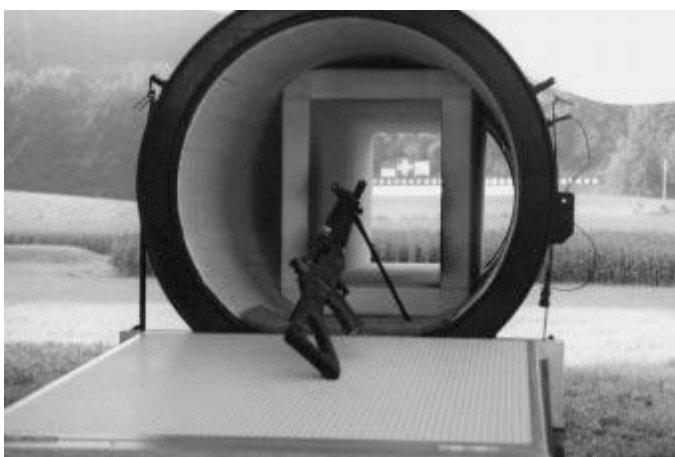
Figur 5. Skytetunneler beregnet på liggende skyting [5]



Figur 6. Skytetunnel av nedgravde sementrør [7]



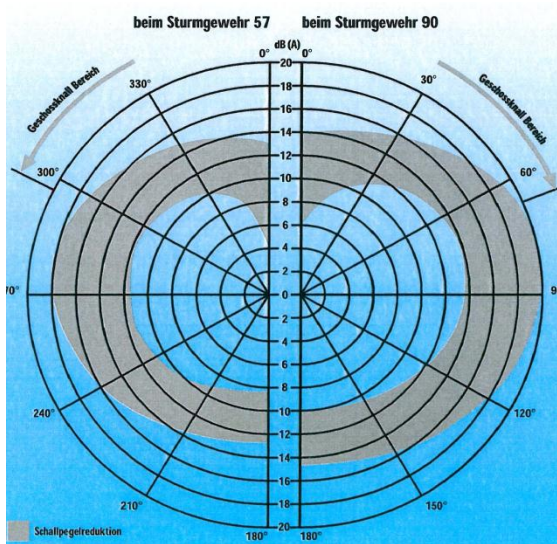
Figur 7. Forsøk med skytetunneler av ulik type [8]



Figur 8. Skytetunnel, dobbelkonstruksjon som skjermer større del av våpenet [9]

Veggene i skytetunnelen må være tette og laget av et tisltrekkelig tungt materiale for å hindre direkte lydgjennomgang. Tunnelen må ha absorpent på innerveggene. Ved valg av absorpent må det tas hensyn til at materiale kan bli utsatt for munningsflammen og høye trykkbølger. Tunnelen kan også ha en blanderfunksjon for å begrense skytesektoren.

Typisk lengde kan være 2 – 4 meter. Korte lengder har størst virkning for munningsmellet (som er relativt rundstrålende), men ved å forlenge tunnelen får man også noe dempning av prosjektilstøyen. Dempningen for korte rør blir sterkt retningsavhengig, se figur 9. Dempningen i skyteretningen kan bli opptil 10 dBA, og dempning sideveis og bakover kan bli 10 – 20 dBA [5].



Figur 9. Virkning av en 2 m lang skytetunnel
Dempning av munningsmellet fra to håndvåpen [9]

3.4 Standplasshus

Dette er et hus eller skur med tre vegger og tak som gjerne strekke seg noe ut over standplassen i skyteretningen. Vegger og tak skal fortrinnsvis være tette for å hindre lydgjennomgang, men selv en enkel absorberende takkonstruksjon ("baldakin") uten tette vegger vil gi noe dempning.

Beregning av virkningen av et standplasshus er omtalt i Nordtest-metoden for skytestøy [10]. Ved bruk av skytehus må man være oppmerksom på at dette medfører en tilsynelatende "heving" av lydkilden (plassering av våpenet). Dette må det tas hensyn til ved beregning av andre forhold. Virkningen av omkringliggende skjerm og voller kan for eksempel bli redusert.

Det finnes mange eksempler på utformingen av standplasshus, fra de helt enkle som ikke er annet enn en overdekning mot regn, til hus med nærmest full inndekning kombinert med skillevegger eller skytetunneler for maksimal lyddempning, se figur 10.

De innvendige absorbentene har en dobbel funksjon. De skal dempe lyden slik at støybelastningen for skytteren reduseres og slik at lydavstrålingen på den åpne siden blir mindre. Mineralull på veggene vil også gi en viss forbedring av luftlydisolasjonen til veggen (redusert lydtransmisjon). For å gi tilleggsdempning for veggen skal mineralullmattene være så tunge som mulig (størst mulig tilleggsmasse), men tyngre matter gir noe dårligere lydabsorpsjon. Vi vil derfor ikke anbefale å bruke tyngre matter enn 100 kg/m³.

En 5 cm mineralullmatte (100 kg/m³) er tilnærmet totalabsorberende fra ca 300 Hz og oppover. Dersom tykkelsen økes til 10 cm vil bassabsorpsjonen forbedres og knekkfrekvensen gå ned mot 200 Hz. For lette våpen (f.eks. AG3) ligger imidlertid det meste av energien til munningsmellet i området 250-500 Hz (høyere for finere kaliber, fig. 4). En økning av absorbenttykkelsen fra 5 cm til 10 cm vil gi en reduksjon i lydnivået på ca 1 dB ved 250 Hz, mens virkningen i dBA vil bli ubetydelig.



Figur 10. Forskjellige utforminger av standplasshus

Et regneeksempel:

Et standplasshus blir dempet med henholdsvis 50 mm og 100 mm mineralullmatte (100 kg/m³). Under gitte forhold måles lydnivået ved skyting med henholdsvis AG3 og maskingevær NM218.

	Uten abs	50 mm	100 mm
NM218	118.3	114.1	113.3
AG3	112.3	107.5	107.3

Virkning av absorpsjon i standplasshus. Lydnivå i dBA uten demping og med henholdsvis 50 mm og 100 mm mineralull i tak og vegger

US Army Construction Engineering Research Laboratories har gjort omfattende sammenligninger av dempningsforhold for standplasshus og enkle vertikale skjerm. De konkluderer med at for demping bakover (motsatt av skyteretningen) vil en enkel skjerm 5 meter bak standplass med absorbent på siden mot kilden ha praktisk talt samme virkning som et standplasshus. Forsøkene deres viste også at innskuddsdempningen for standplasshuset avtok med økende avstand. Mens man 80 m fra standplass (rett bakover) målte en innskuddsdempning for det aktuelle huset på 9.2 dBA, var innskuddsdempningen redusert til 6.2 dBA 240 m unna. Deres hovedkonklusjon er at skjerm kan i mange tilfelle erstatte standplasshus. Det bør imidlertid bemerkes at deres hus hadde relativt stor takhøyde mot skytebanen [11].

Et standplasshus med tette vegger og god absorpsjon vil kunne gi en dempning bakover på 10 - 20 dBA avhengig av plasseringen av våpenet. Best dempning oppnås når man står nær bakveggen. Løngt fremstikk av tak og vegger kan imidlertid gi ventilasjonsproblemer. Et hus gir lite dempning i skyteretningen med mindre det kombineres med skillevegger mellom skytterne med fremstikk på 3 - 4 meter eller med skytetunneler.

Figur 11 viser eksempel på standplasshus med tette absorberende vegger kombinert med skytetunneler av ulik utforming [12] [13]. Dempingen innenfor en sektor på 240 grader bakover oppgis til omkring 20 dBA. Legg merke til at også gulvet kan gjøres absorberende.



Figur 11
Standplasshus kombinert med
skytetunneler [12] [13]

En finsk undersøkelse har sett på virkningen av standplasshus med tanke på støybelastning på skytteren. De konkluderer med at støybelastningen for personer som befinner seg i et standplasshus kan ligge opptil 12 dBA høyere enn ved frittfeltbetingelser avhengig av plassering inne i huset. Dersom huset imidlertid er tilstrekkelig dempet med absorberenter på alle flater, vil man kunne oppnå en reduksjon i støybelastningen på inntil 8 dBA [14].

3.5 Blender

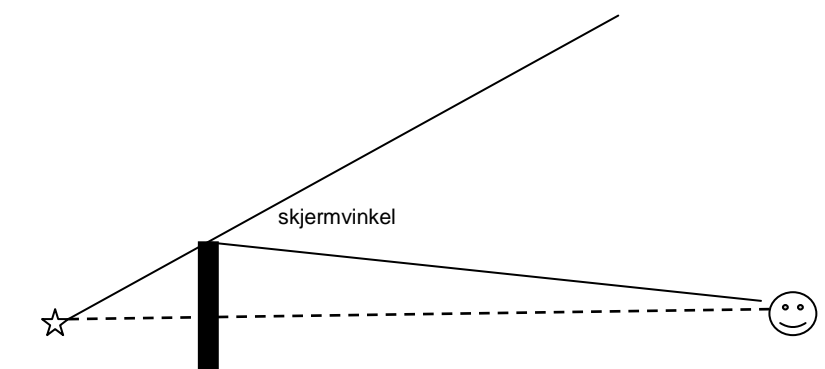
Blender er konstruksjoner som skal begrense skytesektoren i både horisontal- og vertikalplanet. Blender må kunne stoppe prosjektilet ved direkte treff og har en overflate som skal forhindre rikosjetter. Ved uheldig utforming kan blenderne virke som reflektorer for lyd, se figur 12, men de kan også med fordel utnyttes som skjermer. Kledningen, som skal hindre rikosjetter, kan kombineres med absorberer.



Figur 12
Uheldig utforming av horisontalblender. Denne vil gi kraftig refleksjon og forsterke lyd bakover og til sidene

3.6 Skjermer og voller

Skytebanen bør legges slik at terrenget gir naturlig skjerming for støy, men det kan ofte være nødvendig å forbedre skjermingen ved å bygge voller eller frittstående skjermer. Effektiv skjermvirkning bestemmes av forskjellen i siktlinjer mellom kilde og mottaker med og uten skjerm, se figur 13. Virkningen kan uttrykkes som funksjon av skjermvinkelen. Innskuddsdempningen for skjermen er 10 - 12 dBA ved en vinkel på omkring 20 grader.

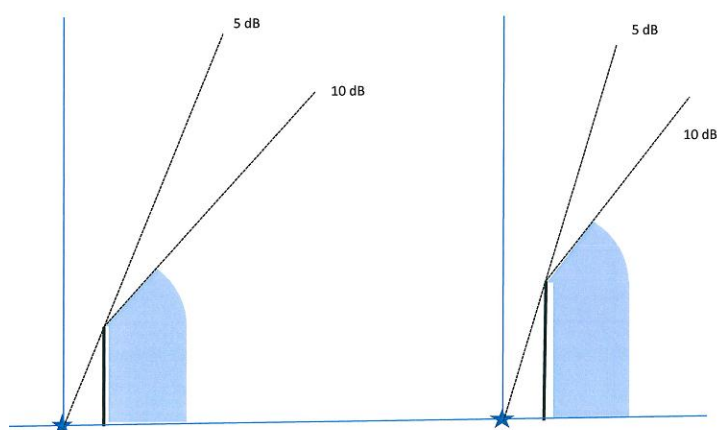


Figur 13. Dempningen for en skjerm er gitt av forskjellen i gangavstand mellom direktelyd (uten skjerm) og den virkelige lydbanen over skjermen. Dempningen øker lite for skjermvinkel $> 20^\circ$

En ytterligere økning av vinkelen gir beskjeden tilleggsdempning. Man bør merke seg at for en gitt plassering av kilde og skjerm, vil skjermingsvinkelen (og derfor også dempningen) avta som funksjon av avstanden mellom skjerm og mottaker. Skjermer er altså mest effektive på korte avstander.

Samme betraktningssmåte kan brukes ved prosjektering av skillevegger ved standplass. Munningssmålet er relativt rundtstrålende. For utbredelse i horisontalplanet kan man betrakte skjermingsvinkelen i forhold til skjermens endekant. Dempningen for lydstrålen som tangerer skjermkanten (altså null grader skjermingsvinkel) er ca 5 dBA, og ved 20 grader er dempning omkring 10 - 12A dB. Dempningen blir noe lavere for våpen med grovere kaliber (mer energi i lavfrekvensområdet).

En 3 meter lang skjerm plassert 1 meter til side for skytteren vil da gi minst 5 dB dempning på 10 m avstand utenfor en sektor på 18 grader fra skuddretningen, og omkring 10 dB utenfor en sektor på ca 33 grader. Hvis skjermen forlenges til 4 m vil sektoren for 5 dB dempning blir redusert til ca 14 grader og sektor for 10 dB blir omkring 26 grader, se figur 14.



Figur 14
Virkningen av en skjerm på horisontal lydutbredelse. Skjerm lengde henholdsvis 3 og 4 meter. Dempningen utenfor de stiplede sektorene blir tilnærmet den samme for begge skjerner.

Ved å plassere skjermen nærmere skytteren vil den udempede sektoren bli mindre. Man kan imidlertid ikke påregne noen større dempning rett ut til sidene.

Voller kan være beplantet, men toppen bør fremstå som en ren linje uten busker eller liknende. Slike elementer gir økt spredning av lyden. Dette vil redusere virkningen av skjermen (reduert effektiv skjermhøyde).

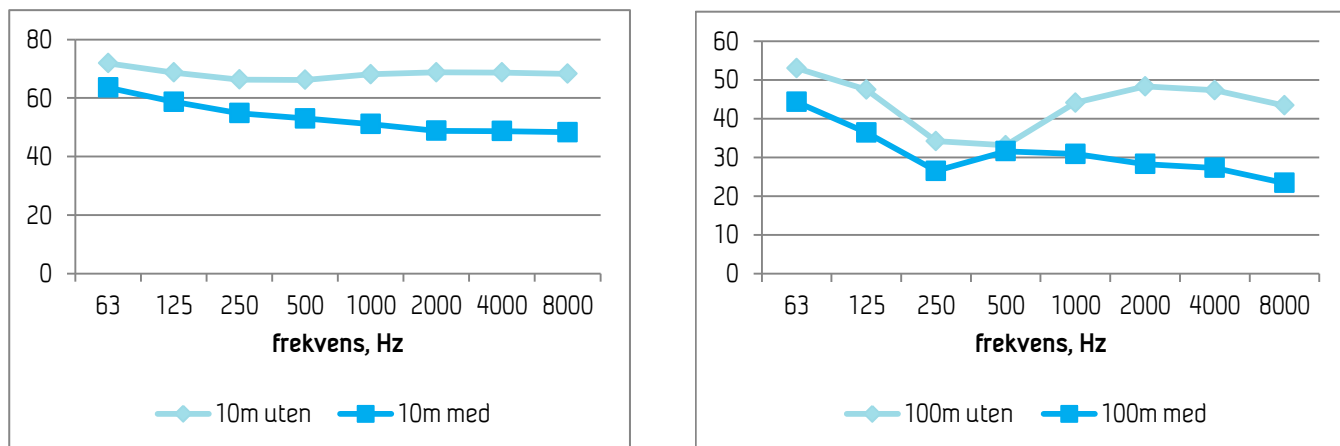
Virkningen av en skjerm er frekvensavhengig. For effektiv skjerming bør skjermhøyden være "noen ganger" større enn bølgelengden for lyden. Ved 100 Hz er bølgelengden 3.4 meter. Disse forholdene medfører at en skjerm som skal gi effektiv dempning for lave frekvenser, vil måtte være uforholdsmessig stor. Figur 15 viser eksempel på en skjermets standplass der lyden i bakoverretning var kritisk.



Figur 15. Eksempel på skjermets standplass. Store dimensjoner må til for å gi skjerming ved lave frekvenser

En skjerm har samme virkning som om kildehøyden øker. Det betyr at virkningen av bakkedempningen avtar, noe som blir særlig merkbart på lange avstander. Figur 16 viser eksempel på skjerm dempning. En rundstrålende kilde

(med flatt spektrum) er plassert 0.5 m over bakken, 5 m fra en 3 m høy skjerm. Figuren viser nivået 2 m over bakken på henholdsvis 10 m og 100 m avstand.



Figur 16. Virkningen av en 3 m høy skjerm (se tekst viktig for lydopplevelsen) avtar med avstanden fra skjermen.

Lyden man hører på noe avstand fra en skytebane, spesielt på tvers av skyteretningen, vil være en kombinasjon av munningsmellet (med mye lavfrekvent energi) og lyden fra prosjektilet (med mye høyfrekvent energi). Skjermer på langs av skyteretningen vil altså kunne gi god skjerming mot den høyfrekvente prosjektillyden. Ved å benytte frittstående skjermer vil disse kunne plasseres nærmere prosjekttilbanen enn en voll, og vil derfor gi ekstra god demping, se figur 17 og 18. Det er realistisk å regne med en demping på inntil ca 10 dBA for en slik skjerm.

Som et alternativ til skjerming kan det vurderes å grave skytebanen ned i terrenget. Det er gunstig å ha prosjekttilbanen nærmest mulig bakken for å dra nytte av størst mulig bakkedempning.



Figur 17. Skjerm tett inntil prosjekttilbanen gir effektiv demping av prosjektillyd [5]



Figur 18. Kombinasjon av voll og skjerm for demping av prosjektilyd [16]

3.7 Delvis overdekking

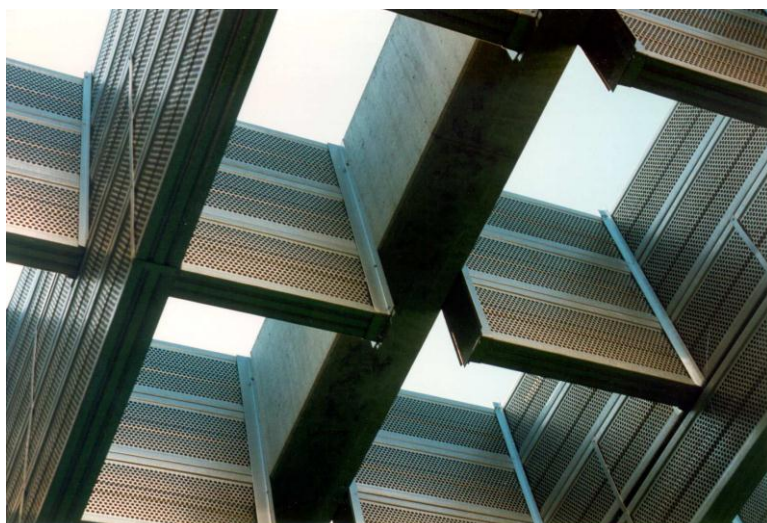
Innbygging av standplass og deler av skytebanen kan ofte være påkrevd for å oppnå tilstrekkelig støydemping mot omgivelsene. En alternativ løsning kan da være en delvis overdekking med en absorberende "pergola". Vertikale kassetter med absorberer kan monteres i et rutenett over hele eller deler av skytebanen. Konstruksjonen kan gjøres enklere enn ved full innbygging idet man ikke behøver å ta hensyn til snølast. Opphenget for absorberentene kan delvis kombineres med blender for å begrense skytevinkelen i vertikalplanet.

Mineralull av type Rockwool er selvdrenerende, og kan derfor benyttes utildrekket bare holdt på plass av f.eks. et enkelt metallgitter. Tilsvarende konstruksjon benyttes for skjermer mot veitrafikkstøy.

Eksempel på støydempende "himlinger" er vist i figur 19 og 20 [5]. Ved overbygging av standplass og deler av banen kan man realistisk regne med en demping på inntil 20 dBA i alle retninger.



Figur 19. Skytebane med overdekking av absorberende raster [5]



Figur 20. Detaljbilde av absorberende "himling" [5]

4 Oppsummering

I nedenstående tabell er det gjort en oppsummering over hvilken dempning man realistisk kan påregne ved ulike tiltak. Enkelte tiltak kan kombineres slik at dempning kan adderes, mens andre tiltak må betraktes enkeltvis. Det er skilt mellom dempning til siden og bakover ved standplass i forhold til skyteretning. Dempning i en kilometers avstand er basert på erfaringsdata [17] og gjelder i alle retninger. Det er da forutsatt vegetasjon (skog) mellom skytebanen og mottakerstedet.

Tabell 1. Realistisk oppnåelig dempning for ulike tiltak

	Dempning 20 m til siden [dBA]	Dempning 20 m rett bøk [dBA]	Dempning 1 km avstand [dBA]	Kommentar
Kilde				
valg av våpen	10	10	10	sjelden mulig
valg av ammo	2 - 4	2 - 3	2 - 3	sjelden mulig
skyteretning	10 - 20	10 - 20	5 - 7	planfase
Utbredelse				
skillevegger	10 - 15	2 - 7	5 - 7	
skytetunnel	10 - 20	10 - 20	5 - 10	
standplasshus	3 - 8	5 - 15	0 - 4	
skjerm, voll	5 - 10	5 - 10	0 - 7	
råsteroverdekking	10 - 20	10 - 20	5 - 15	

5 Referanser

- 1 S Asikainen et al: *Shooting range guidebook*. Ministry of Education. Publication 87 (2005), Finish Shooting Association, Finland
- 2 Soumen Ympäristö 38/2006: *Shooting activities in planning of land use and environmental licenses for Finish Defense Forces*. Ministry of the Environment, Finland

- 3 Royal Canadian Mounted Police: *Shooting ranges and sound*. Technical Documentation and Graphics Section, Information Management Branch, RCMP Headquarters, Ottawa, Canada, mars 1999
- 4 Støyspekter fra databasen i programmet MILSTØY
- 5 Jean Marc Wunderli: *Schiesslärm*, forelesninger ved ETH, Zurich, (personlig informasjon, 2011)
- 6 Larry Pater: *An investigation of small-arms range noise mitigation: The firing shed and the interlane barrier*, Technical report EAC-92/01, US Army Corps of Engineers, 1992
- 7 Minnesota Department of Natural Resources: *Outdoor shooting ranges. Best practices*.
- 8 Larry Pater et al: *Development of a Muffler for small arms range noise mitigation*, Technical report EAC-98/126, US Army Corps of Engineers, 1998
- 9 Allan Rosenheck og Jean Marc Wunderli: *Tunnel vor und Feuer frei*, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Umweltpraxis, nr 14, 1997, Zurich, Sveits
- 10 Nordtest: *Shooting ranges. Prediction of noise*. NT ACCOU 099, 2002
- 11 Larry Pater et al: *Comparison of barriers and partial enclosures for rifle range noise reduction*, Technical report EC-94/19, US Army Corps of Engineers, 1994
- 12 Bundesamt für Umwelt: *Lärm von Schiessanlagen*, BAFU Publikation DIV-1022-D, Sveits, 2004
- 13 Kanton Aargau: *Schalltechnische Sanierung der 300-m-Schiessanlagen*, Umwelt Publikation 28, 2005
- 14 P Pääkkönen et al: *Noise control on military shooting ranges for rifles*, Applied Acoustics, vol 32 (1) 1991
- 15 *Technische Belange der Schiessanlagen für das Schiesswesen ausser Dienst*, Dokumentation 51.065 d Schweizer Armee, oktober 2006
- 16 Baudirektion Kanton Zürich: *Schiesslärm. Reduktion des Geschosknalls*. www.tba.zh.ch
- 17 R Pääkkönen: *Environmental noise reduction means of weapons*, Proc. Acoustics '08, Paris, 2008



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no