

Monitorering av støy fra skytebaner, skytehus og SIBO

Mulighetsstudie for Politiets Nasjonale Beredskapssenter

Rapporten er utarbeidet av Soundsensing AS på oppdrag av Politiets Nasjonale Beredskapssenter.

Prosjektansvarlig

Ole Johan Aspestrand Bjerke

Fagansvarlig

Jon Nordby

Datainnsamling

Erik Sjølund

Revisjon 2. 17 November, 2020



<https://soundsensing.no>

contact@soundsensing.no

Soundsensing AS
Orgnr. 922774692
Gaustadalléen 21
0349 OSLO

1 Forord

I løpet av mine drøye 25 år som akustiker har jeg ofte kommet borti problemstillinger som ikke blir løst fordi det er for arbeidskrevende med tradisjonelle metoder. Dette kan typisk være langtidsmåling av støypåvirkning fra anleggsarbeid eller liknende. Utfordringen består ofte i at den aktuelle støykilden bare er en del av det totale støybildet. For å være sikker på at den støyen som måles faktisk stammer fra den aktuelle støykilden, og ikke for eksempel naboens gressklipper, må man enten være tilstede under målingene eller lytte gjennom opptak av støyhendelser i etterkant. Et system som ved hjelp av kunstig intelligens selv klarer å forstå hvilke lyder som stammer fra den aktuelle støykilden, kan løse denne utfordringen. I tillegg kan det da åpnes for en rekke kartlegginger som frem til nå har blitt ansett å være nærmest umulige å gjennomføre innenfor realistiske rammer for ressursbruk.

Under planleggingen av Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB) har støy fått stor oppmerksomhet. Kommunene har ønsket mulighet for langtidsmåling av støy fra senteret. Den store utfordringen er at støyen fra senteret er forventet å knapt skille seg fra bakgrunnsstøyen ved boliger, skoler og barnehager omkring senteret. Jeg hadde lest om oppstartsselskapet Soundsensing sin teknologi, og det slo meg at kanskje nettopp denne teknologien kunne være svaret på utfordringene med langtidsovervåking. Kanskje kunne også Soundsensing sin teknologi brukes til automatisk å telle ulike typer støyhendelser ved senteret. Prosjektledelsen på PNB tente på idéen, Soundsensing ble kontaktet, og det ble initiert et samarbeid. Fordi dette er ny uprøvd teknologi, ble prosjektet delt i flere faser med mulighet for terminering mellom hver fase.

Jeg har fulgt Soundsensing sitt arbeid med stor interesse, og har stor tro på mulighetene denne teknologien kan gi. Rapporten som nå foreligger, gjengir resultatene fra mulighetsstudien, som er første fase i prosjektet.

Sivilingeniør og innehaver av Rieber Prosjekt AS

Dag Rieber

2 Orientering

Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB) går i løpet av høsten 2020 fra byggefase til drift, og i den anledning publiserer Soundsensing resultatene fra et prøveprosjekt tilknyttet monitorering av støy fra treningsaktiviteter på skytebaner, skytehus og SIBO. Prøveprosjektet er iverksatt som et tiltak for å utforske nye og bedre måter å monitorere støy på- og rundt senteret.

Denne rapporten tilhører den overordnede kategorien om støyforhold ved PNB. Tidligere er det publisert flere rapporter og redegjørelser om det samme temaet, og disse har blitt brukt som føringer og datagrunnlag for denne rapporten:

1. [Helikopterstøy – PNB \(regjeringen.no\)](#) "Helikopterstøy: Vedlegg nr. 10 til reguleringsplan for Politiets nasjonale beredskapssenter. Utarbeidet av: SINTEF"
2. [Støy fra skyte- og treningsaktiviteter – PNB \(regjeringen.no\)](#) "Støy fra skyte- og treningsaktiviteter. Vedlegg nr. 11-1 til reguleringsplan for Politiets nasjonale beredskapssenter. Utarbeidet av: Asplan Viak AS".
3. [Tilleggsutredning – støy fra skyte- og treningsaktiviteter – PNB \(regjeringen.no\)](#) "Støy fra skyte- og treningsaktiviteter. Vedlegg nr. 11-2 til reguleringsplan for Politiets nasjonale beredskapssenter. Utarbeidet av: Rieber Prosjekt AS"
4. [170419 N Beredskapssenterets skytebaner farevurdering](#) "Beredskapssenterets skytebaner - Farevurdering. Vedlegg nr. 14-3 til reguleringsplan for Politiets nasjonale beredskapssenter. Utarbeidet av: Rieber Prosjekt AS"
5. [Reguleringsplan / planvedtak](#) "Vedtak av statlig reguleringsplan for politiets nasjonale beredskapssenter på Taralrud i Ski kommune. Utarbeidet av: Kommunal- og moderniseringsdepartementet"

PNB har gitt Soundsensing i oppdrag å utforske hvorvidt man kan bruke ny teknologi til løse utfordringer knyttet til monitorering av støy fra senteret. Støykildene er primært støy fra trening på skytebaner utendørs, trening med eksplosiver i skytehus og SIBO, og helikopterstøy.

Dette er en mulighetsstudie som utforsker hvordan loggføring av støyavtrykk grunnet skytebaner og eksplosjoner kan automatiseres ved hjelp av Soundsensing sitt utstyr.

For å sikre kvalitet og forutsigbarhet i prosessen, er prosjektet lagt opp i tre deler. Resultatene i hvert steg avgjør om prosjektet blir tatt videre til neste. De tre stegene er beskrevet under:

1. **Måned 0-6:** Mulighetsstudie for å kartlegge tekniske krav og gjennomførbarhet.
2. **Måned 6-18:** Pilotprosjekt med Soundsensing sin løsning.
3. **Måned 18-30:** Normal drift med Soundsensing sin løsning.

Denne rapporten markerer avslutningen av steg 1, og danner vurderingsgrunnlaget for om prosjektet skal videreføres til steg 2 (pilotprosjekt).

3 Rammer for støy fra senteret

Rammene for støy fra skytebanene, SIBO og skytehuset på Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB), finnes i reguleringsplanens bestemmelser. Bestemmelsene har detaljerte beskrivelser av utforming, skyteretninger, støyskjermingstiltak med mer. I tillegg til disse beskrivelsene er det gitt grenser for støy til omgivelsene. Disse grensene omtales i delkapitlene nedenfor.

3.1 Grenseverdier for støy

Retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen T-1442/2016 – tabell 3, samt tilhørende veileder M128, er gjennom reguleringsbestemmelsene gjort gjeldende for støyende aktiviteter ved anlegget, og for dimensjonering av støyreducerende tiltak. Støyfølsom bebyggelse skal ikke utsettes for støy over grenseverdiene i tabell 3. Støyfølsom bebyggelse inkluderer boliger, skoler, barnehager, fritidsboliger, eldresentre, sykehus og liknende. Industribygninger, kontorbygninger og liknende er ikke ansett å være støyfølsom bebyggelse. Grenseverdiene for skytebaner skal også gjelde for eksplosiver.

Tabellen 3 i T-1442/2016 har følgende grenser for støy fra skytebaner:

Støykilde	Støynivå på utendørs oppholdsareal og utenfor vinduer til rom med støyfølsomt bruksformål	Støynivå utenfor soverom, natt kl. 23 – 07	Støynivå på utendørs oppholdsareal og utenfor rom med støyfølsomt bruksformål, dag og kveld, kl. 7 - 23
Skytebaner	L_{den} 35 dB	Aktivitet bør ikke foregå.	L_{AFmax} 65 dB

Disse støygrensene tilsvarer grensene for gul støysone, mens rød støysone har 10 dB høyere verdier.

L_{den} er A-veiet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 10 dB / 5 dB ekstra tillegg på natt / kveld. Tidspunktene for de ulike periodene er: dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07. L_{den} er nærmere definert i EUs rammedirektiv for støy. L_{den} -nivået skal i kartlegging etter direktivet beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år.

L_{AFmax} er maksimalt støynivå målt med målerinnstilling «Fast» (125 millisekund tidskonstant). Dette er en form for statistisk maksimalnivå som kan oppstå under bestemte værforhold som gir god lydforplantning, og som fremkommer etter en bestemt prosedyre for behandling av måleresultatene. Værforhold, tallbehandling med mer er beskrevet i M-128. I de aller fleste tilfeller vil målinger av støy på avstander over noen hundre meter gi lavere verdier enn det

som beregnes, men det vil også være værforhold som medfører at det kan måles høyere verdier uten at dette innebærer at støygrensene anses overskredet.

3.2 Støysonekart

Reguleringsbestemmelsene har krav til at støy fra utendørs skytebaner ikke skal overstige verdiene som fremkommer av konsekvensutredningen vedlegg 11-2, datert 14. august 2017. Verdiene fremkommer i form av støysonekart over området rundt senteret, der det er vist rød og gul støysone. Disse støysonekartene legger strengere rammer for støyen enn grensene i T-1442/2016.

3.3 Flashbang og eksplosiver

Reguleringsbestemmelsene krever at bruk av flashbang og eksplosiver til sammen ikke skal overstige 1250 hendelser pr. år. Dette relaterer seg til støysonekart for flashbang og eksplosiver vist i vedlegg 11-2 til reguleringsplanen. Smell fra flashbang som benyttes i SIBO og skytehuset, og som ikke gir høyere støy enn grensen som gjelder for skytebanene, telles ikke med i dette antallet.

3.4 Tidsbegrensninger

Reguleringsbestemmelsene angir at støy fra utendørs skyting og øvelser kun tillates på hverdager (mandag-fredag) mellom kl. 07.00 og 19.00. I tillegg tillates støy fra utendørs skyting og øvelser mellom kl. 19.00 og 23.00 én fast dag (mandag-torsdag) pr måned.

4 Behov

PNB har formidlet ønsker og behov tilknyttet måling av støyrelatert aktivitet, som kan deles inn i to deler:

På senteret (PNB):

Monitorering av støy. For å bistå i loggføring av støyende aktivitet. Telling av hendelser (reguleringsplanen tillater et bestemt antall støyrelaterte hendelser i året).

Omkringliggende bebyggelse/kommuner:

Monitorering av støy ved omkringliggende støyfølsom bebyggelse. Ønske om å kunne koble støyhendelser ved støyfølsom bebyggelse mot hendelser på senteret.

5 Prosjektbeskrivelse

Følgende skal besvares av i denne mulighetsstudien (fase 1):

- I hvilken grad kan man automatisk detektere de hendelsene som skaper impulsstøy på PNB (skyting, eksplosiver)?
- Er det mulig å se hvor mye disse hendelsene påvirker støybildet hos omkringliggende støysensitiv bebyggelse?
- Er Soundsensing sin sensor egnet til å gjøre disse målingene?

Støy i forbindelse med helikopter og utrykning omfattes ikke av denne rapporten.

6 Datainnsamling

For å lage og evaluere en modell for automatisk deteksjon av skytestøy og eksplosjoner ble lyd-data samlet inn av Soundsensing. Innsamlingen og data-analysen ble gjort på en slik måte at modellen vil kunne integreres som en tilleggsfunksjon i Soundsensing sitt eksisterende sensor-system.

Datainnsamlingen ble samkjørt med målinger i forbindelse med etterprøving av støytiltak og støykart-beregninger. Disse ble ledet av Lars R. Nordin fra Brekke & Strand og Lars Petter Svendsen fra Politiet.

Målingene ble gjennomført over 4 dager i perioden Mai til September 2020. To av dagene hadde fokus på spredning av lyd nordover, og de resterende hadde fokus på spredning vestover. På de 4 måledagene har det blitt testet intensivt med fokus på de mest støyende aktivitetene. Det ble totalt fanget lyd fra 64 test-serier à 5 eller 10 hendelser hver, totalt 510 støy-hendelser. Av disse var 130 var eksplosjoner (95 flashbang og 35 sprengladninger) ved SIBO og skytehus. De resterende 380 var enkeltskudd fra 6 ulike våpenkonfigurasjoner ved de 3 utendørs skytebanene; 50-meter, 100-meter og 200-meter.

Informasjon om hver enkelt test ble lagret i et regneark. En oversikt finnes i Vedlegg 1.

Datainnsamlingen ble gjort før de siste planlagte tiltak i skytehus var ferdig gjennomført. Tiltakene inkluderer blant annet en støyvegg på toppen av skytehus, støyabsorberende materiale innvendig samt utvendig. I drift vil dermed lydnivået for hendelser i skytehus bli lavere enn det som fremkommer av våre data.

For datafangsten ble lyd-opptakere plassert på steder av interesse:

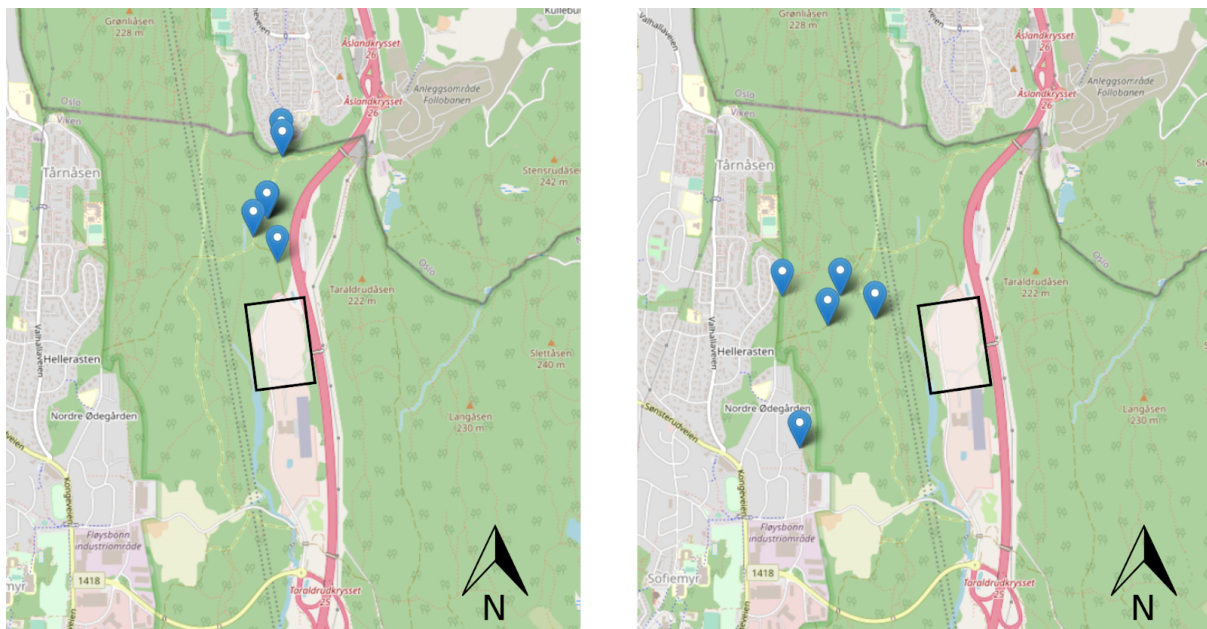
- På beredskapssenteret, i nærhet til skytebaner og skytehus
- Ved støyfølsom bebyggelse i vest og nord
- I friluftsområdene i mellom beredskapssenteret og støyfølsom bebyggelse

Det ble benyttet 5 opptaksenheter (2 kanaler hver) på senteret, og 4-6 enheter (avhengig av måleretning) i området rundt. Plasseringene av disse vises i Figur 1 og 2.

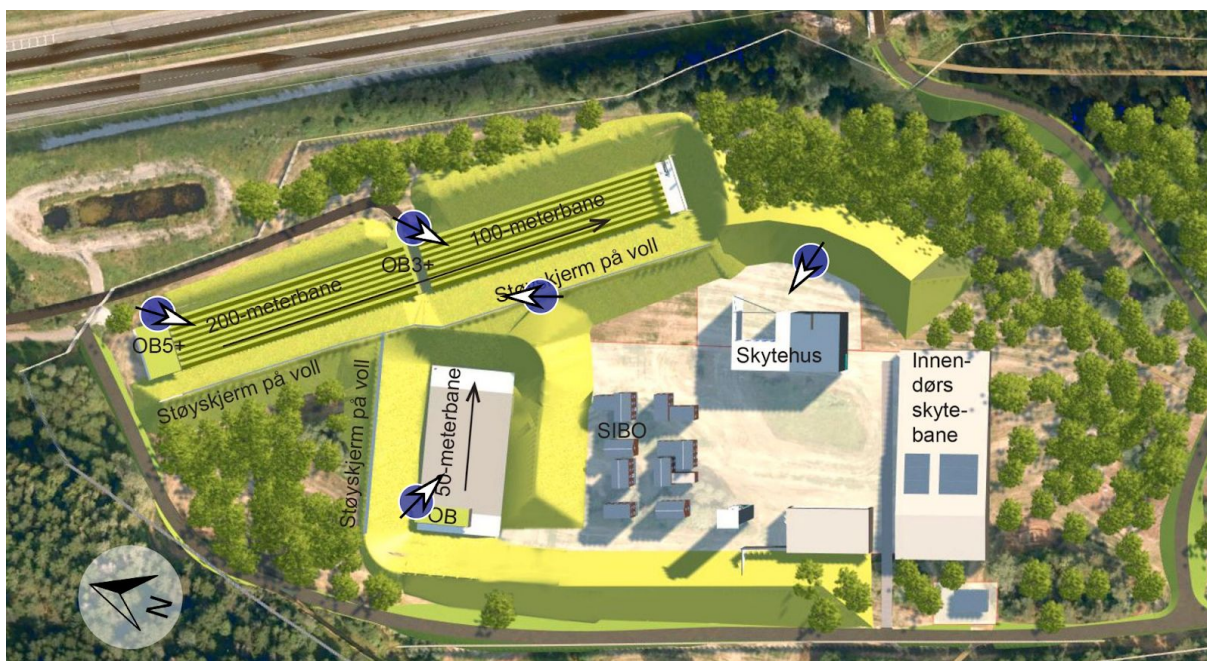
Totalt ble det samlet inn 300 timer med lyd for analyse. Av dette er det under 1% som inneholder en støy-hendelse, resten er annen lyd i omgivelsene. Dette inkluderer støy fra motorvei (E6), bygg og anleggsarbeid (på PNB og utenfor), fot-trafikk fra turgåere, osv.

Opptaksutstyret som ble benyttet er profesjonelle lydopptaksenheter, TASCAM DR05x og AudioMoth. Enhetene er ikke sertifiserte som lydnivåmålere. En grunnleggende kalibrering mot absolutt referert lydnivå (dBA SPL) er blitt gjennomført, med 1 kHz sinus med kjent dBA SPL fra 0.5 meter ved romtemperatur.

Dataene er godt egnet til å vurdere hendelsesdeteksjon og relative forskjeller mellom lydnivåer innad i datasettet, men lydnivåene er nok ikke helt korrekte ovenfor absolutt referert lydnivå.



Figur 1: Plasseringer av opptaksenheter ved omkringliggende bebyggelse og friluftsområde. Venstre: oppsett for måledager i nord. Høyre: oppsett for måledager i vest.



Figur 2: Plasseringer av opptaksenheter inne på området til PNB.

En av dagene kom det uforventet regn, og vanninntrenging i en trykk-knapp førte til at enheten på midtvollen på PNB justerte opp følsomheten. Dette er blitt forsøkt kompensert for, men dataene fra denne enheten i perioden er fortsatt noe annerledes grunnet høyere egenstøy og begrenset maksnivå. Vi har valgt å inkludere dataene i analysen for å ikke redusere datagrunnlaget. Denne unødvendige variasjonen i data kan føre til at ytelsen på modellene er noe underestimert.

7 Dataanalyse

Fra innsamlet lyddata ble lydnivåer beregnet. Det ble benyttet A-vektet frekvenskurve og 125 ms tidskonstant (innstilling "Fast"), L_{AF} . Oppløsningen i tid på lydnivåene var også 125 ms.

En av opptaksenhetene ved senteret ble valgt som referanse for presis tidfesting av hver enkelt hendelse (skudd eller eksplosjon). Tidfestingen ble først gjort med et automatisert verktøy som finner brå endringer i lydnivå. Disse ble så verifisert manuelt ved å se på lydnivå over tid. De meget regulære 30 sekunder mellom hver hendelse i hver test-serie var en stor fordel i denne delen av analysen. Tidfestingen for et par av hendelsene ble også verifisert ved å lytte til opptaket. Presisjonen på tidfestingen av hendelser på referanse enheten anslås til å være innenfor ± 1 sekund.

Hver enkelt opptaksenhet har separat klokke for tidsstempling som må synkroniseres. Lydnivå-grafene for alle enheter ble plottet samlet, og ved å manuelt markere den samme hendelsen i den samme serien ble tidsforskjeller beregnet ovenfor referanse-enheten på senteret. Tidsforskjellene ble så kompensert for, og de justerte lydnivå-grafene sjekket igjen. Presisjonen på tidfesting av hendelser mellom alle enhetene anslås til å være innenfor ± 5 sekunder. Med denne synkroniserings-prosedyren blir tidsforsinkelsen mellom enheter på ulik avstand fra kilde (grunnet lydens hastighet i luft) også kompensert bort.

For hendelsesdeteksjonen ble en enkel modell benyttet, basert på å splitte opp lydnivåer i faste tidsperioder og beregnet et utvalgt knippe med variabler for hver periode.

Lengden på tidsperiodene ble satt til 20 sekunder. Perioder som inneholder (minst) en støy-hendelse fra PNB ble markert som "PNB", og perioder som ikke inneholder slike hendelser ble markert som "annet".

Beregnete variablene ble basert på følgende karakteristikker for støy-hendelser fra skyting og eksplosjoner:

- Et høyt maksimalt lydnivå
- En stor forskjell mellom høyeste og laveste lydnivå
- En meget rask økning i lydnivå
- Etterfulgt av et ganske raskt fall i lydnivå

En slik "oppsummering" av tidsperioder har fordel av at det ikke krever så mye data (antall hendelser), og verdiene som ligger til grunn for en deteksjon kan enkelt tolkes og forstås. Det finnes også mer avanserte modeller som tar hensyn til "mønsteret" av lydnivå-ændring over tid. De kan forventes å ha bedre ytelse, men krever muligens mer data. Slike modeller vil bli utforsket i neste fase av prosjektet (pilotprosjekt), og er ikke benyttet i denne rapporten.

Maskinlæringsmodellen blir trent opp på et subset av dataene (kalt trenings-sett), og deretter blir ytelsen til modellen beregnet på et separat subsett (kalt test-sett). Splittingen ble gjort ved at hendelser fra en enkelt serie med tester ikke forekommer i både trening- og test-sett, slik at beregnet ytelse skal være et godt estimat på ytelsen ved fremtidige (nye/usette) øvelses-aktiviteter. Det ble testet 10 ulike splitter (10-fold cross-validation), og de presenterte resultatene er et gjennomsnitt av disse.

For kvantitativ vurdering av hvor godt modellen for hendelsesdeteksjon fungerer beregnes prosentandelen feil som gjøres (feilrate). Det er to typer mulige feil, med hver sin feilrate:

- *Manglende deteksjon*. Ingen hendelse ble detektert, men var faktisk tilstede.
- *Falsk deteksjon*. En hendelse ble detektert, men var ikke faktisk tilstede.

Manglende deteksjon vil føre til et underestimat av antall hendelser, mens falsk deteksjon fører til et overestimat.

8 Resultater og vurderinger

8.1 Deteksjon av støyhendelse på PNB

En støyhendelse er her definert som lyden fra enten skudd eller eksplosjon (flashbang, sprengladning). Deteksjon av støyhendelse er overordnet og skiller *ikke* på hva slags type treningsaktivitet som førte til hendelsen.

Data fra enheten på vollen, i midten av treningsområdet på PNB, ble benyttet for modellen. Det ble forsøkt å inkludere data fra enhet II ved skytehus, men dette utgjorde ingen betydelig forskjell.

	Hendelser	Ikke detektert		Falsk deteksjon	
	antall	antall	%	antall	%
Totalt	160 +- 9	8 +- 5	5% +- 3%	0 +- 0	0% +- 0%
Per kategori					
sjokkgranat	24 +- 8	6 +- 3	20% +- 11%		
skudd	123 +- 18	4 +- 4	3% +- 3%		
sprengladning	16 +- 7	2 +- 0	12% +- 3%		
Per bane					
100 meter	45 +- 15	0 +- 0	0% +- 0%		
200 meter	40 +- 10	0 +- 0	0% +- 0%		
50 meter	38 +- 20	4 +- 4	8% +- 7%		
SIBO	13 +- 5	3 +- 2	26% +- 17%		
skyttehus	26 +- 8	4 +- 2	16% +- 8%		

Basert på den enkle modellen som ble testet kan støy-hendelsene i datasettet detekteres og telles til omtrent 5% nøyaktighet. Skudd, den vanligste hendelsen, er den typen hendelse som detekteres mest presist med kun 3% manglende deteksjon. Ytelsen på flashbang og sprengladninger er ikke like god, med henholdsvis 20% og 12% manglende deteksjon.

En analyse av hendelsene som ikke ble detektert viste at det gjelder hendelser fra 556 kaliber med signatordemper, Flashbang Type I (minste type) og Sprengladning 26 gram (minste type). De to førstnevnte hadde lave lydnivåer, mindre enn +12 dBA over bakgrunnsstøyen, og vil antageligvis ikke kunne høres utenfor PNB. Sprengladningen hadde et betydelig lydnivå, men var bare minimalt under terskelen for en hendelse, og ville nok ha blitt plukket opp av et mer finjustert system.

Disse resultatene er godt innenfor målet om +-30% nøyaktighet som Soundsensing hadde satt seg. Det viser at for generell deteksjon av støyhendelser, så er prinsippet for deteksjon, og en sensor-plassering på midten av vollen mellom treningsanleggene, godt egnet.

8.2 Telling av eksplosiver

I reguleringsplanen er det satt en begrensning på antall eksplosiver (flashbang og sprengladning samlet) i løpet av et år på 1250 hendelser. Det er derfor ønskelig å kunne separere støy-hendelser fra av eksplosjoner (skal telles) og skudd (ikke telles).

En utfordring er at lyden fra eksplosjoner og skudd grovt sett er ganske lik hverandre. Begge er impulsive støyhendelser med litt variasjon i karakter. Eksplosjoner har mer energi i mer lave frekvenser og bærer lenger / har lavere direktivitet.

På PNB er det slik at treningsaktivitet med eksplosiver kun foregår ved skytehus og SIBO, mens skudd kun skje på 50, 100 og 200 meter skytebanene.

I driftsfase av PNB er det planlagt et meget lavt antall hendelser for eksplosjoner (i snitt 20 per uke), mens det er planlagt langt flere skudd (i snitt 12500 per uke). For å holde seg innenfor 30% falsk deteksjon av eksplosjoner må derfor feilprosenten på skudd være under 0.05%. Når de to lydene som skal skilles har såpass lik karakter, er dette meget krevende.

Først testet vi en modell (lik den for hendelsesdeteksjon) med data kun fra enheten plassert på midtvollen. Denne modellen hadde meget dårlig evne til å skille mellom skudd og eksplosjon. Deretter forsøkte vi å legge til enhet II ved skytehus. Det gav en betydelig økning i ytelse, som indikerer at informasjon om hvor lyden kommer fra og brer seg er av høy viktighet. Tabellen under viser resultatene.

	Hendelser		Ikke detektert		Falsk deteksjon	
	antall	antall	%	antall	%	
Eksplosjoner	37 +- 8	10 +- 5	27% +- 8%	1007 +- 598	2572% +- 1209%	

Manglende deteksjon er akseptabel, men raten for falsk deteksjon er for høy.

En analyse av feilene for falsk deteksjon viste at det var enkelte skudd fra 50 meter som ofte ble feil-klassifisert som eksplosjon. Av disse var 25% tilfeller med meget lavt lydnivå (ikke detekterbar som hendelse), 25% var grunnet et avvik på opptaksutstyret grunnet regn, mens de resterende 50% var reelle feil. Selv etter å korrigering for dette er modellen langt unna en feilrate for falsk deteksjon på under 30%.

En mer avansert modell med sensorer på hvert enkelt treningsområde (50 meter, 100 meter, 200 meter, SIBO og skytehus) kan testes ut, men vi er skeptiske til at selv dette vil kunne nå disse kravene.

For telling av eksplosiver slik vedtatt i reguleringsplanen må det nok derfor beregnes noe manuelt arbeid med å holde styr på treningsaktiviteter med eksplosiver. En automatisk klassifisering av støyhendelser som eksplosiver/skudd kan hjelpe til med denne oppgaven ved at den automatisk lager loggførte forslag for hendelser med eksplosiver, som så kan manuelt sjekkes og bekreftes/avkreftes.

8.3 Lydnivåer ved omkringliggende bebyggelse

En sentral vurdering for PNB er om treningsaktivitetene skaper støy som faktisk kan høres ved omkringliggende bebyggelse.

Det ble gjort noen forsøk på lage en modell som estimerer impulsstøy ved bebyggelsen basert på dataene fra en sensor på PNB (på samme måte som for hendelsesdeteksjonen). Disse modellene klarte ikke å estimere betydelig bedre enn tilfeldig gjetting.

Dette indikerer at det er vanskelig å beregne støypåvirkningen fra enkelthendelser ved bruk av sensorer kun på PNB. En mer avansert modell som også inkluderer energimengde og frekvensinnhold for hendelsen samt en simuleringsmodell for spredningen av lyd i terrenget vil muligens kunne gjøre det bedre, men det vil være meget vanskelig å kontrollere for påvirkningen som varierende værforhold har på spredningen. Og uten tilhørende målinger av faktisk lydnivå vil det heller ikke være mulig å etterprøve modellen.

Vår anbefaling er derfor at man benytter sensorer også ved bebyggelsen for måling av lydnivå, og samkjører disse med sensor på PNB.

Ved å benytte den automatiske hendelsesdeteksjonen, og definere terskelverdi for impulsstøy ved bebyggelsen kan man automatisk dele inn tids-perioder i fire ulike kategorier:

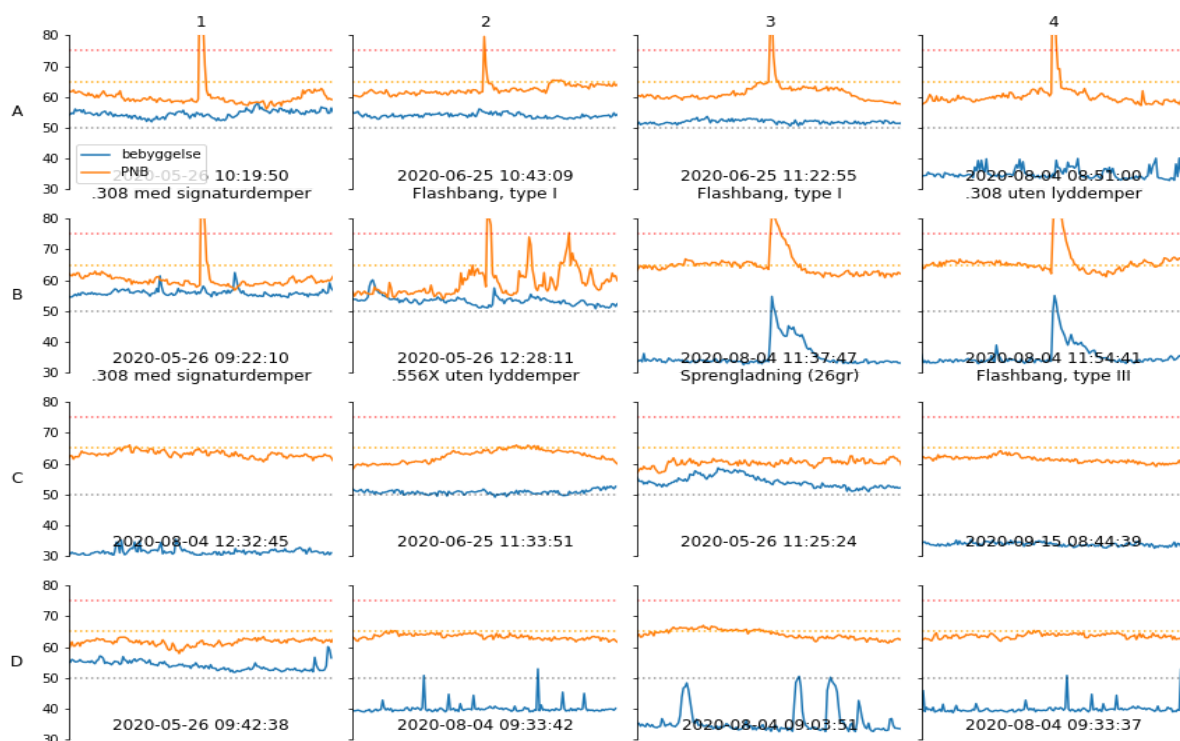
- A. Treningsaktivitet ved PNB, lav/ingen impulsstøy ved bebyggelse
- B. Treningsaktivitet ved PNB, betydelig impulsstøy ved bebyggelse
- C. Ingen treningsaktivitet ved PNB, lav/ingen impulsstøy ved bebyggelse
- D. Ingen treningsaktivitet ved PNB, betydelig impulsstøy ved bebyggelse

Eksempler på disse er vist i Figur 3.

For PNB er det kategori B som er av interesse, og perioder med denne kategorien kan automatisk loggføres i systemet. Dette kan brukes som et datagrunnlag når man får henvendelser fra publikum, for vurdering av endring av treningsvåpen eller prosedyrer, eller som del av rutinemessig miljøoppfølging.

Som modell er kobling av støyhendelse på PNB mot støyhendelse på bebyggelse innenfor en tidsperiode enkel - og basert på innsamlede data ser den ut til å fungere godt på hendelser hvor støypåvirkningen er betydelig eller stor. Men dersom to uavhengige hendelser skjer på samme tid, vil en slik enkel modell gjøre feil. Slike resultater må dermed tolkes med noe skjønn og kan foreløpig ikke helautomatiseres.

Soundsensing er interessert i å jobbe videre med bedre modeller for dette, inkludert full automatisering, og har fått en masteroppgave på temaet ved Data Science linjen på Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2021. Oppgaven skal kunne gjennomføres med de allerede innsamlede dataene, men vil ha fordel av større mengder data under mer realistiske driftsforhold.



Figur 3. Eksempler på impulsstøy ($L_{AFmax} > 50$ dB og brå økning på >5 dB) ved bebyggelse. I rad A er tilfeller hvor det er et betydelig lydnivå på PNB fra treningsaktivitet, uten at dette kan registreres ved bebyggelsen. I rad B er tilfeller med impulsstøy ved bebyggelse og treningsaktivitet på PNB i tidsperioden. Selv her er det kun i B2 og B3 en betydelig støypåvirkning fra PNB. I rad C ser man rolige perioder, uten impulsiv støy ved bebyggelsen eller ved PNB. I rad D har man eksempler på tilfeller hvor det er impulsiv støy i nærheten av bebyggelsen som er grunnet andre kilder enn PNB (ingen treningsaktivitet).

8.4 Krav til utstyr

De gjennomførte dataanalysene har følgende krav til sensor-løsning.

1. Målinger av lydnivå i området 40-110 dBA
2. System for datalogging og samkjøring av flere enheter
3. Tidssynkronisering mellom enheter på 10 sekunder eller bedre
4. Støtte for A-vektet lydnivå med 125 ms tids integrasjon (L_{AF})
5. Tidsoppløsning på logget lydnivå på 125 ms eller bedre
6. Automatisert hendelsesdeteksjon basert på L_{AF} lydnivå
7. Tidskompensasjon for lydnivå-serier fra ulike enheter
8. Pålitelig datainnsamling over flere måneder utendørs

Alle disse kravene kan dekkes av Soundsensing sin sensor-løsning. Punkt 4) og 5) er fortsatt under utvikling.

8.5 Usikkerheter

All analyse gjort i denne fasen er på bakgrunn av benyttet data innsamlet med hovedformål å teste støyreduserende tiltak. Det utvalgte konfigurasjoner av våpen og bruksmetode var da designet for å teste et “worst-case” scenario. Det ble kun benyttet et enkelt område av gangen, og kun en hendelse av gangen, med god avstand i tid mellom hver hendelse. Det var noe bygg- og anleggsaktivitet i perioden, men ingen drift på senteret.

I en driftsperiode vil dette bli noe annerledes. Det vil i perioder være flere treningsaktiviteter i gang samtidig, med flere personer som deltar. Særlig for skudd vil dette skape hendelser langt oftere, og skuddene vil kunne overlappe i tid.

De aller fleste trenings-aktivitetene vil skape mindre lydnivå enn det som ble testet mest, da det er de mindre støyende systemene som brukes oftest. For eksempel benyttes lyddemper som standard på de fleste våpen, og de minste sjokkgranatene er vanligst. Faktiske treningsaktiviteter vil dekke flere posisjoner enn det som har blitt gjort under test, og dette vil skape mer variasjon i lydnivåer og lydsignaturer. Det antas også at det vil være mer annen aktivitet på senteret, som muligens kan skape utfordrende bakgrunnsstøy.

Disse elementene vil gjøre oppgaven med deteksjon og telling av støyhendelser under drift noe vanskeligere. Hvor mye utslag det vil få, og om systemet vil opprettholde en akseptabel ytelse, er vanskelig å forutsi.

I mulighetsstudien er det blitt benyttet opptaksenheter noen timer per dag, i normalt fint sommervær. Datainnsamling har vært manuelt i etterkant. I drift vil Soundsensing sensorer bli benyttet, med kontinuerlig logging av lydnivå ved bruk av 4G mobilnett. Enhetene er designet for utendørs bruk og testet over tid, men det er alltid muligheter for avbrudd og variasjon i loggført data når systemet står i et krevende miljø i lengre perioder.

Å avklare disse usikkerhetene vil være sentrale mål i en eventuell neste fase, som vil være en pilotperiode under drift.

På problemstillingene som hittil har positive resultater (hendelsesdeteksjon og lydnivå ved bebyggelse) er det etter vår vurdering rom for å hente inn litt ytelse med videre utvikling av modeller og større mengder data. Dette kan muligens kompensere for eventuelt økt vanskelighetsgrad under drift.

9 Konklusjoner

En Soundsensing sensor plassert på midtvollen på PNB ser ut til å kunne effektivt detektere støy-hendelser fra treningsaktiviteter. Alene vil en slik sensor kunne loggføre disse aktivitetene i tid, men ikke si noe om lydnivået ved bebyggelse eller om støy-hendelsen var grunnet skytetrening, flashbangs eller sprengladning. En slik logg vil kunne brukes til å besvare henvendelser fra publikum om treningsaktiviteter, samt dokumentere overhold av tidsavgrensninger satt i reguleringsplanen.

Ved å i tillegg plassere ut sensorer ved bebyggelsen, vil man kunne loggføre lydnivået der. Lydnivåene kan tids-synkroniseres med de automatisk detekterte støy-hendelsene. Med en slik løsning vil man kunne slå opp i loggene for en viss tidsperiode, se når det var støyende treningsaktivitet på PNB, og se hvilket lydnivå som ble registrert ved bebyggelsen i perioden treningsaktiviteten pågår. Det vil danne et datagrunnlag som muliggjør vurdering av eventuell støypåvirkning, ved at fagkyndige innenfor støy gjør en manuell gjennomgang. En masteroppgave ved Data Science linjen på NMBU har som tema å se om det er mulig å automatisere en slik analyse.

Automatisk telling av eksplosjoner alene (flashbang og sprengladninger), i henhold til reguleringsplanen, ser ut til å være meget utfordrende. Det lave antallet eksplosjoner relativt til antall skudd-hendelser gjør at selv meget sjeldne skudd-hendelser fører til stor overestimering av antall eksplosjoner. Bruk av opptil 6 sensorer på PNB, en per treningsområde, og analyse av alle sensorene sammen bør kunne gi bedre resultater. Men det er god sannsynlighet for at selv ikke dette vil klare å telle eksplosjoner med en akseptabel feilrate.

Med bakgrunn i denne mulighetsstudien ser det ut til at et system for monitorering av støy fra skytebaner, skytehus og SIBO ved Politiets Nasjonale Beredskapssenter er realiserbart - inkludert automatisk deteksjon av støy-hendelser, og loggføring av lydnivå ved omkringliggende bebyggelse. Funksjonen med automatisert telling av kun eksplosjoner alene (ikke skudd) vurderes derimot som vanskelig, og kan ikke garanteres. Soundsensing mener at et slikt system for loggføring kan være nyttig som et faktagrunnlag for støy i det PNB settes i drift, og er positive til å teste det ut i en pilotperiode.

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Liste over gjennomførte tester

Dato	Klokkeslett	Bane	Hendelser	Våpen	Posisjon
26.05.2020	9.01-9.05	100 meter	10	.556X med signaturdemper	Lengst mot vest
26.05.2020	9.10-9.14	100 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot vest
26.05.2020	9.18-9.23	100 meter	10	.308 med signaturdemper	Lengst mot vest
26.05.2020	9.28-9.33	100 meter	10	.338 med signaturdemper	Lengst mot vest
26.05.2020	9.37-9.41	100 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
26.05.2020	10.51-10.55	100 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot vest
26.05.2020	09.59-10.03	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot vest
26.05.2020	10.10-10.15	200 meter	10	.308 uten lyddemper	Lengst mot vest
26.05.2020	10.19-10.23	200 meter	10	.308 med signaturdemper	Lengst mot vest
26.05.2020	10.28-10.33	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
26.05.2020	10.37-10.41	200 meter	10	.308 uten lyddemper	Lengst mot øst
26.05.2020	11.07-11.11	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
26.05.2020	11.17-11.21	200 meter	10	.308 uten lyddemper	Lengst mot øst
26.05.2020	11.42-11.46	50 meter	10	.556X med signaturdemper	Lengst mot sydvest
26.05.2020	11.54-11.58	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot sydvest
26.05.2020	12.05-12.10	50 meter	10	9mm	Lengst mot sydvest
26.05.2020	12.16-12.20	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot sydøst
26.05.2020	12.24-12.29	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot sydøst
26.05.2020	12.34-12.39	50 meter	10	.556X med signaturdemper	Lengst mot sydøst
26.05.2020	12.44-12.49	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot sydvest
26.05.2020	12.50-12.52	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Fra skytehus
25.06.2020	08.56-09.00	skytehus	5	Sprengladning (26gr)	1, på fasade 1
25.06.2020	09.14-09.17	skytehus	5	Sprengladning (26gr)	2, på fasade 1
25.06.2020	09.45-09.48	skytehus	5	Sprengladning (80gr)	2, på fasade 1
25.06.2020	10.25-10.30	skytehus	5	Sprengladning (100gr)	3, utenfor dør 1
25.06.2020	09.24-09.26	skytehus	5	Flashbang, type III	4, innendørs 1 med skodder foran vindu
25.06.2020	09.29-09.31	skytehus	5	Flashbang, type III	4, innendørs 1 uten skodder foran vindu
25.06.2020	10.42-10.45	SIBO	5	Flashbang, type I	1, på terrasse til etasje 4 1
25.06.2020	10.46-10.50	SIBO	5	Flashbang, type II	1, på terrasse til etasje 4 1
25.06.2020	10.51-10.54	SIBO	5	Flashbang, type III	1, på terrasse til etasje 4 1
25.06.2020	11.10-11.13	SIBO	5	Flashbang, type I	2, 4. etasje, innendørs 1
25.06.2020	11.13-11.16	SIBO	5	Flashbang, type I	3, 3. etasje, innendørs 1
25.06.2020	11.18-11.21	SIBO	5	Flashbang, type I	4, 2. etasje, innendørs 1
25.06.2020	11.22-11.25	SIBO	5	Flashbang, type I	5, utendørs, på bakke, mellom bygninger 1
25.06.2020	11.25-11.28	SIBO	5	Flashbang, type I	6, utendørs, på bakke, i «kryss» 1
04.08.2020	8.15-8.20	100 meter	10	.556X med lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	8.20-8.26	100 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	8.26-8.31	100 meter	10	.308 med lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	8.32-8.38	100 meter	10	.338 med lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	8.47-8.52	100 meter	10	.308 uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.55-10.01	100 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.19-9.23	200 meter	10	.556X med lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.26-9.33	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.39-9.44	200 meter	10	.308 med lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.45-9.51	200 meter	10	.308 uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	9.55-10.00	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	10.04-10.10	200 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot øst
04.08.2020	10.20-10.25	50 meter	10	.556X med lyddemper	Lengst mot nordøst
04.08.2020	10.26-10.33	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot nordøst
04.08.2020	10.34-10.40	50 meter	10	9mm	Lengst mot nordøst
04.08.2020	10.42-10.47	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot nordøst
04.08.2020	10.48-10.54	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot sydøst
04.08.2020	10.55-11.00	50 meter	10	.556X uten lyddemper	Lengst mot nordøst/sydøst
04.08.2020	11.36-11.40	skytehus	5	Sprengladning (26gr)	1, på fasade
04.08.2020	11.44-11.48	skytehus	5	Flashbang, type I	2, innendørs, uten skodder foran vindu
04.08.2020	11.49-11.52	skytehus	5	Flashbang, type III	2, innendørs, med skodder foran vindu
04.08.2020	11.53-11.56	skytehus	5	Flashbang, type III	2, innendørs, uten skodder foran vindu
04.08.2020	12.17-12.20	SIBO	5	Flashbang, type I	1, på terrasse til etasje 4
04.08.2020	12.21-12.25	SIBO	5	Flashbang, type I	2, 4. etasje, innendørs
04.08.2020	12.27-12.30	SIBO	5	Flashbang, type I	3, 2. etasje, innendørs
15.09.2020	8.38-8.40	skytehus	5	Sprengladning (26gr)	1, på fasade
15.09.2020	8.50-8.52	skytehus	5	Flashbang, type III	2, innendørs, uten skodder foran vindu
15.09.2020	9.53-9.55	skytehus	5	Sprengladning (26gr)	1, på fasade
15.09.2020	10.01-10.04	skytehus	5	Flashbang, type III	3, innendørs, uten skodder foran vindu
15.09.2020	10.05-10.09	skytehus	5	Flashbang, type II	3, innendørs, uten skodder foran vindu