

Lars Andreas Sæle

# Kartlegging av støyeksponeering i ambulansetjenesten ved bruk av samband og øregarnityr hos ambulanseansatte; og om støyeksponeeringen forårsaker midlertidig nedsatt hørsel

Masteroppgave i helse, miljø og sikkerhet

Veileder: Rikke Bramming Jørgensen

Juli 2023



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden



Lars Andreas Sæle

# **Kartlegging av støyeksponeering i ambulansetjenesten ved bruk av samband og øregarnityr hos ambulanseansatte; og om støyeksponeeringen forårsaker midlertidig nedsatt hørsel**

Masteroppgave i helse, miljø og sikkerhet  
Veileder: Rikke Bramming Jørgensen  
Juli 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for økonomi  
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden



## **Sammendrag**

Det har blitt gjennomført over 200 dosimetermålinger, 23 audiometriske undersøkelser, 30 målinger fra samband ved hjelp av kunstig øre og over 200 spørsmålsark har blitt besvart ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus. Alle innsamlede data har blitt analysert og sammenstilt for å kunne besvare spørsmålet om støy fra samband har en innvirkning på temporært terskelskifte etter vaktslut. Basert på resultatene i studien, utsettes ikke ambulansesansatte for helseskadelig støy fra samband, men fra omgivelsene med hensyn på peak-verdier.

## **Abstract**

For this study, over 200 noise dosimeter measurements, 23 audiometries, 30 measurements performed on radio earpiece using an artificial ear simulator and over 200 answer sheets have been answered at the ambulance center Oslo downtown at Oslo university hospital. To answer the question "do noise exposure from radio earpiece have an effect on temporary threshold shift after a work shift?", the data have been compiled and analyzed. Based on the results of this study, the ambulance personnel are not exposed to dangerous noise levels from their radio ear piece, but rather from the environment with respect to peak values.



# Forord

Først og fremst en stor takk til Rikke for meget god veiledning og vilje til å veilede en oppgave utenfor de standard masteroppgaver. Takk til Pål Brenno for god oppfølging, opplæring og interessante diskusjoner rundt den medisinske betydningen av resultatene. Denne oppgaven har vært en fryd å arbeide med. Det har vært helt spesielt å få bli godt kjent med yrkesgruppen ambulansesansatte. Det betyr mye å få kunne arbeide med et tema som potensielt kan hjelpe de som hjelper. Jeg må derfor rette en stor takk til de ambulansesansatte ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus. En særlig takk rettes til Bjørn Nuland for god og tett oppfølging knyttet til sambandet, samt Kjartan Eduard for faglige innspill.

Masteroppgaven markerer slutten av en fantastisk og uforglemmelig studietid. For den har jeg byen, venner og familie å takke. Studietiden har både vært karakterbyggende og personlighetsbyggende. Vil gjerne få rette en takk til Ole Harald Kvislen for god hjelp til masteren. Vil også takke alle andre som har bidratt inn til denne oppgaven. Arbeidet med oppgaven har vært preget av mye oppmøte, mye data, og mye skriving, alt ved siden av å skulle ivareta rollen som yrkeshygieniker ved Oslo universitetssykehus. Takk til alle kolleger og ledere som har latt meg få holde på med oppgaven, og gjort de tilpasningene som har vært nødvendig for å gjøre dette til en best mulig oppgave.





# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstilling . . . . .	2
1.2	Avgrensinger . . . . .	2
1.3	Disposisjon . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>5</b>
2.1	Støy i ambulansetjenesten . . . . .	5
2.1.1	Ansatte på ambulansen . . . . .	7
2.1.2	Ambulanseansattes arbeidshverdag . . . . .	8
2.1.3	Bruk av samband hos ambulanseansatte . . . . .	10
2.1.4	Sambandet hos ambulanseansatte . . . . .	11
2.2	Øre- og hodetelefoner som arbeidsmiljøproblem . . . . .	12
2.2.1	Lyd i øret i forbindelse med arbeid . . . . .	13
2.2.2	Lydkilder . . . . .	15
2.2.3	Akustisk impedans . . . . .	16
2.3	Ørets anatomi og hørselens egenskaper . . . . .	17
2.3.1	Det ytre øret . . . . .	17
2.3.2	Okklusjonseffekten . . . . .	19
2.3.3	Metoder for å bestemme hørselstap . . . . .	20
2.4	Målemetoder for å bestemme støyeksponering i et arbeidsmiljø	22
2.4.1	Arbeidstilsynet . . . . .	22
2.4.2	ISO9612 . . . . .	23
2.4.3	Bestemme eksponering fra lydkilder nær eller i øret . .	25
2.4.4	Hvordan bestemme total eksponering med hensyn på omgivelser og fra støykilder i eller nær øret . . . . .	28

<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>29</b>
3.1	Før måling . . . . .	29
3.1.1	Arbeidsanalyse . . . . .	29
3.1.2	Utvikling av målestrategi . . . . .	30
3.2	Målinger . . . . .	31
3.2.1	Kunstig øre . . . . .	31
3.2.2	Dosimeter . . . . .	44
3.2.3	Egenvurdering fra de ansatte . . . . .	44
3.2.4	Audiometrier . . . . .	45
3.2.5	Registrering av data og databehandling . . . . .	46
3.3	Etter måling . . . . .	46
3.3.1	Kunstig øre . . . . .	46
3.3.2	Dosimeter . . . . .	47
3.3.3	Audiometrier . . . . .	48
3.3.4	Sammenstilling av data . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>49</b>
4.1	Resultater fra kunstig øre . . . . .	49
4.2	Resultater fra dosimeter . . . . .	52
4.2.1	Resultater fra sannsynlighetsplott . . . . .	53
4.2.2	Resultater fra modelltest . . . . .	56
4.2.3	Histogramfremstilling av dosimeterdata . . . . .	65
4.2.4	Histogramfremstilling av peak-verdier . . . . .	69
4.3	Resultater fra spørsmålsark . . . . .	73
4.4	Resultater fra audiometrier . . . . .	74
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>79</b>
5.1	Målinger på samband . . . . .	79
5.2	Målinger med dosimeter . . . . .	81
5.2.1	Peakverdier . . . . .	83
5.2.2	Dosimeter for å bestemme eksponering fra samband . . . . .	83
5.3	Audiometrier . . . . .	84
5.4	Spørsmålsark . . . . .	85
5.5	Kunstig øre, dosimeter, audiometrier og spørsmål sett i sammenheng . . . . .	86
5.6	Begrensninger . . . . .	87
5.7	Videre studier . . . . .	88

<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>89</b>
<b>A</b>	<b>Wilcoxon tegntest</b>	<b>91</b>



# Figurer

2.1	Forenklet skjematisk figur fra innringer til ambulanse, og hvilken kommunikasjon som foregår til ulike aktører. . . . .	10
2.2	Oppbygging av sambandet til de ambulanseansatte ved ambulansesetasje sentrum. . . . .	11
2.3	Oppbyggingen til en direktehøytaler[1]. . . . .	16
2.4	2-dimensjonal modell av det ytre øret [2]. . . . .	18
2.5	Forenklet visualisering av okklusjonseffekten, der de røde og blå områdene viser henholdsvis fortetninger og utstrekning i lydølger og følgelig lydtrykk [3]. . . . .	19
3.1	Utstyrspakken som utgjør GRAS 45CA . . . . .	32
3.2	Måleoppsett for kunstig øre . . . . .	33
3.3	Ulike typer ørepropper tilbudt av ambulansetjenesten ved Oslo universitetssykehus til ambulansesatte. . . . .	34
3.4	Avstand målt fra kunstig øre og radio. . . . .	35
3.5	Avstand målt fra en tilfeldig valgt ansatt sitt tragus og radio-posisjon. . . . .	36
3.6	Radioens posisjon på en tilfeldig valgt ansatt. . . . .	37
3.7	Avstand målt for generisk ørepropp fra tragus til enden av plastbiten som utgjør øreproppen. . . . .	38
3.8	Mål av generisk ørepropp. . . . .	39
3.9	Oppsett ved måling på generisk ørepropp . . . . .	40
3.10	Oppsett ved måling på anatomisk ørepropp. . . . .	41
3.11	Mål av anatomisk ørepropp. . . . .	42
3.12	Nærbilde av anatomisk ørepropp i øre. . . . .	43
4.1	Sannsynlighetsplott for alle dosimetermålinger. . . . .	53

4.2	Sannsynlighetsplott for dagskift mandag til fredag. . . . .	53
4.3	Sannsynlighetsplott for kveldskift mandag til fredag. . . . .	54
4.4	Sannsynlighetsplott for nattskift mandag til torsdag. . . . .	54
4.5	Sannsynlighetsplott for nattskift fredag og lørdag. . . . .	55
4.6	Sannsynlighetsplott for dagskift lørdag. . . . .	55
4.7	Sannsynlighetsplott for dagskift søndag. . . . .	56
4.8	Sannsynlighetsplott for nattskift søndag. . . . .	56
4.9	Modelltest for alle dosimetermålinger. . . . .	57
4.10	Modelltest for dagskift mandag til fredag. . . . .	58
4.11	Modelltest for kveldskift mandag til fredag. . . . .	59
4.12	Modelltest for nattskift mandag til torsdag. . . . .	60
4.13	Modelltest for nattskift fredag og lørdag. . . . .	61
4.14	Modelltest for dagskift lørdag. . . . .	62
4.15	Modelltest for dagskift søndag. . . . .	63
4.16	Modelltest for nattskift søndag. . . . .	64
4.17	Histogram for alle dosimetermålinger. . . . .	65
4.18	Histogram for dagskift mandag til fredag. . . . .	65
4.19	Histogram for kveldskift mandag til fredag. . . . .	66
4.20	Histogram for nattskift mandag til torsdag. . . . .	66
4.21	Histogram for nattskift fredag og lørdag. . . . .	67
4.22	Histogram for dagskift lørdag. . . . .	67
4.23	Histogram for dagskift søndag. . . . .	68
4.24	Histogram for nattskift søndag. . . . .	68
4.25	Histogram for alle peak-verdier. . . . .	69
4.26	Histogram for peak-verdier ved dagskift mandag til fredag. . .	69
4.27	Histogram for peak-verdier ved kveldskift mandag til fredag. .	70
4.28	Histogram for peak-verdier ved nattskift mandag til torsdag. .	70
4.29	Histogram for peak-verdier ved nattskift fredag og lørdag. . .	71
4.30	Histogram for peak-verdier ved dagskift lørdag. . . . .	71
4.31	Histogram for peak-verdier ved dagskift søndag. . . . .	72
4.32	Histogram for peak-verdier ved nattskift søndag. . . . .	72
4.33	Grafisk fremstilling av resultatene i tabell 4.10. . . . .	75
4.34	Grafisk fremstilling av resultatene i tabell 4.11. . . . .	77
A.1	Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for tempo- rært terskelskifte etter vakt for venstre øre . . . . .	92
A.2	Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for tempo- rært terskelskifte etter vakt for høyre øre . . . . .	93

A.3	Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte mer enn 10 dB etter vakt for venstre øre . .	94
A.4	Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte mer enn 10 dB etter vakt for høyre øre . . .	95





# Tabeller

1	Viktige nyanserte begrep i rapporten . . . . .	xvii
2	Oversikt over forkortelser brukt i rapporten . . . . .	xvii
3	Oversikt over standarder brukt i rapporten . . . . .	xviii
3.1	Arbeidstider for ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus. Arbeidstiden kan starte inntil en halvtime før. Doble vakter er ikke regnet med, men kan forekomme. . . . .	30
3.2	Behandlinger målt i forbindelse med støymålinger knyttet til samband. Eksempel for "Anatomisk", "Generisk" og "Radio" er i henholdsvis figur 3.3b, 3.3a og 3.4. . . . .	33
3.3	Oversikt over hvordan data i dosimetermålinger har blitt sammenstilt med hensyn på mistenkt lik støyeksponering. Se tabell 3.1 for forklaring på arbeidstid og hva disse innebærer .	47
4.1	Resultater fra målinger ved volumnivå 7, radiohøytaler. N=17	49
4.2	Resultater fra målinger ved volumnivå 7, generisk ørepropp. N=6 . . . . .	50
4.3	Resultater fra målinger ved volumnivå 7, anatomisk ørepropp. N=7 . . . . .	50
4.4	Resultater fra målinger ved volumnivå 14, radiohøytaler. N=16	51
4.5	Resultater fra målinger ved volumnivå 14, generisk ørepropp. N=8 . . . . .	51
4.6	Resultater fra målinger ved volumnivå 14, anatomisk ørepropp. N=8 . . . . .	52
4.7	Oversikt over fordeling og oppdragssammensetning for ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum. . . . .	73
4.8	Resultater knyttet til bruk av øregarnityr. . . . .	73

4.9	Resultater fra de ansattes egenvurdering av støy under vakt. . . . .	73
4.10	Temporær terskelskifte etter vakt for ulike frekvenser på venstre øre. Negativt fortegn indikerer nedsatt terskel og følgelig temporært terskelskifte. Røde celler indikerer temporært terskelskifte på 10 dB eller mer. Siste kolonne angir respektivt støynivå under vakten. . . . .	74
4.11	Temporær terskelskifte før og etter skift for ulike frekvenser på høyre øre. Negativt fortegn indikerer nedsatt terskel og følgelig temporært terskelskifte. Røde celler indikerer temporært terskelskifte på 10 dB eller mer. Siste kolonne angir respektivt støynivå under vakten. . . . .	76
4.12	Resultater av hypotesetest ved hjelp av Wilcoxon tegn-test for hver frekvens med hensyn på temporært terskelskifte. "X" indikerer at 0-hypotesen forkastes. . . . .	78
4.13	Resultater av hypotesetest ved hjelp av Wilcoxon tegn-test for hver frekvens med hensyn på temporært terskelskifte 10 dB eller mer. "X" indikerer at 0-hypotesen forkastes. . . . .	78

Tabell 1: Viktige nyanserte begrep i rapporten

Hodetelefon	Høytaler for avspilling av lyd nær øret, enten på eller over øret. Kan være 1 eller 2 høytalere. Blir værende på hodet ved hjelp av en bøyle over eller rundt hodet.
Øretelefon	Høytaler for avspilling av lyd i øret, enten ved plassering i ørekanalen eller liggende i øret med høytaler rettet inn mot ørekanalen.
Over øret	Når øret blir innesluttet av en pute eller lignende slik at øret er adskilt fra omgivelsene. Høytaleren hviler mot hodeskallen rundt øret.
På øret	Når høytaleren hviler mot øremuslingen, men øremuslingen bidrar til å lede lyd mot ørekanalen.
I øret	Når høytaleren leder støyen direkte inn mot ørekanalen uten at øremuslingen er involvert i å lede lyd mot ørekanalen. Høytaleren blir holdt på plass ved hjelp av forsegling mot ørekanalen eller av å hvile i øremuslingen.
Venstre og høyre	Når det snakkes om kunstig øre og en ansatt vil venstre og høyre være fra mannekengens og den ansattes perspektiv.

Tabell 2: Oversikt over forkortelser brukt i rapporten

AMK	Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral
NIMN	Norsk Indeks for Medisinsk Nødhjelp
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
TTS	Temporært terskelskifte
SSF	Signal-til-støy forhold
MIRE	Microphone in real ear
CSA	Canadian standards association
ISO	International organization for standardization.
Wav	Lydformat
SEG	Sammenlignbare eksponeringsgrupper
AD	Anderson Darling

Tabell 3: Oversikt over standarder brukt i rapporten

---

ISO 9612	Standard for måling av yrkesrelatert støyeksposering
ISO 11904-1	Standard for måling av støy nær øret ved hjelp av mikrofon i øret
ISO 11904-2	Standard for måling av støy nær øret ved hjelp av mannekeng
ISO 1999	Standard for estimering av støyindusert hørselstap
NS4815-1	Norsk standard for forenklet støymåling
NS8175:2012	Norsk standard for lydforhold i bygninger — Lydklasser for ulike bygningstyper.
CSA Z107.56-18	Kanadisk standard for estimering av støynivå fra hodetelefoner ved hjelp av dosimetermåling

---

# Kapittel 1

## Introduksjon

Øre- og hodetelefoner er i økende grad brukt innenfor ulike yrker. Dette skyldes et voksende behov for hurtig kommunikasjon over større avstander og for å effektivisere arbeidet [4, 5, 6]. Risikovurdering og kost-nytte vurdering av bruk av hode- eller øretelefoner er lite utbredt, på tross av at det er krav fra det norske arbeidstilsynet at all støyeksponering skal risikovurderes [7].

Ambulansearbeidere har lenge benyttet samband til kommunikasjon, før mange andre begynte å benytte hode- og øretelefoner til arbeid. Likevel har det ikke lyktes å finne tidligere studier som er gjort på støynivået fra sambandet til ambulansearbeidere. Dette på tross av hvor lenge samband har vært en aktiv del av ambulansetjenesten. Tidligere studier har heller adressert kjøring av ambulanse som den mest signifikante støykilden [8, 9, 10].

Målemetoder for eksponering i arbeidslivet er godt kjent og utprøvd. Metoder for å måle støybidrag fra støykilder direkte på øret i forbindelse med arbeidseksponering er ikke utarbeidet enda, og det er ofte opp til hver prøvetaker å vurdere en metode som er passende [6, 11]. Likevel er det foreslått å inkludere støybidrag fra øre- og hodetelefoner i en revisjon av ISO9612, teknisk metode for bestemmelse av støyeksponering i et arbeidsmiljø [12]. Det finnes standarder for måling av støy fra hode- og øretelefoner, men disse er ikke spesifikt laget for støyeksponering i yrkessammenheng [13, 14]. Det vil derfor være viktig for denne oppgaven å finne ut *hvordan måle støy fra samband og øregarnityr?*

## 1.1 Problemstilling

I denne avhandlingen vil følgende problemstilling belyses: *Vil bruk av samband kunne være helseskadelig for ambulansesarbeidere?*

Problemstillingen er relevant som følge av innkomne HMS-avvik ved Prehospital klinikk ved Oslo universitetssykehus. Ambulansesarbeidere jobber skift av ulik varighet, med oppdrag i ulike omgivelser og situasjoner. Dette tilsier også at støynivået varierer ila. vekten.

HMS-avvik HMS21-3271 ved Oslo universitetssykehus ga grunnlag for kartleggingen. Avviket gikk ut på at det kom en plutselig høy lyd i øret fra sambandet som medførte at den ansatte fikk så vondt i øret at reaksjonen var å umiddelbart rive ut øretelefonen fra øret. Det ble gjennomført en undersøkelse av bedriftshelsetjenesten ved OUS der det kom frem at det var en økt forekomst av nedsatt hørsel blant ambulansesarbeidere enn i den allmenne befolkning. Likevel var det ingen økt forekomst av ansatte med støyrelatert hørseltap[15]. Det ble også gjennomført en støymåling fra sambandet med en vanlig støymåler med heftemasse (tack it) som isoleringsmateriale mellom mikrofon og øre. Dette viste at støynivået fra sambandet kunne være for høyt, uten at det var mulig å si noe med sikkerhet[16].

For å kunne være mer sikker i sin sak, og for å kunne besvare problemstillingen må følgende spørsmål bli besvart:

- Hvordan måler man total støyeksponering for en ambulansesarbeider som benytter samband?
- Hvordan kan en bestemme om en gitt støyeksponering vil kunne forårsake permanent eller midlertidig nedsatt hørsel?
- Hvilke støykilde er mest bidragsytende til ambulansesarbeidernes totale støyeksponering?

## 1.2 Avgrensinger

I denne oppgaven vil ambulansesansatt være en samlebetegnelse for alt helsepersonell som jobber på ambulanse. Det forutsettes at leseren har den nødvendige bakgrunnsinformasjon om hva støy er, hvordan det beregnes og hva som forårsaker støy. Videre blir det antatt at leseren har kjennskap til forskrift om tiltaks- og grenseverdier, og at vedkommende selv kan vurdere

høyt og lavt støynivå. Medisinskfaglig begrenser oppgaven seg til de metodene som brukes innen arbeidsmedisinske undersøkelser for bestemmelse av hørseltap. Undersøkelser som brukes av spesialister innen øre-nese-hals medisin blir ikke vurdert i denne oppgaven. Med hensyn på statistikk vil det kun bli beskrevet metoder og tolkning av statistiske metoder. Den bakenforliggende forståelsen av metodene brukt er etterlatt som en oppgave til leseren.

Forsøket som gjøres i denne oppgaven begrenses til en ambulansestasjon av logistikkgrunner. Det betyr ikke at de elementene som blir poengtert i oppgaven ikke er overførbare til andre ambulansestasjoner eller nødetater. Det er opp til leseren å bedømme om resultatene kan være relevant for deres arbeidssted og -situasjon. Teorien som blir presentert begrenses til det som trengs for å besvare problemstillingen.

### **1.3 Disposisjon**

Først presenteres teori om ambulansesatte og deres arbeidshverdag og støysituasjon. Videre presenteres teori om det ytre øret og hvordan det påvirkes av lydkilder i eller nær øret. Til slutt i teorikapittelet vil det bli gjennomgått ulike internasjonale metoder for å vurdere støyeksponering i arbeidssammenheng, både før og etter mistanke om skade.

I tredje kapittel presenteres metoden som har blitt brukt i forbindelse med denne undersøkelsen. Metoden vil bli gjennomgått i detalj om hva som er gjort før, under og etter datainnsamling. I fjerde kapittel vil resultatene fra undersøkelsen bli presentert. I kapittel fem blir resultatene fra kapittel fire, begrensninger og forslag til videre studier diskutert. I kapittel seks vil gi en kortfattet konklusjon fra diskusjonen sett opp mot problemstillingen.





# Kapittel 2

## Teori

I dette kapitlet vil det bli gjennomført en litteraturstudie for å kunne gi nok bakgrunnsinformasjon knyttet til støy hos ambulansesansatte. Kapitlet vil gå igjennom tidligere studier gjennomført i ambulansetjeneste og andre taktiske miljøer, ambulansesansattes hverdag og deres bruk av samband, samt øretelefonenes egenskaper og dens rolle i et generelt arbeidsmiljø. Videre vil ørets anatomi bli undersøkt, hvordan dette lar seg påvirke av øretelefoner og hvilken rolle audiometriske undersøkelser spiller inn i dette. Til slutt vil kapitlet ta for seg ulike målemetoder for undersøkelse av støyeksponering.

### 2.1 Støy i ambulansetjenesten

For å forstå bakgrunnen for problemstillingen vil dette avsnittet gå gjennom tidligere studier gjort på støy i ambulansetjenester. Det er blitt gjort studier på hvordan ambulansesansatte blir utsatt for støy. Studiene har vært mest rettet mot hvordan kjøretøyet i tjenesten påvirker hørselen.

En studie gjennomført i Danmark målte støynivået under utrykning med mobile intensivbehandlingssbiler (tilsvarende "legebiler" i Norge) og med ambulanshelikopter. Tre ulike team bestående av lege og ambulansarbeider deltok i studien for legebilene, totalt 28 fordelt på stedene Odense, Kolding og Århus. Legene med tilsvarende stilling som jobber fast på sykehus ble brukt som kontrollgruppe. Det ble gjennomført 8-timersmålinger på teamene med to miniatyrmikrofoner festet rett over den ansattes ørekanal ved hjelp av noen spesiallagde holdere. Mikrofonen tok opp en referanse-lyd på 94 dB fra en Brüel og Kjær type 4231 kalibrator med en spesialla-

get adapter til miniatyrmikrofonen. Lydopptak ble tatt opp i ukomprimert wav-format med en samplingfrekvens på 44 kHz/16bit for å hindre tap av lydinformasjon[9].

Lydopptakene ble så analysert med Audacity version 2.11 programvare for å manuelt sjekke peak-verdier og for å ekskludere lydartefakter. Deretter ble resultatene analysert med spesiallaget MATLAB-program for å beregne  $LA_{eq}$  og  $LC_{peak}$ . For å vurdere eksponering fra bilene ble det laget ulike eksponeringsscenarioer basert på veitype, eller om det var på vei til eller fra skadested, om det var pasient i bilen eller om pasient var under behandling. Det ble også notert om samband eller mobiltelefon ble brukt[9].

I studien ble det også gjennomført hørseltester før vakt og hver gang etter kjøring med sirener. Metoden som ble brukt var Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE)[9], som går ut på at to nærliggende frekvenser blir spilt av inn mot øret, og samtidig er det en mikrofon som tar opp lyden som kommer tilbake ut øregangen[17]. Endring i denne mellom før og etter vakt ble brukt som utgangspunkt for å bestemme om de ansatte blir utsatt for midlertidig nedsatt hørsel. Det ble ikke funnet noe endring i frekvensområdet 2, 3 og 4 kHz-området. I tillegg ble det gjennomført audiometrier (se avsnitt 2.3.3) som heller ikke viste noe endring i hørsel i frekvensområdet 3, 4 og 6 kHz-området[9].

Videre viste støymålingene å være mellom  $LA_{eq,8h} = 71$  dBA–73 dBA. Under uttrykning var støynivået på 79 dB–80 dB for ambulanse og 72 dB–77 dB for legebil. Studien hadde fokus på sirene som viktigste støykilde for de ansatte, og ulike typer kjøreomgivelser. Alle data sett i sammenheng var det ingenting som kunne påvise at lege eller ambulanspersonell fikk midlertidig nedsatt hørsel som følge av bruk av sirene eller kjøring av ambulanse [9] .

I Riga, Latvia og Aurich, Tyskland har det blitt gjort støymålinger på ambulanser. Det har blitt gjort støymålinger i førerkabinen på en ambulanse av samme modell og type, med ca. samme alder og slitasje. Det ble brukt en LUTRON SL-4013 klasse 2 støymåler, og det ble gjort 20 målinger totalt. Ambulansen det ble gjort støymålinger på er en Mercedes Sprinter 315 CDI. Sirenen på ambulansen er plassert på taket og i grillen[10].

Målingene ble gjort under omtrent like omstendigheter. Målingene ble gjort i omtrent fritt felt uten typiske hindringer som bygninger o.l. på veier med god asfaltkvalitet. I førerkabinen var der heller ikke andre støykilder enn de fra bilen eller sirenene. Vinduer har også vært igjen under kjøring. Det ble målt i tre ulike hastigheter, både med og uten sirener. Turenes

varighet ble også logget for å finne eksponeringstid[10].

Resultatene fra studien viser at støynivået øker med hastighet og der- som sirener blir brukt. Turens varighet varierte mellom 10 og 15 minutter. Støynivåene var mellom 83,3 dBA–90,7 dBA ved bruk av sirene og mellom 63,5 dBA–76,1 dBA uten bruk av sirene[10].

En studie gjennomført ved Louisville Emergency Medical Services hadde som mål å bestemme om de ansatte opplevde tapt hørsel som følge av arbeidet, og støynivåene i en ambulanse. De ansatte gjennomgår helseundersøkelse annenhvert år, hvorpå de beste audiometriresultatene fra tidligere helseundersøkelser ble brukt som sammenligningsgrunnlag. Ny audiometri gjort i forbindelse med studien ble så sammenlignet med sammenligningsgrunnlaget. Deretter ble resultatene aldersjustert til nærmeste mnd. for tiden mellom tidspunkt for sammenligningsgrunnlag og nåværende audiogram, i henhold til amerikansk standard. Det ble deretter undersøkt om sist gjennomførte audiometri lå over eller under forventet aldersjustert høreterskel.

Resultatene ble sjekket for statistisk normalitet, og videre ble det brukt en Spearman korrelasjonskoeffisient-metode for å bestemme korrelasjon mellom aldersjustert hørseltap og antall måneder med støyeksponering. Justert for alder var høyeste forskjell på venstre øre ved 2000 Hz, men resultatene var likevel ikke statistisk signifikant. Ingen av korrelasjonskoeffisientene mellom aldersjustert høreterskel og måneder med eksponering var positive, og er dermed heller ikke statistisk signifikant. I studien ble det heller ikke funnet noe overrepresentasjon av hørseltap blant yrkesgruppen. Av den grunn ble det konkludert i studien at de ansatte er ikke mer utsatt for hørseltap enn den allmenne befolkning [8].

### 2.1.1 Ansatte på ambulansen

Studiene over viser at det er en risiko for å bli utsatt for støy i ambulansetjenesten. For å bedre forstå hvorfor en ambulanseansatt vurderes å være utsatt for støy, og følgelig problemstillingen, blir ambulanseansattes arbeids- hverdag presentert i dette avsnittet.

En ambulansearbeider er en arbeider som i følge forskrift om krav til akuttmedisinske tjenester utenfor sykehus har i hovedoppgave «å sikre adekvat behandling og oppfølging under transport[18].» Mer spesifisert skal en ambulansearbeider

ha kompetanse til å kunne observere og identifisere svikt i vitale organfunksjoner, igangsette akuttmedisinske behandlingstiltak, yte kyndig hjelp til forflytning og leiring av pasienter, samt dokumentere og rapportere til annet helsepersonell[18].

Minimum en av de ansatte må inneha autorisasjon som ambulansarbeider [18]. En ambulansarbeider har fagbrev fra videregående skole, og en paramedisiner har minimum en bachelor i paramedisin fra universitet eller høyskole[19]. I resten av teksten vil ambulansansatt fortsette å være samlebetegnelse for paramedisiner og ambulansarbeider.

### 2.1.2 Ambulansansattes arbeidshverdag

En ambulansansatt skal være klar til å rykke ut fra vaktens start. Av den grunn starter dagen med vedlikehold og sjekk av bil for å sørge for at ambulansen også er klar til utrykning. Deretter skal de ansatte gjennomgå all ny informasjon fra arbeidsgiver [20].

I løpet av vekten har de ansatte tre ulike plikter som arbeidstaker:

- Gjennomføre tildelte oppdrag
- Gjennomføre pålagte oppgaver
- Gjennomføre planlagt kontroll og vedlikehold

Det er akuttmedisinsk kommunikasjonsentral (AMK) som styrer ressurser og medisinsk beredskap i et angitt område. Det er AMK som tildeler oppdrag til de ambulansansatte. De ambulansansatte skal respondere på AMK sine utmeldinger umiddelbart, og har førsteprioritet i deres plikter som arbeidstaker [20]. Til vanlig er de ansatte i beredskap ved ambulansstasjonen de tilhører. AMK kan ved behov tildele oppdrag i å være i beredskap ved utskutte ambulansstasjoner eller i beredskapspunkt fra bil i et angitt område. AMK gjør dette dersom det er få ressurser i et område som har stor oppdragsmengde [21].

Oppdrag som er pasientrettet blir kategorisert av AMK ut ifra hastegrad. Hastegraden bestemmes ut ifra Norsk Indeks for Medisinsk Nødhjelp (NIMN). NIMN deler inn i tre ulike responstyper: rød, gul og grønn. I tillegg kommer mørkegrønn som er planlagte oppdrag. Hver responsfarge har ulike prosedyrer for hvordan ambulansen, AMK og legene håndterer situasjonen [21].

Ved mørkegrønne oppdrag kan pasienten ha behov for behandling eller omsorg under transport. Oppdraget er planlagt for senere tidspunkt og skal hovedsakelig ned i omsorgsnivå: f.eks. fra regionalt sykehus til sektorsykehus der pasienten hører hjemme. Ved grønne oppdrag er det behov for medisinsk vurdering og/eller behandling. Det er AMK som gjør en vurdering på om det er behov for ambulanse. Ved behov vil det ikke være berettiget for uttrykning, og ambulansen tar seg til stedet på normalt sett og frakter pasient til behandling. Pasienten kan derfor være skadet, men har ikke skader som krever hurtig fremkomst. Grønne oppdrag referes også til som vanlige oppdrag, hvilket betyr at oppdrag som innebærer flytting av beredskap fra en ambulansestasjon til en annen posisjon er å anse som et grønt oppdrag [21].

Gule oppdrag er oppdrag som haster. Disse oppdragene er ikke planlagt og er oftere rekvirert direkte fra AMK til ambulansene. Gule oppdrag kan ha behov for medisinsk vurdering for å avklare potensialet for svikt i fysiologi/vitale funksjoner eller at det er pågående truende svikt i fysiologi eller vitale funksjoner. Oppdraget har ikke alltid behov for uttrykning, men det tillates dersom det er behov [21].

Røde oppdrag er akuttoppdrag og har alltid førsteprioritet. Uttrykning med blålys og sirene er påkrevd og pasienten har pågående truende svikt i fysiologi eller vitale funksjoner, eller manifest svikt i fysiologi eller vitale funksjoner. Ved røde oppdrag har også AMK mye høyere krav til kommunikasjon, og all kommunikasjon foregår på samme linje som med ambulansesansatte og som med legestaben [21]. Røde og gule oppdrag har også veiledende krav til responstid fra ambulansen:

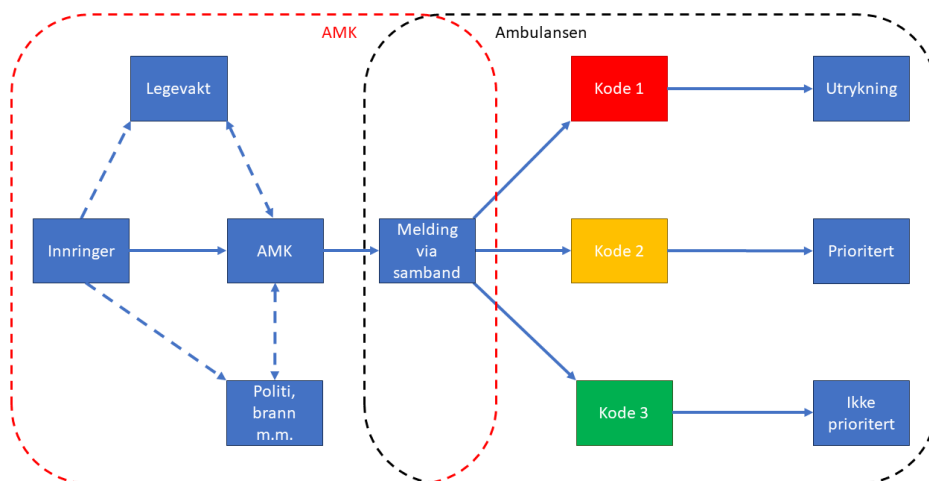
- Røde: 12 minutter for 90 % av befolkningen i byer og tettsteder/strøk, 25 minutter for 90 % av befolkningen i griskrendte strøk.
- Gule: 30 minutter for 90 % av befolkningen i byer og tettsteder/strøk, 40 minutter for 90 % av befolkningen i griskrendte strøk [21].

Når de ambulansesansatte ikke gjør oppdrag gjør de enten pålagte oppgaver eller planlagt kontroll og vedlikehold. Hva dette innebærer varierer mellom stasjoner og ansatte [20].

### 2.1.3 Bruk av samband hos ambulanseansatte

Når AMK fordeler oppdrag til ambulanseansatte, gjøres dette via nødnett[21]. Nødnettet er et nasjonalt digitalt samband for nødetatene og andre aktører med nød og beredskapsansvar. Sambandet er delt inn i ulike samtalegrupper på ulike nivå, både geografisk, til oppdrag og for samarbeid mellom ulike aktører[22, 23]. Hvordan prosedyrer for hvordan samtalegrupper deles inn utarbeides i samarbeid med brukerne og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) [23].

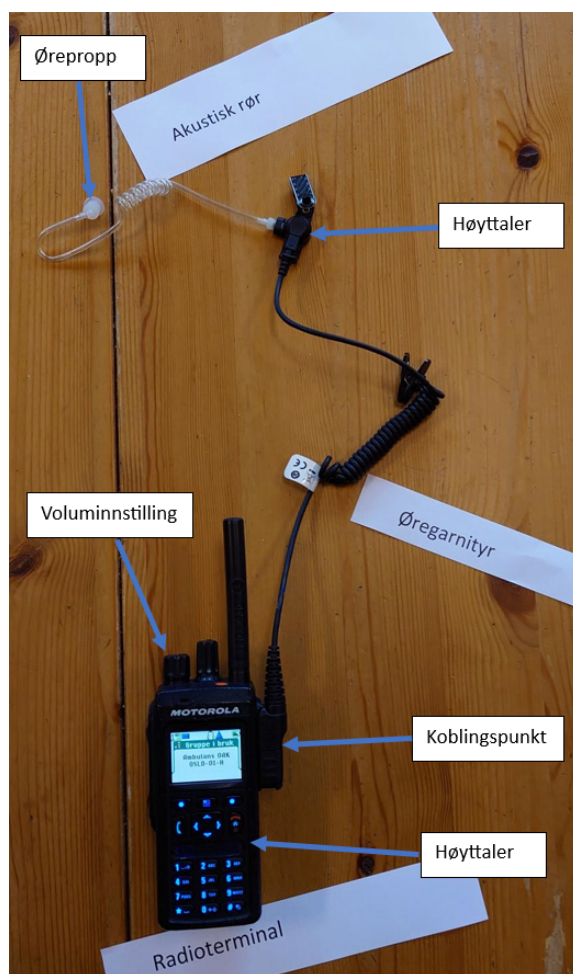
AMK kommuniserer også med førstehjelpere, legevaktsentral, leger, andre beredskapsaktører m.m. Mye av kommunikasjonen foregår direkte over nødnett slik at alle involverte hører hva som blir sagt. Oppdraget kan bli overført på en spesifikk aksjonsgruppe dersom det er behov for skjermet linje med mange involverte. ”Trippelvarsling” er noe som gjøres dersom oppdraget krever samarbeid mellom ambulanse, politi og brann, også kalt nødnettets kjernebrukere. Da varsles deres respektive sentraler og alle prater sammen i en egen talegruppe [21, 22].



Figur 2.1: Forenklet skjematisk figur fra innringer til ambulanse, og hvilken kommunikasjon som foregår til ulike aktører.

### 2.1.4 Sambandet hos ambulansesatte

Samband består av en radioterminal ved sentral, som i ambulansetjenestens tilfelle er AMK og ved aktøren som er ambulansesatte. For ambulansesatte er radioterminalen mobil og plassert på person, eller fastmontert i ambulanse[23]. Et mobilt samband består av en radioterminal (også kalt radio), øregarnityr, akustisk rør og en ørepropp, som i figur 2.2.



Figur 2.2: Oppbygging av sambandet til de ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum.

## 2.2. ØRE- OG HODETELEFONER SOM ARBEIDSMILJØPROBLEM 12

Radioterminalen er ”hjernen” til sambandet og har egen høyttaler, mikrofon og alle innstillingsmuligheter. Øregarnityren er et ekstrautstyr som kobles til radioterminalen ved hjelp av klips. I motsatt ende av øregarnityren er det en høyttaler, hvor det også kan koble til et akustisk rør. Det akustiske røret er et hult gummirør som leder lyden fra høyttaleren og opp til øret. I enden av det akustiske røret er det en utskiftbar ørepropp slik at det akustiske røret passer ulike typer ørepropper. Øreproppen er det som holder det akustiske røret på plass i øret. Øregarnityr vil bli brukt som en samlebetegnelse for øregarnityr, akustisk rør og ørepropp i resten av denne teksten.

DSB har forhåndsgodkjent en rekke radioterminaler som kan benyttes til kommunikasjon. Det er opp til hver enkelt aktør å bestemme hvilken radioterminal som ønskes. Bakgrunnen for at radioterminalen må være forhåndsgodkjent bunner i krav til stabil og forutsigbar drift. Forhåndsgodkjenning skal også sikre at produsenten oppfyller krav til kompatibilitet til andre systemer og til sikkerhet[24].

DSB er kjent med at radiostøy er et problem ved bruk av nødnettet. Radiostøy kan forstyrre signalene i nødnettet og følgelig forstyrre radiokommunikasjonen. Radiostøy kan komme fra alle kilder til elektromagnetisk stråling, og er derfor å finne over alt. Av den grunn er radiostøy ikke til å unngå eller å forebygge forekomst av [23].

## 2.2 Øre- og hodetelefoner som arbeidsmiljøproblem

Bruk av øretelefoner er økende blant befolkningen, både i privat sammenheng og i arbeidslivet [25, 4]. Årsaken til økningen i den private sfæren er en stadig større del av befolkningen som bruker øretelefoner til rekreasjon[25]. I arbeidslivet skyldes dette økt bruk i flere bransjer hvor det er behov for å lettere kunne kommunisere mellom ansatte. I dette avsnittet vil ulike studier på bruk av hode- og øretelefoner både i privat og yrkessammenheng bli presentert. Videre vil egenskaper knyttet til disse lydildene bli undersøkt.

I 2017 i Sverige ble det gjort en studie på ungdoms lyttevaner og dens innvirkning på hørselen. I studien besvarte 343 et spørreskjema, hvorav 280 svarte at de lyttet til musikk gjennom MP3-spillere. 50 av de 280 ble tilbudt audiometri og test av lydnivået i øretelefonene på det normale lydnivået når de lyttet til musikk. Deltagerne i studien rapporterte selv lyttetid mellom 30 minutter og 12 timer pr. dag, med et gjennomsnitt på 2 timer pr. dag. 80 %



av deltagerne rapporterte lyttetid mellom 30 minutter og 2 timer. Studien viste til slutt at de som rapporterer om mer enn 3 timer musikklytting pr. dag oftere rapporterte om forekomst av tinnitus til tross for at det ikke var tegn til signifikant nedsatt hørsel [25].

### 2.2.1 Lyd i øret i forbindelse med arbeid

Det er flere ansatte i ulike yrker som har behov for kommunikasjon direkte i øret. Nødetater, flyvere, telefonselgere, industriarbeidere og butikkmedarbeidere kan ofte sees med øre- eller hodetelefoner knyttet til deres arbeid. Det har blitt utarbeidet flere studier som ser på støy fra øre- og hodetelefoner som arbeidsmiljøproblem. Det er etter forfatterens kunnskap ingen studier ute som omhandler ambulansesansattes bruk av samband, men studier har blitt gjort på andre yrkesgrupper knyttet til hode- eller øretelefoner.

En studie gjennomført på personer som jobber i musikkbransjen hadde som mål å bestemme om det å lytte til musikk gjennom hode- og øretelefoner var hørselsskadelig, og om det forverres gjennom støyende arbeidsomgivelser. Tre ulike sammenlignbare eksponeringsgrupper ble valgt ut: musikere, lydteknikker høytaleranlegg og lydteknikker lydstudio. Studien ble gjennomført på 81 unge i alderen 16-25 år, og unge som bare lytter til musikk ble brukt som kontrollgruppe. Resultatene gir en sannsynlig sammenheng mellom de som bruker øretelefoner og et hørselstap rundt 4 kHz på 9,2 dB, mot de som bruker andre høytalere på øret. Det ble ikke funnet noe statistisk signifikant sammenheng mellom hørselstap og ytre støy, og det ble derfor pekt på øretelefoner som den mest sannsynlige årsaken til hørseltap, uavhengig av støyen fra omgivelsene[26].

En annen studie gjennomført i Tyskland undersøkte støynivået i piloters hodetelefoner og i cockpit. 487 tyske piloter ble undersøkt. I cockpit ble støynivået målt til 74 dB(A)–80 dB(A) avhengig av flytype. Lydtryknivået fra hodetelefonene ble målt ved hjelp av en mannekeng, og ble bestemt til å ligge mellom 84 dB(A)–88 dB(A). Pilotenes hørsel ble også undersøkt, og audiometriene viste at pilotene hadde nedsatt hørsel i flere frekvensområder. Resultatene viste også at nedsatt hørsel var som forventet knyttet til alder. Hørseltestene viste også et større skifte i hørsel på venstre øre enn høyre øre, og nedsatt hørsel ble oftere knyttet til venstre øre, motsatt av øret som bærer hodetelefonen i cockpit [27].

I Japan ble det gjort en studie på industriarbeidere på tre ulike anlegg: et freseranlegg, et stålverk og et oljeraffineri. Felles for de alle var at de

## 2.2. ØRE- OG HODETELEFONER SOM ARBEIDSMILJØPROBLEM 14

ansatte brukte øretelefoner til kommunikasjon. Et øre brukte øretelefon og det andre øret brukte øreplugg for beskyttelse av støy fra omgivelsene. I studien hadde de ansatte en 8-timers arbeidsdag. Det ble gjort målinger fra omgivelsene til arbeidstakerne og fra øretelefonene. Ved freseranlegget var det konstant kommunikasjon, mens de resterende anleggse hadde kommunikasjon vha. aktivering. Dvs. ved freseranlegget kunne all bakgrunnstøy høres over kommunikasjonsnett, og hadde følgelig vedvarende høyere støyeksponering. Ved analyse av dataene ble det gjennomført en Shapiro-Wilk-test for normalitet på datane slik at det videre ble mulig å bruke Pearsons korrelasjonsanalyse for å undersøke sammenheng mellom støynivå fra dosimeter og fra øretelefon. Gjennomsnittseksponeringen fra øretelefonene i de tre ulike støyende omgivelsene viser en  $L_{Aeq2h} = 87,5$  dB. Dette samtidig som støyeksponeringen fra omgivelsene lå i området 76,5 dB–100,8 dB. Ingen usikkerhet ble oppgitt i studien, og det ble heller ikke funnet noe korrelasjon mellom omgivelsesstøy og støynivået fra øretelefoner, da basert på aktiv volumjustering fra de ansatte[5].

En annen studie gjennomført i Japan ble gjort på arkadespill-arbeidere. Det ble gjort støymålinger fra øretelefon og fra omgivelsene, samt audiometri før og etter arbeidsdagen. Målet med audiometriene var å bestemme om støyen fra arbeidsmiljøet eller hodetelefonene forårsaker midlertidig endring i høreterskel. Det var óg et mål å se om det var forskjell på øret med og uten øretelefon. Gjennom lytting til sambandet ble det estimert 1,5 time kommunikasjon via øretelefon, fordelt på 1795 tilfeller og en 6,5 timers arbeidsdag. For å bestemme om det er en forskjell på midlertidig nedsatt hørsel fra det åpne og det lukkede øret ble det gjennomført en lineærregresjon og en wilcoxon rangsum test. Videre ble det brukt en Fisher test for å sammenligne antall ansatte med midlertidig nedsatt hørsel på det åpne og lukkede øret. Målingene viste at øretelefonene hadde et gjennomsnittlig lydtrykknivå på 109 dB(A) gjennom 6,5 timer. Målingene viste også at kommunikasjon via øretelefoner hadde støytopper i frekvensområdene 315 Hz–2000 Hz, mens områdestøyen hadde støytopper i frekvensområdene 2000 Hz–8000 Hz. Audiometrimålingene etter arbeid viste at de ansatte hadde en statistisk signifikant midlertidig nedsatt høreterskel rundt 2000 Hz på det øret hvor øretelefon var brukt. I tillegg er det statistisk signifikant nedsatt hørsel rundt 4000 Hz etter arbeidsdagen[6].

Dette avsnittet har presentert ulike studier som alle peker på at bruk av øre- eller hodetelefoner kan være bidragsytende til midlertidig nedsatt

hørsel eller permanent nedsatt hørsel. Videre pekes det på at støy fra omgivelsene i deres respektive arbeidsmiljøer også kan være en bidragsfaktor. Sett i sammenheng med studiene presentert i avsnitt 2.1 er det vanskelig å bedømme hva som er den mest signifikante støykilden når det jobbes i støyende omgivelser og samtidig er avhengig av samband for å utføre arbeidet.

### 2.2.2 Lydkilder

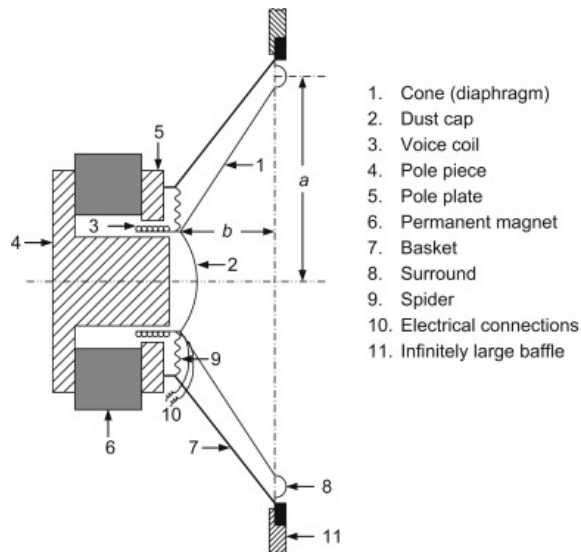
I enhver øretelefon er det en høyttaler. En høyttaler er en enhet som er laget for å spille av lyd. Det finnes to ulike typer høyttalere, hornhøyttaler og direktehøyttaler. Innenfor direktehøyttalere er det elektromagnetiske og elektrodynamiske høyttalere som er mest normalt[28]. Hornhøyttaler blir oftest brukt til å spille av lyder i offentlige rom som skal spille av langt. Direktehøyttalere blir brukt til å spille av lyd i de fleste enheter hvor lyd spilles av. Til tross for forskjellene er metoden for å produsere lyd omtrent lik for begge høyttalere [1].

En høyttaler består av flere elementer som alle bidrar til å produsere lyd. Høyttaleren består av en kurv, et polstykke og polplate, ”spider”, en ”omfavner” og en senterkopp som de delene av en høyttaler som ikke inngår direkte i produksjonen av lyd. De delene av høyttaleren som bidrar til å produsere lyd er membranen, viklingen, strømtilkobling og magneten [1, 28].

Den synlige delen av høyttaleren er membranen, senterkoppen og omfavneren. Membranen hviler i koppen med omfavneren som kobler koppen og membranen sammen i enden i ytre sirkel av høyttaleren. For å skape avstand mellom membranen og koppen er det et ”spider” i sentrum mellom membran og polplate. ”Spideret” senterer senterkoppen, og det skaper et spenn mellom koppen og membran [1, 28].

I den bakre delen av høyttaleren er det magnet og en polplate. Polplaten forlenger magnetfeltet til magneten. I senter er det hulrom slik at viklinger kan bevege seg opp og ned. Viklingene er koblet til senterkoppen. Når ulik strøm blir satt på viklingene vil disse bevege senterkoppen opp og ned i ulike frekvenser. Dette skyldes vekslinger i det elektromagnetiske feltet mellom viklingene og magnetene. Når senterkoppen beveger seg opp og ned vil membranen bevege seg i lik frekvens, og det genereres lyd [1, 28].

## 2.2. ØRE- OG HODETELEFONER SOM ARBEIDSMILJØPROBLEM16



Figur 2.3: Oppbygningen til en direktehøytaler[1].

Øretelefoner har små høyttalere [1] med et beskyttende gitter over høyttaleren. Gitteret hindrer forurensinger i å slippe inn i høyttaleren, men vil også fungere som en demper for lyden. Hodetelefoner kan ikke ha mye hinder for lyden som følge av at høyttalerne er små. Gitteret må derfor gjøre en avveining på å holde forurensinger ute og å kunne spille av renest mulig lyd [29]. Hodetelefoner som sitter på eller over øret bruker også samme høyttalertechnologi.

**Mennesket genererer lyd** gjennom munnen, og vil være en kilde til lyd. Luft strømmer fra lungene og opp gjennom pusterøret og forbi stemmebåndene. Munnen åpnes og vibrasjoner generert av stemmebåndene skaper vibrasjoner i luften som pustes ut. For et menneske er derfor varigheten av lyden avhengig av lungekapasiteten til personen som generer lyd. Lydtrykket avhenger av lufttrykket gjennom stemmebåndet[30]. Lydtrykknivået kan variere fra 20 dB for hvisking til over 120 dB for skrik [31].

### 2.2.3 Akustisk impedans

Akustisk impedans er en egenskap knyttet til hvordan lyd beveger seg gjennom et medium. Akustisk impedans tilsvare forholdet mellom lydbølgens

akustiske trykk og volumhastigheten. En kan derfor kalle det et mål på hvor lett lydbølger beveger seg gjennom et medium[32].

Spesifikk akustisk impedans er et mål på produktet av massetetthet ved likevekt og bølgehastigheten på lyden. Dette er en særlig interessant egenskap å undersøke når lyd beveger seg gjennom rør og horn[32].

Forholdet mellom spesifikk akustisk impedans og akustisk impedans er at akustisk impedans er spesifikk akustisk impedans pr. areal. Ulike medium kan ha ulik impedans. Dette gjør at når en lydbølge går fra et medium til et annet, så vil noen lydbølger fortsette, mens andre blir reflektert tilbake til der lyden kommer fra[32]. Som følge av dette blir impedans ofte oppgitt som et komplekst tall, der den reelle delen er for motstanden i mediumet, og den imaginære delen for reaktanten i mediumet[33]. I praksis betyr dette at en lavere forskjell i impedans mellom mediumene gjør at en lyd beveger seg lettere fra det ene mediet til det andre[32]. Denne effekten brukes f.eks. til å gjennomføre ultralyd [34].

## 2.3 Ørets anatomi og hørselens egenskaper

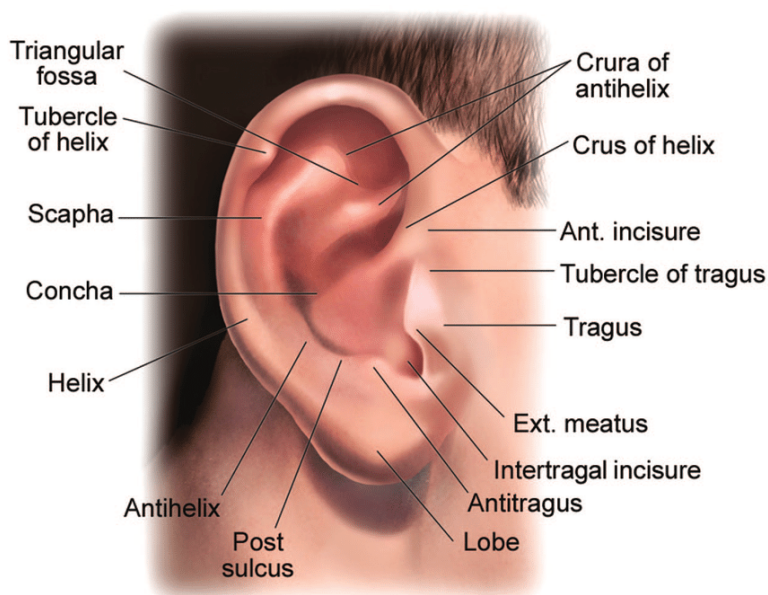
For å forstå hvordan støy påvirker øret er det viktig med en forståelse av ørets anatomi og hvordan lyd beveger seg inn mot øret. Lyd beveger seg mot hodet og det ytre øret før den ledes inn mot det indre øret og gjøres om til lyd signaler [35]. Hvordan lyd beveger seg i det ytre øret kan være ulik avhengig av lyd kilden, øregangens form og plassering av lyd kilden [36, 37, 38].

### 2.3.1 Det ytre øret

Øret er plassert i hodeskallen, omtrent midt på på hver side av hodet. Øret blir delt inn i ytre-, mellom- og indre øret. Det ytre øret og mellomøret er en del av det lydledende organet, mens det indre øret er hørselsorganet[39]. Mellomøret og det indre øret er plassert inne i hodet. Det ytre øret er for det meste plassert på utsiden og er den synlige delen av øret, mens noen deler er plassert på innsiden av hodet[39].

Det ytre øret består av øremuslingen, øregangen og trommehinnen. Øremuslingen er den synlige delen utenfor øret og består igjen av en helix, antihelix, concha, øreflipp og tragus. Helix er den ytre bruskringen i ytterkanten av øret, mens antihelix er den indre. Tragus er den delen av øret

som dekker den ytre ørekanalen[39]. Se figur 2.4 for modell av det ytre øret. Øremuslingen varierer mellom mennesker, men vil i mer eller mindre grad stikke noe ut fra hodet. Øremuslingens formål er å bryte opp lyden som treffer øret og lede lyden inn mot øregangen. Øregangen er en åpen gang mellom øremuslingen og trommehinnen, og som forbinder utsiden og leder lyden inn forbi hodeskallen. Øregangen er ca 2,5 cm dyp fra concha og ca 4 cm dyp fra tragus. [35] Øregangen har en bøy eller S-form mellom øremuslingen og trommehinnen. Kurven oppstår for det meste i bruskvevet i den ytre delen av ørekanalen, ca. 8 mm på innsiden av øremuslingen. Den indre delen ved hodeskallen utgjør 16 mm og peker noe ned [39, 35]. Trommehinnen er en fleksibel membran som vibrerer etter lydens frekvens. Denne frekvensen sender lyden videre inn i det indre øret. Trommehinnen og øregangen skaper også en barriere fra kroppens indre mot omgivelsene [35].

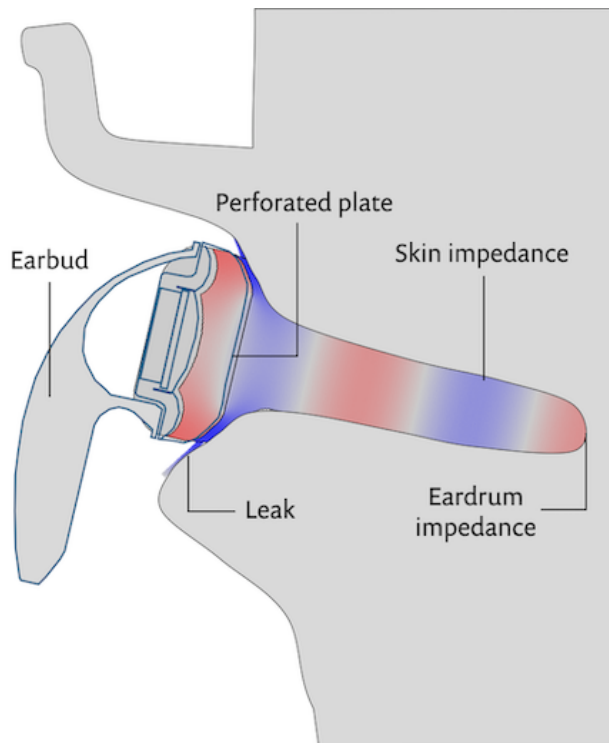


Figur 2.4: 2-dimensjonal modell av det ytre øret [2].

### 2.3.2 Okklusjonseffekten

For å kunne forstå bakgrunnen for resultatene i avsnitt 2.2.1 er det viktig å vite hva som skjer med øret når hindringer plasseres i umiddelbar nærhet til øret, og samtidig lager lyd.

Øremuslingen og ørekanalen er begge med på å øke lydtryknivået med 10 dB–12 dB hver. I tillegg bidrar øremuslingen og ørekanalen med å øke resonansen i lyden som følge av det ytre ørets fastlåste posisjon. Resonansen er sterkest i området 2000 MHz–7000 MHz, og bidrar til å forsterke lyden inn mot trommehinnen [36, 40]. Det er også i det området der det er vanligst å ha nedsatt hørsel eller hørselskade[41], som også kan være forårsaket av arbeidsrelatert støy.



Figur 2.5: Forenklet visualisering av okklusjonseffekten, der de røde og blå områdene viser henholdsvis fortetninger og utstrekning i lydbølger og følgelig lydtrykk [3].

En studie gjennomført av Carillo et. al. i 2020 forklarer hvordan okklusjonseffekten tolkes ulikt. Noen studier tolker det ut ifra lydens bevegelse gjennom tomrommet i øregangen når øret er lukket, mens andre har fokus på hvordan skjelettet og andre indre prosesser transporterer lyd langs øregangens vegger. I Carillos studie ble derfor okklusjonseffekten definert til å handle om hvorfor en subjektivt opplever å høre frekvenser  $\leq 1000$  Hz bedre når øregangen er lukket enn åpen. Dette favner begge definisjoner, da det ikke definerer hvor lyden kommer fra. Årsaken til de ulike tolkningene skyldes at en har enda ikke helt klart å forstå okklusjonseffekten i øret[37].

En studie forklarer okklusjonseffekten ved at lyd blir ført inn i øret gjennom ørekanalen. Dette skjer ved hjelp av vibrasjoner i ørekanalens vegg. Når øret er lukket vil vibrasjonene i skjellettet og hodeskallen være dominerende i å få øregangsveggen til å vibrere i motsetning til når øregangen er åpen.[37]

I studien ble det funnet signifikant forskjell på støynivået når øret var åpent mot når øret var okkludert[37].

En annen studie viste at subjektiv opplevelse av forskjellen mellom åpent og lukket øre med samme lydtryknivå og lyd varierte mellom 5 dB–15 dB. Dette var med lyder i 500 Hz–3000 Hz[38], og særlig i de lavere frekvensområdene var effekten størst, noe som også samsvarer med definisjonen i studien til Carillo et. al.[37, 38].

### 2.3.3 Metoder for å bestemme hørselstap

Rentoneaudiometri er den vanligste medisinske prosedyren for å bestemme hørsellevne hos menneske. Dette gjennomføres ved at rentone på frekvensene 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz på ulike lydtrykk for å finne høreterskelen på hver frekvens. Aldersbetinget hørseltap vil først forekomme i frekvensene 3 kHz–8 kHz og deretter i området 0,5 kHz–2 kHz. Støybetinget hørseltap er vanskelig å definere, da det er ulik mellom land og fagmiljø. Noen krever at hørseltapet er tilstede på begge ører, andre at det holder på et. Videre er det ulike krav fra ulike aktører knyttet til frekvensområdet hørseltapet foreligger, der 0,5 kHz–2 kHz, 0,5 kHz–4 kHz og 3 kHz–6 kHz har vært de mest vanlige. I Norge brukes en hørselskadegradering fra 1 til 3 som er unik for Norge[42].

For å kunne bedømme hørseltap, så må det også være noe å sammenligne med. ISO1999:1990 er en internasjonal standard utviklet for å si hva som er normal hørsel for ulike aldersgrupper hos menn og kvinner hver for seg. På den måten kan en bestemme om en person har hørseltap som kan knyttes



til andre årsaker enn alder for det respektive kjønn. ISO1999:1990 gir også en oversikt over forventet hørselstap ved ulik støyeksposering over tid[42].

Bruk av rentoneaudiometri for å bestemme støyindusert hørselstap har ført til følgende kunnskap: <

- Rammer det indre øret med hårcellene i Cortis organ.
- Er som hovedregel symmetrisk, forskjell mellom høyre og venstre øre taler mer for en annen årsak.
- Kommer gradvis og utvikles over år.
- Sannsynligheten for støyskade er svært liten ved eksponeringer i 85 dB(A).
- Det største hørselstapet finner sted de første 10-15 år etter eksponeringsstart.
- Hørselstapet kommer først i 3 kHz–6 kHz-området og sprer seg etter hvert ned i lavfrekvensområdet (0,5 kHz–2 kHz).
- Støydip er et tegn på støyindusert hørselstap, i motsetning til aldersbettinget hørselstap som mangler støydip.
- Hørselstapet pga støy er vanligvis under 75 dB i 3 kHz–6 kHz-området og under 40 dB i 0,5 kHz–2 kHz-området.
- Et tilkommet hørselstap, midlertidig nedsatt hørsel, også kalt temporær terskelvandring (TTS), som blir bekreftet ved kontroll på 10 dB eller mer i 2 kHz–4 kHz-området er et faresignal på at støyindusert hørselstap kan finne sted.
- Tinnitus er også et faresignal.

»[42]. Bruk av rentoneaudiometri alene for å bestemme yrkesrelatert hørselstap ved å se etter ”dipper” i frekvensområdet 3 kHz–6 kHz har blitt kritisert. Dette skyldes at det er relativt vanlig å se de samme dippene i de samme områdene hos personer som ikke har blitt eksponert for støyende omgivelser. Av den grunn må også formen på audiogrammet tas med i vurderingen[42].

I disse avsnittene har det blitt vist at det er flere faktorer som er relevant for hvordan øretelefoner blir brukt. Øret har en spesiell anatomi som er laget for å både dempe og forsterke lyd. Når øret tettes helt eller delvis vil

okklusjonseffekten oppstå som kan bidra til å forsterke reell støyeksposering, samt at ørets impedans også kan ha en innvirkning på dette. Hørseltester kan gi en indikasjon på tap av hørsel, men også midlertidig tap av hørsel. Videre i teksten vil midlertidig nedsatt hørsel, tilkommet hørseltap og temporær terskelvandrings bli beskrevet som temporært terskelskifte

## 2.4 Målemetoder for å bestemme støyeksposering i et arbeidsmiljø

For å bestemme hvilke støyeksposering en arbeidstager utsettes for finnes det ulike fremgangsmetoder. Norsk standard for forenklet støymåling (NS4815-1) gir en lett gjennomførbar metode som er anerkjent av det norske arbeidstilsynet. En annen metode er ISO 9612 som er brukt i flere land og er en mer internasjonalt anerkjent og mer nøyaktig metode, men også mer kunnskapskrevende metode [12].

### 2.4.1 Arbeidstilsynet

Arbeidstilsynet stiller krav til hvordan en støymåling skal gjennomføres, og hvem som kan gjennomføre den. Det skal være personell som innehar den nødvendige kompetansen til å gjennomføre støymåling for å sikre at *vurderinger og målinger av støy skal utføres i et omfang som gjør det mulig å fastslå arbeidstakernes støybelastning ut fra de nedre tiltaksverdiene i forskrift om tiltaks- og grenseverdier*[7].

Arbeidstilsynet peker óg på at både gjennomsnittlig støyeksposering og impulsstøy skal være en del av vurderingen, og at det av den grunn bør gjøres målinger en hel arbeidsdag. Personbårne støydosimetre for en hel dag, og stasjonære støymålere kan benyttes for å måle på støykilder utover daglig støydose. All aktivitet ila. en arbeidsdag må med i målingen. Dersom dagen består av få mindre aktiviteter kan hver av disse måles hver for seg[7].

Det stilles derfor krav til at det skal gjøres en innledende vurdering med hvilke oppgaver som gjøres der arbeidet pågår, prøvetakingsstrategi, beskrivelse av resultater, diskusjon og en risikovurdering. Helt til slutt skal det komme noen forslag til tiltak[7].

Ved prøvetakingsstrategi mener arbeidstilsynet at kravene til Norsk Standard NS 4815-1 Del 1: forenklet metode bør være oppfylt[7]. NS4815-1 Del

1, starter med å gjennomføre en arbeidsanalyse der en arbeidsdag observeres og mulige støykilder og arbeidsoppgaver identifiseres for mulig måling. Dersom dagen ikke kan deles opp i mindre deler ansees hele dagen som en arbeidsoperasjon. Måleutstyr velges utifra strategien som benyttes. Til slutt beregnes daglig eksponering ved å kombinere resultatene fra oppgavebasert måling eller heldagsmålingene. Usikkerhet beregnes ved å legge til et gitt dB-nivå avhengig av hvilke instrument og strategi som er benyttet[43].

I NS 4815-1 nevnes det også at dersom det er komplekse måleforhold bør en teknisk metode benyttes, NS 4815-2. Denne metoden er erstattet av ISO9612[43].

### 2.4.2 ISO9612

ISO 9612 er en teknisk metode for å bestemme av støyeksponering i arbeidsmiljø, og gir en steg for steg metode for å bestemme støyeksponering hos arbeidstagere [44]. ISO9612 består av 5 trinn som gjøres kronologisk:

1. Arbeidsanalyse
2. Valg av målestrategi
3. Målinger
4. Håndtering av feilkilder og usikkerheter
5. Beregning og angivelse av måleresultater

**I arbeidsanalysen** skal aktivitetene som inngår i arbeidet bestemmes, samt finne homogene eksponeringsgrupper. Homogene eksponeringsgrupper er grupper av ansatte som antas å ha samme støyeksponering gjennom en dag og yrkesliv. Disse kan være basert på jobbtittel/oppgaver eller arbeidstype geografisk/prosess/produksjon.

En nominell arbeidsdag bestemmes deretter basert på antatt varighet av aktivitetene som foregår for de ulike homogene eksponeringsgruppene. Her inngår også pauser og møter. Aktivitetene kan være spesifikke operasjoner, jobber eller prosesser. Det må også kartlegges hvor stor variasjonen er innenfor disse aktivitetene.

Til slutt deles aktivitetene opp i ulike jobber og som igjen deles opp i ulike arbeidsoperasjoner. Signifikante støyhendelser identifiseres også for å kunne bestemme en målestrategi[44].

**Ved valg av målestrategi** legges arbeidsanalysen til grunn. Både kompleksiteten og varigheten til arbeidssituasjonen, antall og formål med målinger og tilgjengelige ressurser være avgjørende for hvilken strategi som velges. ISO 9612 skiller hovedsaklig mellom tre ulike målestrategier:

- Jobbasert måling
- Operasjonsbasert måling
- Heldagsmåling

Operasjonsbasert måling baserer seg på at det gjøres individuelle målinger på hver enkelt arbeidsoperasjon som arbeidsdagen består av[44].

Jobbasert målinger baserer seg på å ta et gjennomsnitt av operasjoner de ansatte gjennomfører ilt en viss tid, men ikke en hel dag.

Heldagsmålinger baserer seg på å måle en hel arbeidsdag. Da vil all støy bli medregnet fra alle arbeidsoperasjoner og jobber over flere måledager. Arbeidsdagene bør observeres og verifiseres med ansatte for å forsikre seg om at dagen har vært representativ for en normal arbeidsdag med hensyn på både støynivå og arbeidsoperasjoner[44].

**Når målingene gjennomføres** legger standarden vekt på valg av instrumentering og kalibrering av instrumentet. Personbåren lydnivåmåler skal benyttes ved de aller fleste målinger. Håndholdt eller fast lydnivåmåler kan benyttes på arbeidsoperasjoner med fast posisjon. Lydnivåmåleren skal kalibreres før og etter måling, og om forskjell etter måling er mer enn 0,5 dB må målingen forkastes[44].

Videre gir standarden veiledning i hvordan støymålingen skal gjennomføres avhengig av instrumentering som velges, og i hvilke situasjoner det skal måles. ISO9612 referer også til andre standarder dersom det skal måles på spesielt utstyr uten definert arbeidsposisjon, eller det skal måles på støykilder så nær øret at lydfeltet rundt må hensyntas[44].

**Håndtering av feilkilder og usikkerhet** gjøres ved å undersøke målingene for de mest vanlige kildene til usikkerhet:

- variasjoner i det daglige arbeidet, driftsforhold, usikkerhet ved sampling osv.;
- instrumenter og kalibrering;

- målepunkt;
- falske bidrag, f.eks. fra vind, luftstrømmer eller støt mot mikrofonen, og ved at mikrofonen gnis mot klærne;
- manglende eller mangelfull arbeidsanalyse;
- bidrag fra atypiske støykilder, tale, musikk (radio), alarmsignaler og atypisk oppførsel

ISO9612 påpeker at personbåren støymåler har større sannsynlighet for å bli utsatt for flere av disse feilkildene. Dette skyldes særlig at de er mer utsatt for støt og for falske bidrag fra alarmer, vind o.l. Disse feilkildene kan i mye større grad kontrolleres med en håndholdt støymåler, da målingen kan pauses av operatøren[44].

**Begrening og angivelse av måleresultater** gjøres i en rapport helt til slutt. En forutsetning for å benytte regneark tilhørende ISO9612 er at dataene er normalfordelt. Dette er en forutsetning som antas gyldig ved gjennomførte støymålinger, men trenger ikke å testes[44].

**ISO9612** er for tiden under revisjon, og de norske bidragsyterne inn mot revisjonen ønsker å innføre en ny metode for måling av støy ved øret og under øreklokker. Arbeidet forventes å være ferdig i 2023 eller 2024[12].

### 2.4.3 Bestemme eksponering fra lydkilder nær eller i øret

Hverken ISO 9612:2009, NS4815 eller arbeidstilsynet viser metoder for hvordan støyeksponering måles når støykilden er nær eller i øret. Dette skyldes at samtlige tar utgangspunkt i måleutstyr som er laget for målinger på større avstander og i større omfang. Samtlige tar utgangspunkt i at den mest signifikante støykilden i arbeidet er fra omgivelsene. Til tross for at arbeidstilsynet sier at støy fra alle kilder, og da også kommunikasjonsenheter skal medberegnes sier de ikke noe om hvordan dette skal verifiseres[7].

Av den grunn vil det være behov for å ha egne metoder for å bestemme støyeksponering fra støykilder nær eller i øret. I dette avsnittet skal to internasjonale standarder bli presentert, samt en kanadisk standard som kan være en forenkling dersom mer enklere utstyr skal kunne brukes.

### **Bestemme eksponering ved hjelp av mikrofon i øret**

En metode er i henhold til standard ISO 11904-1, også kjent som "microphone in a real ear" (MIRE)-teknikken hvor metoden går ut på å plassere en støymåler i øret. Fordelen med en mikrofon i øret er at den tar opp all støy som treffer trommehinnen. Ulempen knyttet til bruk av mikrofon i øret, er at mikrofonen i seg selv skaper en forstyrrelse i omgivelsene mikrofonen skal måle lyd. Målingene gjennomføres ved at en mikrofon eller probemikrofon blir plassert i øret, eller at mikrofonen er plassert i en øreplugg og ørepluggen blir plassert i øret. Uansett hvilke strategi som velges krever metoden høy ekspertise, og standarden advarer om at skader på øret kan oppstå om målingene ikke er gjennomtenkt eller at ikke-trent personell gjennomfører målingen [13].

### **Bestemme eksponering ved hjelp av mannekeng eller kunstig øre**

En annen metode er å benytte seg av en kunstig overkropp eller øre. Mikrofonen er da plassert inni mannekengen eller et kunstig øre. Måleutstyret stasjonært da det er uegnet til å skulle ha samme mobilitet som en arbeidstager. Da vil mannekeng eller kunstig øre heller ikke kunne måle den sekundære støyeksposeringen gjennom eventuelle hørselvern og/eller støydempingsmidler.

ISO 11904-2 beskriver en metode ved bruk av mannekeng. Standarden stiller krav til blant annet utregninger, frekvensområde, usikkerhet og bruksområder. Standarden gir likevel ingen retningslinjer på *hvordan* målingene skal gjennomføres. En mannekeng skal kunne brukes til å gjøre lydmålinger av støykilder nær øret f.eks. øretelefoner, spikerpistol eller hodetelefoenr. En mannekeng er særlig egnet på øretelefoner, da disse plasseres i et øre [14].

### **Bestemme eksponering ved hjelp av dosimeter**

Den kanadiske standarden CSA Z107.56-18 gir en metode for å bestemme støyeksposering i øret fra hode- eller øretelefoner dersom ytre støy og støydempingsgrad i hode- eller øretelefoner er kjent. Støyeksposeringen vil da bestemmes ved å trekke fra støydempingsgraden og legge til 15 dB på støydosimetermålingene. Utregningen av støyeksposering vil dermed se slik ut:

$$L_{Aeq,t,headset} = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{(B-R)}{10}} + \frac{t_{tlf}}{T} 10^{\frac{(B-R+SSF)}{10}} \right), \quad (2.1)$$

der  $B$  er målt bakgrunnsstøy,  $R$  er hode- eller øretelefonens støydemping og  $SSF$  er signal-til-støy forholdet, altså, hvor mye høyere lydnivået er fra støykilden i/på øret i forhold til støyen utenfor. I CSA Z107.56-18 er  $SSF$  satt lik 15 dB, som tilsvarer litt mer enn 50 % av de verst tenkelig tilfellene for  $SSF$ -verdiene [45].

To ulike undersøkelser er blitt gjennomført på hvordan metoden stiller seg i forhold til reelle situasjoner [46, 45].

Nassrall et al. har foretatt en undersøkelse hvor forsøkspersoner skulle lytte og gjengi setninger som blir spilt av gjennom to ulike hodetelefoner. Et par hodetelefoner dekket kun ett øre. Samtidig som setningene ble avspilt satt deltagerne i et rom hvor de ble utsatt for ulike støyscenarier som skulle simulere ulike arbeidsforhold. Underveis skulle deltagerne også utføre enkle oppgaver tilknyttet det støyscenariet de ble utsatt for, dette for å skape distraksjon fra å skulle gjenta setninger[45].

Ved å bruke produsentens  $R$ -verdi i ligning 2.1, og de kjente støynivåene fra hodetelefon ( $L_{Aeq,t,headset}$ ) og bakgrunnen ( $B$ ), vil  $SSF$ -verdien kunne beregnes. Fra undersøkelsen ble det bestemt at metodikken i CSA Z107.56-18 egner seg i området 65 dBA–75 dBA ytre støyeksponering. Videre viste undersøkelsen at dersom ytre støyeksponeringen er høyere enn 75 dBA vil en  $SSF$ -verdi på 15 dB overestimere støyeksponeringen fra hodetelefonene. Dersom ytrestøynivå er under 65 dBA vil motsatt effekt finne sted. Resultatene viser at estimering av støynivå i hode- og øretelefoner ved hjelp av dosimeter har et begrenset virkeområde [45].

Giguère et al. diskuterer ulike måter å bestemme støybidraget fra hodetelefoner og deres svakheter. Fra CSA Z107.56-18 blir det trukket frem at  $SSF$ -verdiene er variable, men at 15 dB er et godt estimat. Giguère et al. påpeker likevel flere svakheter knyttet til metoden, blant annet at metoden krever en rekke antagelser som ikke alltid er oppfylt. En av antagelsene er blant annet at det antas at den eksponerte *alltid* justerer lyden sammenlignet med ytre støypåvirkning. I tillegg tar ikke metoden høyde for individuelle forskjeller i foretrukket volum eller individuelle forutsetninger for å forstå budskapet gjennom hode- eller øretelefonene. Fordelene med metoden som blir trukket frem, er at det krever lite teknisk utstyr og kompetanse for å gjennomføre[46].

#### **2.4.4 Hvordan bestemme total eksponering med hensyn på omgivelser og fra støykilder i eller nær øret**

I avsnittet over har det blitt presentert flere ulike standarder for å bestemme støyeksponering fra omgivelser, og fra støykilder nær øret. I avsnitt 2.1 ble det presentert hvordan støy ble vurdert ut ifra et eksponeringsperspektiv ifra hvordan sirener og kjøring i ulike omgivelser påvirker hørselen. I avsnitt 2.2.1 ble det presentert flere studier som alle benytter eksponeringsmålinger fra omgivelsene og som samtidig blir sammenlignet opp mot eksponering fra hode- eller øretelefonene. Målingene fra hode- eller øretelefonene er gjennomført med samtidige målinger eller opptak ved hjelp av mannekeng eller kunstig øre. Alle resultater bruker støyekvivaleneter dB(A) som utgangspunkt for sammenligning gjennom en vakt.

Standardene presentert i dette avsnittet kan derfor hver for seg benyttes til å gi et grunnlag for en metode som kan gi en vurdering på total støyeksponering.



# Kapittel 3

## Metode

I dette kapitlet vil metoden som er blitt brukt i hvert enkelt steg av studien bli beskrevet i detalj. Kapitlet er skrevet kronologisk for å lettere kunne forstå når i studien de ulike gjøremålene er gjennomført. Først blir arbeidet før målinger og de forberedelser som er gjort bli presentert. Deretter vil de ulike målemetodikkene bli gjennomgått, og hvilke endringer som måtte bli gjennomført underveis i studien. Til slutt vil det bli gjort en gjennomgang av databehandlingen.

### 3.1 Før måling

Før måling ble det gjennomført en arbeidsanalyse for å finne den eller de metodene som kan brukes i sammenheng med arbeidet de ambulansesatte gjør og som samtidig kan svare på problemstillingen. Valget falt på å basere seg på en kombinasjon av ISO9612:2009 og en modifisering av ISO 11904-2 for å kunne vurdere støyeksponering. For å vurdere støyens innvirkning på hørselen ble det vurdert at å gjøre audiometriske undersøkelser rett før og rett etter jobb vil kunne besvare på problemstillingen ved å se på temporært terskelskifte.

#### 3.1.1 Arbeidsanalyse

Etter innledende arbeidsanalyse ble arbeidsoppgavene av signifikant støyende bidrag vurdert til å være røde oppdrag, videre delt inn i utrykningsfase, medisinsk tilstand og lokasjon. Alle ambulansesatte ble vurdert å være

i en homogen og sammenlignbar eksponeringsgruppe. De ansatte har ulike vaktvarighet, men vil over tilstrekkelig lang tid jobbe samtlige vakter.

Ukedag	Dag	Skift	
		Kveld	Natt
Man-Tor	07:00-15:00 (8t)	15:00-22:00 (7t)	22:00-07:00 (9t)
Fre	07:00-15:00 (8t)	15:00-21:00 (6t)	21:00-08:00 (11t)
Lør	08:00-20:00 (12t)		20:00-08:00 (12t)
Søn	08:00-20:00 (12t)		20:00-07:00 (11t)

Tabell 3.1: Arbeidstider for ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus. Arbeidstiden kan starte inntil en halvtime før. Doble vakter er ikke regnet med, men kan forekomme.

### 3.1.2 Utvikling av målestrategi

Etter den innledende arbeidsanalyse for å bestemme metode, ble en arbeidsanalyse gjennomført i henhold til ISO9612 for å bestemme beste målestrategi. Målestrategien som ble valgt gikk ut på fire ulike deler:

1. Heldagsmålinger med støydosimeter for å bestemme støyeksponering fra omgivelsene.
2. Døgnkontinuerlig måling med kunstig øre for å bestemme støyeksponering fra samband.
3. Audiometrier for å bestemme temporært terskelskifte.
4. Spørsmålsark om oppdragsmengde/type, bruk av samband og opplevd støynivå.

Støyeksponeringsmålinger fra omgivelsene ble vurdert som nødvendig for å bestemme om det er bruk av samband eller støy fra omgivelsene som gir et temporært terskelskifte. Det ble og vurdert at målingene fra samband og fra omgivelser må foregå samtidig, slik at det er lik mengde trafikk over samband, som det er oppdrag de ansatte utfører. Det ble også vurdert at et kunstig øre er en god nok erstatning for bruk av en hel mannekeng. Dersom støy fra omgivelsene skal sammenlignes opp mot målingene fra et kunstig

øre må målingene fra det kunstige øre være helt uten feilkilder for å kunne være sammenlignbare.

Audiometrier skulle gjøres rett før og rett etter vakt på et rom med minst mulig forstyrrelser på ambulansestasjonen for å bestemme temporært terskelskifte. De ansatte som velges ut er tilfeldige basert på de som ønsker deltagelse i studien og som skal jobbe en full vakt.

## 3.2 Målinger

Det er gjennomført målinger med kunstig øre i perioden 04.04.23-01.05.23 hos Arbeidsmiljøavdelingen ved Oslo universitetssykehus, Forskningsveien 2B. Det har blitt gjort målinger med dosimeter i perioden 30.04.23-07.05.23 ved Oslo universitetssykehus' ambulansestasjon i sentrum. Måling-ene er hovedsaklig gjort på ambulanse 251, med bruksnummer 485. I perioden 10.04.23-07.05.23 registrerte de ansatte oppdragene de ble rykket ut på. De ansatte ble bedt om å notere kode på oppdraget, start og sluttidspunkt og eventuelle signifikante støyhendelser knyttet til oppdraget. I perioden 18.04.23-07.05.23 kunne de ansatte melde seg frivillig til deltagelse på audiometriundersøkelser.

### 3.2.1 Kunstig øre

Det ble brukt et GRAS 45CA med GRAS RA0402 high frequency ear simulator mikrofoner og kunstig øre type 2. Det kunstige øret har to kanaler som leder til to mikrofoner, en plassert i hvert øre. Det kunstige øret ble plassert på et hjørnekontor bygget i henhold til NS8175:2012, tabell 20 *Mellom behandlingsrom og et annet rom (felles oppholdsrom, kontor, korridor o.l.) uten dørforbindelse*. Dette sikrer en  $R_w$ -verdi på 48 dB[47]. Hjørnekontoret er plassert slik at det er en lite trafikkert gang utenfor og med kun et tilstøtende kontor. Ellers vender kontoret ut mot rolige omgivelser. Rommet sikrer derfor minst mulig forstyrrelser fra andre støykilder.



Figur 3.1: Utstyrspakken som utgjør GRAS 45CA

Det kunstige øret ble plassert på et skrivebord inne på kontoret, slik som i figur 3.2. Hver kanal må kobles til en analyseenhet, som kan være en helt vanlig støymåler. Analyse-enheten som ble brukt var en NOR140 støymåler der mikrofonen er fjernet og erstattet med en kanal til mikrofonen i et av ørene til det kunstige øret. NOR140 støymåleren ble stilt inn til IEC standard for støymåling slik at signalene fra mikrofonen til det kunstige øret ble målt korrekt, i henhold til produsentens anvisninger. NOR140 støymåleren målte i 1/1 oktavbånd. LF, LAeq, LCpeak og frekvensbasert støy ble registrert.



Figur 3.2: Måleoppsett for kunstig øre

Det ble gjennomført 24-timersmålinger, hvor dataene senere ble importert og delt opp i vaktens varighet. I tillegg ble det lagt til en halvtime før vaktens start, for å ta hensyn til de glidende vaktovergangene mellom de ulike skiftene. Fra samband ble det gjort støymåling på 6 ulike behandlinger, angitt i tabell 3.2

Voluminnstilling	Støykilde
14 (maks)	Radio
	Generisk
	Anatomisk
7 (halv)	Radio
	Generisk
	Anatomisk

Tabell 3.2: Behandlinger målt i forbindelse med støymålinger knyttet til samband. Eksempel for "Anatomisk", "Generisk" og "Radio" er i henholdsvis figur 3.3b, 3.3a og 3.4.

Målingene ble gjennomført på en Motorola MTP3550 radioterminale med

tilhørende øregarnityr og akustisk rør, slik som forklart i avsnitt 2.1.4. I tillegg ble det målt på ”generisk” og ”anatomisk” ørepropp som vist i figur 3.3. Målingene ble gjort på begge typer ørepropp som følge av måten de festes på. Generisk ørepropp festes ved å plassere den i øregangen og at den tetter øret, mens den anatomiske festes i øremuslingens concha.



(a) Generisk ørepropp



(b) Anatomisk ørepropp

Figur 3.3: Ulike typer ørepropper tilbudt av ambulansetjenesten ved Oslo universitetssykehus til ambulansesansatte.

Kriteriet for godkjent måling er at det ikke spilles av lyder som normalt sett ikke ville vært der. Dette er f.eks. når de ansatte får melding over samband spilles det av en ”melding mottatt”-lyd. Denne kvitteres ut av de ansatte, men ikke av undertegnede før det har gått 24 timer. Måledata ble da tatt ut for den tiden det ikke har vært spilt av meldingslyd, og ble inkludert i studien om varighet uten meldingslyd var 2 timer eller mer.

Under alle målinger har sambandet vært stilt inn på å lytte til talegruppe ”Oslo 1” som dekker hele Asker, Bærum og Oslo kommune. Området har en befolkning på 936.695 personer og har dermed tilsvarende ambulansedekning[48]. Dette er den talegruppen med mest taletrafikk i Norge. Under studien har det ikke blitt lyttet til noen aksjonsgrupper, slik som forklart i avsnitt 2.1.3.

**Fra sambandsradio** ble støynivået testet ved å henge radioen fra et kamerastativ ved siden av det kunstige øret. Kamerastativets fot var i en slik vinkel slik at det kunne etterligne vinkelen fra radioen mot den ansattes øre når radioen henger på den ansattes skulder, slik som i figur 3.4 og i figur 3.5. Radioens plassering på ansatt kan sees i figur 3.6. Videre ble radioen plassert 13 cm fra øret for å etterligne avstand fra hode til skulder. Avstanden er målt fra tragus til øvre hjørne nærmest øret på det kunstige øret.



Figur 3.4: Avstand målt fra kunstig øre og radio.



Figur 3.5: Avstand målt fra en tilfeldig valgt ansatt sitt tragus og radioposisjon.





Figur 3.6: Radioens posisjon på en tilfeldig valgt ansatt.

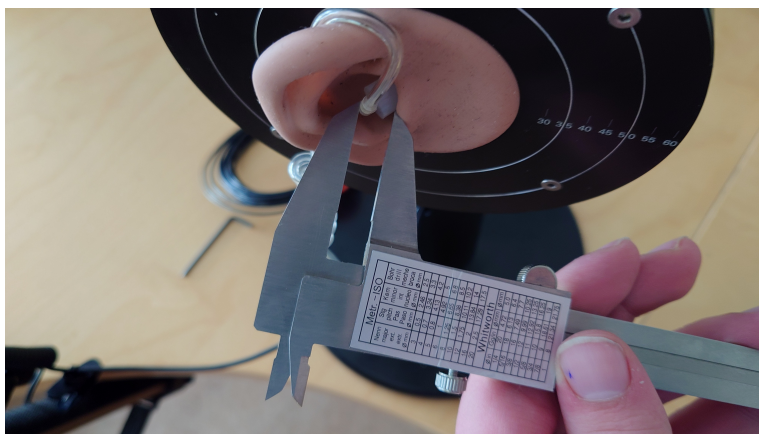
Den 04.04.23 ble mikrofonen i det kunstige øret kalibrert til 93,8 dB

for å ta hensyn til mellomrommet som oppstår i en overgang mellom en 1/1 mikrofon til 1/2 kalibrator, i henhold til produsentens anvisninger. I perioden 04.04.23-05.04.23 ble det målt på voluminnstilling 7 på venstre øre.

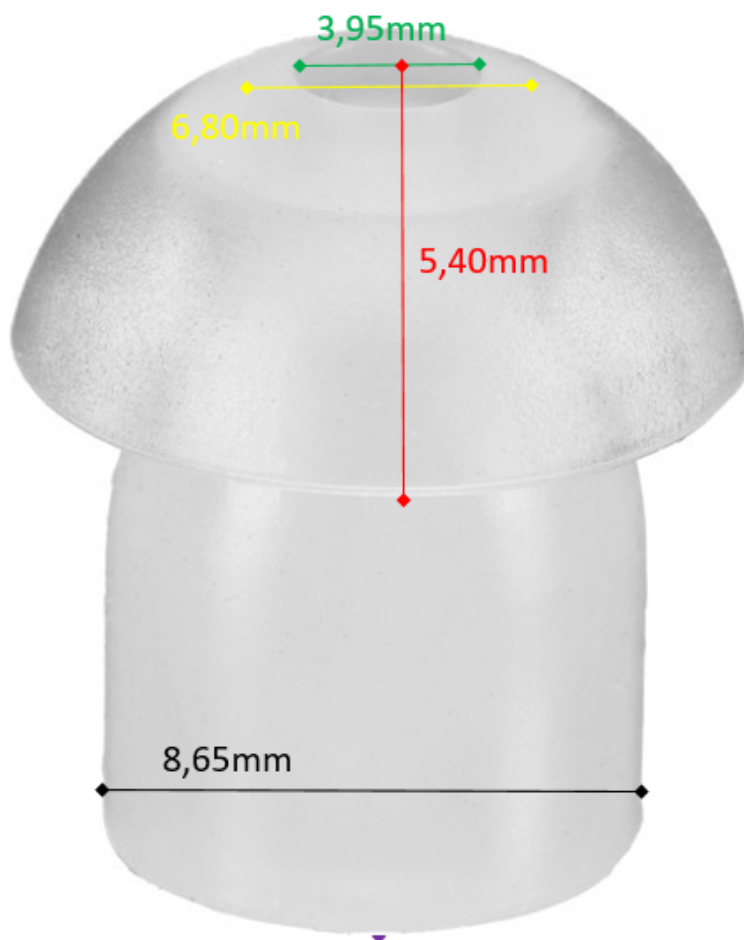
Den 05.04.23 ble mikrofonen på venstre øre kalibrert etter måling, og mikrofon på høyre øre kalibrert før nye målinger ble gjennomført. I perioden 05.04.23-10.04.23 foretatt fem målinger på volumnivå 14. Den 10.04.23 ble mikrofonen kalibrert på nytt. I perioden 11.04-14.04.23 foretatt fire målinger på volumnivå 7 med radio som støykilde. Den 14.04.23 ble mikrofonen kalibrert på nytt.

Etter 10 målinger med radio ble det besluttet at resterende målinger kunne gjøres med tre målinger av hver behandling

**En generisk ørepropp** ble plassert 8,95 mm målt fra det kunstige ørets tragus til enden av plastbiten som utgjør øreproppen, slik som i figur 3.7. Øreproppen hadde en diameter på 8,65 mm ved den harde plastdelen nærmest luftrøret. Videre hadde proppen en åpning på 3,95 mm, og en ytre diameter på 6,80 mm der lyden kommer ut. Gummidelen var 5,40 mm høy fra bunn til topp av den konvekse gummidelen. Se målene i figur 3.8 for mål. Målene ble gjort med et nyinnkjøpt Bacho 1150-1/2H/P skyvelær.



Figur 3.7: Avstand målt for generisk ørepropp fra tragus til enden av plastbiten som utgjør øreproppen.



Figur 3.8: Mål av generisk ørepropp.



Figur 3.9: Oppsett ved måling på generisk ørepropp

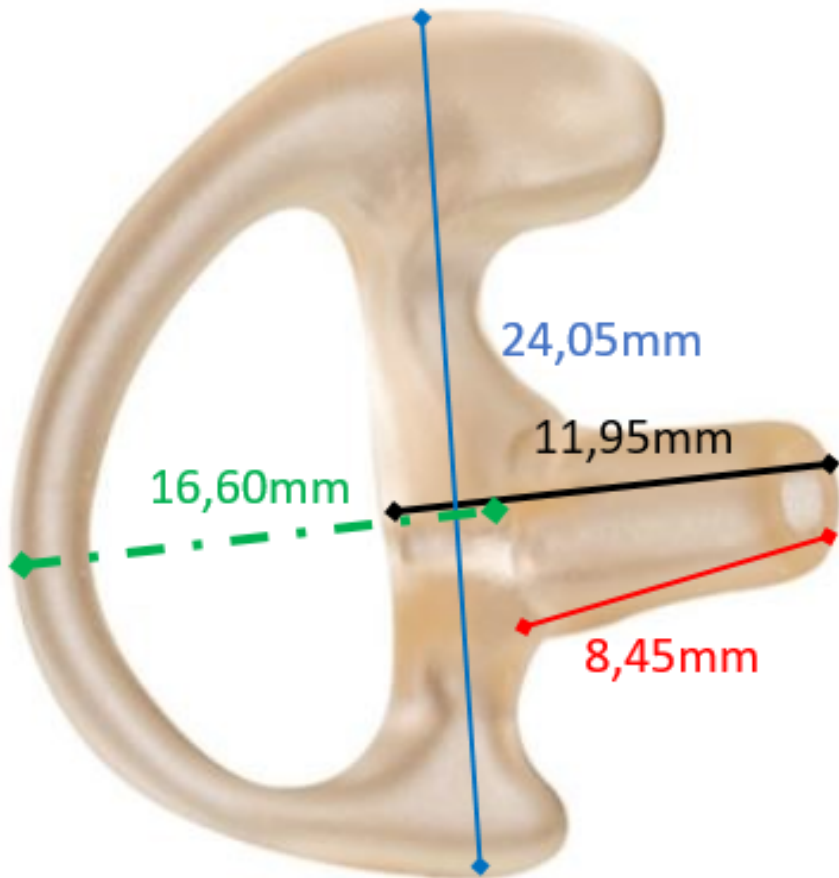
I perioden 15.04.23-17.04.23 ble det gjort tre målinger på voluminnstilling 7 på høyre øre. I perioden 18.04.23-21.04.23 ble det foretatt fire målinger på voluminnstilling 14. I begge perioder ble det målt på høyre øre uten flytte på øreproppen, da dette ville endret avstanden til mikrofonen i øret. Avstanden til mikrofonen i øret ble valgt vilkårlig. Først etter begge perioder ble mikrofon kalibrert på nytt.

Tilfeldige prøver ble tatt på ansatte for å måle avstand fra tragus til enden av ørepropp for å finne ut om avstanden var representativ.

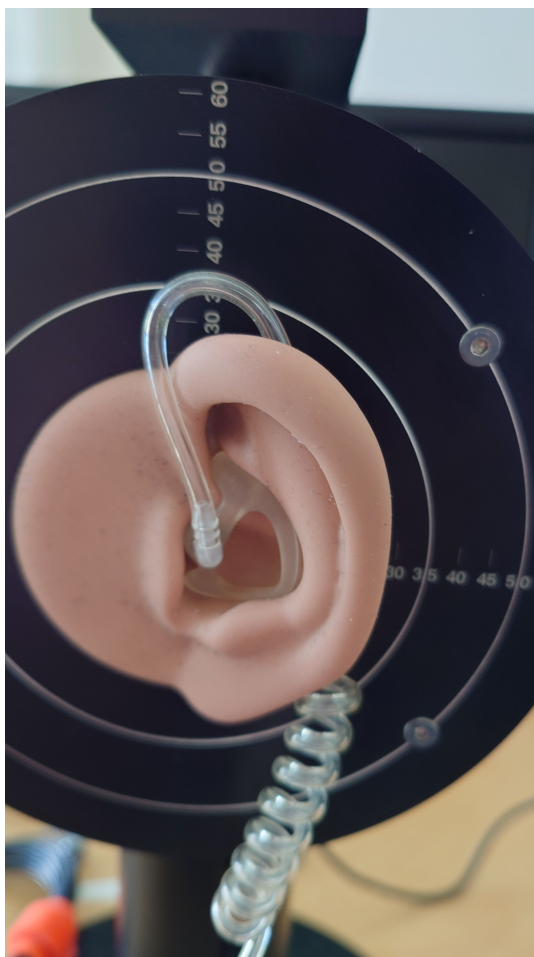
**Da den anatomiske øreproppen** ble testet ble øreproppen plassert i øret. Øreproppen er delvis formet etter øret, og øreproppen ble derfor plassert i øremuslingens conchea, støttet opp av tragus, antihelix og øreflipp (se avsnitt 2.3). Den anatomiske øreproppen var i størrelse M for venstre øre. Proppen har et innstiksrør som var 11,95 mm fra øvre til nedre del, og 8,45 mm fra basen som ligger inn mot conchea. Videre ble proppen målt til å være 24,05 mm høy og 16,60 mm bred. Målene som er gjort er i figur 3.11.



Figur 3.10: Oppsett ved måling på anatomisk ørepropp.



Figur 3.11: Mål av anatomisk ørepropp.



Figur 3.12: Nærbilde av anatomisk ørepropp i øre.

Denne perioden ble det målt i venstre øre som følge av at øreproppen er tilpasset dette øret. Venstre mikrofon ble derfor kalibrert før måling. I perioden 22.04.23-25.04.23 ble det gjort fire målinger på venstre øre med den anatomiske øreproppen på voluminnstilling 14. I perioden 26.04.23-29.04.23 ble det gjort 3 målinger på voluminnstilling 7. Alle målinger ble gjort uten å endre posisjon på øreproppen. Etter måling ble mikrofonen kalibrert på nytt. Den 29.04.23 ble det gjort andre målinger. Det ble gjort nye målinger fra kvelden 29.04.23-01.05.23 på voluminnstilling 7 med den

anatomiske øreproppen. Etter disse målingene ble instrumentet kalibrert på nytt.

Kalibrering av instrumentet ble gjennomført med en Brüel & Kjær acoustic calibrator type 4321 94 dB SPL 1000 Hz serie nr. 2326633 klasse 1.

### 3.2.2 Dosimeter

Det har blitt brukt fem støydosimeter, Casella dBadge 2 standard, alle innenfor produsentens kalibreringsdato. Det har blitt brukt en Brüel & Kjær acoustic calibrator class 1 for kalibrering av instrumenter før og etter vakt.

På ambulanse 251 er det normalt to ansatte. To tilfeldig valgte støydosimeter ble valgt ved hvert vaktbytte og kalibrert. Dersom bil 251 hadde med student eller lærling på ambulansen ble vedkommende også utstyrt med et tredje støydosimeter. Etter kalibrering ble støydosimeteret plassert på de ansattes skulder. Skulderen som ble valgt var motsatt av den skulderen hvor den ansatte bærer sin sambandsradio. Plasseringen var maks 30 cm fra den ansattes øre med mikrofonen vendt rett frem i samme retning som ansiktet til den ansatte. Støydosimeteret ble plassert på den ansattes ytterste plagg. De ansatte fikk så instruks i at måleren til enhver tid skal være på deres ytterste plagg. Dersom de ansatte får behov for å ta på/av seg plagg fikk de instruks i hvordan de flytter dosimeteret fra et plagg til et annet slik at dosimeteret forblir på det ytterste plagget. Om natten henger de ansatte av seg jakken, og dosimeteret forble på jakken under søvn.

Den ansatte bar støydosimeteret hele vaktens. Ved vaktens slutt ble to nye tilfeldige støydosimeterer kalibrert og gjort klart for påtroppende ansatte, samtidig som måling ble avsluttet og kalibrert på nytt etter vakt. Etter vakt ble de ansatte bedt om å fylle ut et skjema som angitt i avsnitt 3.2.3. Data ble så hentet ut ved hjelp av Noisesafe programvare. Dataene som ble hentet ut var  $LA_{eq}$  og  $LC_{peak}$ . Målingen ble også gjennomgått for eventuelle høye støyhendelser over tid.

I perioden 10.04.23-07.05.23 ble de ansatte også bedt om å registrere start og slutt på oppdrag i bil, samt registrere eventuelle høye støyhendelser. Skjema ble samlet inn etter 24 timer og registrert på hvert vaktlag.

### 3.2.3 Egenvurdering fra de ansatte

Etter hver vakt ble de ansatte bedt om å fylle ut et skjema med informasjon som kan være relevant for oppgaven. Skjema ble fylt ut med dato, hvilken



vakt, målnummer på støydosimeter, hvilke type oppdrag de har hatt i løpet av vaktens, estimert tid for bruk av øregarnityr, garnityr type og opplevd støynivå. Etter utfylling av ansatt ble skjema fylt ut av undertegnede med en måleID.

### 3.2.4 Audiometrier

I perioden 14.04.23 til 05.05.23 ble det gjennomført 23 audiometrier. Audiometriene ble gjennomført på et møterom ved ambulansestasjon sentrum. Ved vaktens oppstart, før første oppdrag ble det gjennomført en audiometri, og ved første mulighet ved vaktens slutt. Undersøkelsen ble gjennomført med Oscilla AudioConsole 3.2.1 programvare og Peltor H7A hodetelefoner med en Oscilla USB330 responsknapp. Otoskoperingen ble gjennomført med Heine otoskop fra før Berlinmurens fall.

Den ansatte ble plassert i en stol tvers over for undertegnede for at de ikke skulle kunne se når det ble spilt av en tone. Videre ble ørene til den ansatte undersøkt med otoskop. Ved å kikke inn i øret til den ansatte var målet å se en klar, perlemoraktig hinne som er trommehinnen. Prosessen kalles en otoskopering. Dersom det var ørevoks som hindret veien inn til trommehinnen ble dette notert. Deltageren ble bedt om å ikke skylle ørene før etter 2. audiometrien var gjennomført. Dette er for å sikre samme mengde ørevoks før og etter vakt.

Etter otoskoperingen ble den ansatte bedt om å ta på hodetelefonene med rød side av hodetelefonene mot høyre side av øret fra den ansattes perspektiv. Det ble så spilt av toner i ulike frekvenser. Den ansatte ble bedt om å trykke på en knapp som signaliserer at den ansatte hører tonen som blir avspilt. Når den ansatte trykker på knappen, registreres terskelnivået som nettopp ble avspilt, og at den ansatte har hørt tonen ved denne terskelen.

Det ble spilt av toner i ulike frekvenser: 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, og 8000Hz. Frekvensene ble spilt av manuelt slik at varighet og hyppighet av avspilling ble ulik. Dette ble gjort for å sikre seg mot at den ansatte trykker basert på hyppighet av avspilling av toner, og ikke at den ansatte hører tonen.

For hver frekvens ble det først spilt av lyd med et lydtrykk på  $-60$  dB og økt med 10 dB-intervaller til  $-20$  dB eller at den ansatte ikke responderer på frekvensen lenger. Fra  $-20$  dB ble det økt med 5 dB-intervaller til den ansatte ikke lenger responderer.

Når den ansatte ikke lenger responderer ble det senket med 10 dB og deretter økt med 5 dB for å kontrollere at den ansatte hørte ved det siste nivået før vedkommende ikke lenger hører tonen.

Etter øverste respons ble neste frekvens testet med samme metode. Dette pågikk helt til alle valgte frekvenser var testet på begge ører. Testen startet med høyre øre og avsluttet med venstre. Audiometri etter vakt ble gjennomført med samme metode, men uten otoskopering.

### 3.2.5 Registrering av data og databehandling

Dataene ble sammenstilt i Excel. Her ble måleID brukt som filnavn og som grunnlag for sammenstillingen av dataene. MåleID består først av dato for dataenes gyldighet, deretter klokkeslett for start av vakt. Til slutt består måleID av nummeret på støydosimeteret, og en A dersom det ble gjennomført en audiometri.

I excelfilen ble det opprettet et regneark for hver av datatypene; skjema, støydosimeter, kunstig øre og audiometridata. I tillegg ble det opprettet et sammendragsark som henter ut data fra alle regnearkene og regner ut sluttdataene.

## 3.3 Etter måling

Etter måling ble data fra hvert av registreringsarkene samlet inn under sin rette kategori, sammen med IDnummeret. Dette ble gjort for å lettere kunne hente ut og sortere data. Videre ble Minitab og Excel brukt for dataanalyser som forklart under.

### 3.3.1 Kunstig øre

Målingene fra kunstig øre ble satt i et analyseark for ISO9612 med instrumentusikkerhet satt til 1,5. Støyeksponering ble beregnet for alle de ulike skiftenes varighet: 6, 7, 8, 9, 11 og 12 timer. Utvidet usikkerhet ble også utregnet.

### 3.3.2 Dosimeter

For dosimetermålingene ble det først alle støydata sammenstilt og deretter analysert ved hjelp av Minitab. I Minitab ble det gjennomført plott for normalitet (sannsynlighetsplott) for å sjekke om dataene var normalfordelte. Deretter ble alle data splittet opp i ulike skift som mistenkes å ha lik eksponering:

ukedag	tid på døgnet
man-fre	dag
man-fre	kveld
man-tor	natt
fre-lør	natt
lør	dag
søn	dag
søn	kveld

Tabell 3.3: Oversikt over hvordan data i dosimetermålinger har blitt sammenstilt med hensyn på mistenkt lik støyeksponering. Se tabell 3.1 for forklaring på arbeidstid og hva disse innebærer

Det ble så laget sannsynlighetsplott på disse sammenstillingene ved hjelp av Minitab for å sjekke om disse dataene var normalfordelte hver for seg. Etter dette ble det gjennomført en Anderson-Darling (AD) goodness-of-fit test (modelltest på norsk, og som vil bli brukt videre i teksten) for 14 ulike sannsynlighetsfordelinger for å finne en fordeling som best passet dataene. Testen ble gjennomført ved å se på resultatene fra Minitab og tolket ut ifra om P-verdien er over signifikansnivået, og hvor mye over signifikansnivået den var for å bestemme hvilke sannsynlighetsfordeling som best passet dataene[49]. Til slutt ble det laget et histogram for de ulike sammenstillingene og for dataene i sin helhet for å gi en oversiktlig sammenstilling av data.

For peakverdiene ble det laget histogram for å kunne få en fremstilling av dataene.

### 3.3.3 Audiometrier

Ved hjelp av Minitab ble det gjennomført en Wilcoxon fortegns-test på differansen mellom hørerskel før og etter vakt, hvilket tilsvarer temporært terskelskifte. Testen ble gjennomført på hver av de ulike frekvensene som ble testet med et kriterie på 0 dB som kritisk verdi. Dette ble gjort for å finne ut om det eksisterte et statistisk signifikant temporært terskelskifte. Videre ble det gjort en Wilcoxon fortegns-test på temporært terskelskifte med  $-10$  dB som kritisk verdi. Dette ble gjennomført for å teste for om det temporære terskelskifte var statistisk signifikant til å kunne på sikt forårsake permanent nedsatt hørsel i henhold til STAMI sine kriterier i avsnitt 2.3.3. Fortegns-testen ble tolket ut ifra hvilke frekvenser som ga verdier henholdsvis under 0 og  $\leq -10$ . P-verdiene ble også undersøkt for å bestemme hvor statistisk signifikante resultatene var med hensyn på avstand fra kritisk P-verdi.

### 3.3.4 Sammenstilling av data

Dataene fra dosimetermåling og samband ble sammenlignet for å bestemme hvilken av kildene som var mest bidragsytende til den totale støyeksponeringen.

# Kapittel 4

## Resultater

### 4.1 Resultater fra kunstig øre

Tabellene under viser støyekvivaleneter sett i sammenheng med de ulike vaktordningene i 3.1, utvidet usikkerhet, peakverdi samt spredning på peak- og gjennomsnitts verdier.

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	3,2
fre, kveld (6t)	69,1	Min $LA_{avg}$ [dBA]	67,4
man-tor, kveld (7t)	69,7	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	74,3
man-fre, dag (8t)	70,3	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	119,5
man-tor, natt (9t)	70,8	Utv. usikkerhet [dBC]	3,7
fre, søn, natt (11t)	71,7	Min $LC_{peak}$ [dBC]	108,4
lør, natt (12t)	72,1	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	122,6

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

Tabell 4.1: Resultater fra målinger ved volumnivå 7, radiohøytaler. N=17

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	3,5
fre, kveld (6t)	74,3	Min $LA_{avg}$ [dBA]	72,1
man-tor, kveld (7t)	74,9	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	78,1
man-fre, dag (8t)	75,5	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	120,8
man-tor, natt (9t)	76,0	Utv. usikkerhet [dBC]	3,2
fre, søn, natt (11t)	76,9	Min $LC_{peak}$ [dBC]	119,8
lør, natt (12t)	77,3	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	123,0

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

Tabell 4.2: Resultater fra målinger ved volumnivå 7, generisk ørepropp. N=6

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	3,5
fre, kveld (6t)	67,9	Min $LA_{avg}$ [dBA]	66,3
man-tor, kveld (7t)	68,5	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	72,0
man-fre, dag (8t)	69,1	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	117
man-tor, natt (9t)	69,6	Utv. usikkerhet [dBC]	3,1
fre, søn, natt (11t)	70,5	Min $LC_{peak}$ [dBC]	116,0
lør, natt (12t)	70,9	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	119,2

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

Tabell 4.3: Resultater fra målinger ved volumnivå 7, anatomisk ørepropp. N=7

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	3,1
fre, kveld (6t)	84,2	Min $LA_{avg}$ [dBA]	82,6
man-tor, kveld (7t)	84,9	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	88,2
man-fre, dag (8t)	85,5	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	125,0
man-tor, natt (9t)	86,0	Utv. usikkerhet [dBC]	3,0
fre, søn, natt (11t)	86,9	Min $LC_{peak}$ [dBC]	124,4
lør, natt (12t)	88,2	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	125,5

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

Tabell 4.4: Resultater fra målinger ved volumnivå 14, radiohøytaler. N=16

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	3,6
fre, kveld (6t)	86,6	Min $LA_{avg}$ [dBA]	82,7
man-tor, kveld (7t)	87,3	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	89,7
man-fre, dag (8t)	87,9	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	126,9
man-tor, natt (9t)	88,4	Utv. usikkerhet [dBC]	3,0
fre, søn, natt (11t)	89,3	Min $LC_{peak}$ [dBC]	126,3
lør, natt (12t)	89,7	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	127,9

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

Tabell 4.5: Resultater fra målinger ved volumnivå 14, generisk ørepropp. N=8

Vakttidspunkt	$LA_{eq}$ [dBA]	Utv. usikkerhet [dBA]	4,1
fre, kveld (6t)	74,6	Min $LA_{avg}$ [dBA]	72,1
man-tor, kveld (7t)	75,2	Maks $LA_{avg}$ [dBA]	78,1
man-fre, dag (8t)	75,8	$LC_{peak,avg}$ [dBC]	118,3
man-tor, natt (9t)	76,3	Utv. usikkerhet [dBC]	3,1
fre, søn, natt (11t)	77,2	Min $LC_{peak}$ [dBC]	116,8
lør, natt (12t)	77,6	Maks $LC_{peak}$ [dBC]	120,0

(a) Gjennomsnittsmålinger gjort om til (b) Utvidet usikkerhet og spennvidde for støyekvivalenter for ulike skift. målinger.

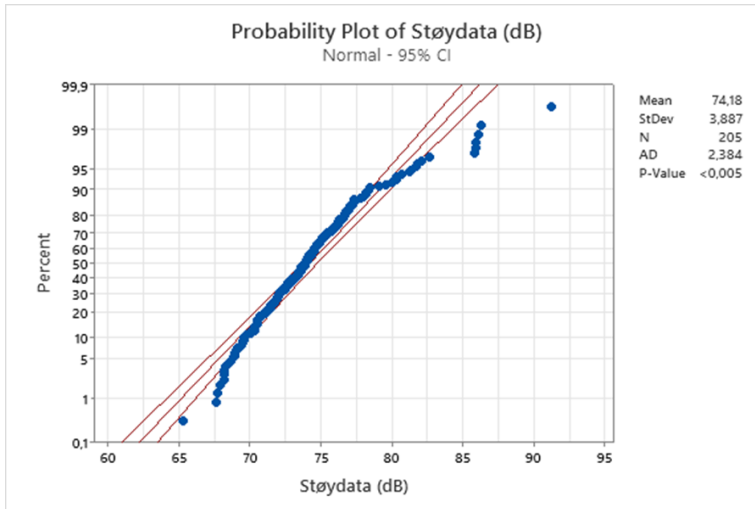
Tabell 4.6: Resultater fra målinger ved volumnivå 14, anatomisk ørepropp. N=8

## 4.2 Resultater fra dosimeter

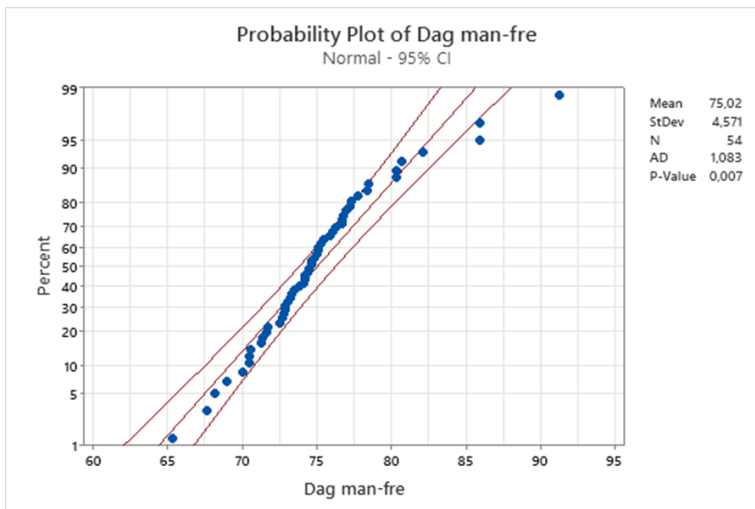
Dette avsnittet viser resultater fra dosimetermålingene. Avsnittet er delt opp i sannsynlighetsplott som en test for normalitet, modelltest for best tilpasset sannsynlighetsfordeling og histogram for gjennomsnittsmålinger og for peak-verdier.



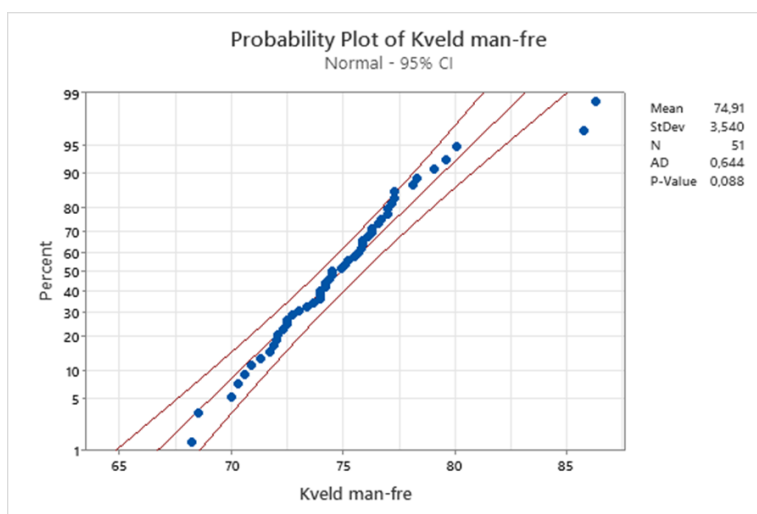
### 4.2.1 Resultater fra sannsynlighetsplott



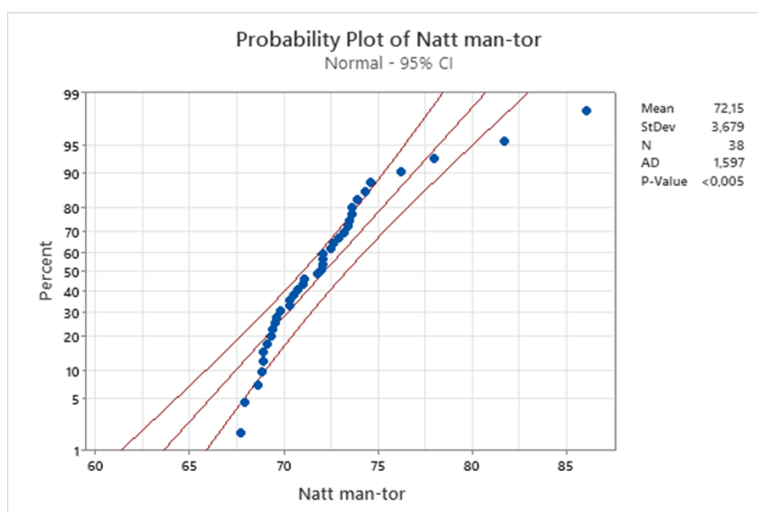
Figur 4.1: Sannsynlighetsplott for alle dosimetermålinger.



Figur 4.2: Sannsynlighetsplott for dagskift mandag til fredag.

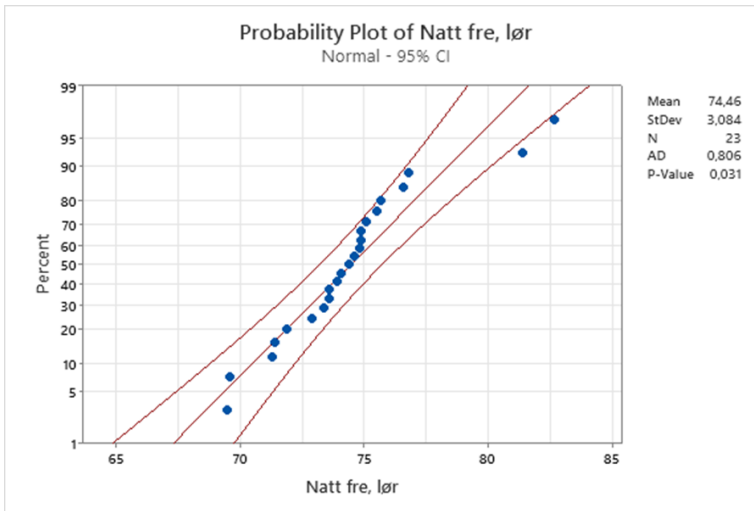


Figur 4.3: Sannsynlighetsplott for kveldskift mandag til fredag.

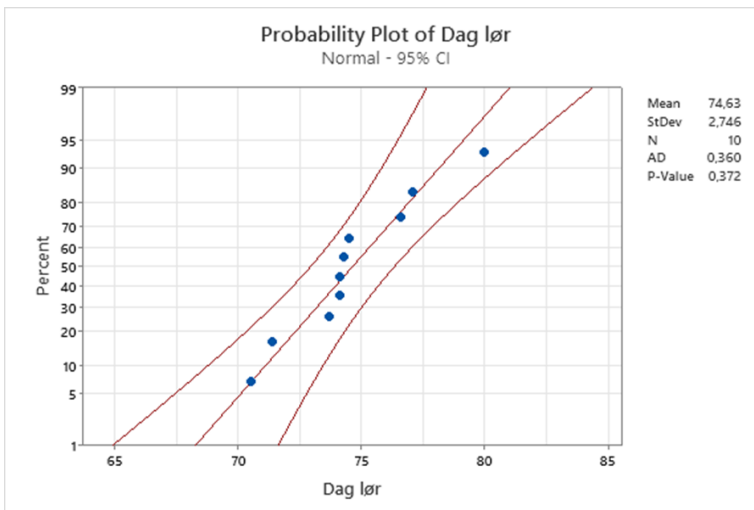


Figur 4.4: Sannsynlighetsplott for nattskift mandag til torsdag.

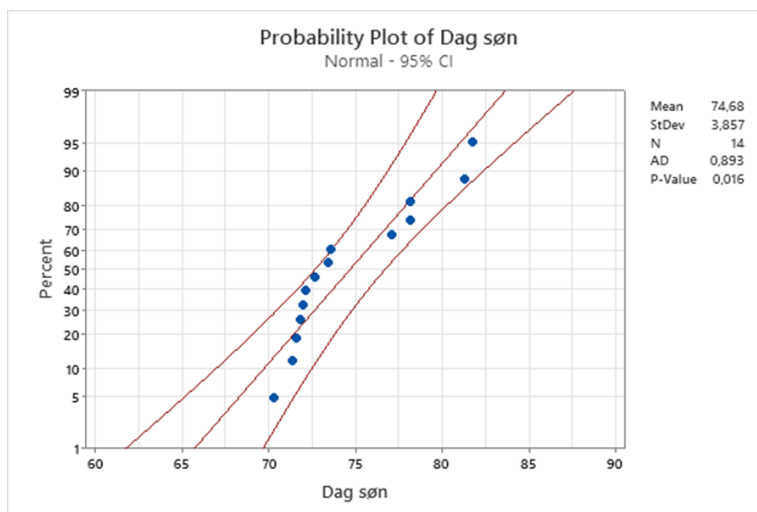
## 4. RESULTATER



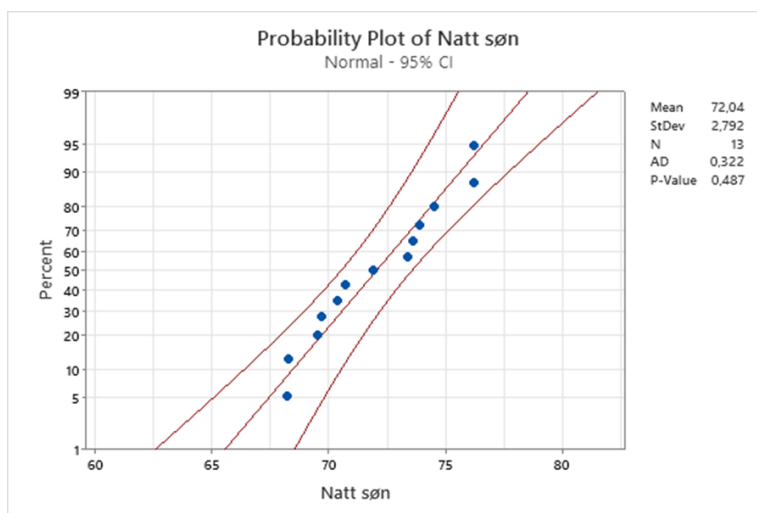
Figur 4.5: Sannsynlighetsplott for nattskift fredag og lørdag.



Figur 4.6: Sannsynlighetsplott for dagskift lørdag.



Figur 4.7: Sannsynlighetsplott for dagskift søndag.



Figur 4.8: Sannsynlighetsplott for nattskift søndag.

### 4.2.2 Resultater fra modelltest

Resultatene fra modelltest er gitt under. Høyere p-verdi er bedre og angir hvor godt dataene passer til den respektive modellen.

### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	2,384	<0,005		
Box-Cox Transformation	0,466	0,251		
Lognormal	1,678	<0,005		
3-Parameter Lognormal	0,591	*	0,000	
Exponential	85,253	<0,003		
2-Parameter Exponential	32,927	<0,010	0,000	
Weibull	10,220	<0,010		
3-Parameter Weibull	2,027	<0,005	0,000	
Smallest Extreme Value	12,392	<0,010		
Largest Extreme Value	0,847	0,029		
Gamma	1,878	<0,005		
3-Parameter Gamma	0,702	*	0,000	
Logistic	0,847	0,016		
Loglogistic	0,600	0,080		
3-Parameter Loglogistic	0,281	*	0,002	
Johnson Transformation	0,310	0,554		

Figur 4.9: Modelltest for alle dosimetermålinger.

### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	1,083	0,007		
Box-Cox Transformation	0,477	0,229		
Lognormal	0,833	0,030		
3-Parameter Lognormal	0,530	*	0,076	
Exponential	22,162	<0,003		
2-Parameter Exponential	8,327	<0,010	0,000	
Weibull	3,133	<0,010		
3-Parameter Weibull	1,019	0,008	0,000	
Smallest Extreme Value	3,748	<0,010		
Largest Extreme Value	0,683	0,073		
Gamma	0,886	0,024		
3-Parameter Gamma	1,026	*	1,000	
Logistic	0,432	0,242		
Loglogistic	0,333	>0,250		
3-Parameter Loglogistic	0,217	*	0,167	
Johnson Transformation	0,108	0,993		

Figur 4.10: Modelltest for dagskift mandag til fredag.

### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,644	0,088		
Box-Cox Transformation	0,323	0,517		
Lognormal	0,507	0,192		
3-Parameter Lognormal	0,348	*	0,082	
Exponential	21,433	<0,003		
2-Parameter Exponential	6,007	<0,010	0,000	
Weibull	2,601	<0,010		
3-Parameter Weibull	0,590	0,119	0,000	
Smallest Extreme Value	3,070	<0,010		
Largest Extreme Value	0,519	0,195		
Gamma	0,528	0,196		
3-Parameter Gamma	0,415	*	0,221	
Logistic	0,245	>0,250		
Loglogistic	0,214	>0,250		
3-Parameter Loglogistic	0,210	*	0,258	
Johnson Transformation	0,232	0,791		

Figur 4.11: Modelltest for kveldskift mandag til fredag.

### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	1,597	<0,005		
Box-Cox Transformation	0,493	0,204		
Lognormal	1,329	<0,005		
3-Parameter Lognormal	0,290	*	0,000	
Exponential	15,983	<0,003		
2-Parameter Exponential	1,418	0,024	0,000	
Weibull	3,543	<0,010		
3-Parameter Weibull	0,418	0,354	0,000	
Smallest Extreme Value	3,977	<0,010		
Largest Extreme Value	0,375	>0,250		
Gamma	1,390	<0,005		
3-Parameter Gamma	0,359	*	0,000	
Logistic	0,728	0,033		
Loglogistic	0,639	0,059		
3-Parameter Loglogistic	0,316	*	0,002	
Johnson Transformation	0,276	0,637		

Figur 4.12: Modelltest for nattskift mandag til torsdag.



### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	0,806	0,031	
Box-Cox Transformation	0,540	0,148	
Lognormal	0,726	0,050	
3-Parameter Lognormal	0,568	*	0,176
Exponential	9,801	<0,003	
2-Parameter Exponential	2,285	<0,010	0,000
Weibull	1,669	<0,010	
3-Parameter Weibull	0,713	0,068	0,001
Smallest Extreme Value	1,827	<0,010	
Largest Extreme Value	0,617	0,098	
Gamma	0,736	0,057	
3-Parameter Gamma	0,644	*	0,384
Logistic	0,471	0,195	
Loglogistic	0,442	0,227	
3-Parameter Loglogistic	0,412	*	0,334
Johnson Transformation	0,188	0,892	

Figur 4.13: Modelltest for nattskift fredag og lørdag.

## Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,360	0,372		
Box-Cox Transformation	0,336	0,429		
Lognormal	0,349	0,396		
3-Parameter Lognormal	0,353	*	0,626	
Exponential	4,293	<0,003		
2-Parameter Exponential	0,939	0,048	0,000	
Weibull	0,533	0,164		
3-Parameter Weibull	0,382	0,423	0,095	
Smallest Extreme Value	0,565	0,134		
Largest Extreme Value	0,389	>0,250		
Gamma	0,365	>0,250		
3-Parameter Gamma	0,623	*	1,000	
Logistic	0,352	>0,250		
Loglogistic	0,346	>0,250		
3-Parameter Loglogistic	0,343	*	0,683	

Figur 4.14: Modelltest for dagskift lørdag.

### Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,893	0,016		
Box-Cox Transformation	0,706	0,051		
Lognormal	0,858	0,020		
3-Parameter Lognormal	0,400	*	0,023	
Exponential	5,846	<0,003		
2-Parameter Exponential	0,483	>0,250	0,000	
Weibull	1,031	<0,010		
3-Parameter Weibull	0,554	0,160	0,004	
Smallest Extreme Value	1,066	<0,010		
Largest Extreme Value	0,762	0,040		
Gamma	0,925	0,020		
3-Parameter Gamma	0,655	*	0,057	
Logistic	0,881	0,011		
Loglogistic	0,852	0,014		
3-Parameter Loglogistic	0,383	*	0,019	
Johnson Transformation	0,397	0,320		

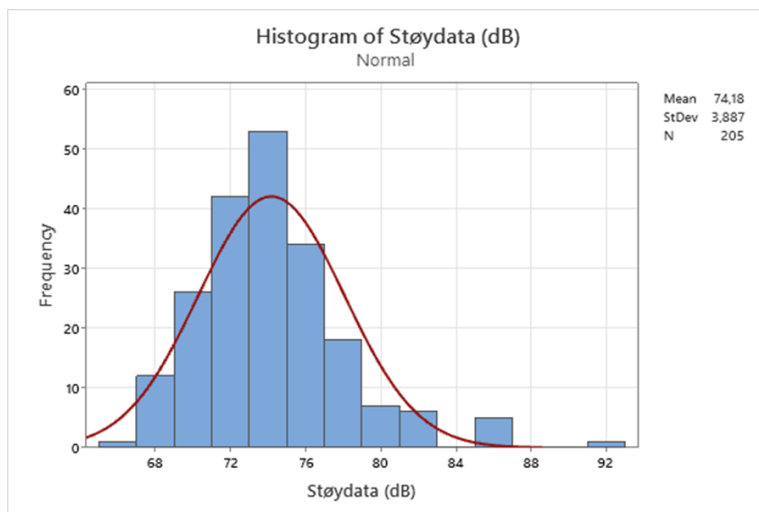
Figur 4.15: Modelltest for dagskift søndag.

## Goodness of Fit Test

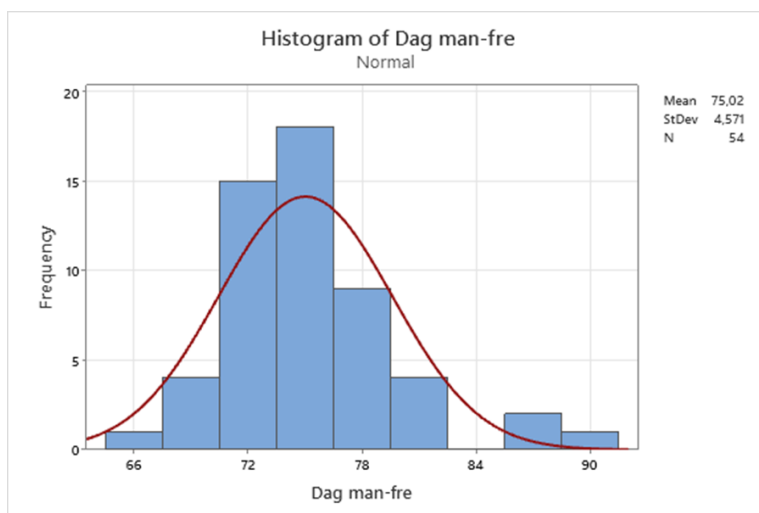
Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,322	0,487		
Box-Cox Transformation	0,317	0,502		
Lognormal	0,318	0,496		
3-Parameter Lognormal	0,359	*	0,779	
Exponential	5,535	<0,003		
2-Parameter Exponential	0,611	0,201	0,000	
Weibull	0,403	>0,250		
3-Parameter Weibull	0,471	0,252	0,122	
Smallest Extreme Value	0,416	>0,250		
Largest Extreme Value	0,364	>0,250		
Gamma	0,362	>0,250		
3-Parameter Gamma	0,357	*	0,756	
Logistic	0,362	>0,250		
Loglogistic	0,360	>0,250		
3-Parameter Loglogistic	0,359	*	0,769	

Figur 4.16: Modelltest for nattskift søndag.

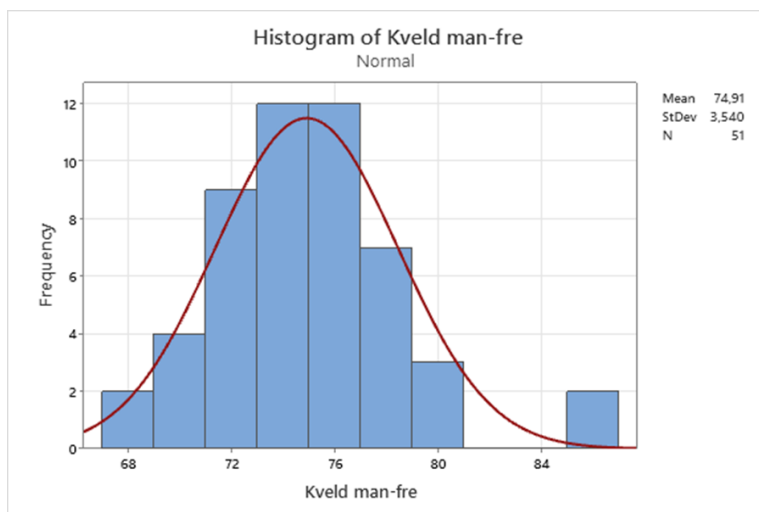
### 4.2.3 Histogramfremstilling av dosimeterdata



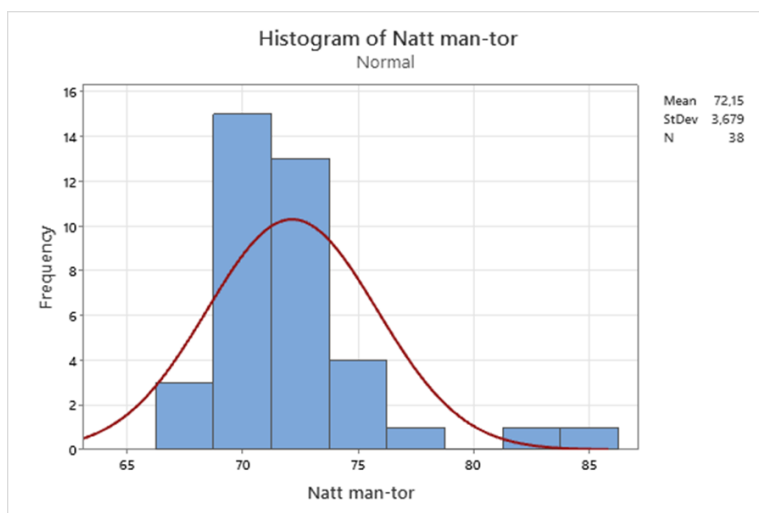
Figur 4.17: Histogram for alle dosimetermålinger.



Figur 4.18: Histogram for dagskift mandag til fredag.

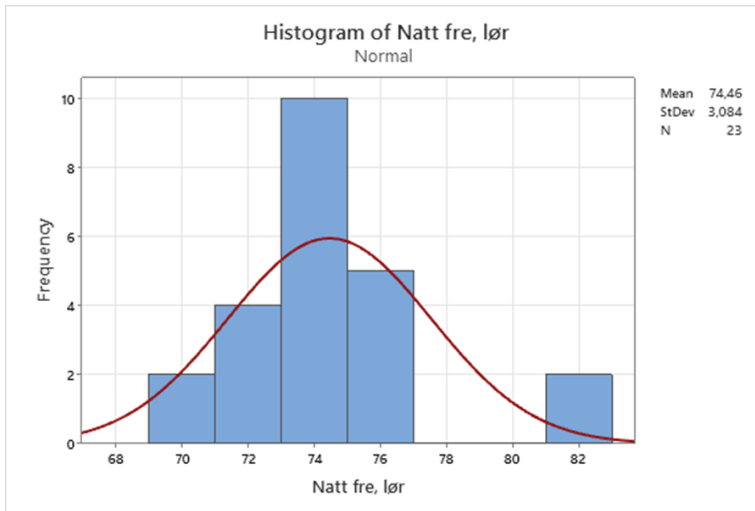


Figur 4.19: Histogram for kveldskift mandag til fredag.

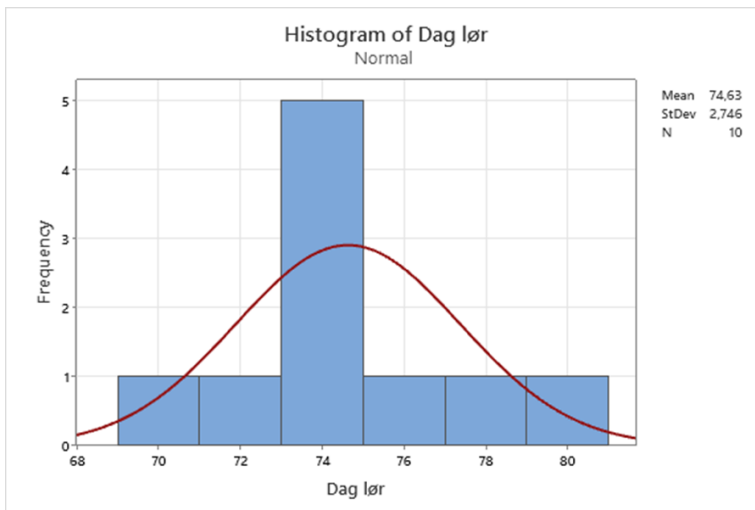


Figur 4.20: Histogram for nattskift mandag til torsdag.

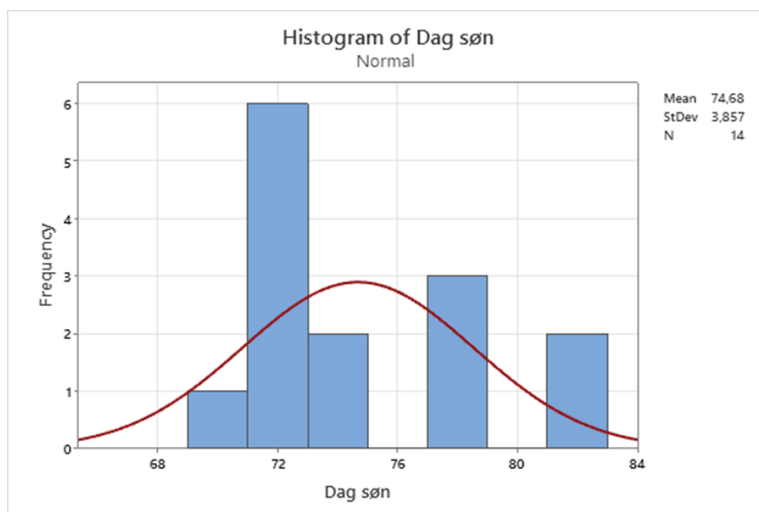
## 4. RESULTATER



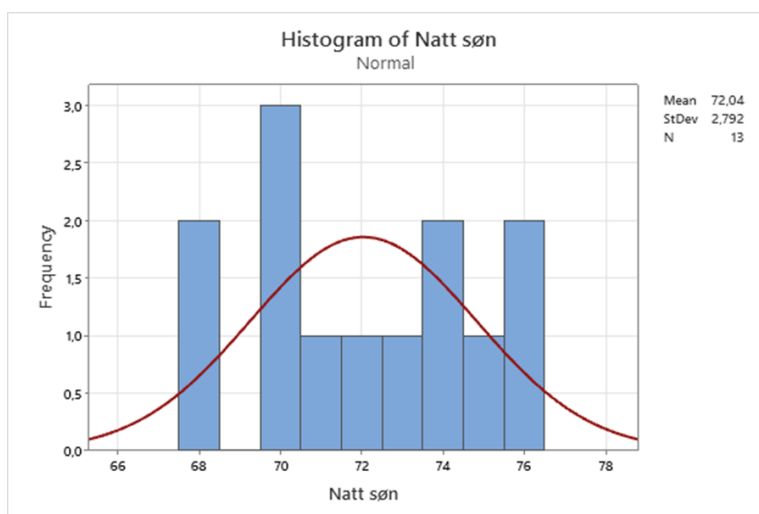
Figur 4.21: Histogram for nattskift fredag og lørdag.



Figur 4.22: Histogram for dagskift lørdag.



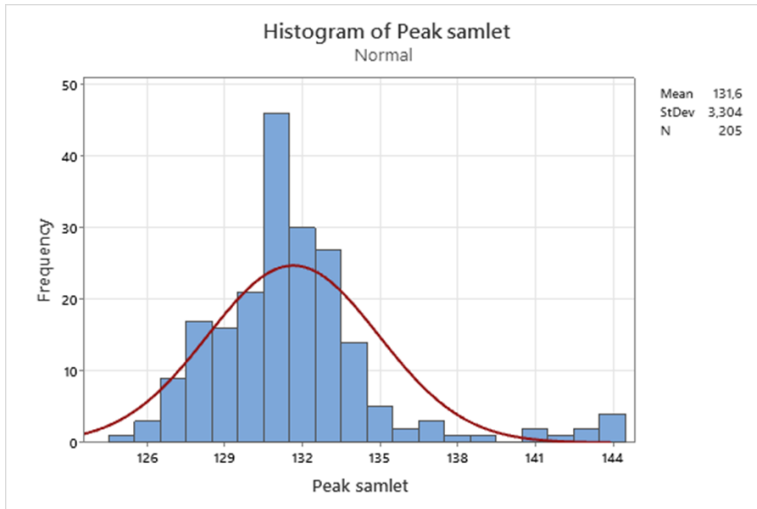
Figur 4.23: Histogram for dagskift søndag.



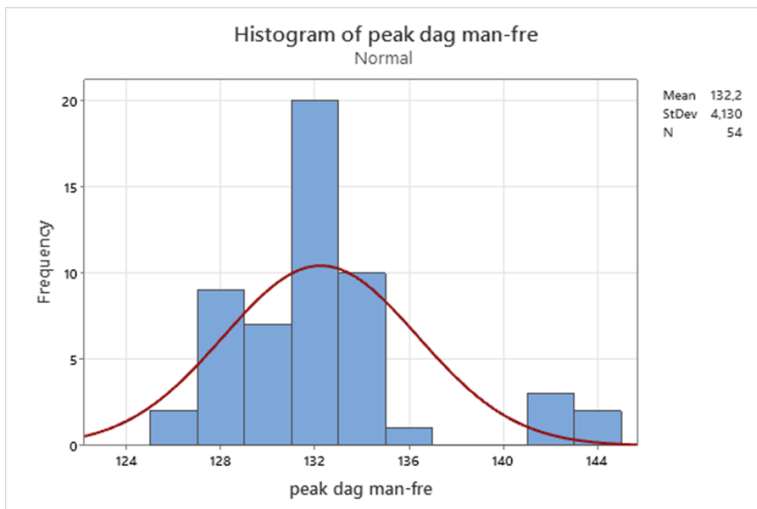
Figur 4.24: Histogram for nattskift søndag.



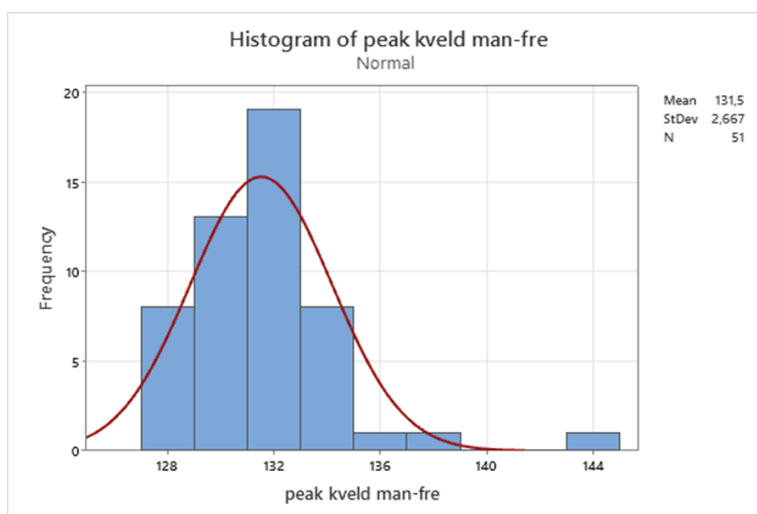
#### 4.2.4 Histogramfremstilling av peak-verdier



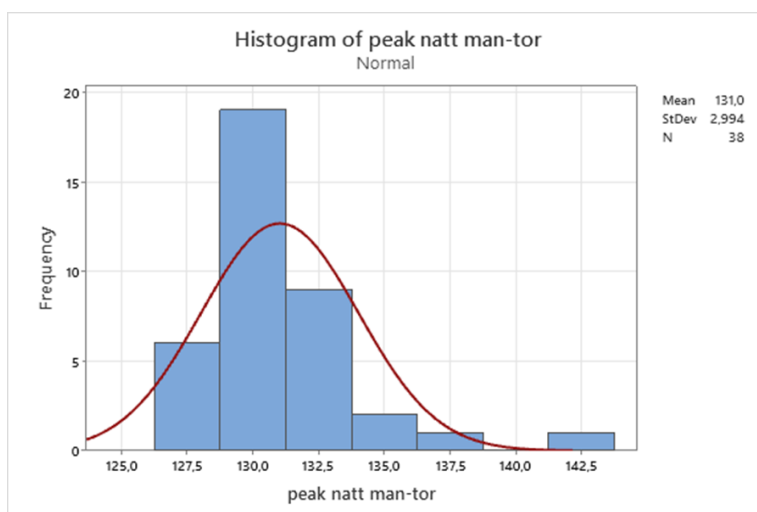
Figur 4.25: Histogram for alle peak-verdier.



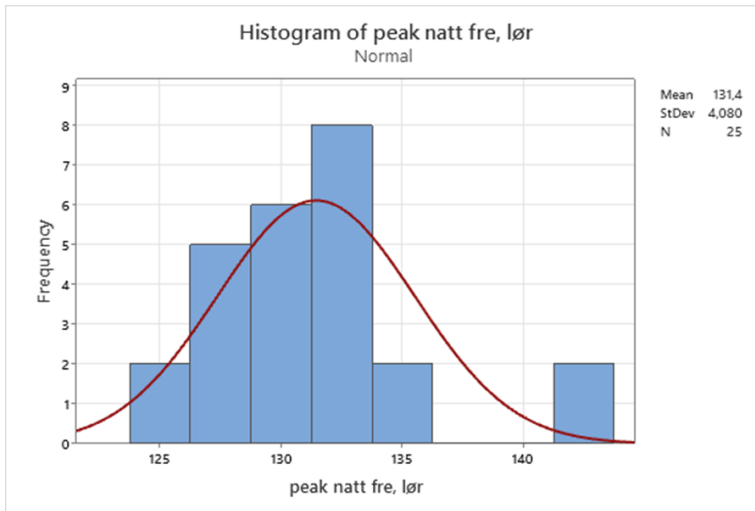
Figur 4.26: Histogram for peak-verdier ved dagskift mandag til fredag.



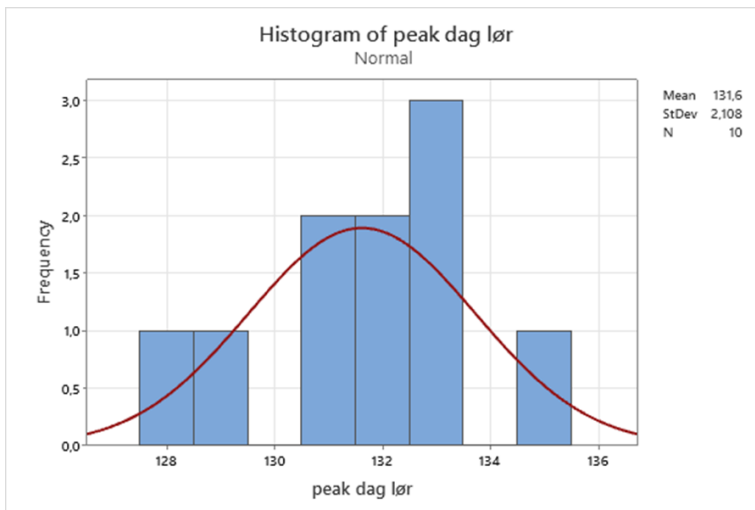
Figur 4.27: Histogram for peak-verdier ved kveldskift mandag til fredag.



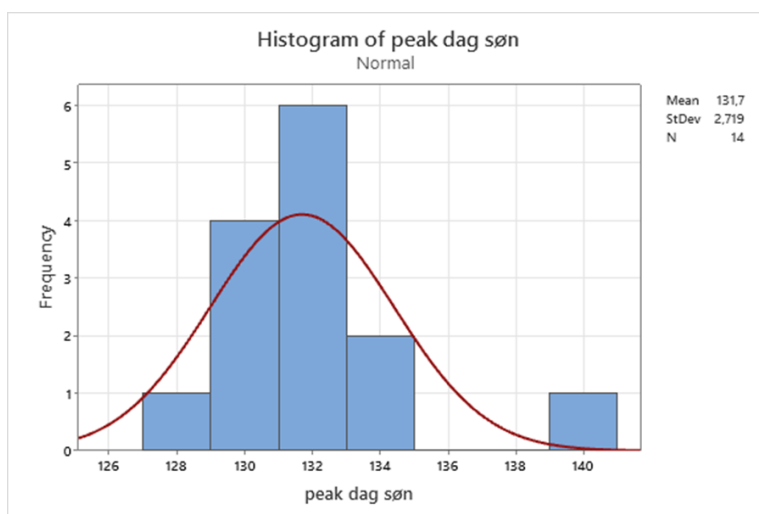
Figur 4.28: Histogram for peak-verdier ved nattskift mandag til torsdag.



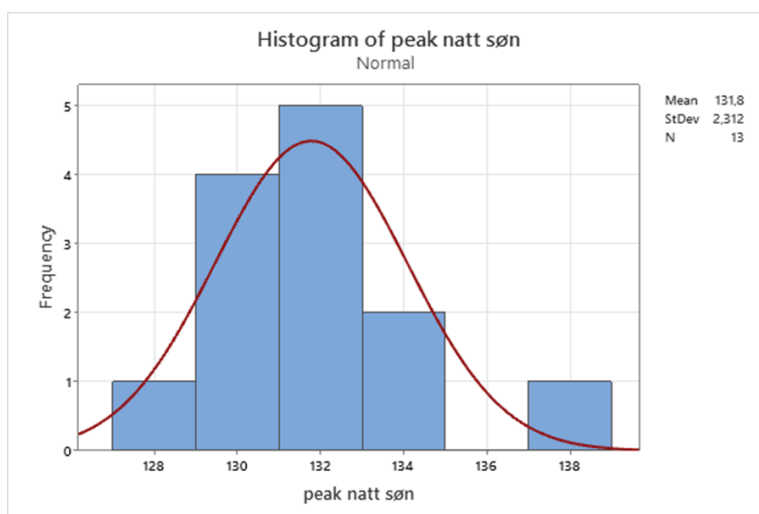
Figur 4.29: Histogram for peak-verdier ved nattskift fredag og lørdag.



Figur 4.30: Histogram for peak-verdier ved dagskift lørdag.



Figur 4.31: Histogram for peak-verdier ved dagskift søndag.



Figur 4.32: Histogram for peak-verdier ved nattskift søndag.

### 4.3 Resultater fra spørsmålsark

Type oppdrag	Gjennomsnitt	Maks	Min	Typetall
Rød oppdrag	2,57	7	0	2
Gule oppdrag	1,49	4	0	1
Grønne oppdrag	0,38	2	0	0
Summert alle oppdrag	4,44	8	1	4

Tabell 4.7: Oversikt over fordeling og oppdragssammensetning for ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum.

	Gjennomsnitt	Typetall
Lyttetid på samband med øretelefon	1,91	0,0
Laveste voluminnstilling	3,00	1
Høyeste voluminnstilling	4,31	1
Antall skift med generisk ørepropp	X	108
Antall skift med innstiksrør	X	29

Tabell 4.8: Resultater knyttet til bruk av øregarnityr.

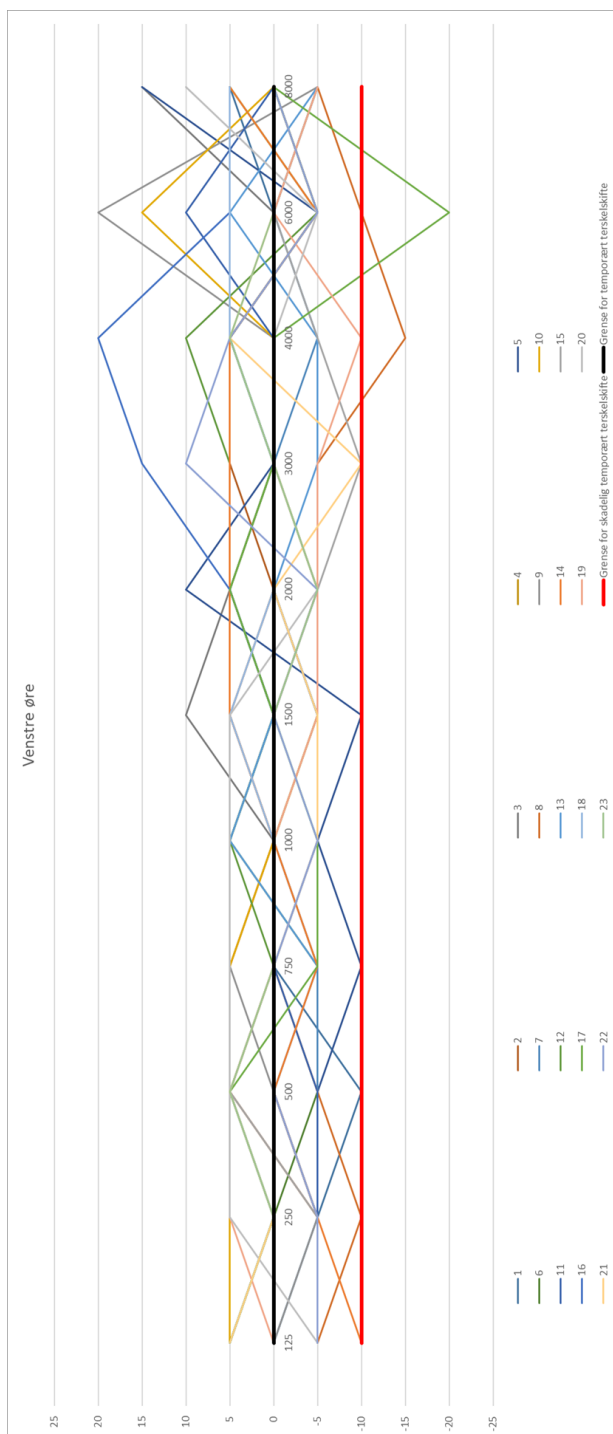
Vurdering av støy under vakt	antall
Mindre enn normalt	56
Som normalt	132
Mer enn normalt	13

Tabell 4.9: Resultater fra de ansattes egenvurdering av støy under vakt.

## 4.4 Resultater fra audiometrier

Frekvens [Hz] og grad av temporært terskelskifte etter vakt [dB]												
N	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	4000	8000	$LA_{avg}$
1	-5	-5	-10	0	0	-5	0	0	0	0	5	77,3
2	-5	-5	5	5	0	5	0	5	5	-5	0	77,2
3	-5	-5	0	0	0	10	5	0	0	0	15	71,7
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	69,7
5	-5	-5	-5	-10	-5	-10	10	0	5	-5	15	73,9
6	5	0	-5	-5	5	0	5	0	5	-5	0	74,8
7	0	-5	-5	-5	0	0	0	0	-5	0	-5	71,1
8	-5	-10	-5	0	0	0	-5	-5	-15	-10	-5	85,9
9	0	-5	0	5	5	0	-5	0	0	20	-5	68,8
10	5	5	5	5	0	-5	-5	0	0	15	0	74,2
11	-5	-5	-5	0	-5	-5	0	0	0	10	0	74,2
12	0	0	5	0	5	0	5	5	10	-5	5	72,9
13	-5	-5	0	-5	5	0	0	-5	-5	5	-5	70,3
14	-10	-5	0	-5	0	5	5	5	5	-5	5	71,6
15	-5	-5	5	0	-5	-5	-5	-10	-5	0	0	73,7
16	5	0	5	0	0	0	5	15	20	5	5	85,9
17	5	0	5	-5	-5	0	5	0	0	-20	0	77,0
18	0	0	5	0	0	5	0	0	5	5	5	77,0
19	0	5	5	0	0	-5	-5	-5	-10	0	-5	73,2
20	-5	5	5	5	5	5	-5	0	0	-5	10	73,9
21	5	0	5	0	-5	-5	0	-10	5	0	0	72,9
22	-5	-5	0	0	-5	0	-5	10	5	-5	0	79,1
23	0	0	5	0	0	0	-5	0	5	0	0	74,9

Tabell 4.10: Temporær terskelskifte etter vakt for ulike frekvenser på venstre øre. Negativt fortegn indikerer nedsatt terskel og følgelig temporært terskelskifte. Røde celler indikerer temporært terskelskifte på 10 dB eller mer. Siste kolonne angir respektivt støynivå under vakten.

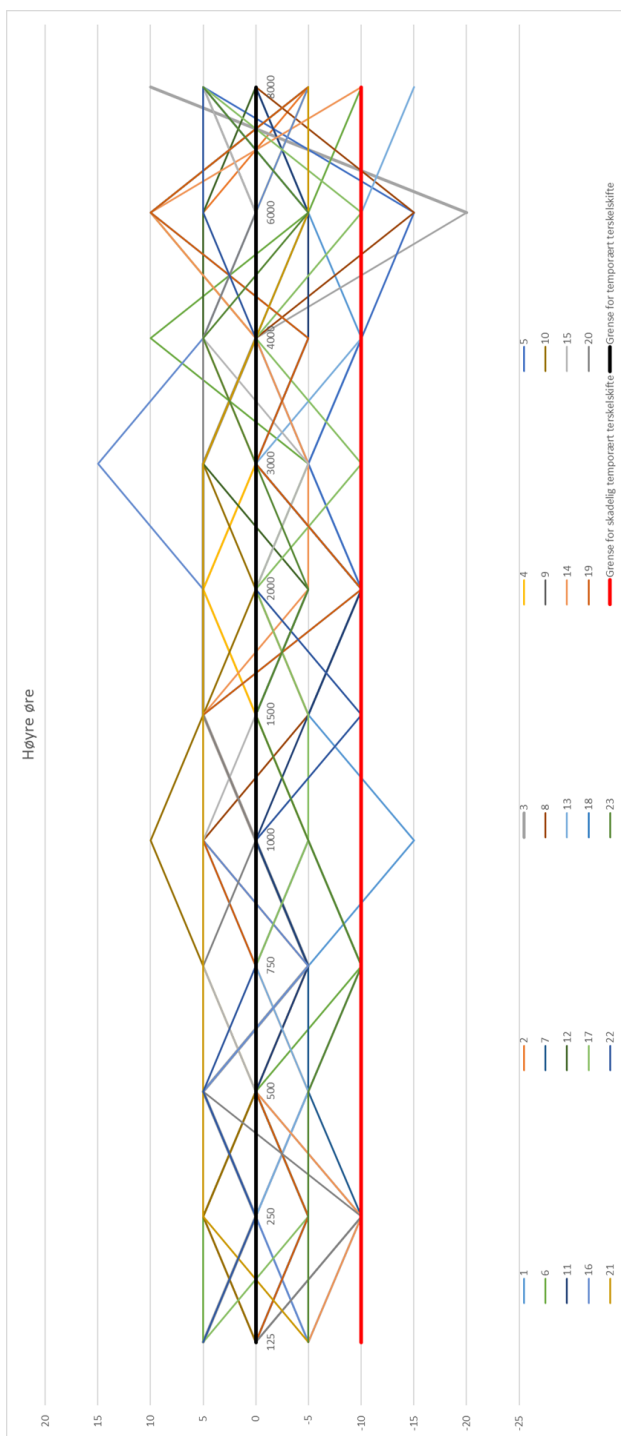


Figur 4.33: Grafisk fremstilling av resultatene i tabell 4.10.

Frekvens [Hz] og grad av temporært terskelskifte etter vakt [dB]												
N	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	4000	8000	$LA_{avg}$
1	0	-5	0	-5	-15	-5	-10	-5	-10	-5	0	77,3
2	0	0	-5	0	0	0	5	0	5	5	-5	77,2
3	5	0	5	-5	0	5	5	5	0	-20	10	71,7
4	-5	-5	-5	-10	-5	0	5	0	0	0	-5	69,7
5	-5	0	-5	-10	-5	-5	-10	-5	-10	-15	5	73,9
6	5	5	0	-10	-5	0	0	-5	10	-5	-10	74,8
7	-5	-10	-5	-5	0	0	-5	-5	0	-5	5	71,1
8	0	5	0	-5	5	-5	0	0	0	-15	0	85,9
9	0	-10	0	0	-5	-5	-10	0	0	0	5	68,8
10	0	5	0	5	10	5	0	5	0	10	-5	74,2
11	0	-5	0	-5	0	-5	-10	0	-5	-5	0	74,2
12	-5	-5	0	0	0	0	-5	5	5	5	0	72,9
13	0	0	-5	0	0	0	0	0	-10	-10	-15	70,3
14	-5	-10	0	0	0	5	-5	-5	0	10	-10	71,6
15	5	0	0	5	5	0	0	-5	5	0	5	73,7
16	-5	0	5	-5	5	5	5	15	5	0	-5	85,9
17	5	-5	0	0	-5	-5	0	-10	0	-10	5	77,0
18	-5	0	10	5	0	0	5	0	10	5	10	77,0
19	0	-5	0	0	5	5	-10	0	-5	10	-5	73,2
20	0	-10	5	5	0	5	5	5	5	0	0	73,9
21	-5	5	5	5	5	5	5	5	0	-5	-5	72,9
22	5	0	5	0	0	-10	0	0	0	5	5	79,1
23	-5	-5	-5	-10	-5	0	-5	0	5	-5	5	74,9

Tabell 4.11: Temporær terskelskifte før og etter skift for ulike frekvenser på høyre øre. Negativt fortegn indikerer nedsatt terskel og følgelig temporært terskelskifte. Røde celler indikerer temporært terskelskifte på 10 dB eller mer. Siste kolonne angir respektivt støynivå under vakten.





Figur 4.34: Grafisk fremstilling av resultatene i tabell 4.11.

Statistisk hypotesetest for temporært terskelskifte for endring større enn null og endring -10 eller mer.

$H_0$ Ingen endring i høreterskel											
$H_1$ Temporært endret høreterskel											
Frekvens [Hz] og resultat av hypotesetest											
Øre	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	4000	8000
Venstre	X	X									
Høyre		X		X			X			X	

Tabell 4.12: Resultater av hypotesetest ved hjelp av Wilcoxon tegn-test for hver frekvens med hensyn på temporært terskelskifte. "X" indikerer at 0-hypotesen forkastes.

Beregningene fra Minitab for denne hypotesetesten er i figur A.1 og figur A.2.

$H_0$ Endring i høreterskel < 10 dB											
$H_1$ Temporært endret høreterskel $\geq$ 10 dB											
Frekvens [Hz] og resultat av hypotesetest											
Øre	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	4000	8000
Venstre											
Høyre											

Tabell 4.13: Resultater av hypotesetest ved hjelp av Wilcoxon tegn-test for hver frekvens med hensyn på temporært terskelskifte 10 dB eller mer. "X" indikerer at 0-hypotesen forkastes.

Beregningene fra Minitab for denne hypotesetesten er i figur A.3 og figur A.4.

# Kapittel 5

## Diskusjon

I dette kapitlet vil resultatene i forrige kapittel blir diskutert. Dette kapitlet vil være delt opp i en enkel diskusjon om hvert av resultatavsnittene, før det til slutt vil bli gjort en diskusjon om hva resultatene blir i sin helhet. I nesten kapittel vil det bli skrevet en konklusjon basert på dette kapitlets diskusjon.

### 5.1 Målinger på samband

I avsnitt 4.1 vises resultatene fra målinger gjort med kunstig øre på radioen. Målingene ble gjort med anatomisk, generisk og radioens høyttaler som støykilde. Målingene viser at støynivået fra den anatomiske øreproppen er lavest ved begge voluminnstillinger. Videre viser resultatene at støynivået fra radio plassert 13 cm fra øret har nest lavest støynivå, og støynivået fra generisk ørepropp er det høyeste. Tas utvidet usikkerhet med i beregningen er det ikke sikkert at det er noen forskjell mellom generisk ørepropp og radio på voluminnstilling 14 da forskjellen ikke er tilstrekkelig stor, slik en kan se i tabell 4.4 og tabell 4.5. Det er ikke sikkert at anatomisk ørepropp har et lavere støynivå enn radiohøyttaler dersom utvidet usikkerhet medberegnes ved voluminnstilling 7, som en ser i tabell 4.2 og tabell 4.3.

Å sammenligne anatomisk ørepropp og generisk ørepropp vil være mest hensiktsmessig, da disse benytter samme høyttaler til øret, slik som forklart i avsnitt 2.1.4 og i figur 3.3. Forklaringen på den store forskjellen kan ligge i okklusjonseffekten som beskrevet i avsnitt 2.3.2. Den anatomiske øreproppen har en åpning mellom delen som stikker inn i øret og øregangens

kant, noe som gjør at lyden slipper ut av øret. Den generiske øreproppen skaper en forsegling mellom øregangen og proppen og vil ikke slippe lyden ut, noe som kan forklare det høyere støynivået ved begge voluminnstillinger.

Radioens høyttaler viser størst endring i støynivå mellom de ulike voluminnstillingene, slik en kan se i tabell 4.1 og tabell 4.4. Dette kan skyldes at denne høyttaleren har en større effektrekkevidde, og kan derfor gi større forskjell mellom de ulike voluminnstillingene. Denne rekkevidden har ikke nødvendigvis høyttaleren som går i øregarnityren, og kan derfor ikke finjusteres i like stor grad.

**Med hensyn på peak-verdier** er de høyeste å finne ved bruk av generisk ørepropp på voluminnstilling 14, slik som i tabell 4.5. Høyeste målte peak-verdi gjennom hele studien var 127,9 dB, og høyeste gjennomsnitt var på 126,9 dB med en utvidet usikkerhet på 3,0 dB. Dette medfører at peak-verdier er å forvente i området 123,9 dB–129,9 dB, hvilket er like under grenseverdi på 130 dB. Ved bruk av ørepropper spiller også plassering en rolle. Den generiske øreproppen kan av en annen bruker bli plassert lenger inn i øret. Det kan derfor tenkes at peak-verdien i et slik tilfelle vil kunne komme over 130 dB.

**Med hensyn på usikkerhet** har utvidet usikkerhet i avsnitt 4.1 blitt utregnet med regnearket til ISO9612. Denne metoden har mikrofonens plassering, usikkerhet ved målingene og instrumentusikkerhet som kilder til usikkerhet. I undersøkelsene fra denne studien er det en fjerde kilde til usikkerhet som er lydkildens plassering. Støykildens plassering er et usikkerhetsmoment når det er en høyttaler som plasseres i et øre som måles ved en viss avstand til en fastmontert mikrofon. Derfor er mikrofonens plassering et *mindre* usikkerhetsmoment enn ved ISO9612. Ulik plassering av støykilden vil gi stort utslag som følge av at mikrofonen er sensitiv. Mikrofonen har også en annen sensitivitet enn det som er i utstyret standarden er beregnet for. Av den grunn har det blitt valgt å benytte 1,5 som instrumentusikkerhet i utregningen av utvidet usikkerhet i regnearket for ISO9612. Det antas at den beregnede utvidede usikkerheten derfor er tilstrekkelig høyt for å beregne utvidet usikkerhet.

**En kilde til feil** kan være plassering av radio i forhold til øre på målinger fra radio. Dette skyldes at skulderen kan være et viktig dempingselement for

lydens ferd mot øret. Av den grunn ville mannekeng vært et bedre valg for å få festet radioen i en mer naturlig posisjon. Av den grunn kan det tolkes slik at målingene på radio er målinger gjort på et verst tenkelig tilfelle scenario.

## 5.2 Målinger med dosimeter

I avsnitt 3.3.2 ble det beskrevet hvordan resultatene i avsnitt 4.2 har blitt beregnet. Det er blitt beregnet resultater som har ledet til andre utregninger enn først tenkt. Av den grunn diskuteres delresultatene hver for seg for å få en innsikt i utregningsprosessen, og følgelig en bedre forståelse for hvorfor sluttresultatet fremstilles som det gjør. Alle endelig resultat og delresultater er angitt i avsnitt 4.2.

**I avsnitt 4.2.1 er flere ulike sannsynlighetsplott angitt.** I figur 4.1 er det angitt et sannsynlighetsplott for alle støydata sammenstilt. I denne figuren er det flere punkter utenfor "den tykke blyanten" (de tre linjene utgjør den tykke blyanten). Siden ikke alle dataene er innenfor den tykke blyanten, så vil ikke dataene være normalfordelt. Dette faller utenfor på begge sider av konfindensintervallet. Særlig de høyeste støymålingene faller langt utenfor den tykke blyanten[50].

Etter oppdeling av dataene til skiftbaserte resultater viser det fortsatt at flere av datasettene er utenfor kriteriet for en god tilnærming for normalfordelingen. Med en  $P$ -verdi tilsvarende  $P = \alpha > 0,05$  vil bare figur 4.3 4.6 og 4.8 ha høy nok  $P$ -verdi til å være statistisk signifikant. Av den grunn ansees dataene som ikke normalfordelte.

En forutsetning for å bruke regnearket i ISO9612 i avsnitt 2.4.2 er at dataene er normalfordelt. Når dataene i dette tilfellet ikke er normalfordelt vil det også indikere at det ikke er mulig å benytte regnearket til å beregne utvidet usikkerhet. Videre indikerer mangelen på normalitet at dataene har utliggerer som er av stor nok betydning til at dataene ikke lenger er normalfordelte. Av den grunn ble det gjennomført en AD modelltest for 14 ulike sannsynlighetsfordelinger for å finne den fordelingen som datane best er tilpasset.

**I avsnitt 4.2.2 er det laget en modelltest** for alle dataene samlet i figur 4.9 og oppdelt som over i de resterende figurene. I denne studien vil vi

ikke gå i dybden på hvordan dataene skal tolkes, men generelt gir høyere  $P$ -verdi en bedre tilpasning til den respektive sannsynlighetsfordelingen. Ved en valgt  $P$ -verdi på 0,05 som forkastningskriterie, så må resultatene tolkes slik at  $P$ -verdien i modelltesten må være større enn 0,5 for å bli akseptert.

I figur 4.9 de høyeste verdiene gitt til en Box-Cox transformasjon og Johnson transformasjon. Box-cox og Johnson transformasjoner er laget for å tilpasse dataene til normalfordelingen [51, 52]. Dette vil ikke respektere integriteten til dataene som er innsamlet, og er ikke sikkert vil kunne bli opplevd av de ambulanseansatte i et reelt scenario. Av den grunn forkastes disse modellene fra vurdering. Da gjenstår en Loglogistisk fordeling som et alternativ.

Dersom resultatene fra dataene oppdelt også passer en loglogistisk fordeling vil det indikere at dataene i sin helhet har denne fordelingen. Samtlige data bortsett fra dagskift søndag passer en loglogistisk fordeling godt. Av den grunn vil dette være en fordeling som vil være tilstrekkelig god til å gjøre en hypotesetest på om dataene er under et helseskadelig nivå for støy. En hypotesetest for en 8-timers dag ville da sett slik ut:

$$H_0: \mu = 85 \text{ dB}$$

$$H_1: \mu > 85 \text{ dB}$$

Det er likevel ikke nødvendig med en hypotesetest for å kunne gjøre en kvalifisert vurdering på om støyeksponering for ambulanseansatte er under 85 dB. En lettere tolkning av data er å benytte histogram for alle støydata samlet. I figur 4.17 i avsnitt 4.2.3 er det en histogramfremstilling av samtlige dosimeterdata som er samlet inn. Basert på denne figuren er de aller fleste data i området under 85 dB. Om en tar hensyn til 12-timers vaktene bør støynivået ligge under 82 dB. 12 av 205 målinger ligger over 82 dB, og dette utgjør 5,8 % av målingene.

Basert på alle histogrammene i avsnitt 4.2.3 fremstår det som at nattskiftene på hverdager og søndag har de laveste støynivåene, i området 67 dB–75 dB mens resterende målinger har resultater hovedsaklig i 72 dB–80 dB-området.

**Sammenlignet med andre studier** i avsnitt 2.1 er støynivåene fra dosimetermålingene høyere enn de målt av Hansen et.al. på danske ambulanseansatte. Årsaken til dette kan skyldes at hovedvekten for studien har vært

ansatte på legebil og ikke ambulanse. En legebil rykker ut på de mest akutte oppdraene og kan dermed bli lenger i en situasjon, men rykker sjeldnere ut enn en ambulanse.

### 5.2.1 Peakverdier

Peakverdiene er hyppig over 130 dB, som en kan se i avsnitt 4.2.4. Basert på alle resultatene samlet er det hyppigst forekomst av peak-verdier mellom 131,0 dB–131,9 dB, med et statistisk gjennomsnitt på 131,6 dB. Fordelt i de ulike vaktordningene med tenkt likt støynivå er det ingen stor forskjell mellom statistisk gjennomsnittlig peak-verdi. Statistisk gjennomsnitt varierte mellom 131,0 dB–132,2 dB

At det er peak-verdier over 130 dB hver vakt er lite sannsynlig som følge av arbeidets natur, samt noen av oppdragenes art. Basert på støygrafene fra dosimeterene er peakverdiene kortvarige og ofte ikke i sammenheng med å være i støyende omgivelser. Resultatene gitt fra peak-verdiene må derfor vurderes med moderasjon. Det er ikke mange toppe over 130 dB, og de bør derfor ha hatt liten innvirkning på heldagsmålingene.

Likevel har de ansatte under samtale etter vakt kunne bekrefte flere støytopper fra støygraf til spesifikke hendelser som har vært støyende. Dette har vært hendelser som høy stemmebruk/skriking fra pasient eller til pasient for å få vedkommende til å lytte. Det har også vært hendelser knyttet til sted som festival eller utested. Da har peakverdien vært over 130 dB over lengere tid. Av den grunn kan ikke resultatene med hyppige peak-verdier over 130 dB avskrives helt.

### 5.2.2 Dosimeter for å bestemme eksponering fra samband

I avsnitt 2.4.3 ble det presentert en metode for å bestemme støyeksponering fra hode- og øretelefoner ved hjelp av dosimeter. Med dosimetermålinger mellom 67 dB–80 dB skulle sambandsmålingene på kunstig øre vært mellom 82 dB–95 dB dersom en ikke tar med dempingsgrad fra øretelefonen som faktor. Dette virker rimelig, i og med at ett øre er åpent. Dette samsvarer også med studiene gjort av Nassrall et.al. og Giguère et.al. som også vurderer metoden som svak. Et viktig poeng er også at de ansatte melder om å ikke alltid å justere volumet på sambandet ut ifra ytre støyeksponering. Justering er mer trinnvis enn kontinuerlig. Sett i sammenheng med de ansattes valgte volum er til og med måling på voluminnstilling 7 et overestimat av hva de

ambulanseansatte utsettes for av støy fra sambandet, slik som beskrevet i tabell 4.8.

### 5.3 Audiometrier

Resultatene fra audiometriene viser at det er en statistisk signifikant temporær terskelendring ved 125 Hz og 250 Hz for venstre øre. For høyre øre er det en statistisk signifikant temporær terskelendring ved 250 Hz, 750 Hz, 2000 Hz og 6000 Hz. Med hensyn på at målingene ble gjort i et rom med ventilasjonsanlegg som forstyrret undersøkelsen velger en å se bort ifra resultatene ved 125 Hz og 250 Hz.

At det er et statistisk signifikant temporært terskelskifte ved 2000 Hz svarer med funnene i studien til Idota et.al. gjennomført på arkadespillarbeidere i Japan i avsnitt 2.2.1. I følge STAMI i avsnitt 2.3.3 vil en støydipp i området 3000 Hz–6000 Hz være arbeidsrelatert. Basert på denne statistiske analysen og studien til Idota et.al. bør det legges til grunn at det er flere frekvensområder som kan være knyttet til arbeidsrelatert hørseltap. For funnene i 6000 Hz-området kan det legges til grunn at det er et temporært terskelskifte, og at dette kan være tilknyttet arbeidet. At det er funnet et statistisk signifikant temporært terskelskifte i 750 Hz-området kan ha grunn i en type støy som oppstår i det frekvensområdet som ikke er blitt kartlagt.

I studien til STAMI vises det også til at det temporære terskelskifte må være på mer enn 10 dB for å kunne regnes som hørselskadelig på sikt. 5 av 23 audiometrier viste et temporært terskelskifte på 10 dB eller mer. For 750 Hz og 6000 Hz er det henholdsvis 4 og 5 som har temporært terskelskift på 10 dB eller mer. En wilcoxon tegntest viste at det ikke er et statistisk signifikant terskelskifte på mer enn 10 dB. Likevel er antallet som opplever temporært terskelskifte nevneverdig med henyns på populasjonen ambulansesatte. Dersom tilnærmet 20 %–25 % av ambulansesatte står i fare for å få permanent hørselskade vil dette være et betydelig antall ambulansesatte sett i en større sammenheng.

Basert på de ansattes tilbakemelding er det like mange som bruker ørepropp på venstre og høyre øre, samt at det blir brukt på begge ører i løpet av en og samme vakt. Av den grunn kan ikke det statistisk signifikante temporære terskelskifte antas å skyldes bruk av øretelefon.



**Med hensyn på usikkerhet** er tiden mellom siste oppdrag og audiometri en faktor som ikke er medberegnet. Det vil kunne være forskjell på om det har gått tid fra sist oppdrag til audiometri gjennomføres, enn når audiometri gjennomføres rett etter oppdrag. Dette skyldes at øret får hvile på et vaktrom med mindre støypåvirkning enn under utførelse av oppdrag. I tillegg er også hele kroppen og hodet i en mer mentalt avslappet tilstand.

## 5.4 Spørsmålsark

I avsnitt 4.3 er det beskrevet en rekke resultater fra de ansattes egenrapportering. Gjennomsnittlig har de ansatte 4,44 oppdrag hver vakt, med et typetall på 4. Av disse står røde oppdrag for 2,57 av oppdragene, gule står for 1,49 av oppdragene og grønne står for 0,38 av oppdragene. Basert på NIMN sin vurdering i avsnitt 2.1.2 jobber de ansatte i sentrum mest med akutte oppdrag. Det meste antallet oppdrag sett på et skift var 8 oppdrag. Dette var i en helg, hvorpå 7 av oppdragene var rød.

Funn fra spørsmålsarkene viser at voluminnstillingen er relativt lav, og ofte er den satt i en "stille gruppe". Når sambandet er satt i stillegruppe er det kun AMK som kan overstyre denne ved å sende ut utkallingssignal og tilhørende melding. De ansatte har den enten alltid i stillegruppe eller alltid på, men da på lav voluminnstilling når de ikke har behov for å høre hva som skjer over samband. Videre er det som regel alltid en i makkerparet som har sambandet på til enhver tid, og den andre kan dermed ha i stillegruppe. Basert på kommentarer fra de ansatte under undersøkelsen skyldes dette at det ville vært mye støy om opptil 4 samband spiller av samme lyd når de kjører utrykning. Derfor vil eksponeringen være varierende mellom personer og mellom vakter. Av den grunn er mange stilt inn på voluminnstilling 0 i spørsmålsarkene, da de ansatte kan variere mellom seg hvilke voluminnstilling som er mest valgt, mens de som har den i stillegruppe alltid har 0.

Fra tabell 4.8 er lyttetiden er 1,91 timer i gjennomsnitt, men typetallet er 0,0. Rådataene gir en bedre forklaring på disse resultatene, da det ofte er "alt eller ingenting" med hensyn på bruk av øregarnityr. Mange ansatte bruker ikke øregarnityren, men gjennomsnittet øker som følge av at de som bruker øregarnityr ofte bruker den hele vaktens varighet. Gjennomsnittet for laveste voluminnstilling var 3,00 og 4,31 for høyeste. For mange ansatte var det lite bytte mellom voluminnstillingene ilt. en vakt. Dette kan også

skyldes at de ansatte ikke har meldt ifra om at de har skiftet volum underveis. Det ble forklart at volumet holdes lavt helt til det er noe som angår dem. Da skrues volumet opp for å høre det de har behov for å vite, før det skrues ned igjen for å kunne fokusere på jobb eller annen samtale. Fordelingen av ørepropper viser en klar overvekt av skift hvor den ansatte har hatt generisk ørepropp.

I tabell 4.9 er det 56 ansatte på ulike skift som har opplevd vakten som mindre støyende enn normalt. Videre har 132 ansatte på ulike skift opplevd støynivå som normalt, og 13 ansatte på ulike skift har opplevd støynivået som mer støyende enn normalt. Det vil derfor være ulikt opplevd støynivå mellom personer og vakter. Det kan derfor være andre forklaringer på opplevd støynivå, som f.eks. stressnivå under påvirkning av stress, eller om det er egenskaper ved lyden som har forårsaket at de ansatte opplever noen vakter som mer støyende enn andre vakter. Egenskaper ved lyden kan f.eks. være høyfrekvente lyder som oppfattes mer støyende enn lavfrekvente lyder.

## 5.5 Kunstig øre, dosimeter, audiometrier og spørsmål sett i sammenheng

Sett i sammenheng viser dosimetermålingene at omgivelsene er den mest bidragsytende støykilden. Dette skyldes, basert på spørsmålsarkene og samtaler med de ansatte, at sambandet brukes i liten grad i øret til enhver tid, og ofte på et lavere volum enn det som er målt. Av den grunn er det ikke lenger en høyttaler en kan styre effekt og volum på som er det viktigste støybidraget, men mennesker og miljøstøy. Dette har ikke blitt vurdert som støykilde i noen av de tidligere studiene i avsnitt 2.1. Ambulansesatte jobber i en vid rekke miljøer, også støyende miljøer som med skrikende pasienter, utesteder eller tunnel med trafikk.

Det er nærliggende å tenke at det må beregnes et gjennomsnitt for støyeksponering fra omgivelser og fra samband. Dette vurderes å ikke være nødvendig, men også feil tilnærming til problemstillingen om hvordan total støyeksponering skal måles. Når det ene øret okklueres hindres også store deler av omgivelsesstøyen fra å slippe inn til det okkluerte øret. Øret som er åpent vil derimot være eksponert for all støy fra omgivelsene, og dermed også en helt annen støy enn øret som bærer samband. Når audiometrier gjennomføres utføres det en på hvert øret, hvilket også tilsier at et hørseltap beregnes for hvert øre, og ikke den totale hørselverne som et gjennomsnitt.

Dette bør også gjenspeiles i vurderingen av resultatene fra både målingene gjort på samband og fra omgivelsene, nemlig at de gjøres hver for seg.

Det gjenspeiles også i studier presentert i kapittel 2. I studien gjennomført på tyske piloter og i studien gjennomført på tre ulike japanske industrier vises det at støyeksoneringen kan være ganske ulik mellom de ulike ørene dersom det ene benytter hode- eller øretelefon og det andre er eksponert for omgivelsene. I denne studien ble det funnet en statistisk signifikant temporært terskelskifte, samtidig som støynivåene ofte ikke var skadelige. De ansatte melder selv om å ikke benytte øretelefoner ofte, hvilket betyr at det temporære terskelskiftet er forårsaket hovedsaklig av omgivelsesstøyen. Denne vurderingen er kun mulig basert på de ansattes egenrapporterte data, hvilket understreker betydningen av en god forståelse for de ulike støykildene ilt en arbeidsdag.

For å forklare audiometriene er det behov for å heller se på andre støykilder enn øretelefonen tilknyttet sambandet. Basert på dosimetermålingene er heller ikke statistisk gjennomsnittsverdi for høy. Peak-verdiene tyder på at de ambulansesatte utsettes for høye lyder ofte, men at det ikke varer over lang tid slik at det påvirker gjennomsnittsmålingene. At det forekommer målinger over 85 dB er også et argument for at det vil forekomme peakverdier over 130 dB. Det vil igjen forklare hvorfor det forekommer et statistisk signifikant terskelskifte i de audiometriske undersøkelsene, og at det kan på sikt forårsake permanent hørselsskade for en mindre andel ansatte.

## 5.6 Begrensninger

I denne studien er diskusjonen basert på forholdene ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus. Vurderingen av mest bidragsytende støykilde er derfor også vurdert ut ifra de ansattes meldeskjema. Resultatene i kapittel 4 bør derfor vurderes annerledes dersom omstendighetene er annerledes ved andre ambulansestasjoner. Videre er det ikke gjort noe statistisk vurdering av dosimetermålingene. En kan derfor ikke si noe om statistisk signifikans ved måledataene.

## 5.7 Videre studier

Det har i denne studien blitt samlet inn mer data enn det har vært behov for for å besvare problemstillingen. Av den grunn er det ubrukte data og ubrukte muligheter som kan belyse andre forskningsspørsmål. Forslag til videre studier kan derfor være å sette disse dataene i en større sammenheng, der jobbaserte målinger gjennomføres med grunnlag i nedskrevet oppdragsvarighet og utdrag fra dosimetermålingene som er gjort. Videre kan det gjøres mer avanserte korrelasjonsanalyser på støydataene og audiometriresultatene. Støydataene kan korreleres opp mot antall oppdrag, samt at disse kan igjen korreleres sammen. Det kan óg undersøkes for korrelasjon på de ansattes opplevelse av støy under vekten og det reelle støynivået og audiometriresultatene.

En mer omfattende vurdering av støy fra samband bør også vurderes. Et alternativt studieoppsett er å stille inn volumet på sambandet til det volumet en ansatt bruker før den ansatte starter vekten, og på den måten måle det reelle støynivået fra samband under vakt, og fra omgivelsene. På den måten er de mer direkte sammenlignbare, og en audiometri vil kunne avdekke temporært terskelskifte på mer detaljert informasjon om støynivået den ansatte har vært eksponert for. Ved å i tillegg gjøre jobbaserte målinger vil resultatene for hvert oppdrag være direkte sammenlignbare. For å gjennomføre dette bør det velges en ambulansetasjon hvor bruken er mer fremtredende enn ved ambulansetasjon sentrum.

Denne studien har vist flere elementer som er verdt å undersøke videre. Blant annet bør betydningen av ørets impedans undersøkes for å kunne si noe om okkluring av øret skaper spenning i øregangen og endrer impedansen slik at lyd reflekteres lettere. Basert på teorien om akustisk impedans og okklusjonseffekten er det tegn til at også ørets akustiske impedans har en betydning for hvordan lydens egenskaper i øret.

## Kapittel 6

# Konklusjon

Studien tyder ikke på at ambulansesatte ved ambulansestasjon sentrum ved Oslo universitetssykehus utsettes for noe helseskadelig støyeksponering fra øretelefoner. Videre viser studien at de ansatte kan eksponeres for helseskadelige peak-verdier forårsaket av pasient eller omgivelser, men eksponeres ikke ofte for helseskadelige støyekvivalenter ila. en vakt. Audiometrier viste et temporært terskelskifte på høyre øre ved frekvensene 750 Hz, 2000 Hz og 6000 Hz på høyre øre, men terskelskiftet var ikke stort nok til å forårsake permanent nedsatt hørsel på sikt i henhold til STAMI sine vurderingskriterier.





## Tillegg A

# Wilcoxon tegntest

### Descriptive Statistics

Sample	N	Median
125	23	-2,5
250	23	-2,5
500	23	0,0
750	23	0,0
1000	23	0,0
1500	23	0,0
2000	23	0,0
3000	23	0,0
4000	23	2,5
6000	23	0,0
8000	23	0,0

### Test

Null hypothesis  $H_0: \eta = 0$   
 Alternative hypothesis  $H_1: \eta \neq 0$

Sample	N for Test	Wilcoxon	
		Statistic	P-Value
125	16	40,00	0,155
250	15	21,00	0,029
500	17	93,50	0,435
750	10	20,00	0,476
1000	11	30,00	0,824
1500	12	33,50	0,695
2000	15	60,00	1,000
3000	10	28,50	0,959
4000	15	75,50	0,394
6000	15	55,50	0,820
8000	14	69,00	0,315

(a) Beskrivelse av resultater fra Wilcoxon tegntest

(b) Testresultater fra Wilcoxon tegntest

Figur A.1: Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte etter vakt for venstre øre



## Descriptive Statistics

Sample	N	Median
125_1	23	0,0
250_1	23	-2,5
500_1	23	0,0
750_1	23	-2,5
1000_1	23	0,0
1500_1	23	0,0
2000_1	23	-2,5
3000_1	23	0,0
4000_1	23	0,0
6000_1	23	-2,5
8000_1	23	0,0

## Test

Null hypothesis  $H_0: \eta = 0$

Alternative hypothesis  $H_1: \eta \neq 0$

Wilcoxon			
Sample	N for Test	Statistic	P-Value
125_1	14	37,50	0,363
250_1	15	24,00	0,044
500_1	12	42,00	0,845
750_1	15	30,00	0,094
1000_1	13	42,00	0,834
1500_1	14	49,00	0,851
2000_1	16	42,00	0,187
3000_1	13	43,00	0,889
4000_1	13	49,00	0,834
6000_1	18	61,00	0,296
8000_1	18	80,00	0,828

(a) Beskrivelse av resultater fra Wilcoxon tegntest

(b) Testresultater fra Wilcoxon tegntest

Figur A.2: Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte etter vakt for høyre øre

## Descriptive Statistics

Sample	N	Median
125	23	-2,5
250	23	-2,5
500	23	0,0
750	23	0,0
1000	23	0,0
1500	23	0,0
2000	23	0,0
3000	23	0,0
4000	23	2,5
6000	23	0,0
8000	23	0,0

## Test

Null hypothesis  $H_0: \eta = -9$

Alternative hypothesis  $H_1: \eta < -9$

Wilcoxon			
Sample	N for Test	Statistic	P-Value
125	23	275,00	1,000
250	23	263,00	1,000
500	23	275,00	1,000
750	23	275,00	1,000
1000	23	276,00	1,000
1500	23	275,00	1,000
2000	23	276,00	1,000
3000	23	273,00	1,000
4000	23	270,00	1,000
6000	23	258,00	1,000
8000	23	276,00	1,000

(a) Beskrivelse av resultater fra Wilcoxon tegntest

(b) Testresultater fra Wilcoxon tegntest

Figur A.3: Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte mer enn 10 dB etter vakt for venstre øre

## Descriptive Statistics

Sample	N	Median
125_1	23	0,0
250_1	23	-2,5
500_1	23	0,0
750_1	23	-2,5
1000_1	23	0,0
1500_1	23	0,0
2000_1	23	-2,5
3000_1	23	0,0
4000_1	23	0,0
6000_1	23	-2,5
8000_1	23	0,0

## Test

Null hypothesis  $H_0: \eta = -9$

Alternative hypothesis  $H_1: \eta < -9$

Wilcoxon			
Sample	N for Test	Statistic	P-Value
125_1	23	276,00	1,000
250_1	23	266,00	1,000
500_1	23	276,00	1,000
750_1	23	266,00	1,000
1000_1	23	269,00	1,000
1500_1	23	275,00	1,000
2000_1	23	261,00	1,000
3000_1	23	275,00	1,000
4000_1	23	270,00	1,000
6000_1	23	238,00	0,999
8000_1	23	264,00	1,000

(a) Beskrivelse av resultater fra Wilcoxon tegntest

(b) Testresultater fra Wilcoxon tegntest

Figur A.4: Beskrivelse og testresultater fra Wilcoxon tegntest for temporært terskelskifte mer enn 10 dB etter vakt for høyre øre



# Bibliografi

- [1] Leo L. Beranek and Tim J. Mellow. Chapter 6 - electrodynamic loudspeakers. In Leo L. Beranek and Tim J. Mellow, editors, *Acoustics: Sound Fields and Transducers*, pages 241–288. Academic Press, 2012.
- [2] Jeffrey Janis, Rod Rohrich, and Karol Gutowski. Otoplasty. *Plastic and reconstructive surgery*, 115:60e–72e, 05 2005.
- [3] Aditi Karandikar. Modeling an ear canal's acoustics to optimize in-ear audio products, jul 2020.
- [4] OSHA Occupational Safety and Health Administration. Osha technical manual (otm) section iii: Chapter 5 appendix g. Technical report, United states department of labor, 2022.
- [5] Tomo Nakao, Masazumi Kakei, Ikuno Araki, Takao Tsutsui, Noriaki Satoh, Jinro Inoue, and Seichi Horie. Assessment of exposure to voices and noise via earphones in manufacturing industry workers in japan. *Journal of Occupational Health*, 56(4):285 – 291, 2014. Cited by: 5; All Open Access, Bronze Open Access, Green Open Access.
- [6] Nozomi Idota, Seichi Horie, Takao Tsutsui, and Jinro Inoue. Temporary threshold shifts at 1500 and 2000 hz induced by loud voice signals communicated through earphones in the pinball industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 54(7):842 – 849, 2010. Cited by: 9.
- [7] Arbeidstilsynet. Måling av støy og målerapporter. <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/stoy/maling-av-stoy-og-malerapporter/>, jun 2023.

- [8] Timothy G. Price and L. Jane Goldsmith. Changes in hearing acuity in ambulance personnel. *Prehospital Emergency Care*, 2(4):308–311, 1998.
- [9] Mads Christian Tofte Hansen, Jesper Hvass Schmidt, Anne C Brøchner, Jakob Kjersgaard Johansen, Stine Zwisler, and Søren Mikkelsen. Noise exposure during prehospital emergency physicians work on mobile emergency care units and helicopter emergency medical services. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 25(1):119, December 2017.
- [10] Jānis Indulis Dundurs and Inka Janna Janssen. Influence of noise in ambulance vehicles on emergency service personnel. In Daniela Siano and Alice Elizabeth González, editors, *Noise and Environment*, chapter 1. IntechOpen, Rijeka, 2020.
- [11] Flora Nassrallah, Christian Giguère, and Hilmi Dajani. Comparison of direct measurement methods for headset noise exposure in the workplace. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133:3594, 05 2013.
- [12] Standard Norge. Støy i arbeidsmiljø. <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/akustikk-og-stoy/arbeidsmiljo/>, aug 2022.
- [13] International Organization for Standardization. Acoustics - determination of sound immission from sound sources placed close to the ear - part 1: Technique using a microphone in a real ear (mire technique). Technical report, International Organization for Standardization, apr 2002.
- [14] International Organization for Standardization. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear — part 2: Technique using a manikin. Technical report, International Organization for Standardization, mar 2021.
- [15] Pål Brenno. Rapport etter audiometrier i ambulansetjenesten-pre250822. Intern rapport levert til Prehospitalklinikk OUS, aug 2022.
- [16] Britt Grüner. Bg søndre follo ambulanse, støy, innledende målinger av støy fra sambandet i ambulansebil, pre 211203. Intern rapport, aug 2022.

- [17] Caroline Abdala and Leslie Visser-Dumont. Distortion product otoacoustic emissions: A tool for hearing assessment and scientific study. *Volta Rev.*, 103(4):281–302, 2001.
- [18] Lovdata. Forskrift om krav til akuttmedisinske tjenester utenfor sykehus. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2005-03-18-252>, apr 2005.
- [19] Direktoratet for høyere utdanning og kompetanse. Ambulansearbeider. <https://utdanning.no/yrker/beskrivelse/ambulansearbeider>, feb 2022.
- [20] ambulanseavdelingen Oslo universitetssykehus. Start, gjennomføring og avslutning av vakt #9535. Intern prosedyre, 2023.
- [21] Nasjonal kompetansetjeneste for prehospital akuttmedisin (NAKOS). Norsk indeks for medisinsk nødhjelp. Technical Report 4, Helsedirektoratet, 2018. ISBN 978-82-691088-2-8.
- [22] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Hva er nødnett? <https://www.nodnett.no/om-nodnett/hva-er-nodnett/>, 2023.
- [23] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. *Nødnett i bruk*, 2022. ISBN: 978-82-7768-438-3 (PDF).
- [24] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Typegodkjenning. [https://www.nodnett.no/produkter\\_og\\_tjenester/driftstjenester/typegodkjenning/](https://www.nodnett.no/produkter_og_tjenester/driftstjenester/typegodkjenning/), 2023.
- [25] Claes Möller Stephen E. Widén, Sara Båsjö and Kim Kähäri. Headphone listening habits and hearing thresholds in swedish adolescents. *Noise & Health*, 88(19):125–132, 2017.
- [26] Andrzej B. Dobrucki, Maurycy J. Kin, and Bartłomiej Kruk. Preliminary study on the influence of headphones for listening music on hearing loss of young people. *Archives of Acoustics*, vol. 38(No 3):383–387, 2013.
- [27] Reinhard Müller and Joachim Schneider. Noise exposure and auditory thresholds of german airline pilots: a cross-sectional study. *BMJ Open*, 7(5), 2017.

- [28] Encyclopedia Britannica. electromechanical transducer, oct 2018.
- [29] Leo L. Beranek and Tim J. Mellow. Chapter 4 - acoustic components. In Leo L. Beranek and Tim J. Mellow, editors, *Acoustics: Sound Fields and Transducers*, pages 119–198. Academic Press, 2012.
- [30] Leif Gjerstad Finn Ø. Winther. Tale. <https://sml.snl.no/tale>, apr 2020.
- [31] Decibel Pro. How many decibels does a human speak normally. <https://decibelpro.app/blog/how-many-decibels-does-a-human-speak-normally/>, 2023.
- [32] Richard E. Berg. Sound - acoustic impedance, interference and filtration. Encyclopedia Britannica, may 2023.
- [33] The Editors of Encyclopedia Britannica. acoustic impedance, December 2017.
- [34] Magne Brekke. Akustisk impedans, apr 2022.
- [35] Susan Standring. *Grey's Anatomy*, chapter 42. Elsevier, forty-second edition, 2021.
- [36] Christiane Marques do Couto and Renata Mota Mamede Carvalho. The effect external and middle ears have in otoacoustic emissions. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 75(1):15–23, 2009.
- [37] Kévin Carillo, Olivier Doutres, and Franck Sgard. Theoretical investigation of the low frequency fundamental mechanism of the objective occlusion effect induced by bone-conducted stimulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(5):3476–3489, 05 2020.
- [38] Gitte Keidser, Rickard Katsch, Harvey Dillon, and Frances Grant. Relative loudness perception of low and high frequency sounds in the open and occluded ear. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(6):3351–3357, 2000.
- [39] Jamie C. Wikenheiser Anne M. Gilroy, Brian R. MacPherson. *Atlas of anatomy*, chapter 44. Thieme, fourth edition, 2020.
- [40] Britannica. Transmission of sound waves through the outer and middle ear, oct 2022.



- [41] Pedro Menezes, Aline Oliveira-Barreto, Leônidas Morais, Luciana Rocha, and Vivian Passos. Ressonância: um estudo da orelha externa [resonance: a study of the outer ear]. *Pró-fono : revista de atualização científica*, 16:333–40, 09 2004.
- [42] Arve Lie, Marit Skogstad, Tore Tynes, Håkon A. Johannessen, Karl-Christian Nordby, Ingrid Sivesind Mehlum, Line Arneberg, Bo Engdahl, and Kristian Tambs. Støy i arbeidslivet og helse. *STAMI*, 14(10), 2013.
- [43] Standard Norge. Måling av yrkesmessig eksponering av støy for arbeidstakere del 1: Forenklet metode. Technical report, Standard Norge, mar 2006.
- [44] International Organization for Standardization. Acoustics — determination of occupational noise exposure — engineering method. Technical report, International Organization for Standardization, apr 2009.
- [45] Flora Nassrallah, Nicolas N. Ellaham, Christian Giguère, and Hilmi R. Dajani. An indirect calculation method for estimating occupational sound exposure from communication headsets. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(2):749–760, 2019.
- [46] Christian Giguère, Alberto Behar, Hilmi Dajani, Tim Kelsall, and Stephen Keith. Direct and indirect methods for the measurement of occupational sound exposure from communication headsets. *Noise Control Engineering Journal*, 60:630–644, 11 2012.
- [47] Standard Norge. Lydforhold i bygninger — lydklasser for ulike bygningstyper. Technical report, Standard Norge, jun 2012.
- [48] Statistisk sentralbyrå. De 10 største byene og tettstedene i norge. <https://www.ssb.no/befolkning/folketall/artikler/de-storste-byene-og-tettstedene-i-norge>, mar 2023.
- [49] Minitab. How the anderson-darling statistic is used to assess the distribution fit, 2023.
- [50] Minitab. Normal probability plots and the "fat pencil test", 2023.
- [51] Minitab. Overview for box-cox transformation, 2023.
- [52] Minitab. Overview for johnson transformation, 2023.

