

Kandidatnummer: 10018 & 10022

The Hum - En scoping review om et mystisk auditivt fenomen

The Hum - A scoping review on the mysterious auditory anomaly

Bacheloroppgave i Audiologi

Veileder: Markus Drexl

Mai 2023

Kandidatnummer: 10018 & 10022

The Hum - En scoping review om et mystisk auditivt fenomen

The Hum - A scoping review on the mysterious
auditory anomaly

Bacheloroppgave i Audiologi
Veileder: Markus Drexler
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Vi vil med dette rette en stor takk til vår veileder, Markus Drexler, for enestående veiledning. Tusen takk for all din støtte og kunnskap som du har delt med oss gjennom hele prosessen. Og takk for at du har gjort oss kjent med begrepet «Erfolgserlebnis».

Sammendrag

Bakgrunn: «The Hum» er et begrep som beskriver et fenomen der et fåtall av mennesker rundt om i verden plages av en lavfrekvent lyd som majoriteten ikke hører. Dette fenomenet har i nyere tid fått oppmerksomhet i norske medier. Da «The Hum» handler om fornemmelse av lyd og plager knyttet til dette, kan dette være høyst aktuelt i det audiologiske miljøet.

Hensikt: Formålet med denne oppgaven er å kartlegge ulike teorier som kan bidra til å forklare årsaken bak «The Hum» fra et audiologisk perspektiv og gjennom dette undersøke hvorfor kun et fåtall mennesker er i stand til å høre en lavfrekvent lyd.

Metode: Denne oppgaven er gjennomført som en litteraturstudie, nærmere bestemt en scoping review. Det er benyttet et bredt utvalg av litteratur for å belyse den aktuelle problemstillingen.

Funn og diskusjon: Det er gjort rede for teorier og ulike mekanismer som kan være involvert i fornemmelsen av lavfrekvent lyd. De akustiske egenskapene til lavfrekvent lyd gjør det mulig at fornemmelsen oppstår som følge av ekstern lyd. Eksisterende forskning viser at det finnes en spredning i høretersklene hos ulike individer. I tillegg finnes det individer med forhøyet sensitivitet uten en åpenbar årsak. Forskning viser at tinnitus også kan forekomme i de lavere frekvenser og nevnes i flere studier som en mulig årsak til persepsjonen av «The Hum».

Konklusjon: Den mest sannsynlige forklaringen av «The Hum» er en kombinasjon av individer med forhøyet sensitivitet som oppfatter ekstern lyd, og en annen gruppe som eksternaliserer en lavfrekvent tinnitus.

Abstract

Background: «The Hum» is a term describing a phenomenon where a small number of people around the world are bothered by a low frequency sound that the majority do not hear. This phenomenon has recently received attention in the Norwegian media. As "The Hum" relates to the sensation of sound and noise complaints, it may be highly relevant in the audiological community.

Objectives: The purpose of this thesis is to survey different theories that can help explain the reason behind «The Hum» from an audiological perspective and through this investigate why only a few people are able to hear a low frequency sound.

Methods: This thesis is conducted as a literature review, more specifically a scoping review. A wide range of literature has been used to shed light on the problem at hand.

Findings and discussions: Theories and different mechanisms that may be involved in the perception of low frequency sound have been presented. The acoustic properties of low frequency sound make it possible that the sensation arises as a result of external sound. Existing research shows that there is a variation in the hearing thresholds of different individuals. In addition, there are individuals with elevated sensitivity without an obvious cause. Research shows that tinnitus also can occur in the lower frequencies and is mentioned in several studies as a possible cause of the perception of «The Hum».

Conclusion: The most likely explanation of «The Hum» is a combination of individuals with elevated sensitivity perceiving external sound and another group externalizing a low frequency tinnitus.

Innhold

1.	Introduksjon	1
1.1	Lydoppfattelse og lavfrekvent lyd	2
1.2	Ørets naturlige filter	3
1.3	Hypersensitivitet.....	4
1.4	Tinnitus	4
1.5	Spontane Otoakustiske Emisjoner (SOAE).....	4
2.	Problemstilling.....	6
3.	Metode	7
4.	Hoveddel.....	10
4.1	«The Hum»-fenomenet	10
4.2	Geografi	10
4.3	Oslofjord Hum	11
4.4	Lavfrekvent lyd	12
4.5	Infralyd.....	15
4.6	Lydforplantning og attenuering	16
4.7	Støymåling og vekting	18
4.8	Ørets struktur og anatomi	18
4.9	Ørets naturlige filter og attenuering.....	20
4.9.1	Ørebenskjeden	20
4.9.2	Helicotrema	21
4.9.3	Indre Hårceller	21
4.10	Sensitivitet og høreterskler i lavfrekvensen	22
4.11	Tinnitus	24
4.12	Spontane otoakustiske emisjoner (SOAE)	25
5.	Diskusjon	27
5.1	Ekstern lyd	27
5.2	Intern lyd	28
5.3	Pasientgruppen.....	29
6.	Konklusjon	31
7.	Veien videre.....	32
	Referanser	33

1. Introduksjon

Hverdagen kan være preget av mye støy, enten det er i form av trafikkstøy, byggearbeid, naboer eller annen uønsket lyd. En spesiell type støy fått navnet «The Hum» basert på sin karakteristiske lyd. «The Hum» er et begrep som brukes til å beskrive en mystisk lyd som en liten andel av befolkningen rundt om i verden hører. Det er rapportert fra mange hjørner av verden og har ikke alltid en klar årsak eller en logisk forklaring. Av de berørte beskrives «The Hum» som en lavfrekvent brumming/during som kan ligne lyden av en dieselmotor på tomgang (Årdal, 2022; Leventhall et al., 2003). Fenomenet har eksistert over lang tid med rapporteringer fra Storbritannia tidlig 1970-tallet og fra USA tidlig 1990-tallet (Deming, 2004). I nyere tid har rapporteringer fra blant annet Taos i USA, Windsor i Canada, Frankfurt i Tyskland og Auckland i New Zealand gitt liv til mysteriet (Canada, 2014; Deming, 2004; Mullins & Kelly, 1995). Fenomenet har også nylig blitt rapportert her hjemme i vårt eget land, spesielt knyttet til Oslofjorden, og har fått medvind gjennom en nyhetssak dekket av blant andre NRK høsten 2022 (Årdal, 2022).

I noen få tilfeller har en lydkilde blitt identifisert som årsaken bak «The Hum», som for eksempel i tilfellet med «The Windsor Hum», mens det i mange andre forblir et uopplært mysterium. Et spennende faktum er at selv med en oppklaring, er det kun et fåtall som oppfatter den aktuelle lyden. Fenomenet har gjennom populærkultur som TV-seriene X-Files (Manners, 1995) og American Dad (O'Day, 2022), en spillefilm fra 2015 med tittelen «The Hum» (The Hum (2015) - IMDb, n.d.) og vandrehistorier funnet veien ut til et publikum som ofte drar det i en konspiratorisk retning og ikke nødvendigvis føler at det finnes en audiologisk, medisinsk, eller i det hele tatt rasjonell forklaring på det de opplever.

Spennende som det er med elektromagnetiske felt, underjordiske sivilisasjoner, topphemmelige eksperimenter eller moder jords søte hviskende ord til de som skulle være åpne for de, er tanken forhåpentligvis å finne mer sannsynlige forklaringer på hva som foregår, med mistanke om at det er mennesker med et oppriktig problem i

kjernen som vil ha nytte av å bli tatt på alvor i møte med helsevesenet og samfunnet forøvrig.

Et interessant spørsmål som oppstår er; hvorfor er det kun en liten andel av befolkningen som faktisk er i stand til å høre denne lavfrekvente lyden. Det finnes per i dag tre teorier som kan bidra til årsaksforklaring. Disse teoriene bygger på at årsakene kan ha en sammenheng med:

- Hypersensitivitet (H. Møller & Pedersen, 2004; Walford, 1983)
- Lavfrekvent tinnitus (Pedersen et al., 2008; Walford, 1983)
- Spontane otoakustiske emisjoner (SOAE) (Frosch, 2013)

1.1 Lydoppfattelse og lavfrekvent lyd

Frekvensområdet der et normalthørende menneske er i stand til å oppfatte lyd defineres ofte til å være mellom 20 og 20 000 Hz (H. Møller & Pedersen, 2004). Denne frekvensrekkevidden ser ut til å være basert på øvre og nedre grense fra de målingene som ble gjort for "Equal Loudness Contours" (ELC), kurvene som i audiologien benyttes for å finne se hvor høy lydstyrke frekvenser behøver for å oppfattes like i intensitet (International Standard Organization, 2003). Mens det er det greit å ha øvre og nedre grenser å forholde seg til, er det rent praktisk mulig å måle høreterskler både over og under dette spennet på 20 til 20 000 Hz. Dette vises blant annet av Yeowart & Bryan (1967) i deres eksperimenter på 60 tallet, hvor de måler terskler ned til 1.5 Hz. I en klinisk hverdag vil en audiograf sjeldent bevege seg nedenfor 250 Hz, og hva som foregår under 125 Hz vil nærmest være terra incognita for de fleste. For plager knyttet til lavfrekvente lyder vil nettopp dette området under 125 Hz være nødvendig å se nærmere på.

Definisjonen av lavfrekvens varierer noe ut ifra sammenheng og andre faktorer. I audiologisk sammenheng, når det er snakk om et lavfrekvent hørselstap, tilsvarer lavfrekvens området under 500 Hz. I akustikk tilsvarer lavfrekvensen vanligvis et område fra 200 Hz og nedover (Leventhall et al., 2003; Shera, 2022). Hørselen er mest sensitivt i området rundt 200 til 10 000 Hz og det meste av forskning som angår

hørsel er naturligvis gjort knyttet til dette frekvensområdet (H. Møller & Pedersen, 2004). For området under 20 Hz benyttes betegnelsen infralyd. Prefikset «infra» betyr under eller nedenfor og det hintes med dette at infralyd er en lyd som er i et frekvensområde utenfor menneskets oppfattelse, noe som ikke er helt sant. Det stemmer derimot at hørselssystemet er mye mindre sensitivt til lavfrekvent lyd enn lyd innenfor det «hørbare» frekvensspekteret (Salt & Hullar, 2010).

Lavfrekvent lyd oppfører seg noe annerledes enn høyere frekvenser. Som følge av at lavfrekvent lyd er langbølget, har det den egenskapen at det kan bevege seg over større avstander uten særlig tap av energi og påvirkes i langt mindre grad av geometrisk- og atmosfærisk attenuering (Berglund et al., 1996; Silva et al., 2021). I møte med hindringer har det også evnen til å bøye seg rundt fremfor å reflekteres, noe høyfrekvente lydbølger er mer utsatt for (Everest & Pohlmann, 2015, kap 7). Dette gjenspeiles i flere hverdagslige situasjoner, eksempelvis ved at man ofte hører bass et stykke unna et konsertlokale eller en nattklubb.

1.2 Ørets naturlige filter

Mennesker oppfatter også lavfrekvent lyd på en litt annen måte enn de høyere frekvensene i spekteret. Samtidig som øret er bygget for å gi mennesket best mulig hørsel på de mest relevante frekvensene, har det også mekanismer for å filtrere ut lyd på frekvenser som er mindre relevante, som i det daglige for eksempel hjelper med å filtrere ut kroppens interne støy. Det er i hovedsak tre mekanismer som står for utfiltreringen av lavfrekvent lyd. Disse mekanismene består av ørebenskjeden, som under 1000 Hz attenuerer lydsignalet med 6 dB per oktav, helicotrema, som gjennom shunting av differensialtrykket mellom scala vestibuli (SV) og scala tympani (ST), attenuerer frekvenser under 100 Hz med 6 dB per oktav, og de indre hårcellene som attenuerer frekvenser under ca 470 Hz også med 6 dB per oktav (Salt & Hullar, 2010). Til sammen står disse mekanismene for en attenuering tilsvarende 18 dB per oktav for frekvenser under 100 Hz.

Kilder til infra- og lavfrekvent lyd finnes både i naturlige og menneskeskaptede former. Turbulens, havbølger og seismisk aktivitet kan alle produsere lyd og støy i de laveste frekvensene fra naturens side, mens menneskeskaptede kilder som maskineri, bakke- og flytrafikk eller kraftige høyttalere også kan bidra (Berglund et al., 1996). I de siste tiårene har spesielt utbyggingen av vindmølleparker i forbindelse med økt bruk av fornybar energi blitt et populært tema i det offentlige øyet, eller kanskje snarere det offentlige øret (Carlile et al., 2018).

1.3 Hypersensitivitet

Når man snakker om hypersensitivitet innenfor audiologien vil det være naturlig å tenke på diagnosen hyperacusis, som innebærer en forhøyet sensitivitet for lyder, hvor det selv svake lyder kan oppleves som uutholdelig kraftige for lytteren (Baguley, 2013). Hypersensitivitet innenfor rammene til denne oppgaven vil derimot heller være en betegnelse for en teoretisk tilstand hvor et menneske hører lavfrekvente lyder ved unormalt lave høreterskler, eller eventuelt ikke er i stand til å filtrere ut de laveste frekvensene til den grad det normalt er forventet.

1.4 Tinnitus

Tinnitus er et velkjent fenomen, men for allmennheten er den stereotypisk kjent som en ringende lyd i ørene. For allmennheten er det den relativt høyfrekvente lyden du våkner med i ørene etter en konsert som minner om de dårlige valgene man gjorde aftenen i forveien, og i stor grad er det en viss riktighet i at det er de øvre frekvensene som representeres mest ved denne plagen (Han et al., 2009). Som Walford (1983) viser i sin studie finnes tinnitus over hele frekvensspekteret, også ved de lavere frekvensene.

1.5 Spontane Otoakustiske Emisjoner (SOAE)

SOAE er en annen mulig forklaring på persepsjonen av lavfrekvent lyd uten en tilsynelatende klar kilde. Otoakustiske emisjoner (OAE) er lyder som oppstår i cochlea enten spontant eller fremkalles ved hjelp av stimuli. Mest kjent innenfor audiologien i Norge er kanskje bruken av transiente otoakustiske emisjoner i

forbindelse med screening av nyfødtes hørsel. Innenfor denne oppgavens rammer vil det derimot være SOAE som er av interesse. SOAE er til stede i et normalt øre og filtreres bort av hjernen slik at de ikke er hørbare, men det finnes tilfeller der mennesker er i stand til å oppfatte sine egne emisjoner (Long, 1998; Penner, 1989).

Fokuset i de kommende delene av oppgaven vil hovedsakelig være på de tre mulighetene. Det vil presenteres teori rundt disse, samt mekanismer knyttet til lyd i lavfrekvens, oppfatningen av denne samt muligheten for internt generert støy av objektiv eller subjektiv art.

2. Problemstilling

Med denne oppgaven er det ønskelig å undersøke om «The Hum» kan forklares ved hjelp av audiologi, enten om det er i form av persepsjon av lyd fra en ekstern lydkilde, eller om det er interne lyder som er bakgrunn for fenomenet. Det som uansett er interessant er at det tilsynelatende er omtrent 2% av befolkningen som har denne fornemmelsen. Hva er det som gjør at en person i en husholdning opplever å høre en lyd, mens andre i samme husholdning er intetanende. Problemstillingen for denne oppgaven lyder dermed:

- *Hvorfor er det kun et fåtall mennesker som fornemmer en lavfrekvent lyd, også kjent som «The Hum»?*

Bak en fasade av konspirasjonsteorier og slurvete nyhetsartikler er det ingen tvil om at finnes ekte mennesker med en oppriktig plage som påvirker deres livssituasjon i negativ forstand. Spørreundersøkelser i Danmark viser til at mennesker utsatt for lavfrekvent støy opplever det som en «pine» (H. Møller & Lydolf, 2002). Temaet er likevel relativt lite kjent blant audiografer, og sammen med en potensiell pasientgruppe som har mistillit overfor helsevesenet kan det være verdt å spørre seg om det er mulig at dette er en form for problematikk som faller innenfor det audiologiske fagfeltet (Leventhall, 2009; Walford, 1983). Nå som fenomenet tilsynelatende har nådd norske fjorder (Årdal, 2022) er «The Hum» også av langt høyere relevans for både det kliniske og akademiske miljøet i Norge.

Når «The Hum» diskuteres i denne oppgaven er det med en tanke om at det er et fenomen utløst enten av støy i menneskers nærmiljø av relativt lavfrekvent art, eller en tilstand som tinnitus eller hørbare SOAE. Det erkjennes likevel at flere mulige forklaringer har blitt luftet både i media og i fagfelleverderte tidsskrifter.

3. Metode

Aveyard (2014) definerer en litteraturstudie som en omfattende studie med mål om å analysere og tolke litteratur knyttet til et bestemt tema for å belyse en valgt problemstilling (Aveyard, 2014). Det er flere grunner til at en litteraturstudie kan være nyttig og verdifull. Det vil blant annet kunne tilby ny innsikt og kunnskap gjennom sammenligning av likheter og ulikheter på tvers av ulike studier, noe som ikke ville vært mulig ved gjennomgang av enkeltstudier. I tillegg kan litteraturstudier være uvurderlig for yrkesutøvende helsepersonell som har en plikt til å holde seg oppdatert på ny forskning i eget felt, men som ikke nødvendigvis har tid eller anledning til å gjennomgå all tilgjengelig forskning (Aveyard, 2014).

Det finnes flere underkategorier av litteraturstudier. En av disse er scoping review. En scoping review, som er en relativt ny forskningsmetode, har per i dag ingen universell definisjon, men har som formål å kartlegge en større mengde av tilgjengelig data på et bredt område (Levac et al., 2010; Pham et al., 2014). En scoping review inkluderer ofte et større omfang av litteratur, inkludert såkalt «grå litteratur». Grå litteratur er publikasjoner utenfor formelle kanaler som vurderes for å belyse problemstillingen fra et bredt perspektiv (Pham et al., 2014).

I denne oppgaven benyttes scoping review som fremgangsmåte av flere årsaker. En scoping review undersøker temaet i bredden og tillater at problemstillingen er av en mer åpen art, noe som er blitt godt utnyttet i denne oppgaven. Et bredt utvalg av litteratur har også blitt godt benyttet gjennom hele oppgaven da det har vært nødvendig å trekke inn flere ulike undertemaer og fagfelt for å belyse det som kan være årsaksforklaringer for fenomenet kjent som «The Hum».

Arksey & O'Malley (2005) trekker frem fem nødvendige steg for å gjennomføre en scoping review;

1. *Identifisering av problemstilling.*
2. *Identifisering og innsamling av relevant forskning.*
3. *Utvalg av litteratur.*
4. *Kartlegging av litteratur.*
5. *Oppsummering av litteratur og rapportering av resultater.*

Identifisering av problemstillingen er allerede lagt frem i denne oppgaven. Ifølge Aveyard (2014) bør belysning av problemstillingen føre til en bedre forståelse av fagområdet og forbedre interaksjonen med pasienter eller klienter (Aveyard, 2014). Problemstillingen som er formulert i forbindelse med denne oppgaven er gjort med dette i betraktning for å skape en større forståelse for tematikken og dermed være til hjelp for den aktuelle pasientgruppen.

Innsamling av litteratur ble primært gjort gjennom søkemotorene Oria, PubMed og Google Scholar. Den initielt etablerte søkestrategien baserte seg på inklusjonskriteriet om at litteraturen skulle inkludere «The Hum»-fenomenet og være en fagfelleurdert publikasjon. Søkeordet «The Hum» avgrenset til fagfelleurderte tidsskrift resulterte i 265 399 treff i Oria og det ble raskt etablert at majoriteten av treffene var irrelevante og ofte tilhørte fagfeltene for zoologi og seismologi. Søkefrasen ble deretter utvidet til å også inkludere ord som «Sound», «Low Frequency» og «Noise», noe som resulterte i 121 treff, hvorav fire artikler ble inkludert etter screening av innhold.

Videre innsamling av litteratur ble utført ved bruk av den såkalte «snøballmetoden» som innebærer at referanselisten til allerede inkludert litteratur ble benyttet til å opparbeide et større bibliotek (Pham et al., 2014). I screeningprosessen ble det også dannet kjennskap til individuelle forfattere med vesentlige bidrag innen sine respektive felt, og ved videre søk ble deres navn benyttet for å supplere på litteraturlisten.

Det er per i dag ingen etablert konsensus om årsaken bak «The Hum»-fenomenet. På grunnlag av dette var det også nødvendig å inkludere diverse nyhetsartikler og annen «grå litteratur» for å illustrere selve fenomenet og dets utstrekning. Det ble etter beste evne utøvd forsiktighet og nøytralitet i valget av grå litteratur med det formål at kildene burde være så nøytrale som mulig for å unngå bias.

For å sikre kvalitet og validitet av inkludert litteratur ble det primært fokusert på å inkludere fagfelleverderte publikasjoner fra de siste 10 årene. Det ble imidlertid nødvendig å inkludere litteratur eldre enn dette da det tilsynelatende ikke finnes et stort volum av forskning relatert til problemstillingen.

Til oppsummering har dette ledet til en scoping review som kombinerer litteratur omkring «The Hum» med fagfelleverdert forskning relatert til det som kan være årsaksforklaringer til fenomenet fra et audiologisk perspektiv. Som litteraturstudie legges selvsagt de innsamlede materialene til grunn for både kommende hoveddel og diskusjon.

4. Hoveddel

4.1 «The Hum»-fenomenet

Det finnes liten tvil om at det er en reell gruppe med mennesker som blir plaget i hverdagen av enten eksterne lavfrekvente lydkilder, eller av en persepsjon av fantomlyder i dette frekvensområdet som følge av for eksempel tinnitus. Et fascinerende aspekt ved «The Hum» er det noe konspiratoriske preget, og hvordan det nærmest har utviklet seg en egen liten kultur omkring fenomenet. Gjennom media og underholdning har «The Hum» gradvis blitt mer kjent, både på godt og vondt. Mens man skulle tro at økt oppmerksomhet rundt støyplager skulle være en positiv ting, medfører det i realiteten også at en stor mengde feilinformasjon og i verste fall fantasier slår rot blant publikum (Leventhall et al., 2003). For den som ikke er kjent med fenomenet kan det oppsummeres til å være lavfrekvent støy som relativt få legger merke til. Det blir ofte anslått at omkring to prosent av befolkningen er i stand til å legge merke til lyden (Frosch, 2016), men dette tallet kan virke noe usikkert da det tilsynelatende stammer fra upubliserte studier (Deming, 2004). Går man det etter i sømmene ser det imidlertid ut til at denne andelen stammer fra spørreundersøkelser utført blant bosatte i småbyen Taos i USA, en by som også er blant de mer kjente tilfellene for fenomenet (Mullins & Kelly, 1995).

4.2 Geografi

Mens det finnes spor av rapporterte tilfeller av «The Hum», eller mennesker som blir plaget av lavfrekvent støy helt tilbake til 1950-tallet, ser det ut til at det er først 20 år senere, mot 1970-årene, at fenomenet begynner å få mer allmenn oppmerksomhet og blir blant annet plukket opp av britiske tabloider (Deming, 2004). Spesielt Storbritannia ser ut til å være utsatt for tilfeller, og blant annet har Bristol en lang historie med sitt tilfelle av «The Hum» som først ble rapportert på 1960-tallet (BBC, 2016). Også Leeds har rapporterte tilfeller av fenomenet (BBC, 2022), i tillegg til Largs på den skotske vestkysten som har fått dekning i mediene (Deming, 2004). I Nord Amerika finner man også flere kjente tilfeller, blant annet i allerede nevnte Taos, i tillegg til Kokomo, Indiana og Windsor, Canada (Deming, 2004).

Windsor, Canada er av særlig interesse da problemet tilsynelatende ble løst i begynnelsen av koronapandemien. Et nærliggende smelteverk på Zug Island på den amerikanske siden av grensen avsluttet sin industrielle aktivitet noe som resulterte i at støyklagene i området avtok (NPR, 2020). Det er også verdt å nevne at kanadiske myndigheter i 2014 gjennomførte støymålinger i dette området og det ble funnet aktivitet i frekvensområdet rundt 35 Hz. Kilden til støyen ble imidlertid ikke identifisert på dette tidspunktet, trolig grunnet utfordringer knyttet til lokalisering av lavfrekvent lyd, samt byråkratiske utfordringer i forbindelse med landegrenser (Canada, 2014).

4.3 Oslofjord Hum

Høsten 2022 ble en håndfull artikler publisert i norske medier. Deriblant et intervju, utført av NRK, med en kvinne som blir plaget av en uidentifisert lavfrekvent lyd som blir omtalt som «Oslofjord Hum» (Årdal, 2022). Den samme kvinnen står også bak en gruppe organisert via Facebook som samler mennesker med lignende opplevelse av en uidentifisert støy eller rumling. Per dags dato (Mai, 2023) har gruppen omtrent 2000 medlemmer. Det kan antas at dette antallet ikke representerer den fullstendige populasjonen av de som hører den lavfrekvente lyden.

Noen utvalgte sitater fra medlemmer av Facebook gruppen «Oslofjord Hum» lyder:

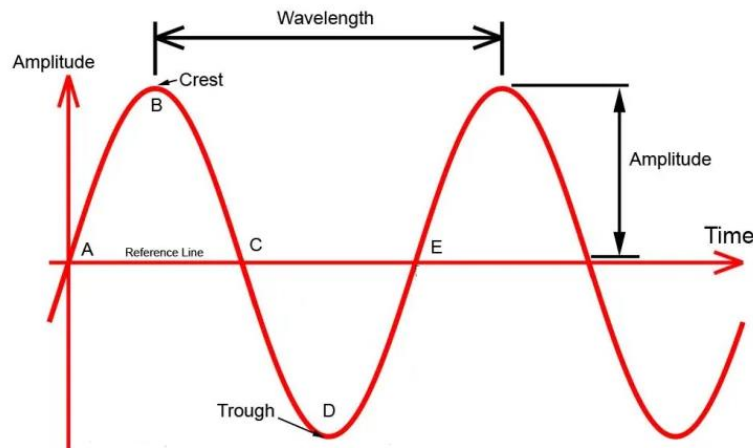
“Det er som en motor som går og går i bakgrunnen. Høyest lyd på kveldene og øker ofte også på natten.”

“Sønnen min hørte brummelyden i kveld. Han sa det høstes ut som en anleggsmaskin som står og går.”

“Jeg har hørt en lyd akkurat som en lastebil med motoren på, en slags jevn dur. Jeg har sjekket, men aldri merket noe som kan generere denne lyden i nærheten. Jeg hører den til alle døgnets tider, men jeg tror ikke at den er der hele tiden.”

4.4 Lavfrekvent lyd

Kort fortalt oppstår lyd når en lydkilde vibrerer. Vibrasjonene setter i gang en oscillerende bevegelse i molekylene i det mediet lyden forplanter seg i, for eksempel luft, og danner med dette trykkbølger, eller lydbølger (Everest & Pohlmann, 2015, kap. 1). Lydbølgen til en enkel rentone kan illustreres ved hjelp av en sinusbølge som vist i Figur 1.



Figur 1 – Sinusbølge ("Sine Wave," 2021)

Figur 1 illustrerer en sinuskurve, som karakteriseres av bølgelengde λ og amplitude A . Bølgelengden λ beskriver avstanden mellom to punkter på kurven der bølgen er i samme fase, altså distansen for en bølgesyklus, mens amplitude sier noe om intensiteten. Frekvensen til en rentone er et mål på antallet sykluser en bølge gjennomgår per sekund og måles i Hertz (Hz). Forholdet mellom bølgelengde, frekvens og lydets hastighet kan uttrykkes ved hjelp av Ligning 1.

$$1: \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

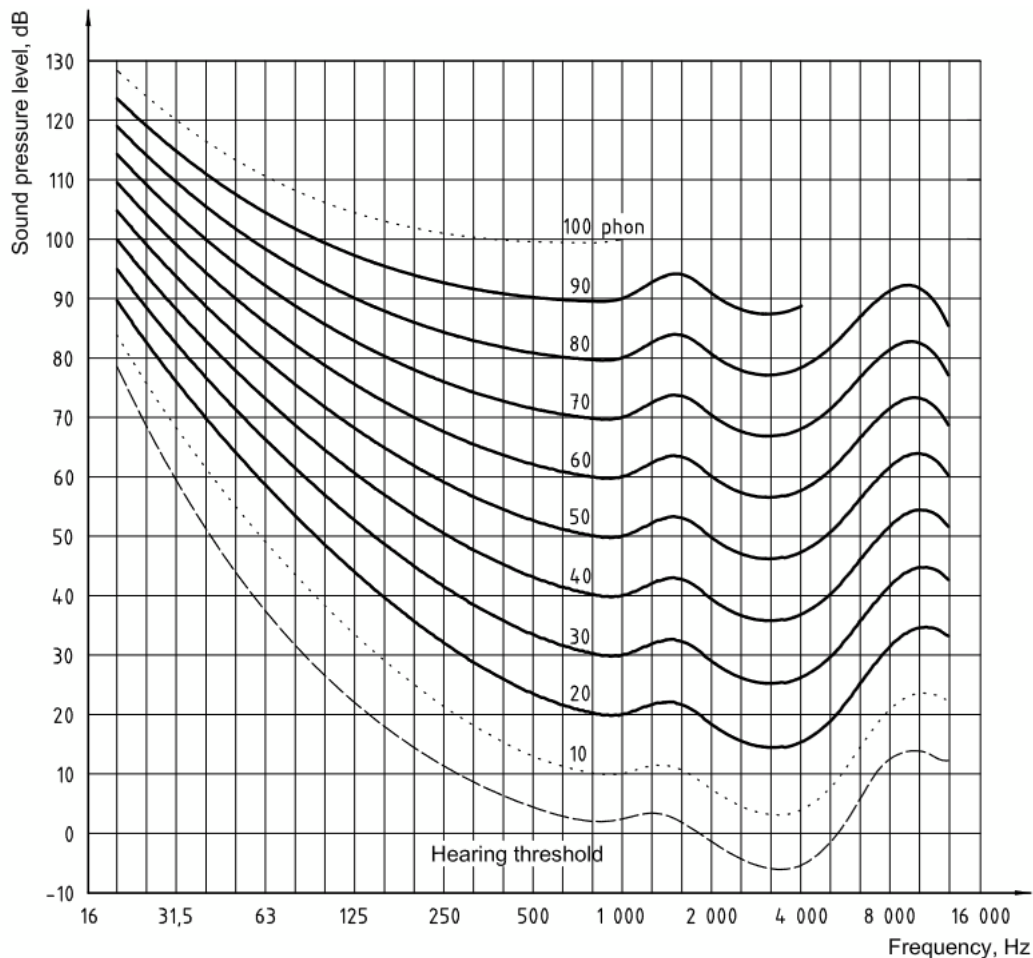
λ er bølgelengde, c er hastigheten til lyd i et gitt medium og f representerer frekvens. Frekvens og bølgelengde er omvendt proporsjonale, slik at høyere frekvens fører til lavere bølgelengde og omvendt. Lydens hastighet varierer med flere faktorer som

temperatur, trykk, luftfuktighet samt hvilket medium det forplanter seg i (Kapoor et al., 2018). Hastigheten til lyd tilsvarer omtrent 344 m/s i luft ved 20°C. Tabell 1 viser en liten oversikt over bølgelengder ved ulike frekvenser.

Tabell 1 - Oversikt over bølgelengder ved ulike frekvenser

Frekvens (Hz)	1	10	50	100	150	200
Bølgelengde λ (m)	344	34,4	6,9	3,4	2,3	1,7

Som nevnt innledningsvis anses hørbart område tradisjonelt å være mellom 20 og 20 000 Hz for et normalt hørende menneske og den øvre grensen reduseres med alderen (Berglund et al., 1996). Frekvensområdet over 20 000 Hz omtales som ultralyd og området under 20 Hz som infralyd. Begrepene ultra og infra oversettes til henholdsvis over og under fra latin med en antydning om at det er utenfor hørbart område, noe som i virkeligheten ikke er helt presist. Leventhall (2007) påpeker at både øvre og nedre grense har blitt hentet fra målingene som danner er grunnlag for utviklingen av Equal Loudness Contours (ELC), og fungerer mer som en akademisk og juridisk standard enn en absolutt grense som naturen overholder (Leventhall, 2007). ELC illustreres i Figur 2.



Figur 2 - Equal Loudness Contours (International Standard Organization, 2003)

ELC er et forsøk på å vise hvordan lydtrykket vil variere fra frekvens til frekvens for å oppnå en konstant opplevd lydstyrke. Tar man utgangspunkt i Figur 2 og en tone på 40 dB SPL ved 1000 Hz vil man ved å følge tilsvarende 40 phon kurven kunne se at man ved en lavere frekvens som 125 Hz behøver å øke lydtrykket til nærmere 60 dB SPL for at en lytter skal oppleve at de to tonene er like i styrke.

Ved å se på Figur 2 og ELC kurvene kan man se at ved lavere frekvenser blir det dynamiske området raskt komprimert i forhold til det man kan se ved for eksempel 1000 Hz. I praksis betyr dette at en økning i dB SPL oppleves langt kraftigere ved de laveste frekvensene. Yeowart & Bryan (1967) observerer at under 4 Hz vil en økning på 1 dB SPL være tilstrekkelig til å ta en lyd fra ikke hørbar til klart hørbar (Yeowart & Bryan, 1967).

Definisjonen av lavfrekvens vil variere avhengig av hvilket felt eller yrke man befinner seg i, og for eksempel 250 Hz har blitt benyttet som øvre grense for lavfrekvens i tidligere artikler omgående lavfrekvens (Berglund et al., 1996). Men med audiologi som utgangspunkt vil «lavfrekvens» heretter referere til frekvenser under 125 Hz, med rasjonalen i at dette er den laveste frekvensen en audiograf vil forholde seg til i klinisk sammenheng.

4.5 Infralyd

Infralyd er per definisjon lyd under 16 eller 20 Hz og blir populært forestilt som lyd man ikke hører fordi den er «under» det hørbare frekvensspekteret (Leventhall, 2007). I realiteten er det ikke helt slik øret fungerer og målinger av høreterskler har blitt utført ned til 1.5 Hz. Det som imidlertid er klart er at for å oppnå en opplevelse av at noe blir hørt ved slike frekvenser er det nødvendig med relativt høye lydtrykk, og Yeowart & Bryan (1967) benytter gjennomsnittlig 132.3 dB SPL ved 1.5 Hz for å oppnå en respons i sine forsøk (Yeowart & Bryan, 1967). I nyere tid har målinger gjort med innstikkstelefoner blitt gjort ned til 2.5 Hz (Kuehler et al., 2015). I denne oppgaven er det hensiktsmessig å beholde den nyere aksepterte definisjonen av infralyd som lyd under 16 Hz (International Standard Organization, 2003) med forbehold om at dette ikke kan anses som mer enn en relativt allmenn betegnelse på å samlet beskrive de aller laveste frekvensene.

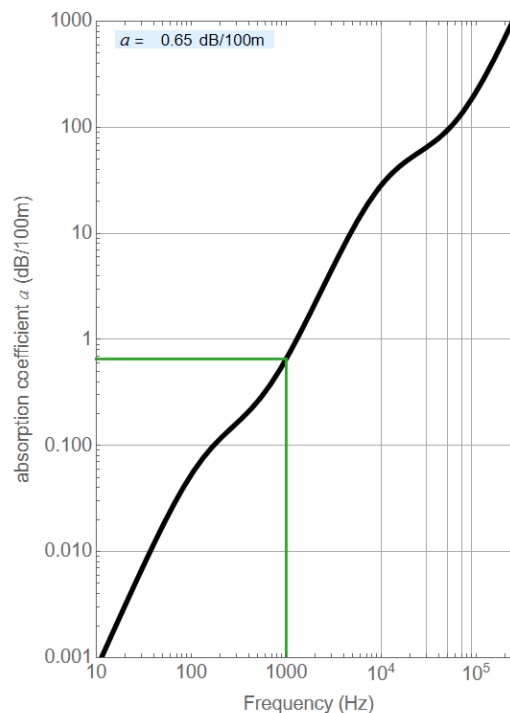
En mer reell endring i dette området av frekvensspekteret vil muligens være i hvordan man oppfatter lyd, og i den samme artikkelen fra Yeowart & Bryan (1967) er det gjort observasjoner av hvordan testpersonene beskriver deres oppfattelse av lyd i frekvensområdet under 20 Hz:

- *Frekvenser over 20 Hz: "Glatte"/"Tonale"*
- *Frekvenser 5 - 15 Hz: "Røffe"/"Poppende"*
- *Frekvenser under 5 Hz: "Tøffende"/"Susende"*

4.6 Lydforplantning og attenuering

Lavfrekvent lyd oppfører seg annerledes enn lyd med høyere frekvens. Det har blant annet evnen til å bevege seg over større avstander og attenueres i mye mindre grad i møte med hindringer som vegger og vinduer (Silva et al., 2021). Attenuering sikter til reduksjon i intensitet fra en lydkilde til en mottaker og oppstår i hovedsak som følge av spredning eller absorpsjon (Kapoor et al., 2018).

Attenuering foregår i flere former, men de mest sentrale faktorene er atmosfærisk og geometrisk attenuering. Atmosfærisk attenuering omhandler luftens evne til å absorbere lydenergien når lyd reiser gjennom luft. Over lengre distanser går lydenergien tapt som følge av ulike prosesser som oppstår i forbindelse med lydbølgenes interaksjon med luft. Atmosfærisk attenuering er særlig prevalent for høyfrekvente lyder og påvirker lavfrekvensen i liten grad. Absorpsjonskoeffisienten α er, som lydets hastighet, blant annet avhengig av temperatur og luftfuktighet, men også frekvens (Kapoor et al., 2018). Figur 3 illustrerer absorpsjonskoeffisient α i luft ved omgivelsestemperatur på 20°C, 20% luftfuktighet og ved 1 atmosfærisk trykk (atm) over ulike frekvenser.



Figur 3 - Absorpsjonskoeffisient α som funksjon av frekvens (Modifisert fra: Russell, 2016)

Slik som det fremkommer av Figur 3 er absorpsjonskoeffisienten svært lav for de lave frekvensene og den atmosfæriske attenueringen opptrer nærmest som et lavpassfilter over lengre distanser (Kapoor et al., 2018).

Geometrisk attenuering er, i motsetning til atmosfærisk attenuering, uavhengig av frekvens. Geometrisk attenuering beskriver forholdet mellom lydtrykk og avstand fra en lydkilde og reduksjon av intensitet ved økt avstand mellom lydkilde og mottaker. Som følge av geometrisk attenuering oppstår det i fritt felt en attenuering tilsvarende 6 dB per dobling av avstand fra lydkilden (Everest & Pohlmann, 2015, kap. 3).

I praktiske situasjoner vil lydforplantningen påvirkes av ytterligere faktorer som bakkeattenuering, attenuering som følge av hindringer, refleksjon med mer. Når lyd forplanter seg nært bakken vil det oppstå attenuering som følge av absorpsjon og refleksjon fra bakken. Mengden attenuering er avhengig av type underlag der mykt underlag, for eksempel gress, fører til langt høyere attenuering enn hardt underlag, som for eksempel betong. Refleksjoner fra bakken kan også føre til en bakkeeffekt der lyd i tillegg til å forplante seg direkte fra lydkilde til mottaker også danner en sekundær forplantningsbane gjennom refleksjoner fra bakken. Avhengig av de ulike lydbølgenes amplitude og fase, kan bakkeeffekt resultere i konstruktiv eller destruktiv interferens og med dette henholdsvis amplifisere eller attenuere lydsignalet (Garg & Maji, 2014; Kapoor et al., 2018).

Generell topografi vil også spille en stor rolle i hvordan lyd forplanter seg. I møte med hindringer som bebyggelse eller andre fysiske hindringer vil lydbølgene kunne reflekteres og/eller diffrakteres. Diffraksjon oppstår når en bølge møter en hindring eller en åpning og omhandler en bølges evne til å bøye seg rundt en hindring i stedet for å reflekteres eller absorberes. Hvorvidt en bølge reflekteres eller diffrakteres avhenger av bølgelengden og størrelsen på hindringen. Lydbølger med bølgelengde større enn hindringen vil kunne passere den aktuelle hindringen nærmest upåvirket (Everest & Pohlmann, 2015, kap. 7). Grunnet dette vil høyfrekvente lyder, med korte bølgelengder, ofte reflekteres, mens lavfrekvente lyder, med lange bølgelengder, diffrakteres.

Basert på dette kan det fastslås at lavfrekvent lyd har evnen til å forplante seg over lange distanser uten å særlig påvirkes av attenueringsfaktorene diskutert over. Det er dermed ikke umulig at denne lavfrekvente støyen, som har fått betegnelsen «The Hum», kan være et resultat av en ekstern lydkilde.

4.7 Støymåling og vekting

Om støy skal være en av de mulige forklaringene som undersøkes, vil det lønne seg å rette blikket mot hvordan støymålinger blir utført etter norske standarder, og hvilke grenser for støyutslipp som foreligger. Spesielt om man ser for seg en situasjon hvor pasienten oppfatter støyen grunnet økt sensitivitet og fokuserer på den på en måte som minner om hyperakusis, eller er blant de som har høreterskler i lave frekvenser som er bedre enn gjennomsnittet.

Støy kan måles med ulike vektinger av dB over frekvensspekteret. Tradisjonelt benyttes dBA vekting når det kommer til å fastsette lover, forskrifter eller standarder. I Norge benyttes for eksempel *NS 8175:2019*, eller *TEK19*, for å sette grenseverdier for tillatt mengder støy i bygninger. Standarden setter sine verdier i dBA, men med et vedlegg for tillatte verdier for frekvensbåndene omkring 31,5 Hz, 63 Hz og 125 Hz om det skulle være mistanke om en høy aktivitet i de laveste frekvensene.

Andre former for relevant vekting av støymåling finnes blant annet i form av dBC og dBZ. C-vekting vil i mindre grad enn A-vekting nedprioritere de lavere frekvensene, og Z-vekting har nærmest ingen vekting i det hele tatt. Det finnes også en G-vekting som spesifikt tar for seg området 10-20 Hz (Leventhall et al., 2003).

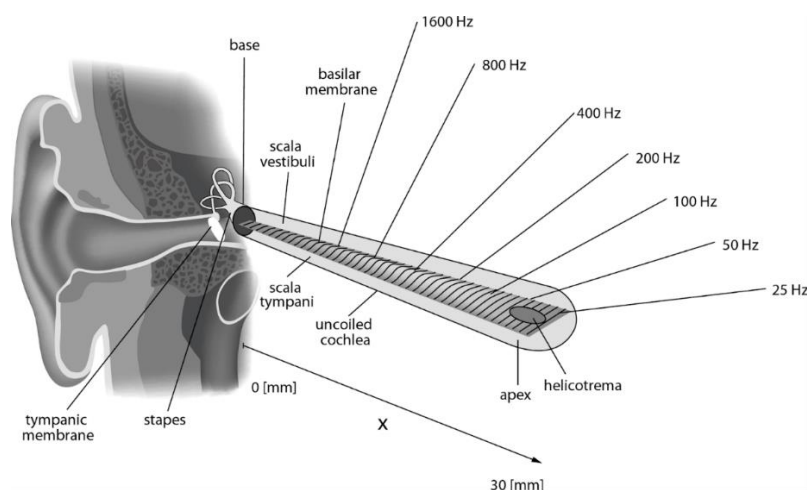
4.8 Ørets struktur og anatomi

Mens en audiograf har gode kunnskaper og redskaper for å måle høreterskler mellom 125 Hz og 8000 Hz, er det mer uvanlig å bevege seg utenfor dette området i klinisk sammenheng. Høyfrekvens-audiometri benyttes i en viss grad, gjerne som et ledd i oppfølgingen av pasienter i behandling som involverer ototoksiske medisiner, men går man under 125 Hz vil det være vanskeligere å få utført en terskelmåling med et ordinært audiometer.

Akustiske bølger som møter øret vil etterhvert nå hjernen som en elektrisk impuls båret av hørselsnerven, men før reisen er over skal signalet gjennom en rekke stasjoner og endringer på veien. Av interesse her vil det være den perifere delen av systemet, og det vil da dekke det som skjer mellom trommehinnen og de indre hårcellene (Casale et al., 2023).

Mellomøret dekker det området som ligger mellom trommehinnen og det ovale vinduet til cochlea. Akustisk energi som setter trommehinnen i bevegelse vil deretter spre disse vibrasjonene gjennom ørebenskjedens bygd opp av incus, malleus og stapes, eller hammeren, ambolten og stigbøylen på alminnelig norsk (Casale et al., 2023).

Stapes vil bringe vibrasjonene videre til cochlea gjennom det ovale vinduet som er tilknyttet scala vestibuli (SV) som fører videre til scala tympani (ST), begge kanaler fylt med perilymfe. Mellom disse ligger scala media (SM) som huser cortis organ som igjen huser de ytre og indre hårcellene. Det er disse indre hårcellene som til sist responderer på vibrasjonene og deretter oversetter den mekaniske energien til et elektrisk signal som kan viderefremmes til hjernen via det sentrale hørselssystemet (Casale et al., 2023).

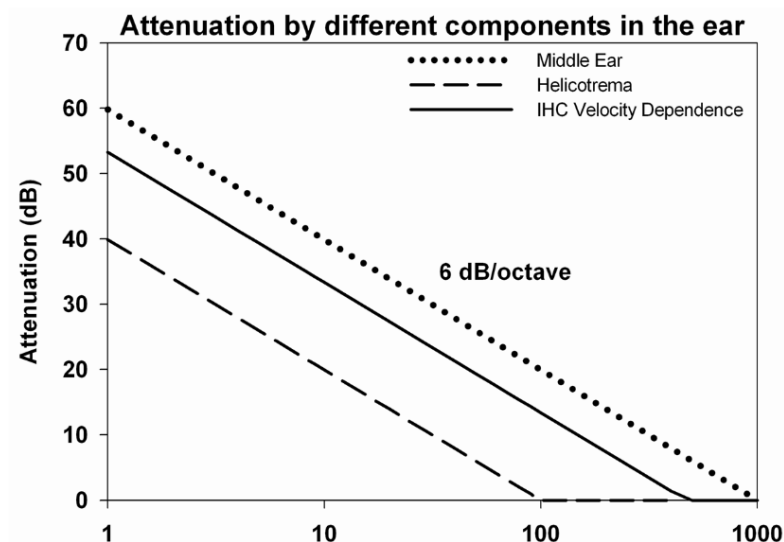


Figur 4 - Oversikt over de ulike strukturene i øret og cochlea (Kern et al., 2008)

Figur 4 illustrerer en utstrakt cochlea. Frekvenser i Hz viser til den tonotopiske fordelingen av frekvenser på basilarmembranen fra den basale til den apikale enden av cochlea, hvor helicotrema er avmerket.

4.9 Ørets naturlige filter og attenuering

En god fremstilling av hvordan øret attenuerer lyd under 1000 Hz er fremstillingen av “de tre filtrene” som blir omtalt av Salt & Hullar (2010). Effekten av disse filtrene vises i Figur 5. Ordinært vil lyd under 1000 Hz bli attenuert ytterligere av menneskets eget øre i forhold til den lyden som ligger over denne grensen. Hver for seg vil disse tre filtrene legge til 6 dB i attenuering per oktav, og totalt kunne føre til en 18 dB attenuering for de lavfrekvente lyder under 100 Hz.



Figur 5 - Attenuering som følge av «de tre filtre». X-aksen representerer frekvens. (Salt & Hullar, 2010)

4.9.1 Ørebenskjeden

Det første filteret i det menneskelige øret oppstår i mellomøret, nærmere bestemt i ørebenskjeden. Ørebenskjeden er sammensatt med lite masse og høy stivhet, noe som gjør det lite egnet til å overføre lavfrekvente lyder (Kim & Koo, 2015; Salt & Hullar, 2010). To sentrale egenskaper som bestemmer resonansfrekvensen til en gjenstand er masse og stivhet, der høy masse er til fordel for overføringsevne ved lave frekvenser og høy stivhet er til fordel for overføring ved høye frekvenser (Kim & Koo, 2015). Ørebenskjedens lave masse og høye stivhet fører med dette til

attenuering av lydsignaler under 1000 Hz tilsvarende 6 dB per oktav (Salt & Hullar, 2010).

4.9.2 Helicotrema

Ved den apikale enden av SV, hvor SV møter ST, finnes en åpning med navnet helicotrema. Helicotrema er med på å bestemme hørselssensitiviteten i lavfrekvensområdet gjennom shunting. Shunting beskriver prosessen der væske forflytter seg fra en del av en organisme til en annen, i dette tilfellet mellom SV og ST. Gjennom shunting elimineres differensialtrykket i SV og ST, noe som hindrer bevegelse av basilarmembranen og dermed oppfattelse av lyd (Jurado & Marquardt, 2016). Det er blitt vist at shunting gjennom helicotrema påvirker frekvensområdet under 100 Hz hvor det oppstår en attenuering tilsvarende 6 dB per oktav, men det spekuleres i om den fulle effekten trer i kraft for frekvenser under 40 Hz (Jurado & Marquardt, 2016; Salt & Hullar, 2010). Størrelsen på helicotrema kan også ha en innvirkning i attenueringen og ellers på hørselssensitiviteten i lavfrekvensområdet. Dersom helicotrema er uvanlig smal, eller blokkert, vil ikke trykket mellom SV og ST kunne utlignes raskt nok og dermed føre til høyere hørselssensitivitet (H. Møller & Pedersen, 2004).

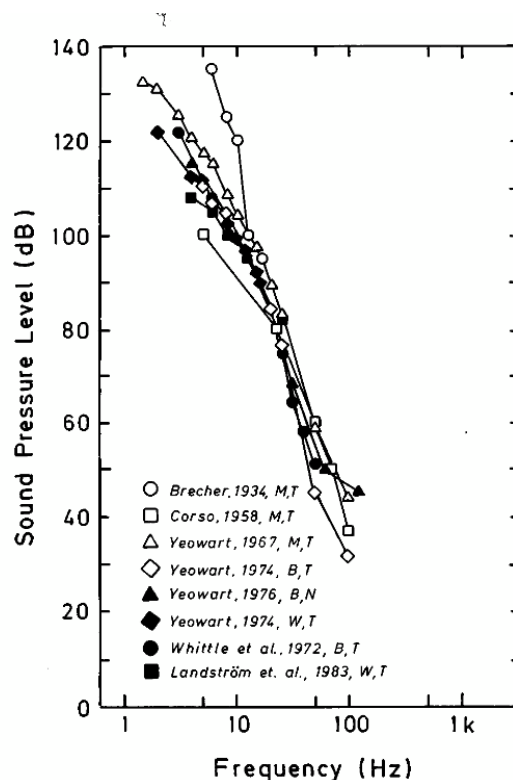
4.9.3 Indre Hårceller

Det tredje filteret oppstår i de indre hårcellene i cortis organ, som i motsetning til de ytre hårcellene ikke har noen fysisk tilknytning til tektorialmembranen. De indre hårcellene, som er tilknyttet væske i det indre øret, responderer på hastigheten på forflytningen av basilarmembranen, mens de ytre hårcellene reagerer på selve forflytningen (Drexel et al., 2016). Hastigheten på bevegelsen i basilarmembranen minker i takt med reduksjon av stimuliets frekvens, noe som påvirker de indre hårcellenes sensitivitet. De ytre hårcellene, som responderer til forflytningen, er derfor mer sensitive i lavfrekvensområdet. I og med at det er de indre hårcellene «vi hører med», fungerer de som en attenueringsfaktor tilsvarende 6 dB per oktav i frekvensområdet under ca 470 Hz (Drexel et al., 2016; Salt & Hullar, 2010).

I motsetning til attenueringen som skjer på grunn av ørebenskjeden og helicotrema, vil dette filteret ikke forholde seg permanent ettersom frekvensen senkes. Mens de tre filterne totalt vil kunne føre til en attenuering tilsvarende 18 dB per oktav mellom 100 og 20 Hz, vil det her oppstå en endring i det tredje filteret som gjør at attenueringen nærmer seg kun 12 dB per oktav ved 10 Hz. Denne reduksjonen kommer som en følge av at de indre hårcellene lar seg stimulere av kraftige reaksjoner fra de ytre hårcellene som responderer på stimuli ved langt lavere intensitet enn de indre (Salt & Hullar, 2010).

4.10 Sensitivitet og høreterskler i lavfrekvensen

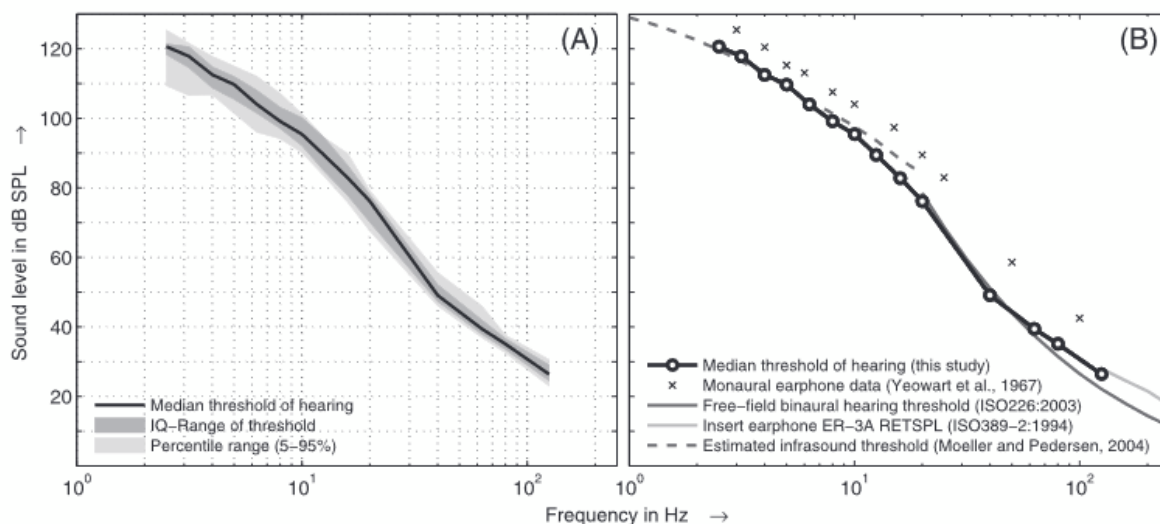
For audiografen «stanser» audiogrammet ved 125 Hz i klinisk sammenheng, men høreterskler er fremdeles målbare ved langt lavere frekvenser med forbehold om at man har riktig og kalibrert utstyr tilgjengelig. Undersøkelser av menneskers hørselssensitivitet i lavfrekvensen er sparsommelig, men det eksisterer noe forskning på dette feltet. Berglund (1996) oppsummerer høretersklene i lavfrekvensen funnet i ulike studier. Denne oppsummeringen er illustrert i Figur 6.



Figur 6 - Høreterskler i lavfrekvensen fra tidligere forskning (M: Monoaural. B: Binaural. T: Tone. N: Noise W: Whole-body) (Berglund et al., 1996)

Figur 6 illustrerer resultatene fra 8 ulike studier mellom 1934 og 1983 og er en sammenligning av deres målinger av høreterskler i frekvensområdet under 100 Hz. Figuren viser at persepsjon av lyder i både lav- og infrafrekvenser ikke opphører, men at mennesker er i stand til å oppfatte disse om intensiteten blir kraftig nok.

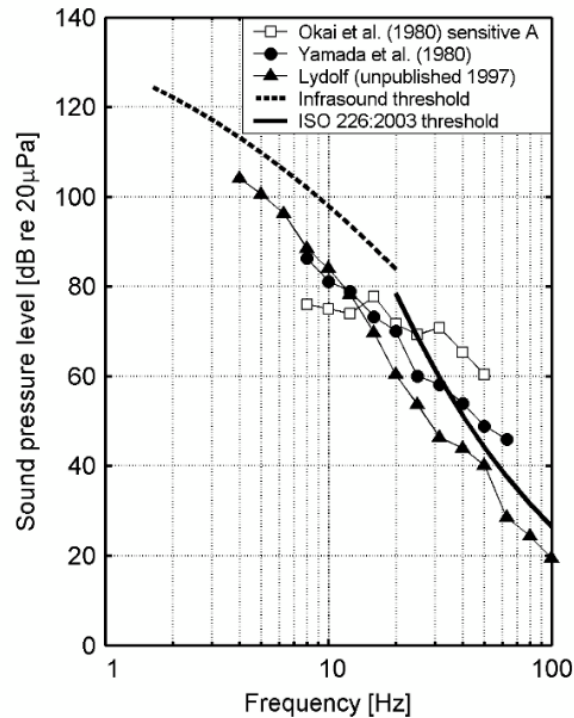
Figur 7 illustrerer resultatene fra nyere forskning, da i form av målinger utført med innstikkstelefoner av Kuehler et al. (2015), sammenlignet med blant annet Yeowart & Bryans målinger fra 1967.



Figur 7 - (A) viser resultater fra terskelmåling med innstikkstelefoner. (B) viser median terskler fra aktuell måling sammenlignet med tidligere data (Kuehler et al., 2015)

Figur 7(A) viser resultatene av terskelmålinger og en økende spredning blant disse ved de lavere frekvensene. I Figur 7(B) observeres differanser mellom eldre og nyere undersøkelser. Møller & Pedersen (2004) påpeker at utvikling i teknologi og metodikk kan ligge til grunn for forskjellene mellom disse.

Figur 8 viser terskler fra tre individer med uvanlig sensitive høreterskler i lavfrekvens i sammenligning med antatte normale terskler i henhold til ISO 226:2003. Data er innhentet av Møller & Pedersen (2004) på tvers av tre andre studier.



Figur 8 - Høreterskler hos tre spesielt sensitive individer (H. Møller & Pedersen, 2004).

Formålet til Figur 8 er å illustrere at det tilsynelatende kan forekomme terskler i mennesker som ligger relativt langt under gjennomsnittet, til den grad det kan foreligge andre variabler enn kun naturlig spredning av tersklene til grunn for sensitivitet (H. Møller & Pedersen, 2004).

4.11 Tinnitus

Tinnitus er et velkjent fenomen for de fleste audiografer. Tinnitus, også omtalt som øresus, er persepsjon av lyd uten en ekstern lydkilde. Tinnitus er en tilstand som er stadig mer utbredt i dagens samfunn, som spesielt de med nedsatt hørsel er utsatt for (Baguley et al., 2013). Tinnitus har per i dag ingen kur, men det finnes ulike behandlingsformer for å lette på plagene knyttet til tinnitus, som for eksempel lydterapi og kognitiv atferdsterapi (McFerran et al., 2019). Tinnitus kan ha stor påvirkning på opplevd livskvalitet og kan føre til eller forsterke lidelser som depresjon, angst og søvnmangel (Baguley et al., 2013; A. R. Møller, 2011; Tye-Murray, 2020).

Tinnitus kan deles inn i subjektiv og objektiv underart, hvor den subjektive kun oppfattes av den utsatte, mens objektiv er mulig for en utenforstående å observere eller måle. Det kan i tillegg kategoriseres ytterligere ut ifra om den er kontinuerlig eller pulserende (Baguley et al., 2013). Objektiv tinnitus kan forekomme som resultat av for eksempel aktivitet i blodårer eller muskler nærliggende cochlea, eksempelvis som ved temporomandibulær dysfunksjon (Han et al., 2009; A. R. Møller, 2011). Tinnitus er normalt av høyere tonehøyde, men forekommer også i de lavere frekvensene. I en kartlegging gjennomført av Walford (1983) ble det funnet at 55 av 229 tinnituspasienter hadde lavfrekvent tinnitus under 200 Hz (Walford, 1983). Undersøkelser viser også at lavfrekvent tinnitus har høy forekomst blant de med Ménières sykdom (Ueberfuhr et al., 2017).

4.12 Spontane otoakustiske emisjoner (SOAE)

En annen mulig forklaring på persepsjonen av lavfrekvent lyd uten en tilsynelatende klar kilde er SOAE. SOAE er akustiske signaler produsert i cochlea uten noen form for fremkallende stimuli. Signalene vil derfra bevege seg ut i mellomøret og deretter til det ytre øre hvor de vil være målbare ved hjelp av sensitive mikrofoner, om de er kraftige nok til å heve seg over annen bakgrunnsstøy i kroppen. Bakgrunnen for disse signalene er elektromotiliteten i de ytre hårcellene, som bidrar til at de selv produserer lyd gjennom sin aktivitet i prosessen med å ta imot og forsterke innkommende akustiske signaler fra eksterne kilder (Shera, 2022).

Med andre ord er det et resultat av at cochlea er et aktivt organ, og denne aktiviteten gir bokstavelig talt fra seg lyd. Lydene er sjeldent så kraftige at de kan ende opp med å bli hørt uten hjelpemidler, men høye nok til at de er målbare med sensitive mikrofoner. SOAE er til stede i et normalt øre og filtreres bort av hjernen slik at de ikke er hørbare, men det finnes tilfeller der mennesker er i stand til å oppfatte sine egne emisjoner (Long, 1998; Penner, 1989). Lavfrekvent SOAE er spesielt utfordrende å måle og bevise, da mye av fysiologisk lyd vil ligge i samme frekvensområde og gjør dermed det vanskelig å skille signalet fra kroppens interne støy (DeRuiter & Ramachandran, 2017, kap. 19).

Det er teorier om at oppfattelsen av lavfrekvent lyd uten en ekstern lydkilde kan ha en sammenheng med SOAE. Dette er hovedsakelig fremmet av Frosch (2013) som har publisert forskning rundt temaet og dets sammenheng med «The Hum». Denne teorien baserer seg på at lyden fra de ytre hårcellene vil lekke ut i mellomøret og deretter bli forsterket av de samme cellene som først genererte den, med andre ord ikke ulikt en feedback-løkke. Dessverre, som Frosch (2013) selv påpeker i sine konklusjoner og på grunn av nevnte vansker med å skille lavfrekvent SOAE fra kroppens støy, er dette en teori som vil være vanskelig å bevise (Frosch, 2013).

5. Diskusjon

Det er i denne oppgaven gjort rede for teorier og mekanismer som kan bidra til å besvare problemstillingen om hvorfor det kun er et fåtall av befolkningen som er i stand til å høre en lavfrekvent lyd som har fått navnet «The Hum». De kommende sidene vil benyttes til å diskutere de ulike teoriene på bakgrunn av innsamlet litteratur og med en audiologisk tilnærming.

I første omgang vil spørsmålet være hvorvidt om lyden som observert er av intern eller ekstern natur. Basert på de akustiske egenskapene til lavfrekvent lyd og dets evne til å dekke store avstander relativt uhindret, kan det ikke utelukkes at en ekstern lydkilde kan være årsaken til fornemmelsen. I praksis vises det derimot ofte til at en stor del av testgruppene fremdeles fornemmer det de definerer som «The Hum» på ulike lokasjoner, inkludert for eksempel ekkofritt kammer (Yamada et al., 2012), som peker mot at lyden er generert internt.

5.1 Ekstern lyd

Dersom det er en ekstern lydkilde som ligger til grunn, er det naturlig å stille spørsmålet: *“Hvorfor hører ikke alle denne lyden?”*. Dette var blant annet tilfelle i Windsor, Canada hvor industriell aktivitet tilsynelatende produserte støy omkring 35 Hz. Som følge av rapporteringer fra beboere i området, ble det gjennomført støymålinger av myndighetene i et forsøk på å lokalisere kilden (Canada, 2014). Permanent nedstengning av de industrielle aktivitetene i forbindelse med koronapandemien førte til en avtagning i rapporter (NPR, 2020). Det antydes i tillegg til at enkelttilfeller har blitt «løst» som følge av støyreduksjonstiltak eller ved at de berørte relokaliserte seg (Pedersen et al., 2008).

Slik som tidligere poengtert i denne oppgaven kan det være store variasjoner i høreterskler i den lavfrekvente regionen hos ulike individer. Walford (1983) demonstrerer i sine studier at det kan oppstå betydelige forskjeller i nærliggende frekvenser i et øre. Hos en av Walfords (1983) kandidater observeres det en

differanse i høreterskler på nærmere 15 dB HL mellom 40 og 50 Hz (Walford, 1983). I tillegg til dette, og den naturlige spredningen, er det også oppdaget tilfeller av uvanlig sensitive høreterskler i lavfrekvensen hos enkeltindivider uten en åpenbar årsak. Selv om årsaken ikke er klar, kan dette i teorien forekomme som følge av uvanlig smal eller blokkert helicotrema (H. Møller & Pedersen, 2004).

Audiometri utføres som oftest i frekvensområdet 125 - 8000 Hz, da dette er de mest relevante frekvensene for tale. I noen tilfeller er det av interesse å utføre audiometri i frekvensområdet over 8000 Hz, men fra et klinisk standpunkt utføres det ikke i lavfrekvensregionen. Det finnes begrenset mengde med forskning som fokuserer på dette området av hørselen og det som finnes er utført på relativt små populasjoner. Det er grunnet dette vanskelig å danne et fullstendig bilde omkring utstrekningen av forhøyet sensitivitet, og om eventuelle fysiske tilstander som kan relatere til dette.

5.2 Intern lyd

Alternativet til at mennesker hører en ekstern lydkilde vil være at de fornemmer en lyd internt, enten av en objektiv eller subjektiv art. Blant annet har tilstander som Ménières og Superior Canal Dehiscence (SCD) i teorien elementer som kan medføre forhøyet sensitivitet i lavfrekvensregionen. Dette anses imidlertid som usannsynlige teorier, da disse kommer med et helt annet symptombilde, deriblant tydelige vestibulære symptomer (Kontorinis & Lenarz, 2022; Ueberfuhr et al., 2017).

En mer sannsynlig kilde til fornemmelse av intern lyd er tinnitus. Mens tinnitus, som den er allment kjent oftest forekommer ved høyere frekvenser, kan det også forekomme ved de lavere frekvensene (Han et al., 2009). Dette demonstreres i flere studier med mennesker som plages av lavfrekvent støy. Walford (1983) utfører eksperimenter med øreklokker for å undersøke hvorvidt kandidatens fornemmelse er av intern eller ekstern art. Pedersen et al. (2008) og Yamada et al. (2012) tar i bruk kontrollerte omgivelser for å oppnå tilsvarende. I samtlige studier konkluderes det med at en andel av deltakerne opplever tinnitus fremfor en ekstern lydkilde.

Det kan diskuteres hvorvidt tinnitus er av subjektiv eller objektiv art. Objektiv tinnitus kan oppstå som følge av flere årsaker, deriblant vaskulære eller mekaniske årsaker (Han et al., 2009). SOAE er et eksempel på en mekanisk bakgrunn for en målbar objektiv tinnitus. Selv om det er sjeldent, finnes det tilfeller av mennesker som hører egen SOAE. Selv om SOAE i teorien også kan forekomme ved de lavere frekvenser, er de vanskelige å skille fra fysiologiske lyder som i måling vil opptre som bakgrunnsstøy. Flere studier viser til at det ved bruk av aspirin er mulig å dempe eller fjerne SOAE, en metode som i teorien kan benyttes til å skille dette fra subjektiv tinnitus (Long, 1998; Penner, 1989).

5.3 Pasientgruppen

Det er ikke til å komme utenom at pasientgruppen som er involvert i fornemmelsen av «The Hum» har noen spesielle særtrekk som kan ha relevans for problemstillingen.

Flere studier bemerker blant annet at pasientene ofte motsetter seg tinnitus som diagnose eller forklaring for det de hører, og insisterer på at kilden må være ekstern (Leventhall, 2009; Walford, 1983; Yamada et al., 2012). Det er verre å finne en forklaring på hvorfor dette forekommer, men det kan spekuleres i at det er enklere for mennesker å eksternalisere en lavfrekvent lyd.

Det vises til en høy grad av frustrasjon, plager og nedsatt livskvalitet hos de som er rammet av «The Hum». Spørreundersøkelser fra Danmark viser spesielt til problematikken omkring søvn og konsentrasjon, og at fornemmelsen av «The Hum» oppfattes som en «lidelse» (H. Møller & Lydolf, 2002). En samling av brev fra berørte i England gjenspeiler også denne problematikken med søvn. Walford (1983) beskriver i tillegg at noen av brevskriverne er plaget i den grad at de har hatt suicidale tanker (Walford, 1983).

Basert på selvrapporteringer og kartlegging av litteraturen, er plagene knyttet til «The Hum» ofte sammenfallende med plager som vanligvis assosieres med tinnitus. Dette inkluderer blant annet irritasjon, vansker med innsovning og nedsatt søvnkvalitet, angst og depresjon (Han et al., 2009; Leventhall, 2009; Yamada et al., 2012). Walford (1983) nevner også at denne gruppen, med bakgrunn i deres overbevisning om at lyden er av en ekstern art, er aktive i søken etter å finne en lydkilde. Dette kan definitivt være en ytterligere faktor knyttet til økt stress rundt problemet.

Det er presentert teori og litteratur for å belyse problemstillingen om hvorfor noen få er i stand til å høre en lyd som nesten ingen hører. Det er ikke mulig å trekke frem en spesifikk årsak. Det mest trolige er at det er en blanding av tilfeller av mennesker med forhøyet sensitivitet som hører en ekstern lyd, og at det samtidig er en annen gruppe som lider av tinnitus. Dette samsvarer med tidligere studier på området, der det vises til at årsaken bak fornemmelse av lavfrekvent lyd ikke er homogen, men heller en blanding av sensitivitet og tinnitus (Pedersen et al., 2008; Walford, 1983; Yamada et al., 2012). En ting som uansett er sikkert er at lavfrekvent støy, uavhengig av om den er generert internt eller eksternt, kan ha stor innvirkning på menneskers livskvalitet.

6. Konklusjon

Basert på tilgjengelig litteratur er det vanskelig å trekke en direkte konklusjon om hvorfor et fåtall mennesker hører en lavfrekvent lyd som majoriteten tilsynelatende ikke registrerer. Det er gjort rede for teorier om hvorvidt dette kan skyldes at enkeltindivider, med forhøyet sensitivitet i det lavfrekvente området, hører eksterne lydkilder eller om fornemmelsen kan ha sine røtter i tinnitus.

Det mest sannsynlige resultatet ser ut til å være en blanding av de to teoriene, der noen faktisk oppfatter en ekstern lyd, mens andre lider av en tinnitus som de eksternaliserer. Dette samsvarer med det som er kommet frem til i tidligere studier av Walford (1983), Pedersen et al. (2008) og Yamada et al. (2012).

Det som er mer sikkert er at «The Hum» er en reell plage fremfor en vandrehistorie. Med hørselssensitivitet og tinnitus som tilsynelatende hovedmekanismer er det trolig at dette temaet vil være av relevans for det audiologiske fagfeltet.

7. Veien videre

Det å avgjøre hvorfor et fåtall av mennesker hører en lyd som nesten ingen andre hører kan være en utfordrende oppgave. Det kan i første omgang være nyttig å kartlegge utstrekningen av fenomenet, spesielt innad i Norge, for å få et geografisk overblikk. I tillegg kan det være av interesse å undersøke forhold som demografi, kandidaters beskrivelse av opplevd lyd og grad av plager.

Det neste steget bør være å avgjøre om det eksisterer en lydkilde. Dette kan for eksempel gjøres ved hjelp av lydmålinger. Det vil i den forbindelse være viktig å ta hensyn til flere faktorer i prosessen, deriblant dB vektning. I dette tilfellet kan det være nødvendig å gå bort fra dBA, da det vil ha en innvirkning på nøyaktige støynivået i lavfrekvensen. I tillegg anses det som nødvendig at de plagede testes ved hjelp av et utvidet audiologisk testbatteri for å kartlegge høreterskler og andre eventuelle fysiologiske forhold.

Klinisk vil det være viktig å behandle berørte med oppriktighet og alvorlighet. Som Leventhall (2003) påpeker kan gruppen føle seg sårbar i møte med helsevesenet og frykter å bli avfeid på grunn av den useriøse kulturen som omgir «The Hum»-fenomenet. Som Veldboom (2022) viser er det derimot mulig å forbedre situasjonen for eventuelle pasienter med hjelpemidler som lydmaskering for å fjerne fokus fra den uønskede lyden.

Referanser

- Årdal, O. K. (2022, October 2). *Hege hører noko nesten ingen andre kan høre*. NRK.
https://www.nrk.no/kultur/xl/the-hum_-hege-hoyrer-noko-nesten-ingen-andre-hoyrer-1.16121231
- Aveyard, H. (2014). *Doing a literature review in health and social care: A practical guide* (Third edition). McGraw-Hill Education, Open University Press.
- Baguley, D. (Ed.). (2013). *Tinnitus: A multidisciplinary approach* (2nd ed). Wiley-Blackwell.
- Baguley, D., McFerran, D., & Hall, D. (2013). Tinnitus. *The Lancet*, 382(9904), 1600–1607.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60142-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60142-7)
- BBC. (2016, January 19). The strange case of the Bristol hum. *BBC News*.
<https://www.bbc.com/news/magazine-35344544>
- BBC. (2022, December 7). The Hum: Villagers say they're "tortured" by mystery noise. *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/uk-england-leeds-63610977>
- Berglund, B., Hassmén, P., & Job, R. F. S. (1996). Sources and effects of low-frequency noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99(5), 2985–3002.
<https://doi.org/10.1121/1.414863>
- Canada, G. A. (2014, May 23). *Summary of the 'Windsor Hum Study' Results*.
https://www.international.gc.ca/department-ministere/windsor_hum_results-bourdonnement_windsor_resultats.aspx?lang=eng
- Carlile, S., Davy, J. L., Hillman, D., & Burgemeister, K. (2018). A Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Wind Turbine Noise. *Trends in Hearing*, 22, 233121651878955. <https://doi.org/10.1177/2331216518789551>

- Casale, J., Kandle, P. F., Murray, I. V., & Murr, N. (2023). Physiology, Cochlear Function. In *Physiology, Cochlear Function*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531483/>
- Deming, D. (2004). *The Hum: An Anomalous Sound Heard Around the World*.
- DeRuiter, M., & Ramachandran, V. (2017). *Basic audiometry learning manual* (Second edition). Plural Publishing Inc.
- Drexl, M., Krause, E., Gürkov, R., & Wiegrebe, L. (2016). Responses of the Human Inner Ear to Low-Frequency Sound. In P. van Dijk, D. Başkent, E. Gaudrain, E. de Kleine, A. Wagner, & C. Lanting (Eds.), *Physiology, Psychoacoustics and Cognition in Normal and Impaired Hearing* (Vol. 894, pp. 275–284). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-25474-6_29
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2015). *Master handbook of acoustics* (Sixth edition). McGraw-Hill Education.
- Frosch, F. G. (2013). Hum and Otoacoustic Emissions May Arise Out of the Same Mechanisms. *Journal of Scientific Exploration*, 27(4), 603–6242.
- Frosch, F. G. (2016). Manifestations of a low-frequency sound of unknown origin perceived worldwide, also known as “the Hum” or the “Taos Hum.” *The International Tinnitus Journal*, 20(1). <https://doi.org/10.5935/0946-5448.20160011>
- Garg, N., & Maji, S. (2014). A critical review of principal traffic noise models: Strategies and implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 46, 68–81.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.02.001>
- Han, B. I., Lee, H. W., Kim, T. Y., Lim, J. S., & Shin, K. S. (2009). Tinnitus: Characteristics, Causes, Mechanisms, and Treatments. *Journal of Clinical Neurology (Seoul, Korea)*, 5(1), 11–19. <https://doi.org/10.3988/jcn.2009.5.1.11>

- International Standard Organization. (2003). *ISO226 (ISO 226:2003(E))*.
- Jurado, C., & Marquardt, T. (2016). The effect of the helicotrema on low-frequency loudness perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *140*(5), 3799–3809.
<https://doi.org/10.1121/1.4967295>
- Kapoor, R., Ramasamy, S., Gardi, A., Schyndel, R., & Sabatini, R. (2018). Acoustic Sensors for Air and Surface Navigation Applications. *Sensors*, *18*(2), 499.
<https://doi.org/10.3390/s18020499>
- Kern, A., Heid, C., Steeb, W.-H., Stoop, N., & Stoop, R. (2008). Biophysical Parameters Modification Could Overcome Essential Hearing Gaps. *PLOS Computational Biology*, *4*(8), e1000161. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000161>
- Kim, J., & Koo, M. (2015). Mass and Stiffness Impact on the Middle Ear and the Cochlear Partition. *Journal of Audiology and Otology*, *19*(1), 1–6.
<https://doi.org/10.7874/jao.2015.19.1.1>
- Kontorinis, G., & Lenarz, T. (2022). Superior semicircular canal dehiscence: A narrative review. *The Journal of Laryngology & Otology*, *136*(4), 284–292.
<https://doi.org/10.1017/S0022215121002826>
- Kuehler, R., Fedtke, T., & Hensel, J. (2015). Infrasonic and low-frequency insert earphone hearing threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *137*(4), EL347–EL353. <https://doi.org/10.1121/1.4916795>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science : IS*, *5*, 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Leventhall, G. (2007). What is infrasound? *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, *93*(1–3), 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.006>

- Leventhall, G. (2009). Low Frequency Noise. What we know, what we do not know, and what we would like to know. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 28(2), 79–104. <https://doi.org/10.1260/0263-0923.28.2.79>
- Leventhall, G., Benton, S., & Pelmear, P. (2003). *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects* [Project Report]. Department for Environment, Food & Rural Affairs. <https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/item/935y3/a-review-of-published-research-on-low-frequency-noise-and-its-effects>
- Long, G. (1998). Perceptual consequences of the interactions between spontaneous otoacoustic emissions and external tones. I. Monaural diplacusis and aftertones. *Hearing Research*, 119(1–2), 49–60. [https://doi.org/10.1016/S0378-5955\(98\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0378-5955(98)00032-X)
- McFerran, D. J., Stockdale, D., Holme, R., Large, C. H., & Baguley, D. M. (2019). Why Is There No Cure for Tinnitus? *Frontiers in Neuroscience*, 13, 802. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00802>
- Møller, A. R. (Ed.). (2011). *Textbook of tinnitus*. Springer.
- Møller, H., & Lydolf, M. (2002). *A Questionnaire Survey of Complaints of Infrasound and Low-Frequency Noise*. 21(2).
- Møller, H., & Pedersen, C. S. (2004). Hearing at Low and Infrasonic Frequencies. *Noise & Health*.
- Mullins, J. H., & Kelly, J. P. (1995, Autumn). Taos Hum. *Echoes - The Newsletter of The Acoustical Society of America*, 5(3). <https://acousticalsociety.org/wp-content/uploads/2018/02/v5n3.pdf>
- NPR. (2020, August 4). It Took A Pandemic: Mystery Of Windsor Hum Is Solved. *NPR*. <https://www.npr.org/2020/08/04/898853311/it-took-a-pandemic-mystery-of-windsor-hum-is-solved>

- Pedersen, C. S., Møller, H., & Waye, K. P. (2008). A Detailed Study of Low-Frequency Noise Complaints. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 27(1), 1–33. <https://doi.org/10.1260/026309208784425505>
- Penner, M. J. (1989). Aspirin Abolishes Tinnitus Caused by Spontaneous Otoacoustic Emissions: A Case Study. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 115(7), 871–875. <https://doi.org/10.1001/archotol.1989.01860310109034>
- Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & McEwen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: Advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods*, 5(4), 371–385. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
- Russell, D. A. (2016). *Absorption and Attenuation of Sound in Air*. <https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/Absorption/Absorption.html>
- Salt, A. N., & Hullar, T. E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. *Hearing Research*, 268(1–2), 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2010.06.007>
- Shera, C. A. (2022). Whistling While it Works: Spontaneous Otoacoustic Emissions and the Cochlear Amplifier. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 23(1), 17–25. <https://doi.org/10.1007/s10162-021-00829-9>
- Silva, L. T., Magalhães, A., Silva, J. F., & Fonseca, F. (2021). Impacts of low-frequency noise from industrial sources in residential areas. *Applied Acoustics*, 182, 108203. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108203>
- Sine Wave. (2021, November 17). *Mathematical Mysteries*. <https://mathematicalmysteries.org/sine-wave/>

- Tye-Murray, N. (2020). *Foundations of aural rehabilitation: Children, adults, and their family members* (Fifth edition). Plural Publishing Inc.
- Ueberfuhr, M. A., Wiegrebe, L., Krause, E., Gürkov, R., & Drexl, M. (2017). Tinnitus in Normal-Hearing Participants after Exposure to Intense Low-Frequency Sound and in Ménière's Disease Patients. *Frontiers in Neurology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00239>
- Walford, R. E. (1983). A Classification of Environmental "Hums" and Low Frequency Tinnitus. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 2.
- Yamada, S., Inukai, Y., Takagi, K., Sebayashi, T., Koyama, S., Tanaka, Y., & Horie, Y. (2012). *Case Studies of Field Measurements of Low Frequency Sound and Complaints by a Non Profit Organization for Supporting Noise, Vibration and Low Frequency Noise Complainants in Japan*. 31(4).
- Yeowart, S., & Bryan, M. E. (1967). *The Monoaural M.A.P. Threshold of Hearing at Frequencies from 1.5 to 100 c/s*.

