

UTVIKLING AV METODER FOR Å MÅLE SUBJEKTIV OPPLEVELSE AV TRAFIKKSTØY OG -VIBRASJONER

Sigmund Olafsen, Brekke & Strand akustikk

Tlf. 91 58 38 18

epost: so@brekkestrand.no

Sammendrag

På 1800-tallet begynte man å forske på hvordan folk opplever ulike lyder, hovedsakelig musikk (Helmholz, 1885). Starten på moderne undersøkelser av opplevd støy begynte ikke før nesten et århundre senere (Kryter, 1970). Det var starten på et meget omfattende arbeid som la grunnlaget for våre dagers kunnskap. Denne artikkelen skal fokusere på metoder for å måle opplevelse av støy og vibrasjoner. For mer detaljerte beskrivelser av metoder for å måle eller beregne støy eller vibrasjoner objektivt vises til generelle lærebøker i akustikk. Vi skal likevel huske på at subjektive mål for plagegrad bare har interesse når de er forankret i solid kjennskap til objektive fakta. Det kan se ut til at interessen for å måle opplevelsen av støy er økende (van Kamp & Woudenberg, 2025). I Norge har dette kommet til uttrykk gjennom en serie mastergradsoppgaver, som blir referert der de er brukt som kilder.

Nåværende norske retningslinjer for støy og vibrasjoner fra trafikk er i stor grad basert på doktoravhandlingen til Ronny Klæboe (Klæboe, 2006). Hans hovedpoenger er fortsatt like gyldige:

- Plagegrad av støy er avhengig av støynivå utenfor bolig, men også av andre faktorer
- Plagegrad av støy kan best modelleres med en logistisk regresjon
- En skikkelig undersøkelse av folks opplevelse av støy krever flere hundre svar om man bruker spørreskjemaer, da forstyrrende faktorer kan ha stor innflytelse på det enkelte svar

I denne artikkelen skal vi se på ulike måter å undersøke opplevd trafikkstøy og -vibrasjoner på og se på sammenhengen mellom subjektiv støy/vibrasjoner og objektiv lyd i mindre skala som f. eks. et boligområde, en veiparsell eller en trikkelinje.

De metoder som nevnes i denne artikkelen for å samle subjektive data kan grupperes i tre:

- Kvalitative dybdeintervjuer
- Spørreundersøkelser, skjemaer eller forenklet skala med et spørsmål på stedet
- Lyttetester i laboratorium

Objektive data vil bare bli beskrevet i den grad de har sammenheng med metoder for å måle subjektiv opplevelse.

De objektive dataene kan også samles i tre grupper:

- Standardiserte entallsverdier som inkluderer tids- og innholdsvariasjon i et enkelt tall (L_{den} , L_{Aeq} , v_{w95})
- Andre tradisjonelle parametere som blir samlet inn ved målinger (spektra)
- Psykoakustiske parametere

Innledning

Det som brukes i praksis av forskning om hvordan folk opplever støy og vibrasjoner fra trafikk er i hovedsak basert på entallsverdier både for støyen og opplevelsen. Erfaringen viser at det er liten sammenheng mellom enkle mål for plagegrad og enkle mål for støy eller vibrasjoner. Det blir bare mulig å få fram et gjennomsnitt og en variasjonsbredde i svarene. Dette er ofte ikke tilstrekkelig for å vurdere den enkelte utsatte persons opplevelse selv om man kan dokumentere hvorvidt gjeldende regelverk er oppfylt. Et generelt inntrykk er at norsk regelverk (NS 8175, NS 8176, Forskrift til Forurensningsloven) ikke gir tilstrekkelig beskyttelse til å sikre at beboere i nærheten av større samferdselsanlegg får subjektivt gode forhold med hensyn på støy og vibrasjoner. Fagfeltet som kalles psykoakustikk er for vanskelig tilgjengelig for å bruke i daglig forskning, dels på grunn av at datainnsamling må skje i laboratorium eller ved lydopptak, dels på grunn av at det baseres på parametere som er svært kompliserte å måle eller beregne (Zwicker & Fastl 2007, Moore, 2007). Psykoakustikk har hittil vært lite brukt i praktisk vurdering av trafikkstøy.

Målet med forskning på opplevelsen av støy må være å komme fram til optimale tekniske løsninger på å redusere den opplevde sjenansen. Studier som har svak kobling mellom bestemmelse av plagegrad og bestemmelse av fysisk støy er derfor lite interessante (Hill, 2012).

Utførte undersøkelser

Det er i senere tid gjort en lang rekke undersøkelser i Norge med kombinasjoner av subjektive og objektive data fra støy og vibrasjoner fra vei, trikk og T-bane. De subjektive dataene er samlet inn med ulike metoder. Det er brukt spørreundersøkelser og kvalitative dybdeintervjuer av personer som er utsatt for støy og vibrasjoner i og ved sin bolig, det er brukt avspilling av lydopptak av enkeltpassering av kjøretøy i laboratorium for utvalgte personer, det er notert anekdotiske inntrykk ved å spørre beboere om deres opplevelse av situasjonen under besøk for å gjøre fysiske målinger i deres bolig. De objektive dataene er samlet inn hovedsakelig ved målinger av støy og vibrasjoner utendørs og innendørs i folks hjem. Dataene er for det meste empiriske og lokale. I noen få tilfeller er de objektive dataene funnet ved beregning av støy ved hjelp av standardiserte metoder. Nedenfor følger en oppsummering av resultater fra ulike typer undersøkelser. Det finnes også oppsummeringer av samlet vurdering av objektive og subjektive metoder for å måle opplevd støy, for T-banen (Olafsen, 2021) og for vei og trikk (Olafsen, Killengreen og Wadman 2024).

Kvalitative dybdeintervjuer

Med nåværende datagrunnlag ser det ut til at det beste opplegget for å vurdere enkeltpersoners opplevelse av støy og vibrasjoner er en kombinasjon av semistrukturerte kvalitative dybdeintervjuer og detaljerte målinger av fysisk lyd og vibrasjoner. Dette kan bare gjennomføres hos dem som allerede bor på et sted som er utsatt for støy eller vibrasjoner. Det er trolig at sammenhengen mellom fysisk og opplevd støy (og vibrasjoner) påvirkes av andre faktorer enn bare støyen. Det er trolig at opplevelsen av støy påvirkes av andre egenskaper ved støyen enn de entallsverdiene man tradisjonelt har brukt. Målet er å kunne beskrive med en akseptabel nøyaktighet hvordan folk opplever en belastning med støy eller vibrasjoner og å finne de beste løsningene for å redusere støyplagen. For å få til dette er det nødvendig å videreutvikle metoder for å få personer til å fortelle hva det er som gjør støyen plagsom og å knytte dette til detaljerte analyser av den fysiske lyden.

Den første undersøkelsen av denne typen var en masteroppgave i folkehelse (Öqvist 2019) der det ble gjort semistrukturerte intervjuer med 5 beboere i hus der det tidligere var gjort omfattende fysiske målinger av støy og vibrasjoner fra T-banen, utendørs og innendørs. Den er senere fulgt opp av tre oppgaver om opplevd vegtrafikkstøy (Bakke, 2021; Øverdahl, 2021; Myhrvold, 2022) og en om trikk (Vea, 2022).

Det kan trekkes enkelte generelle erfaringer fra disse oppgavene. For det første er det klart at man ved semistrukturerte kvalitative intervjuer kan få fram informasjon som ikke er tilgjengelig på annen måte. Hovedhensikten med denne typen intervjuer er at informanten kan snakke fritt i trygg forvisning om at svarene vil bli anonymisert. Dette gir oss kunnskap om hva folk opplever som mest problematisk med å ha vei eller skinnegående trafikk som nabo, og ikke minst hva de gjør for å tilpasse seg. Det er også en klar styrke ved denne metoden at deltakeren kan sitte i de omgivelsene der støyen oppleves og svare, det gir en bedre kontroll med omgivelsene der støyen oppleves.

Det er også ulemper ved kvalitative intervjuer. En betenkelighet er at det er en ressurskrevende metode. Intervjuet og transkriberingen av det tar typisk et dagsverk. En annen mulig betenkelighet er at intervjueren er en del av måleinstrumentet, noe som medfører at resultatet blir subjektivt i utgangspunktet. Det siste vesentlige ankepunktet er at man bare når fram til de mest ressurssterke, at de som blir intervjuet ikke er representative for den populasjonen som skal undersøkes. Alle disse problemene blir betydelig redusert ved at man bruker intervjuere som dokumenterer sin egen forforståelse av oppgaven og ved at man kan sammenholde intervjuene med objektive data. Vi kan også se at alle intervjuerne som er referert her har vært svært klar over at de selv er en del av måleinstrumentet, og at resultatene derfor er å betrakte som subjektive data.

Spørreundersøkelser eller entallsverdier basert på feltregistreringer

Fordelen ved å bruke tallverdier for å registrere oppfatningen av en støysituasjon er at man får resultater som kan analyseres statistisk. Hovedulempen er at den statistiske analysen kan gi villedende resultater. En ting er at ulike personer vil oppfatte en tallskala ulikt, så tallet 4 på en skala fra 1 til 7 kan bety svært ulike ting for ulike personer. Det er også sannsynlig at folk har ulik følsomhet, ikke bare en variasjon fra person til person, men også i ulike situasjoner for samme person. Endelig har man usikkerheten som oppstår ved at noen bevisst ønsker å villedde forskeren (Giddens & Sutton, 2017).

Det finnes egentlig to metoder for å løse dette problemet: Den ene er å gjøre store undersøkelser som midler bort problemene, den andre er å knytte tallverdien til et målt og/eller beregnet støynivå. Klæboe (Klæboe, 2006) brukte begge metoder i sitt doktorgradsarbeid. De fleste deler av arbeidet hans var basert på opp mot 4000 telefonintervjuer kombinert med standardiserte støyberegninger.

En metode for å samle data er å spørre folk om å rangere støy eller vibrasjoner på en verbal skala når det gjennomføres målinger hjemme hos dem. Denne metoden er naturlig nok beheftet med de samme usikkerheter som spørreskjemaer. Vi har likevel brukt det i et visst omfang, spesielt gjelder det vibrasjoner fra T-bane (Olafsen, 2021).

Subjektive data basert på lyttetester i laboratorium

Lyttetester i laboratorium er basert på kalibrert avspilling av lydfiler. Det største arbeidet er gjort innenfor vegtrafikkstøy (Hoffmann, 2016). Der er det gjort en sammenliknende analyse av opprinnelige lydopptak i forhold til nye simulerte testsignaler. Avspilling er gjort over hodetelefoner, og deltakernes respons er registrert i form av ulike former for opplevelse av støyen. En studie av deltakernes respons i tilsvarende form for Oslos T-baner (Broks, 2019) viser at bildet er mer komplisert for T-banen. En annen studie der deltakerne bare krysset av for opplevd lydstyrke, men hvor den objektive lyden er analysert videre på psykoakustiske parametere (Monslaup, 2019) antyder at en kombinasjon av lydstyrke (loudness) og skarphet (sharpness) gir best samsvar med deltakernes opplevde lydstyrke. En senere studie (Wadman, 2023) på opplevd støy fra elektrisk drevne og fossildrevne biler antyder meget stor spredning på opplevelsen av støyen.

Et problem med denne typen lyttetester er at man bare får med opplevelsen av den fysiske lyden i undersøkelsen. Andre faktorer i situasjonen som nærhet til støykilden, om man ser støykilden, om man må tilpasse livet sitt til støysituasjonen, hvorvidt støyen er kontinuerlig eller hvor ofte den opptrer, om støykilden oppleves som et problem på andre måter som f.eks. verdireduksjon på boligeiendommer kommer ikke med i denne typen undersøkelser.

Resultater

I det følgende skal det refereres resultater fra noen av undersøkelsene. Det vil bli sortert på samme måte som beskrivelsene av metoder. Det blir en gjennomgang av metodene kvalitative dybdeintervjuer, spørreundersøkelser og laboratorietester. Et generelt problem er at det selv ved meget store undersøkelser er vanskelig å få mange nok deltakere i undergrupper til å oppnå god statistisk pålitelighet (Clark, Vienneau & Aasvang, 2025).

Resultater av kvalitative dybdeintervjuer

Det må tas et forbehold om at deltakerne i denne typen undersøkelser kan være mer ressurssterke enn gjennomsnittet. Dette er ikke dokumentert ved nærmere undersøkelser, men stemmer godt med internasjonal litteratur (van Kamp & Woudenberg, avsnitt 1.12). Det begynner å bygge seg opp et godt inntrykk av hva folk gjør i forhold til støyen. Situasjonene som er undersøkt er litt ulike, men enkelte resultater gjentar seg hos mange av deltakerne.

Et generelt problem er at støyen er forstyrrende hele kvelden og tidlig på morgenen. For trikken og T-banen er det bare stille mellom halv to og halv fem på morgenen, på hovedveier begynner trafikken å ta seg opp omkring klokka seks. Det medfører at det blir vanskelig å sove med vinduet oppe om man ha soverom som er orientert mot støykilden.

For dem som har hage medfører støyen betydelig redusert bruk av hagen. Et vanlig problem er at man unngår å invitere folk for å være sammen utendørs. De som ikke er vant til trafikkstøy klarer ikke å være ute. Lysten til å stelle i hagen blir borte når arealet er støybelastet.

Noen bor også svært nær en trafikkert hovedvei (Bakke 2021, Myhrvold 2022). For disse er det også tilfelle at det ikke hjelper på inneklima å åpne vinduet. Da er det ikke bare støy som slipper inn, men også forurensning. En deltaker hadde gått til innkjøp av både luftrenser og luftfukter. Det kan også være et problem med opplevd utrygghet.

Det gjør ikke saken bedre at støyplagede personer ikke føler seg hørt. Norske regler og veiledere for trafikkstøy (Forskrifter til Forurensningsloven, NS 8175, NS 8176, T-1442) beskytter ikke tilstrekkelig til at alle føler at de har akseptable støy- og vibrasjonsforhold. For mange er det ikke mulig å oppnå gode forhold med hensyn på både støy og inneklima, det gjelder også for boliger som oppfyller alle gjeldende krav. En udokumentert oppfatning (egne erfaringer) er at folk opplever det som positivt at det blir gjort omfattende målinger av støy og vibrasjoner ute og inne. Det hjelper også på opplevelsen av situasjonen at folk opplever å bli forstått, selv om det fysiske problemet ikke blir løst. På lengre

sikt er det likevel viktig med en økt forståelse for opplevelsen av støy hos utbyggere og kommunale myndigheter.

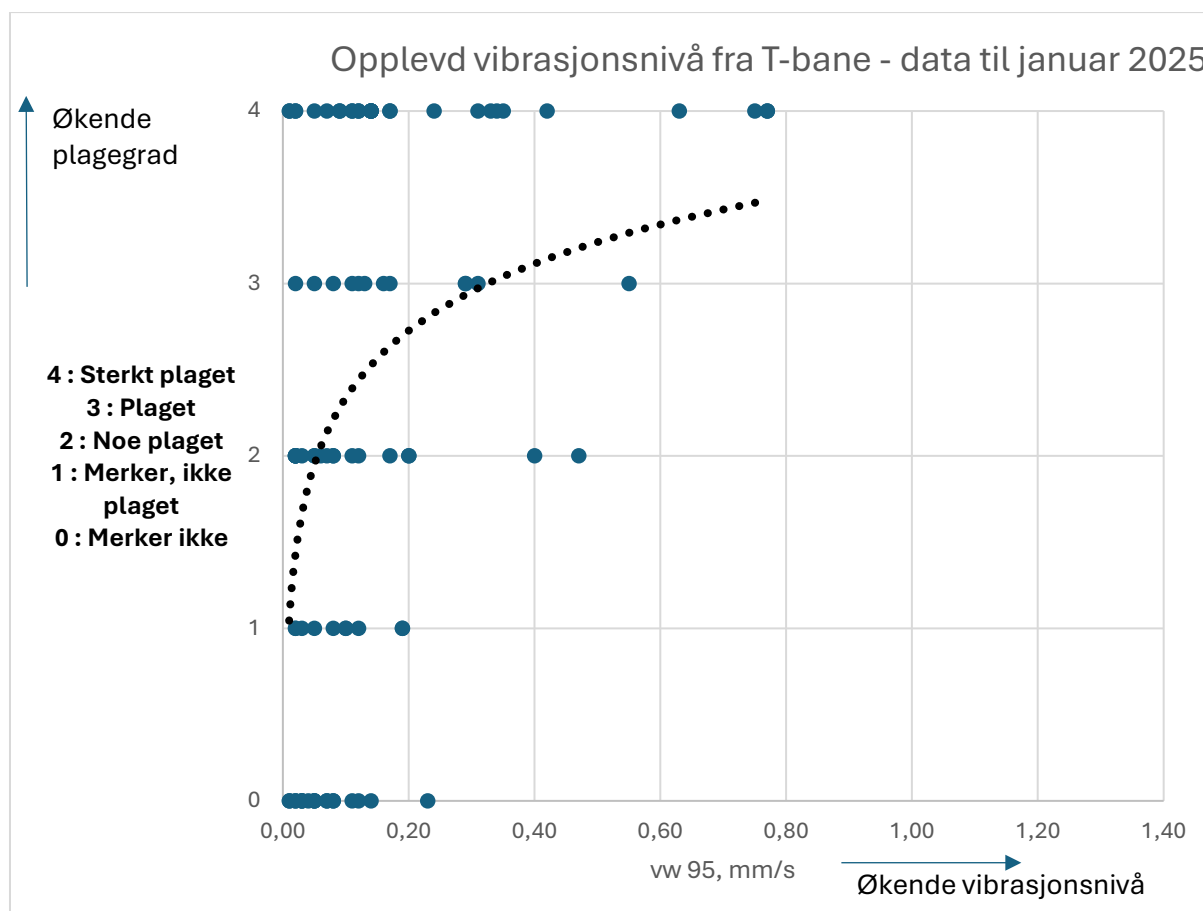
Noen har også nevnt positive faktorer i støyutsatte områder. Det å bo nær en større transportåre medfører at man har bedre kommunikasjon og raskere transport. Det har vært nevnt godt sosialt bomiljø, nærhet til marka og at man kan få en billigere bolig.

Kvalitative metoder kan gi oss svar på hvilke praktiske konsekvenser det har å være utsatt for trafikkstøy.

Resultater av spørreundersøkelser

Det er bare én spørreundersøkelse som er tatt med i grunnlaget for denne artikkelen (Olafsen, 2021b). Den undersøkelsen gjaldt vibrasjoner fra T-bane. Vi har senere supplert data fra spørreundersøkelsen med å be folk om å rangere vibrasjoner på en skala fra 0 (merker ikke), via 1 (merker, ikke plaget), 2 (merker, noe plaget), 3 (merker, plaget) til 4 (svært plaget).

I figur 1 er vist et plott der plagegrad av vibrasjoner er sammenliknet med en entallsverdi for vibrasjonsnivå.



Figur 1, vibrasjoner vs. plagegrad. vw_{95} er et standardisert mål på vibrasjonsnivå. Norsk regelverk (NS 8176) angir $vw_{95} = 0,3 \text{ mm/s}$ som en grense ved bygging av nye boliger eller nye vibrasjonskilder.

Datasettet er oppdatert fra tidligere presentasjoner (Olafsen, 2021b). Det er ikke funnet grunnlag for å gå forsøke å lage en formel eller en kurvetilpasning ut fra disse dataene. Den prikkede kurven viser den beste enkle formelen som ble funnet. Det eneste man egentlig kan si er at det ikke er funnet noen nedre grense for hvilket vibrasjonsnivå som kan oppleves som plagsomt. Det er en svak tendens til økende plagegrad med økende vibrasjonsnivå, men det er ikke grunnlag for å tallfeste denne tendensen. Resultatene er forenlig med andre undersøkelser som viser plagegrad mot støy eller vibrasjoner på individuelt nivå (Fields & Hall, 1987).

Det er 89 svar som er inkludert i dette plottet. Det oppgitte vibrasjonsnivået er målt på stedet, den etasjen i boligen der vibrasjonsnivået var høyest er vist.

Det pågår kontinuerlig registrering av opplevd plagegrad for støy og vibrasjoner fra andre kilder, lydisolasjon og andre parametere. Det er ikke tilstrekkelige data til at det kan presenteres.

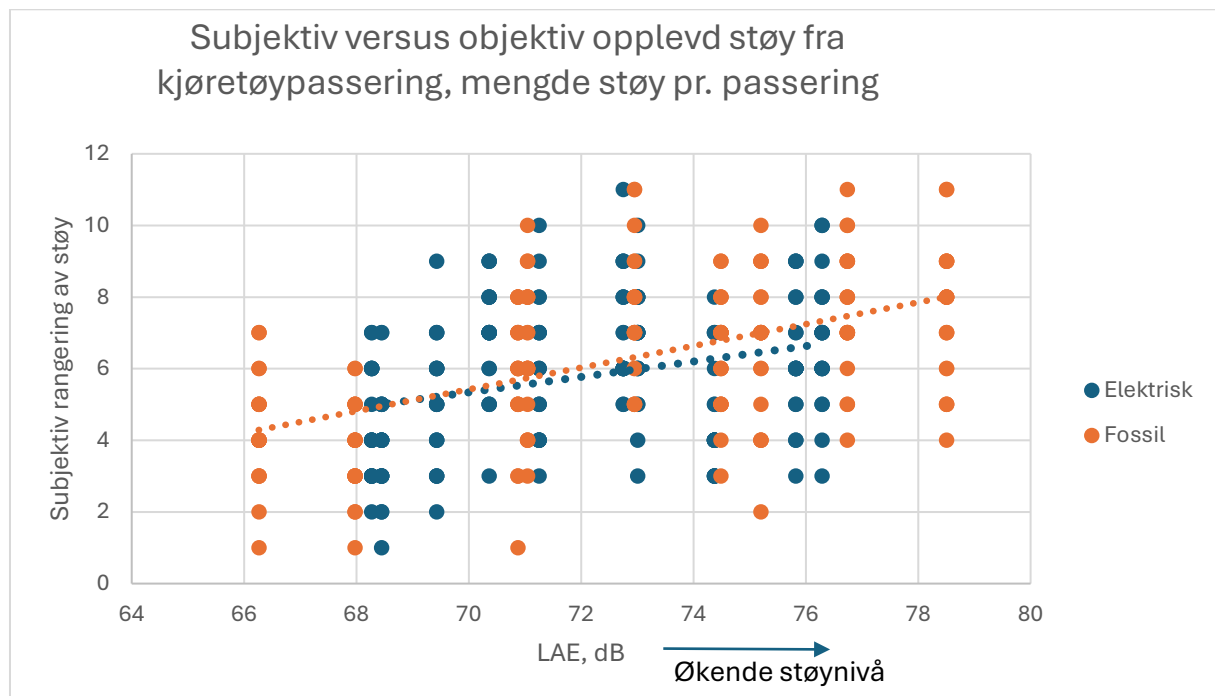
Resultater av laboratorietester

Det er gjort tre undersøkelser av hvordan folk oppfatter en lyd som spilles av. Lyden er tatt opp med et kunsthode, dette er en dokke som har form som en menneskelig overkropp med mikrofoner der mennesker har ører. Når lydopptaket spilles av via hodetelefoner får man en svært naturtro opplevelse av den fysiske lyden. Det er gjort to undersøkelser av T-banestøy. Broks (Broks, 2019) spilte av lydopptak av T-banen og ba deltakerne rangere hvor «høy» lyden var (loudness), hvor «skarp» (sharpness) lyden var, hvor «ru» (roughness) lyden var, om den hadde «tonepreg» (tonality) og hvor mye den fluktuerte (fluctuation strength). Det viste seg at de beste resultatene kom for opplevelsen av hvor «høy» lyden var og hvor «skarp» den var.

Monslaup spilte av tilsvarende lydopptak over hodetelefoner og ba bare sine 53 lyttere om å rangere lydvolume fra 0 til 10. Opptakene ble analysert både med tradisjonelle akustiske parametere og psykoakustiske parametere. Det viste seg at de viktigste parameterene var de psykoakustiske parameterene loudness («høy» lyd) og sharpness («skarp lyd»).

Fra disse to undersøkelsene ser det ut til at de opplevde egenskapene ved lyden passet bedre med de objektive psykoakustiske parameterene enn med de parameterene som vanligvis brukes (A-veid nivå, ulike typer midling og tidsvekting). Broks hadde et viktig funn, at opplevelse og psykoakustiske parametere beskrives på omtrent samme måte. Den praktiske nytten av disse studiene blir noe begrenset fordi nivåene var så høye at de må regnes som plagsomme uansett. Ingen av Monslaups deltakere rangerte lyden lavere enn 6 på en skala fra 0 til 10.

Den tredje undersøkelsen er basert på Wadmans masteroppgave (Wadman, 2023). Denne oppgaven dreide seg om fysisk og opplevd støy fra fossildrevne og elektriske biler. Lydopptakene og avspillingen var en del av masteroppgaven. Senere analyser av dataene er presentert for å vise en eventuell sammenheng mellom fysisk og opplevd støy fra enkeltkjøretøyer (Olafsen, Killengreen & Wadman, 2024). Den statistiske analysen viste resultater som passer med tidligere erfaring. Figur 2 viser opplevd støynivå plottet mot fysisk lydnivå. Skalaen for opplevd støy var et tall fra 0 til 10. Noen deltakere utvidet skalaen for opplevd støy til 11. Det er vist data fra 19 biler og 20 deltakere.



Figur 2, opplevd støy versus fysisk støy for enkeltbiler.

LAE er en entallsverdi for hvor mye lydenergi bilen gir til en mottaker langs veien. Vi ser en svak tendens til at opplevd støy øker med fysisk støy. Det er liten forskjell mellom elektriske og fossildrevne biler. Vi testet flere andre parametere for å se om det ga noen klarere sammenheng. Det ble ikke god korrelasjon mellom objektiv lyd og subjektiv lyd støy med noen av de forsøkte parameterene. Den individuelle variasjonen er så stor at det ikke har mening å lage en formel eller kurvetilpasning. De prikkede linjene er bare en omtrentlig orientering.

VIDERE ARBEID

Det presenterte materialet bygger på en serie masteroppgaver om opplevd trafikkstøy (Öqvist 2019, Monslaup 2019, Broks 2019, Bakke 2021, Øverdahl 2021, Veia 2022, Myhrvold 2022, Wadman 2023) som supplement til egen felterfaring. Oppgavene har hatt som mål å øke kandidatenes forståelse for at det trengs flere ulike fagområder for å kunne sette seg inn i hvordan folk opplever trafikkstøy, og for at hver situasjon og hver person har sine spesielle egenskaper. Det er vesentlig å formidle at det er nødvendig at forskere og beslutningstakere har felterfaring og har hørt på støyen folk blir utsatt for. Det er også viktig at de har lyttet til hva folk sier om hvordan de opplever den konkrete støyen de er utsatt for og hva de forsøker å gjøre med den, eventuelt hvilke tiltak som kan gi håp om en bedre situasjon. En «gjennomsnittlig plagegrad» for en befolkning er ofte lite relevant for den konkrete situasjonen den enkelte opplever.

Det lydmiljøet vi opplever er ikke bare preget av trafikkstøy. I tillegg til å fortsette å undersøke flere konkrete situasjoner med trafikkstøy bør det også gjøres tilsvarende undersøkelser av andre typer støy samt av betydningen av stillhet og ønsket lydmiljø. Det er mitt håp at akustikere, folkehelsekandidater, miljøpsykologer og andre kan fortsette å samarbeide om opplevelsen av støy og lydlandskap. Et annet håp er at man forstår at den subjektive opplevelsen er individuell og ikke passer så godt for statistisk analyse. Den aktuelle lokale situasjonen avviker alltid fra et typisk gjennomsnitt, og med dagens kunnskap har man ikke dekning for å redusere den opplevde støyen til et enkelt tall. En må av praktiske grunner bruke enkle objektive mål for støyen, men det er nødvendig med forståelse for at dette ofte ikke gjenspeiler den subjektive opplevelsen.

REFERANSER

Bakke, K.K., *Bråk om støy på Slettelekka - en kvalitativ studie om veitrafikkstøy i bolig*, Masteroppgave i folkehelsevitenskap, NMBU 2021

Brink, M. & Haasma, J., *Determining the population impact of environmental noise*, kapittel 5 i *A sound approach to noise and health*, 2025

Broks, A. *Psychoacoustic evaluation of noise from metro trains - A case study of the Oslo metros* Masteroppgave i akustikk 2019, NTNU

Clark, C., Vienneau, D., Aasvang, G.M. *Noise and effects on health and well-being* | *A Sound approach to noise and health*, Springer 2025

Creswell, J.W. & Plano Clark, V.L., *Designing and conducting mixed methods research*, 3. utgave, 2018

Fields, J.M. & Hall, F.H. *Community effects of noise*, kapittel 3 i *Transportation noise reference book*, 1987

Forskrift om begrensning av forurensning, kapittel 5 - støy – kartlegging, handlingsplaner og tiltaksgrenser for eksisterende virksomhet, 2004

Giddens, A. & Sutton P.W., *Sociology*, 8. utgave fra 2017, s 54

Helmholz, H., *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music*.

Engelsk oversettelse med en rekke tillegg av Alexander Ellis, 1885, oversatt fra 4. tyske utgave, 1877

Hill, E. *Noise sensitivity and diminished health – the role of stress-related factors*, Ph.D. avhandling, Auckland university of technology, 2012

Hoffmann, A., *Auralization, perception and detection of tyre-road noise*, Ph.D. avhandling, Chalmers University of Technology, 2016

Van Kamp, I. og Woudenberg, F. *A sound approach to noise and health*, avsnitt 1.6, *Decibels versus perception*, Bilthoven/Amsterdam 2025

Klæboe, R. *Human reactions to transportation noise, vehicular air pollution, and vibrations – Simple, and not so simple, exposure-effect relationships*, Oslo 2006

Doktoravhandling ved Department of Psychology, Faculty of Social sciences, University of Oslo.

Kryter, K.D., *The effects of noise on man*, New York, 1970

Monslaup, M. *An investigation into the psychoacoustic characteristics of train noise in Oslo, and their effect on annoyance*, Mastergradsoppgave i akustikk, NTNU, 2019

Moore, B.C.J *An introduction to the psychology of hearing*, Elsevier, 2007

Myhrvold, L.M. *Opplevelser av veitrafikkstøy fra riksvei 4 Trondheimsveien – En kvalitativ studie*, masteroppgave i folkehelsevitenskap, NMBU, 2022

NS 8175 *Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper*, 2019

NS 8176 *Vibrasjoner og støt. Måling i bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel, vibrasjonsklasser og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker*, 2017

Olafsen, S. *Metronova - research on physical and perceived noise and vibrations from Oslo's metro trains*, proceedings of ICBEN 2021, Stockholm

Olafsen, S. *Annoyance due to vibrations caused by metro trains in Oslo*, proceedings of BNAM 2021b

Olafsen, S., Killengreen, T.F., & Wadman, F., *On the association between noise exposure and annoyance for road and rail traffic noise*, proceedings of Internoise 2024, Nantes

T-1442, *Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2021)*,

Vea, V. *En kvalitativ studie om opplevelsen av støy fra trikken i Oslo*, masteroppgave i folkehelsevitenskap, NMBU 2022

Wadman, F. *Evaluation of noise emission from passenger cars in urban traffic - A comparison between electric passenger cars and passenger cars with internal combustion engines*
mastergradsoppgave i Sound and vibration, Chalmers 2023

Zwicker, E & Fastl, H, *Psychoacoustics -facts and models*, Springer 2007

Öqvist, T. *Nabo med T-banen - En kvalitativ studie om opplevelse av støy og vibrasjoner, "Vi hører jo rumlingen og vi hører jo slagene..."* Masteroppgave i folkehelsevitenskap, NMBU 2019

Øverdahl, E. *En kvalitativ studie om subjektiv opplevelse av veitrafikkstøy fra E18 Tønsberg – Sandefjord «Verden har ikke våknet, men E18 er våken»*, masteroppgave i folkehelsevitenskap, NMBU 2021