

AKUSTIKEN BAKOM KULISSERNA -STOMLJUDSATGÄRDER PÅ OPERAN OCH DRAMATEN

LJUDBLADET

EN MEDLEMSTIDNING FRÅN SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET NR 2 2024

ETT LITET FÖRSÖK TILL ORDNING I KAOS

ULTRALJUDSBASERAD LOKALISERING OCH KLASSIFICERING AV ROST
- MED TILLÄMPNING MOT TÄTPLÅTAR I KÄRNKRAFTENS REAKTORINNESLUTNINGAR

ETT BARNPERSPEKTIV PÅ EXPONERING
OCH HÄLSOPÅVERKAN AV BULLER

BULLRET BÖR BEGRÄNSAS
-TUNG DÖRR UTSTÄNGER VRÄLJUD

RAPPORTER FRÅN UTSÄNDA PÅ INTERNOISE, BNAM, HÄMI & NAS

PUBLIKATIONER FRÅN UPPSALA UNIVERSITET, CHALMERS
TEKNISKA HÖGSKOLA, KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN

Innehåll i LJUDBLADET

NR 2 2024

3 Ledare

Hans Bodén, ordförande i SAS, har ordet

4 Bullret bör begränsas –tung dörr utestänger vrålljud

Ett gammalt tidningsurklipp får nostalgin att flöda hos Torbjörn

8 Ett barnperspektiv på exponering och hälsopåverkan av buller

Kerstin höll en keynote på InterNoise om den viktiga frågan hur barn påverkas av buller

10 Ett litet försök till ordning i kaoset

Johan beskriver om hur en ny turbulensmodell används till ljudutbredning

14 InterNoise 2024 Nantes

Följ med på det som fängade Hans uppmärksamhet på årets InterNoise-konferens i Frankrike

18 Doktorsavhandling från Uppsala universitet

19 En resa till HÄMI 2024

–nationella miljöfrågor i fokus

Läs om Mys roll på en svensk konferens om hälsorelaterad miljöövervakning

21 Examensarbeten från Uppsala universitet

22 Examensarbeten från Chalmers

25 Baltic Nordic Acoustics Meeting 2024 Espoo

Torbjörn sammanfattar den multinationella konferensen från Finland

26 Doktorsavhandling från KTH

28 Akustiken bakom kulisserna

–stomljudsåtgärder på Operan och Dramaten

Simon och Deniz berättar om arbetet med att hålla omgivningsljudet ute

30 Examensarbeten från KTH

38 Ultraljudsbaserad lokalisering och klassificering av rost – med tillämpning mot tätplåtar i kärnkraftens reaktorinneslutningar

En studie av hur icke-linjära fenomen förbättrar utvärderingen av korrosion i ingjutna tätplåtar

41 Kortfattad rapport från

NAS höstmöte 2024, Bergen

Ärlig rapportering av Torbjörn från Norsk Akustisk Selskap höstmöte

43 Jul- och nyårshälsning

Året lider mot sitt slut och SAS vill tacka medlemmar och stödmedlemmar för året som har gått samt önska ett Gott Nytt Ljudår 2025

Svenska Akustiska Sällskapet

Ändamålet med Svenska Akustiska Sällskapet (SAS) att anordna föredrag, diskussioner samt att med andra åtgärder verka för akustikens utveckling. SAS bildades den 1 mars 1945 och har alltså långa traditioner att försvara.

SAS har för närvarande ca 275 medlemmar inklusive pensionärer, studenter och hedersmedlemmar. Vi arbetar nu målmedvetet på att höja ambitionsnivån för att dels få fler medlemmar och dels ge varje medlem mer valuta för medlemsavgiften.

Medlemsavgifter 2024

Ordinarie medlemsavgift inkl. LjudBladet (2 nr/år)
och Acta Acustics on line: 500:-

Medlemsavgift för pensionär: 250:-

Studerande: gratis (LjudBladet endast i pdf-format)

Stödmedlemskap för företag: 3.500:-/år
inkl. 1 st medlem

Annonsspriser 2024

Hel sida färg: 5.500:-/nr

Halv sida färg: 3.500:-/nr

Styrelse 2024

Hans Bodén, Ordförande, hansbod@kth.se

Torbjörn Kloow, Kassör, toby@nitk.se

Claes Hedberg, claes.hedberg@bth.se

Emma Arvidsson, emma.arvidsson@ecophon.se

Rebecca Kolmodin, rebecca.kolmodin@acad.se

Krister Larsson, krister.larsson@chalmers.se

Monica Waaranperä, monican@chalmers.se

My Broberg, my.broberg@structor.se

Valberedning 2024

Anders Schönbeck & Mats Åbom

Revisorer 2024

Björn Tunemalm & Maria Pettersson

Posten som revisorssuppleant är vakant

Svenska Akustiska Sällskapet

Plusgiro 32 08 56 - 8

Bankkonto Nordea 3202-209 3739

Organisationsnummer 802464-7755

IBAN 29 3000 0000 0320 2209 3739

SWIFT NDEASESS

LJUDBLADET NR 2 2024

ISSN 1403-2317

Grafisk form Christoffer Leijon, CC Design & Media

Teknisk produktion Allduplo Offsettryck AB

Ansvarig utgivare Hans Bodén KTH, 100 44 Stockholm

 www.akustiska-sallskapet.org

 [@akustik_swe](https://twitter.com/akustik_swe)

 company/svenska-akustiska-sallskapet

 info@akustiska-sallskapet.org

Jag deltog på InterNoise 2024 i Nantes i augusti och har skrivit en kort redogörelse därifrån till detta nummer av Ljudbladet. Under konferensen hölls även General Assembly både för I-INCE och EAA. Från I-INCE kan rapporteras att vi fick besked om utfallet av den nordiska ansökan om att organisera InterNoise 2027 i Köpenhamn. InterNoise 2027 gick till Padua i Italien men vi fick ändå positiv feedback på vår ansökan och uppmanades att försöka igen. Torbjörn Kloow har skrivit en text till detta nummer av LjudBladet om fortsättningen på detta arbete. Från EAA GA kan följande rapporteras som kan vara av intresse för våra medlemmar:

- EAA har fattat beslut om Forum Acusticum fram till 2028: 2025 Malaga, 2026 Graz, 2027 Bryssel samorganiserat med ASA, 2028 Funchal samorganiserat med ICA.
- Det pågår en diskussion om att göra Forum Acusticum helt peer reviewed. Det finns olika åsikter och inget beslut är fattat.

- Det finns även en diskussion om att göra Acta Acustics diamond open access. Det kommer att komma en förfrågan till oss om att ta kontakt med universitetsbibliotek om möjligheten att betala direkt till förlaget för detta.
- Det beslutades att sätta av medel från EAA för stöd till internationell standardiseringsaktivitet (CEN/TC 211, ISO/TC 43, ISO/TC 43/SC 1). Ett förslag att detta skulle kanaliseras genom DIN.

Svenska Akustiska Sällskapet firar 80-årsjubileum nästa år och vi kommer att arrangera SAS ljuddag 2025 i Malmö 26-27 mars. Det blir två dagar med årsmöte och mini-konferens om akustikforskning i Sverige samt middag med underhållning. Gissningsvis kommer vi att börja kl. 11 dag 1 och slutar ca. 15 dag 2. Vi återkommer med mer detaljer så snart de är tillgängliga.

Jag har noterat vid kontakt med våra nordiska systerföreningar att man där har mer strikta regler för mandatperioder i sina styrelser. I Danmark får man till exempel bara sitta i styrelsen två mandatperioder på två år vardera. Vi har ju inga sådana regler

men som medlem kan du fundera på om vi skulle ha något liknande i SAS. Jag kan se både fördelar och nackdelar med att införa ett sådant system. Man skulle kunna få in förnyelse och nya idéer i styrelsearbetet men man skulle också riskera att tappa i kontinuitet. Jag tänkte ta upp det som en diskussionspunkt på nästa årsmöte.

Jag vill även uppmana till att lämna in nomineringar till mottagare av Ljudpriset och Ljudmiljöpriset. Vi behöver ha dessa tills i januari för att kunna ta beslut i god tid innan årsmötet och Ljuddagen 2025.

Detta nummer av LjudBladet kommer att distribueras i mitten på december, så jag vill ta tillfället och tillönska alla våra medlemmar en God Jul och ett Gott Nytt År!



Hans Bodén

Ordförande, Svenska Akustiska Sällskapet
hansbod@kth.se 070-694 49 62



Vill du som medlem dela med dig av något intressant, nytänkande eller något du vill ta upp för diskussion?

LjudBladet vänder sig till akustiker inom ett brett spektrum av olika specialiteter. Tidningen når drygt 275 medlemmar och utkommer två gånger om året. Skicka en artikel som du vill publicera till info@akustiska-sallskapet.org

De flesta kanske vet att SAS grundades vid ett konstituerande möte 21 mars 1945 och att undertecknad för närvarande är kassör i SAS. Jag fick vid tillträdet ”ärva” diverse äldre dokument av Siw Sundqvist som tidigare skötte föreningens medlemsregister och räkenskaper. När jag gick igenom materialet så fann jag dokumentation ända från 1980. Därefter är det relativt komplett med ekonomi och årsmöten mm. Själv blev jag medlem hösten 1981 och då fanns det 140 betalande medlemmar och medlemsavgiften var 60 kr. Vill man gå längre tillbaka i tiden kan man läsa Hans Jonassons historiska skrift om SAS:

Acoustics in Sweden 1940-2013
Introduction and the Swedish
Acoustical Society, *skriven av Hans Jonasson.*

Jag räknar med att vi kan lägga upp den på SAS hemsida inom kort, eller hör av av Er till mig så mailar jag den. Jag började sedan fundera på hur det var med akustiken tidigare, från sekelskiftet fram till 1940, ett par namn dyker upp:

- Kjell Stensson på SR 1917-1990,
- Ove Brandt KTH 1918-1982,
- Stellan Dahlstedt AGA 1910-1991

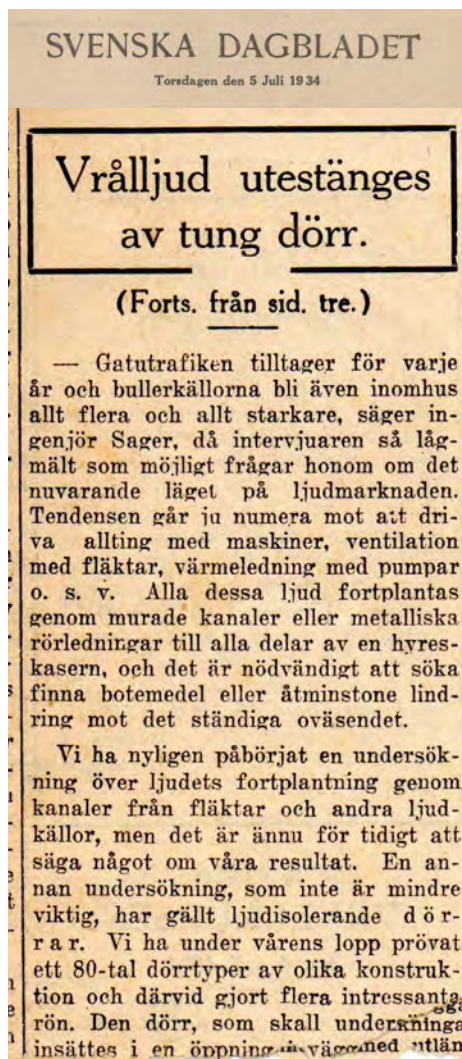


Utav dessa har jag träffat och haft den stora förmånen att arbeta med Stellan Dahlstedt då vi båda var Lidingöbor och fick uppdraget att se över akustiken i Lidingö kyrka. I samband med att han pensionerade sig fick jag dessutom hans gamla konsthuvud från hans binaurala mätningar i konserthuset som förövrigt har ytteröron motsvarande Mendel Kleiners. Under mitt grävande stötte jag på följande på följande historik **skriven av Helene Broms och Nina Enström, Kulturarv Stockholm**, om Stellan Dahlstedt och hans karriär där han först engagerades av AGA som hade en stor fabrik på Lidingö:

"Stellan engagerades först av AGA som hade stor fabrik på Lidingö. Gustaf Dalén hade bland ca 1920 givit sitt stöd åt en uppfinnare som försökt få fram ljudfilm – AGA tillverkade redan en egen stumfilmsprojektor. Därför var det inte så märkligt att det var AGA som Svensk Filmindustri vände sig till 1929 när ljudfilmen kom och det gällde att få fram svensk tillverkning av ljudfilmsapparater, eftersom de utländska var hutlöst dyra. AGA-Baltic lyckades och blev ledande i den svenska "kinobranschen", en ställning man behöll trettio år. Den första provanläggningen demonstrerades på biografen Sture i Stockholm 1929. Vid den tiden gick Stellan Dahlstedt på Tekniska högskolan. Han behövde praktik och ringde till AGA för att bora om det fanns något på ljudfilmsavdelningen under sommaren. Stellan berättade: – Jag hade sett ljudfilm i England redan 1926 och var intresserad, men när praktiken skulle börja var det anställningsstopp. Året var 1930 och det var dåliga tider. Men Stellan fick börja vid AGA-Baltics försäljnings- och servicekontor för ljudfilm vid Norra Bantorget. – Vi satt fyra grabbar och bytte membran i högtalare och andra enkla saker."

Ta del av hela artikeln:

<https://www.kulturarvstockholm.se/industrihistoria/aga/filmindustrin-bad-aga-om-hjalp/>



Härom veckan städade jag lite därhemma och då hittade jag diverse urklipp från gamla dagstidningar som min pappa sparat på och de handlade mest om familjeangelägenheter mm. Ibland fann jag en hel sida, ibland en halvsida och en av dessa halvsidor var från **Svenska Dagbladet den 5 Juli 1934, sida 11** och plötsligt såg jag rubriken **"Vrälljud utestänges av tung dörr"**, men artikeln var halv och början saknades.

Här blir man nu nyfiken på resten av artikeln och det mest intressanta borde ju stå i början. Genom att ta en korttidsprenumeration på Svenska Dagbladet får man tillgång till deras historiska arkiv och då hittade fortsättningen på sida 11 och även början på sida 3.

När jag läser texten tycker jag det verkar precis som dagens diskussioner:

- Gatutrafiken tilltager
- Bullerkällor inomhus blir fler och starkare
- Drivs med maskiner, ventilation, pumpar mm
- Fortplantning genom kanaler, rör

Det är nödvändigt att söka finna botemedel eller åtminstone lindring mot det ständiga oväsendet.

Fortsättning från Svd historiska arkiv

Vad ska vi göra:

- Undersöka ljudets fortplantning
- Undersöka ljudisolerande dörrar

Mätmetod dörrar:

- På ena sidan står en högtalare, **som utslungar de vilda tjuten från en s.k. vrålgenerator**
- På dörrens andra sida står en mikrofon, som upptager det ljud som genomsläppes
- Ljudet från båda sidor föres till en mätapparat som registrerar intensitetsförhållandet och sålunda även dörrens isolationsförmåga

Man kan undra om Stellan Dahlstedt inte hade ett finger med i spelet när AGA utvecklade apparaten.

Det står ovan: ”Det är påbörjat undersökningar av fortplantningen av ljudet genom kanaler från fläktar och andra ljudkällor, så är det för tidigt att säga något om resultaten” men man kan sammanfatta:

- Undersökningar bekräfta den gamla erfarenheten att det ljudisolerande materialet bör ha stor vikt per ytenhet
- Om kravet ljudisolering är stort är det oftast bättre att bygga en dubbeldörr. Vardera dörren kan beklädas på insidan med en träfiberskiva, som absorberar ljudet bättre än filt
- Isolationen stiger i allmänhet med tonhöjden så att låga toner går bäst genom väggar och dörrar
- Generellt kan man säga, att en dörr av måttlig vikt och tjocklek utestänger ljud med en styrka av upptill 50 decibel
- En dörr måste ha springor
- En lång spring har ju en ganska stor yta och kan, om den inte omsorgsfullt skyddas med fals, släppa igenom lika mycket ljud som hela dörren!

Hur är det då i praktiken?

- Det har syndats mycket på detta område
- Med den erfarenhet man nu har torde tiden snart vara inne för myndigheterna att utfärda normer för den största tillåtna ljudstyrkan såväl i gatutrafiken som inomhus i fabriker, kontor och boningsrum.
- **Ett annat önskemål är att lägenheterna klassificeras med hänsyn till ljudisoleringen**

”Men härmed äro vi kanske inne på fromma önskningar...”

Man kan undra vad ingenjör Sager hade tyckt om dagens metoder, standardisering och klassificering, men en sak torde vara klarlagd – Ingenjör Sager hade säkert varit en framstående akustikkonsult nu i nådens år 2024 om han hade levat.

Ingenjör J.H. Sager arbetade vi bullerlaboratoriet i källaren under professor Henrik Kreügers byggnadstekniska inst. på Tekniska Högskolan vid Valhallavägen. Henrik Kreüger var civ ing vid väg- och vattenbyggnads-teknik vid KTH 1904 och kusin till den mer kände Ivar Kreüger. Henrik Kreüger var inblandad i att ta fram armerad betong och genomförde grundläggningsprojekt för Stockholms Stadion, NK, Konserthuset och Lidingöbron mm. >>

rön. Den dörr, som skall undersökas, insättes i en öppning i väggen mellan två små rum i källaren. På ena sidan dörren står en högtalare, som utslungar de vilda tjuten från en s. k. vrålgenerator, vars intensitet och tonhöjd kan varieras i alla i praktiken förekommande lägen. På dörrens andra sida står en mikrofon, som upptager det ljud som genomsläppes. Ljudet från båda sidor föres till en mätapparat, som registrerar intensitetsförhållandet och sålunda även dörrens isolationsförmåga. För detta ändamål användes en apparat av ny konstruktion, som byggts vid AGA efter våra anvisningar.

Våra undersökningar bekräfta den gamla erfarenheten, att det ljudisolerande materialet bör ha stor vikt per ytenhet. En dörr av järnplåtar med kapok, ett slags bomull, såsom mellanlägg är mycket ljudtät. I praktiken kan man ju inte göra en dörr hur tjock och tung som helst. Om kravet på ljudisolering är stort, är det oftast bättre att bygga en dubbeldörr, varvid vardera dörren kan beklädas på insidan med en träfiberskiva, som absorberar ljudet bättre än filt.

Isolationen stiger i allmänhet med tonhöjden, så att låga toner går bäst igenom väggar och dörrar. En massiv dörr har emellertid fördelen att utestänga ljud av olika frekvens i tonskalan ungefär lika bra. Generellt kan man säga, att en dörr av måttlig vikt och tjocklek utestänger ljud med en styrka av upptill 50 decibell, vilket ungefär motsvarar högröstat tal eller slamret från skriv- och räknemaskinerna på ett kontor.

— En dörr måste ha springor för att kunna öppnas och stängas, och vi ha därför även studerat ljudets gång genom dörrspringor, tillägger ingenjör Sager. En lång springa har ju en ganska stor yta och kan, om den inte omsorgsfullt skyddas med en fals, släppa igenom lika mycket ljud som hela dörren!

— Tillämpas alla dessa rön, som erhållits inom laboratoriet, också i praktiken? undrar intervjuaren.

— Det hoppas vi åtminstone, svarar ingenjör Sager. Våra undersökningar ha utförts med bidrag från H. S. B., vilket ju vittnar om hyresgästernas intresse för saken. Men det har syndats mycket på detta område. Med den erfarenhet man nu har torde tiden snart vara inne för myndigheterna att utfärda normer för den största tillåtna ljudstyrkan, såväl i gatutrafiken som inomhus, i fabriker, kontor och boningsrum. Ett annat önskemål är att lägenheterna klassificeras med hänsyn till ljudisoleringen. Men härmed äro vi kanske inne på de fromma önskningarnas område...

—x.

Så nu kommer vi till framsidan på artikeln med kort sammanfattning:

- Nya rön i Teknis' bullerstudio
- Tung dörr utestänger vrålljud, isolationsförmågan beror bl a av tyngden
- Bullret bör begränsas
- Vrålgeneratorn ger upphov till tjtuljud av olika styrka och tonhöjd
- Dubbeldörr bättre
- Täta springor
- Normer bör utfärdas
- Lägenheter bör klassificeras

”upp till kamp mot kvalen

Artikeln som nu har 90 år på nacken är precis lite av vad som diskuteras idag 2024 - vi främjar en bättre ljudmiljö i samhället.

- ”Kvalen” äro de öronpinor och nervsmärtor, som orsakas av det infernaliska oväsen som råder i storstaden, såväl utomhus som tyvärr även inomhus
- Den oavslutade striden mot bullerdraken
- Själva striden överlättes åt andra: Myndigheter, gatutrafikanter, byggmästare, husägare och, icke minst hyresgästerna

Tycker det var kul att se och förstå att redan de riktigt gamla akustikerna tänkte precis i samma banor som nu, jag har inte sett det så tydligt dokumenterat som här. Här har vi något att diskutera på Ljuddagen 2025 då SAS fyller 80 år.

I samband med att jag hittade artikeln ovan hittade jag även Kristianstadsbladet från 5 september 1956. Det visar sig att hörapparaterna och audiologin växte fram på 1950-talet efter den banbrytande Internationella Audiologikursen i september 1950. De nedanstående Hörglasögonen såldes av AB Svensk Ljudteknik i Malmö där kundbesöken bokades in på hotell och fick namnet hotellförsäljningen i folkmun. Hur de fungerade vet jag inte.

Onsdagen den 5 september 1956

HÖRSEL-



glasögon i ny modell

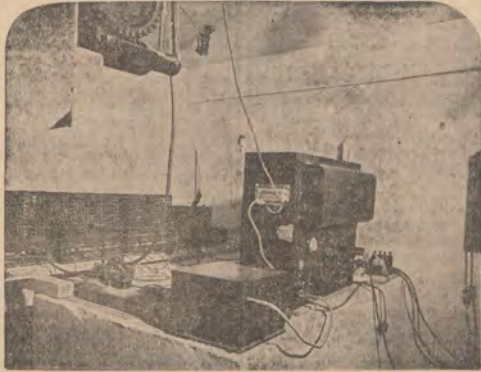
ADITONE ALLTRANSISTOR HÖRGLASÖGON har nu kommit i ett helt nytt utförande. Tack vare de eleganta bågarna och de smala skalmarna kunna de icke skiljas från ett par vanliga glasögon. Den perfekta ljudåtergivningen och det gedigna utförandet gör dem till den svenska marknadens förnämsta hörglasögon.

Bestäm Er därför inte för några andra hörglasögon eller hörapparater förrän Ni provat nya ADITONE HÖRGLASÖGON. Skriftlig garanti. Avbetalning.

Klipp ut annonsen. Tag gärna någon anhängig eller bekant med Er och besök vår specialmottagning, så får Ni gratis prova nya ADITONE HÖRGLASÖGON eller några av våra andra ALL-TRANSISTOR HÖRAPPARATER.

2024: Utifrån bilderna sett ser de ut ungefär som dagens glasögon med hörapparat, med den skillnaden att jag är övertygad om att dagens hörapparater är väsentligt mycket bättre än gårdagens hörglasögon.

Bullret bör begränsas



Vrålgeneratorn, som ger upphov till tjtuljud av olika styrka och tonhöjd.



Civilingenjör J.-H. Sager vid den nya apparaten för mätning av ljudisolerande material.

Tung dörr utestänger vrålljud.

Lägenhet bör klassificeras med ljudmetod.

Nya rön i Teknis' bullerstudio.

En 80-tal dörrar av olika material och konstruktion ha under de senaste månaderna prövats i ljudlaboratoriet på Tekniska högskolan i syfte att finna vilken typ som bäst utestänger ljudet. Isolationsförmågan beror bl. a. av tyngden. Det är därför opraktiskt bygga en enkeldörr, som blir alltför tjock och tung, om den skall vara effektiv. Dubbeldörr gör bättre tjänst. Oönskvärda springor måste lätas med omsorg. Normer för högsta tillåtna ljudstyrka bör utfärdas av myndigheterna och lägenheterna klassificeras efter graden av ljudisolerering. Eja, vore vi där!

”Upp till kamp mot kvalen!” kunde man sätta som inskription över nedgången till bullerlaboratoriet i källaren under professor H. Krügers byggnadstekniska institution på Tekniska högskolan vid Valhallavägen, där assistenten civilingenjör J.-H. Sager är sysselsatt med att mäta väggar, bjälklag, dörrar etc. av alla former och dimensioner för att prova deras ljudisolerande egenskaper. ”Kvalen” äro de öronpinor och nervsmärtor, som orsakas av det infernaliska oväsen som råder i storstaden, såväl utomhus som tyvärr även inomhus. I Svenska Dagbladet har förut berättats om den oavslutade striden mot bullerdraken, som förs vid institutionen. Här mätes ljudets intensitet med sällsynta apparater och smidas de vapen, med vilka bullret kan bekämpas. Själva striden överlättes åt andra: myndigheter, gatutrafikanter, byggmästare, husägare och, icke minst, hyresgästerna.

(Forts. på sid. elva.)

- Nu finns det HÖRSEL-glasögon i ny modell
- Perfekta ljudåtergivningen
- Osynlig Hörapparat

HÖRSEL

Nyhet

Sigvard Bernadotte

har skrivit fram åt de nya ADITONE HÖRGLASÖGONEN, som möter oss de höga skilda anseende på teknisk fulländning och modern ljudåtergivning — en osynlig hörapparat

KLIpp UR ANNONSEN: Tag gärna någon anhängig eller bekant med Er och besök vår konsult, eller ring för konsultation hos oss, så får Ni gratis prova NYHETEN eller våra andra hörselapparater. Apparater ingår i skilje.

Skriftlig garanti **Avbetalning**

Batterier, service och tillbehör för alla hörapparater

Malmö	Södra Fästningsgatan 1	öppettid	kl. 9-18
Teckenstorp	Teckenstorp Hotell	öppettid	21 okt. kl. 10-12
Elfvä	Stadshuset	öppettid	21 okt. kl. 10-18
Hörby	Södra Hotellet	öppettid	28 okt. kl. 10-12
Höve	Gästgäststugan	öppettid	28 okt. kl. 10-12



Torbjörn Kloow
Styrelseledamot
Svenska Akustiska Sällskapet
toby@nitk.se



ACOUTRONIC

Er partner inom Ljud och Vibrationer

Ljud- & Vibrationsmätare



Bullerövervakning



Portabla mätsystem



Byggnads- & rumsakustik



Mätmikrofoner

MICROTECH GEFELL



Akustisk Kamera



ETT BARNPERSPEKTIV PÅ EXPONERING OCH HÄLSOPÅVERKAN AV BULLER

Kerstin Persson Waye (GU)
kerstin.persson.waye@amm.gu.se

I december 2023, fick jag en inbjudan att presentera en keynote på Inter-Noise i Nantes i Frankrike 2024. Det var den 53:e gången som Inter-Noise organiserades och denna gång ville man förutom de traditionella temana, fokusera på ett femte tema med titeln: *"From Jules Verne's world to multi-disciplinary approaches in acoustics & noise control engineering"*

Med detta avsåg man att inkludera presentationer som fokuserade på en kombination av teknisk kontroll av ljud och buller med hälsoaspekter och sociala frågor samt om möjligt även kulturella frågor.

Organisatorerna ville gärna att jag inriktade mitt tal på hälsoaspekter av buller generellt och allra helst om hur barn påverkades. Eftersom jag sedan mer än 20 år tillbaka varit särskilt intresserad av hur små barn uppfattar och påverkas av ljud och buller kunde jag inte säga nej. Detta var min tredje keynote för Inter-Noise, och även om de två föregående handlade om viktiga frågor som hälsopåverkan av vindkraftsbuller respektive ljudmiljön inom sjukvården, kände jag att denna presentation var särskilt viktig för mig och för barn och unga vuxna som utsätts för buller i sin vardag.

Förhoppningsvis kunde föredraget inspirera åhörarna till att diskutera varför vi behöver ett barnfokus på bullerexponering och hälsopåverkan av buller, och varför detta är fördelaktigt eller till och med nödvändigt. Titeln på föredraget var: *Adopting a child perspective on noise exposure and health effects - Challenges and possibilities.*

Varför behövs då ett barnperspektiv?

I korthet beroende på de tre skäl som anges i Bild 1.

- Barn exponeras för andra ljud och ljudnivåer, och detta varierar i ett livslöppsperspektiv, här begränsar vi denna period till (0-21 år.
- Barn är olika sårbara för hälsopåverkan av buller under olika utvecklingsstadier
- Barn har mycket begränsade möjligheter och förmåga till att hantera bullriga situationer och detta varierar över tid.

Barn och unga vuxna är en grupp av befolkningen som kan vara särskilt sårbara för bullerexponeringar och deras känslighet kan variera under olika perioder från fosterstadiet, förskoleåldern, skolåldern, tonåren upp till unga vuxna. Under dessa perioder kommer inte enbart deras exponeringen att variera på grund av vilken

plats de befinner sig – som foster i livmodern, i hemmet, i förskolan, i skolan, på någon fritidsaktivitet - utan också på grund av deras bristande möjlighet att kontrollera och hantera bullriga situationer som t ex i förskolan. Vidare finns åldersrelaterade biologiska skillnader i hörandet som beror på anatomiska skillnader av axlar, huvud och ytteröra, vilket vi ofta refererar till som hörselrelaterade transferfunktioner (Head related transfer functions. HRTF). Tillsammans med hörselgångens storlek påverkar dessa hur olika frekvenser förstärks och därmed ett barns exponering för olika frekvenser vid trumhinnan. Denna påverkan skiljer sig från en vuxen person fram till ca 7 års ålder (Fels 2008).

För att förstå hur barn påverkas av ljud i ett livslöppsperspektiv behöver vi fundera kring när exponeringen sker i förhållande till ett barns neurofysiologiska utveckling, och vad som händer vid upprepade exponeringar. Tidig exponering kan enligt djurstudier vara särskilt allvarlig, och det har exempelvis



visats att om mycket unga möss exponeras för höga ljud leder detta till större risk för hörselskada hos den åldrande musen jämfört med om möss exponeras i vuxen ålder.

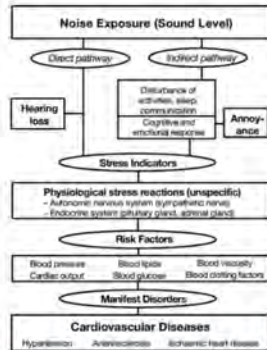
Den traditionella modellen som föreslogs av Babish 2002 (vänster figur i Bild 2) och som schematiskt anger hur buller kan påverka oss genom akuta stressreaktioner, kroniska reaktioner och så småningom leda till sjukdom, räcker således inte. I Bild 3 visas till höger även en modell av hur vi kan ta in ett livslöppsperspektiv av exponeringen och dess effekter. Modellen i sin helhet publicerades av Persson Waye et al (2023).



Bild 1. Tre viktiga skäl till att anta ett barnperspektiv på bullerexponering och hälsopåverkan.

Some reflections on this topic

The traditional approach



The life course perspective

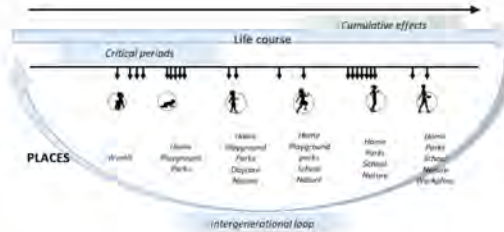


Bild 2. Ett barn och livslöppsperspektiv utmanar den traditionella modellen (Babish2002) av hur buller påverkar hälsan. Här visas till höger, delar av en modell som utvecklats av Persson Waye et al 2024, vilken beskriver hur exponering och hälsa påverkas i ett livslöppsperspektiv och där exponeringarna påverkas av biologiska faktorer relaterade till ålder, geografiska och rumsliga faktorer relaterade till plats och sociala och beteenderelaterade faktorer aktiviteter relaterade till aktiviteter.

I min presentation gav jag exempel på kritisk exponering under fosterstadiet, med särskild tonvikt på betydelsen av nivå samt frekvens och mammans exponering under graviditeten. Vidare pratade jag en hel del om ljudmiljön i förskolan, dess karaktär och nivåer samt hur denna ljudmiljö kan påverka barns beteende och koping, psyko-somatiska välbefinnande samt språkutveckling och hörsel.

Slutligt budskap var:

- Barns aktivitetsmönster, plats för aktiviteter, beteende samt fysiologi påverkar barns exponering och ökar deras sårbarhet för buller
- Bullerexponeringen vid unga år kan negativt påverka optimal neural utveckling, språkinlärning, hörsel samt beteende. Ur ett utvecklingsperspektiv riskerar detta påverka skolberedskap och hälsa.

- Det finns ett behov av att anta mät- och värderingsmetoder som utgår från barnspecifika förutsättningar gällande exponering och effekt.
- Genom att anta ett barnperspektiv kan vi få en djupare förståelse för hur man uppnår en stödjande akustik för barn. För att driva detta område inom akustik krävs interdisciplinärt samarbete.

Sammanfattningsvis var det mycket positivt att prata om detta ämne på Inter-Noise. Tack alla kollegor och forskningspersoner som bidragit! Det var flera åhörare som kom fram efteråt, och jag tog särskilt till mig en akustiker som berättade att det han hört "was a true eye opener for him".

Take away message



- Childrens' activity pattern, place for activities, behaviour and physiology, make them differently exposed to and possibly differently vulnerable to noise.
- The early age exposure to noise may negatively affect optimal neural development, language acquisition, hearing as well as coping behaviour. In a development perspective, this can affect school readiness and health.
- There is a need to adopt new strategies for child-specific assessment methods within indoor acoustic and noise control. The acoustic methods could take the child perspective as a starting point.
- By adopting a child perspective, incorporating their exposure, and reactions we can gain a comprehensive understanding of how to achieve a supportive acoustic environment for children. Advancing this field of acoustics will require interdisciplinary collaboration.



Mer information om forskningsgruppen Ljudmiljö och hälsa på www.gu.se/forskning/ljudmiljo-och-halsa

Referenser:

- Babish W. The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. *Noise Health*. 2002;4(16):1-11. PMID: 12537836.
- Fels J. From children to adults: Binaural cues and ear canal impedances [Doctoral dissertation]. Logos-Verl; 2008.
- Kerstin Persson Waye, Jesper Löve, Peter Lercher, Angel M. Dzhambov, Maria Klatte, Dirk Schreckenberg, Christin Belke, Larisa Leist, Gordana Ristovska, Sonja Jeram, Katja M. Kanninen, Jenny Selander, Arzu Arat, Thomas Lachmann, Charlotte Clark, Dick Botteldooren, Kim White, Jordi Julvez, Maria Foraster, Jaakko Kaprio, Gabriele Bolte, Achilleas Psyllidis, John Gulliver, Hendrick Boshuizen, Alessandro Bozzon, Janina Fels, Maarten Hornikx, Peter van den Hazel, Miriam Weber, Marco Brambilla, Ella Braat-Eggen, Irene Van Kamp, Natalia Vincens . Adopting a child perspective for exposome research on mental health and cognitive development - Conceptualisation and opportunities., *Environmental Research*, Volume 239, Part 1, 2023, 117279, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117279>.



Kerstin Persson Waye

Professor och Forskargrupsledare
Ljudmiljö och hälsa
Samhällsmedicin och folkhälsa
Institutet för Medicin,
Göteborgs universitet
kerstin.persson.waye@amm.gu.se

ETT LITET FÖRSÖK TILL ORDNING I KAOSET

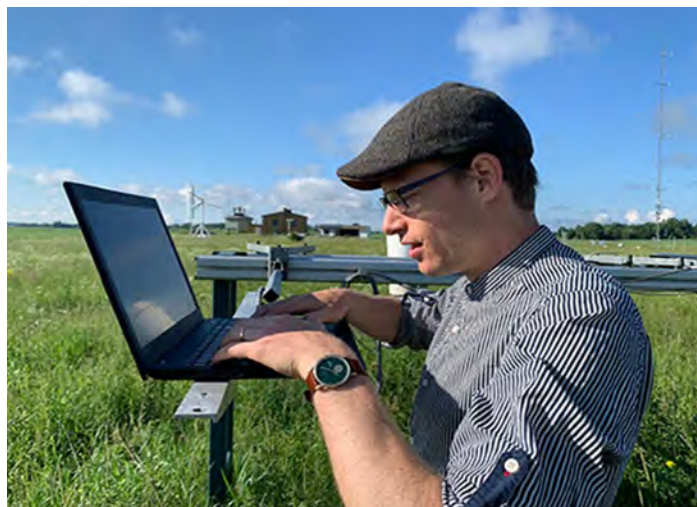
OM HUR EN NY TURBULENSMODELL ANVÄNDS TILL LJUDUTBREDNING

Johan Arnqvist (UU)
johan.arnqvist@geo.uu.se

Turbulent spridning av ljud är en komplex process med många komponenter. Spridning av ljud bakom bullerskydd eller byggnader, mätningar med SODAR och utjämnande effekter vid markreflektion är alla beroende av turbulens i luften. Turbulens är en av de väderrelaterade faktorer som varierar allra mest och dess natur är svårfångad i matematiska modeller. Frågan om bättre turbulensmodeller också leder till bättre tillförlitlighet vid ljudnivåberäkningar har undersökts i ett projekt som nu närmar sig sin slutfas.

Turbulens karakteriseras av kaos. Det finns ingen riktigt bra definition annat än denna. Oordning. Oordning i luftens rörelser, oordning i lufttryck och i temperatur. Men det är viktigt att påpeka att oordning och kaos inte innebär total slumpmässighet. Det finns fysikaliska orsaker till att ett visst turbulensmönster uppstår och det är inte en totalt slumpmässig variation som naturen uppvisar. *I ett forskningsprojekt har vi har försökt att utreda om mer ordnat kaos är bättre än slumpmässigt kaos för att modellera ljudutbredning nära marken.*

Att turbulens är viktigt för ljudutbredning är väletablerat. Man brukar dela upp effekten på diffraktion och refraction av turbulens. Diffraktion är ett interferensfenomen som uppkommer när turbulensen orsakar variationer i brytningsindexet som är av samma storleksordning (Braggs-spridning) eller mycket mindre än (Rayleigh-spridning) som våglängden för den aktuella ljudvågen. Refraktion blir det istället när turbulensen skapar gradienter i ljudhastighet som är mycket större än våglängden för den aktuella ljudvågen och detta leder till avböjning i utbredningsriktningen. Man kan säga att turbulensen i luften "smittar" av sig på ljudfältet och leder till att ljudnivån varierar kraftigt på grund av snabba variationer mellan konstruktiv och negativ interferens.



Figur 1. Projektledare Johan Arnqvist försöker få lite ordning i kaoset. Den 30 meter höga mätmasten vid i Marstalaboratoriet norr om Uppsala kan ses till höger i bilden. Under två års tid har specialdesignade turbulensmätningar genomförts på platsen. Syftet med projektet som finansierats av FORMAS har varit att insamla data för att validera en ny turbulensmodell som passar att använda till avancerade ljudutbredningsberäkningar. Projektet har involverat forskare från Uppsala universitet och KTH.

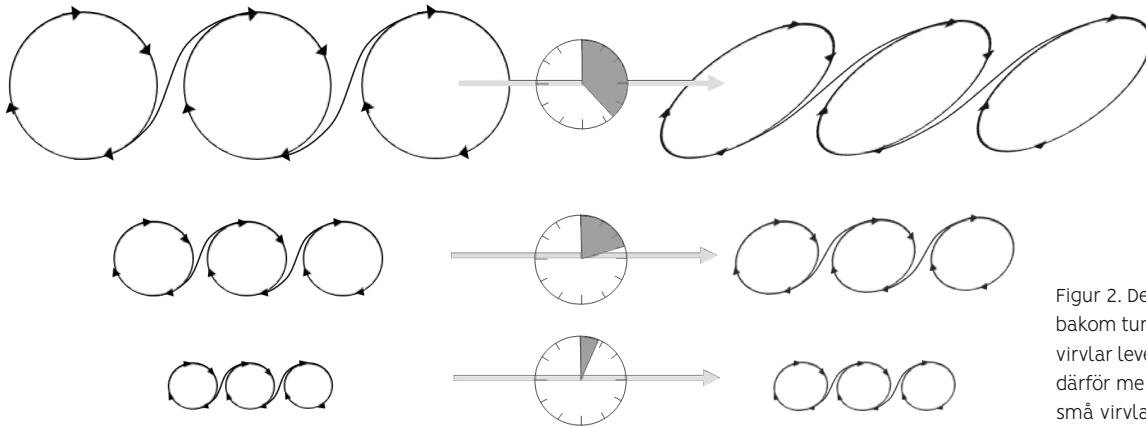
Effekten av diffraktion parameteriseras (beräknas endast med ett översiktligt statistiskt samband) för det mesta i modeller eftersom upplösningen behöver vara mycket hög för att kunna beräkna vågfältet. För att till fullo beräkna effekterna behöver också ljudhastigheten vara rikttningsberoende vilket komplicerar beräkningarna. Effekten av refraction kan däremot hanteras i många modeller genom att göra flera beräkningar med olika ljudhastighetsprofiler.

Det är alltså förhållandet mellan våglängden på ljudet och storleken på turbulenselementet (virveln eller temperaturfluktuationen) som är avgörande för vilken typ av spridning det blir. För turbulensen gäller att det förekommer virvlar och temperaturfluktuationer på alla möjliga olika storlekar men med olika intensitet. De storlekar som allra mest bidrar till varians är kopplat till höjden ovanför marken. Hög höjd - stora virvlar, låg höjd - små virvlar. *En viktig egenskap hos turbulens är att ju mindre virvlarna är, desto mer isotropa, rikttningsberoende är de.* Det gör att små virvlar har samma statistiska egenskaper oavsett väderlek. Det är också anledningen till att diffraktion av turbulens har kunnat beräknas med relativt stor noggrannhet sedan lång tid tillbaka. Efter att Kolmogorov på 40-talet beskrev de statistiska samband som gäller för isotropa virvlar tog det inte lång tid innan diffraktionsfenomen för ljud i atmosfärsturbulens kunde börja förklaras

matematiskt med stora bidrag av ryska forskare såsom Krasilnikov och Tatarskii.

För refraction av större turbulensfenomen finns ingen lika allmängiltig teori. Anledningen till det är att större virvlar lever längre innan de bryts upp till mindre och de påverkas därför i större utsträckning av omgivningen. Den viktigaste transformationen har att göra med vindens ökning med höjden, den så kallade vindskjuvningen, som deformerar virvlar och gör så att de lutar med höjden. Skjuvningen gör att virvlarna blir anisotropa (olikformade) och det skapar kovarianser, komplexa statistiska samband mellan olika variabler, såsom temperaturflöden mot eller från markytan. Man kan säga att anisotropin skapar lite ordning medans det råder mer kaos i den isotropa turbulensen.

Egenskapen hos turbulens, att större virvlar transformeras i större grad av vind och temperaturgradienter, är grundbulten i den turbulensmodell som projektet har arbetat med. Figur 2 visar den grundläggande idén. Stora virvlar blir mer anisotropa än små virvlar genom att låta den matematiska transformationen verka under längre tid. Transformationsprocessens hastighet beror samtidigt på styrkan och riktningen på vind- och temperaturförändringar i atmosfären, där det framförallt är vindskjuvningen med höjden som driver processen.



Figur 2. Den grundläggande idén bakom turbulensmodellen. Stora virvlar lever länge och påverkas därför mer av vindskjuvning än små virvlar.

I projektet har vi varit intresserade av att undersöka hur turbulensmodeller som har dessa egenskaper, anisotropi och kovarianser mellan olika vindkomponenter och temperatur, påverkar ljudutbredning jämfört med enklare isotropa turbulensmodeller.

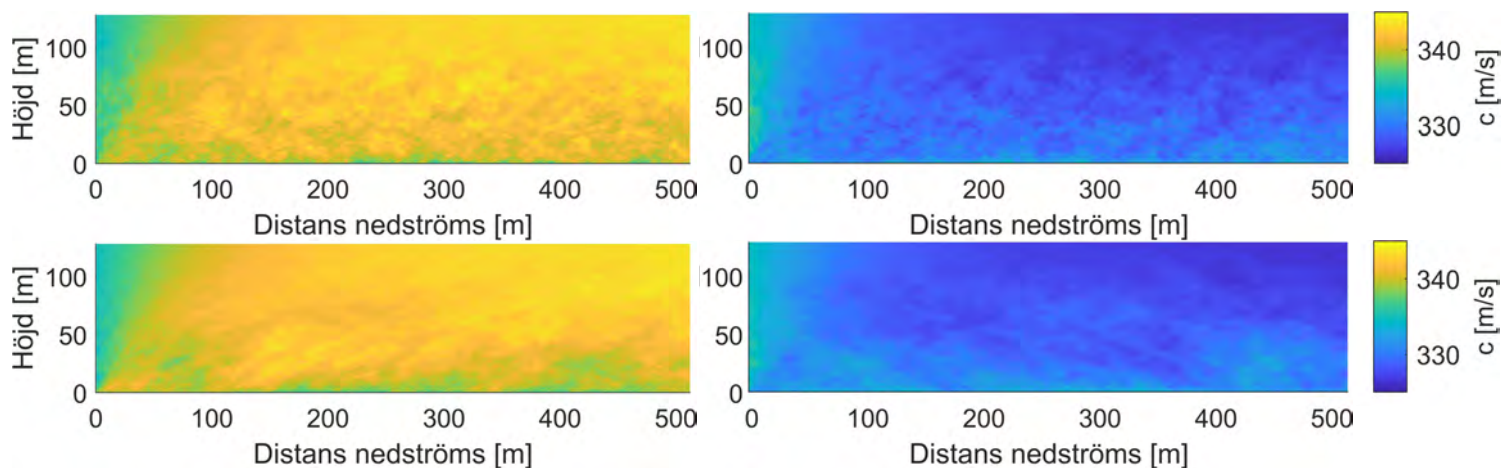
Att virvlar och temperaturfluktuationer lutar med höjden påverkar nämligen det viktiga förhållandet mellan virvlarnas storlek och ljudets våglängd.

I medvindsutbredning blir anisotropa virvlar större i utbredningsriktningen och tvärt om i motvind. För isotrop turbulens är det ingen skillnad på medvind och motvind. Detta visas i Figur 3 där man tydligt ser hur strukturen hos turbulensen lutar med höjden i det anisotropa fallet medan det isotropa fallet har samma egenskaper i motvind och medvind, bortsett från medelvindens effekt som ökar med höjden och den horisontella komponenten av ljudutbredningen.

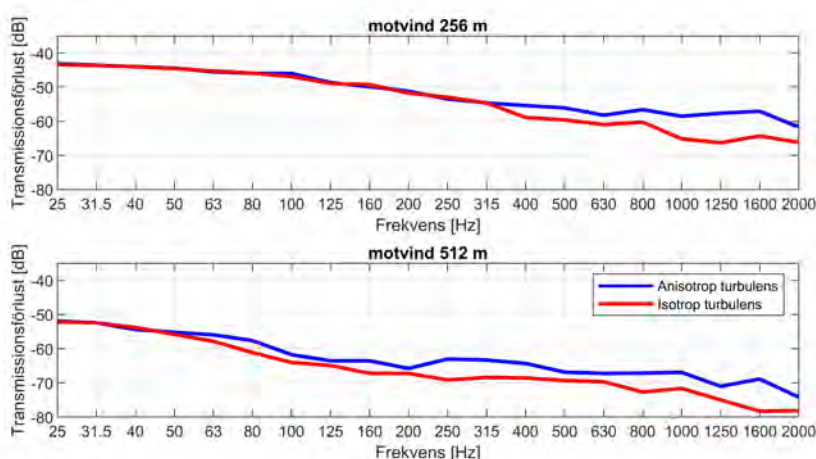
Att turbulensens egenskaper ändras påverkar ljudnivåerna. Ett fall där den turbulenta spridningen är speciellt avgörande är spridning till skuggzonen vid motvindsutbredning. För att demonstrera detta har ljudutbredningen beräknats från Gamla E4:an norr om Uppsala. Figur 4 visar transmissionsförlusterna på två olika avstånd, dels beräknat med isotrop turbulens och dels beräknat med anisotrop turbulens. Som man kan se i figuren är förlusten större vid isotrop turbulens. *Den anisotropa, mer verklighetstroga, turbulensen är med andra ord mer effektiv på att sprida ner ljud i skuggzonen.*

Skillnaden i ljudnivå mellan traditionella isotropa turbulensmodeller och den anisotropa vi utvecklat inom projektet varierar mellan olika utbredningsfall och

olika väderlek. För att undersöka till vilken av vädrets variation har projektet genomfört mätningar vid det mikrometeorologiska laboratoriet vid Marsta norr om Uppsala. Förutom turbulensmätningar och mätningar av vind och temperatur i mätmasten har även ljudnivåmätningar genomförts på olika avstånd från gamla E4:an. I ett nästa steg ska de beräknade ljudnivåerna jämföras med de uppmätta för att avgöra hur mycket resultaten skiljer sig vid olika fall och vilken, om någon, förbättring som den mer komplexa turbulensmodellen leder till. De flesta modeller saknar ju möjligheten till att direkt ta hänsyn till turbulens på det vis vi gjort i projektet, men ofta finns turbulensen med i modellen på något sätt, även om effekten bara kan justeras med en eller ett par parametrar. >>



Figur 3. Tvådimensionella fält av effektiv ljudhastighet med isotrop turbulens (överst) och anisotrop turbulens (underst). För medvind till vänster och motvind till höger. Ljudet rör radiellt ut från det nedre vänstra hörnet av figurerna.



Figur 4. Transmissionsförlust vid motvindsutbredning på 256 m avstånd (överst) och 512 m (nederst). Kurvorna är ett medelvärde av resultatet från simuleringar med 25 olika turbulensfält likande de i Figur 3.



Figur 5. En dag i fält. Utrustning bärs längs gamla E4:an (Gävlevägen) strax utanför Uppsala. Det nästintill pannkaksplatta jordbrukslandskapet och den spikraka vägen utgör enkla och ordnade element i ett projekt som annars mest handlat om olika former av kaos.

Trots det bör det finnas en intressant diskussion kring vilka värden på turbulensparametrarna som är mest lämpliga att använda för bullerutredningar och beräkningar av utomhusnivåer och ifall de bör justeras beroende på det specifika utbredningsfallet.

Projektet, som är ett samarbete mellan Uppsala universitet och KTH startade 2019 och håller nu på att avslutas. Det har

finansierats av FORMAS och förutom mätningarna och utvecklingen av turbulensmodellen har ett mål varit att bidra till att sprida kunskap kring den stora variation av turbulens som atmosfären uppvisar. I de nationella råden för vägtrafikbuller anges endast medelvärden för turbulensparametrar och när det gäller diffraktion kan det kanske vara en rimlig förenkling. Men enligt resultaten i projektet kan det finnas anledning att problematisera

användandet av ett enda värde med tanke på refractionens bidrag till den turbulenta spridningen. För även om turbulens definieras av kaos är det trots allt inte en enda röra utan det finns lite ordning där bland alla virvlar.



Johan Arnqvist

PhD meteorologi, lektor vid institutionen för geovetenskap vid Uppsala universitet
johan.arnqvist@geo.uu.se

Johan är projektledare för projektet "Förbättrade ljudutbredningsmodeller genom användning av syntetisk turbulens", med FORMAS referensnummer 2018-01569. I projektet medverkar också: Karl Bolin, lektor i akustik vid KTH, Antonio Segalini, lektor i meteorologi vid Uppsala universitet och Erik Sahlée, lektor i meteorologi vid Uppsala universitet.

FORMAS

Formas är ett statligt forskningsråd för hållbar utveckling. De finansierar forskning och innovation, utvecklar strategier, gör analyser och utvärderar. Deras verksamhetsområden finns inom miljö, areella näringar och samhällsbyggande. De genomför forskningssammanställningar som syftar till att underlätta för Sverige att nå våra miljömål. Därutöver kommunicerar de om forskning och forskningsresultat. De är också värmyndighet för Klimatpolitiska rådet.

INSTALLATION AV FZHM Jack Up fjäderfästen

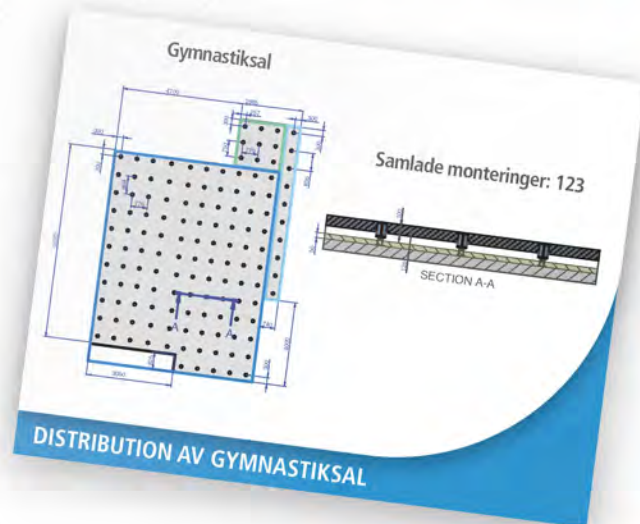
AMC Mecanocaucho har valts ut för att hjälpa till med utformningen av två flytande betongplattor with FZHM+Sylomer® Jack upp fästen.

Golvet i två gymnastiksal har isolerats från lägenheterna och en lounge som ligger direkt under på nedre våningen.



Tillverkning av lösningar
för arkitektoniska akustik
och vibrationsproblem
sedan 1969.

The Wiltern
LONDON



GUIDAD PROCESS

AMC-MECANOCAUCHO® har besökt platsen under olika stadier av installationen för att säkerställa att teamen har fått vägledning och rätt förfaranden har följts.



Flemming Bajlum

Technical Sales Manager – Scandinavia

+45 8173 0100

flemming@amcsa.dk
flemming@bajlum-consult.dk

Scandinavia

www.mecanocaucho.com
www.akustik.com

NEW BROCHURES



InterNoise 2024 hölls 25-29 augusti i Nantes Frankrike med temat "from Jules Verne's world to multi-disciplinary approaches for Acoustics & Noise Control Engineering". Jules Verne föddes 1828 i Nantes och är känd för sina fantasifulla äventyrsberättelser som kan sägas ha lagt grunden till science fiction-genren. Nantes är en historisk stad som var säte för hertigarna av Bretagne och där hertigpalatset står kvar som museum. Nu är Nantes huvudorten i regionen Pays de Loire.

Konferensen hölls på ett stort konferenscentrum med plats för en stor utställning och närmare 1900 deltagare. Det är ju en utmaning att få logistiken att fungera med så många deltagare och 15 parallella sessioner men organisationen fungerade bra.

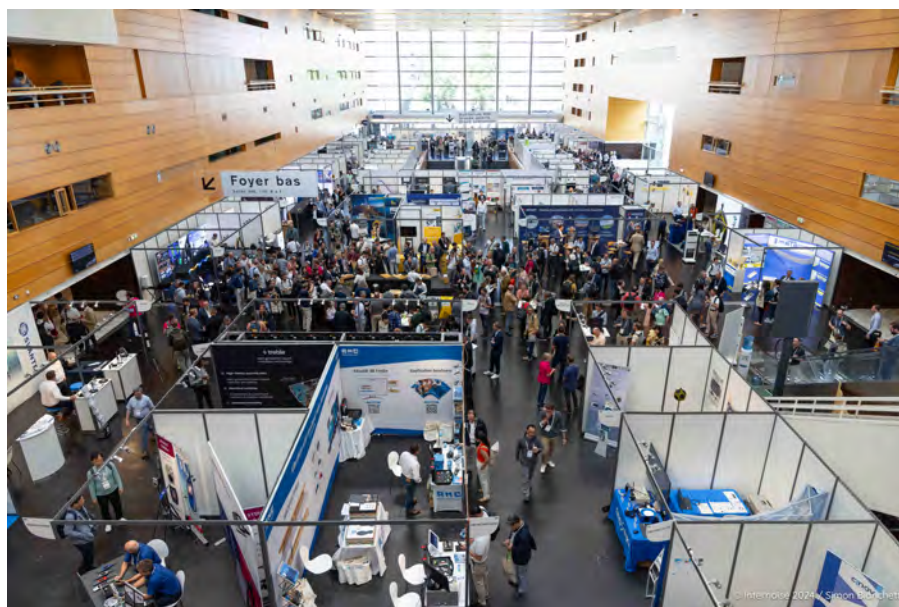
För undertecknad började det hela redan på lördagen eftersom jag tillsammans med Torbjörn Kloow och en nordisk arbetsgrupp var där för att för I-INCE presentera ett samnordiskt förslag om att organisera InterNoise i Köpenhamn 2027. Man valde dock att ge konferensen 2027 till de italienska konkurrenterna från Padua. Vi fick dock en stark uppmaning från I-INCE att försöka igen eftersom de tyckte att vårt förslag var bra.

Själva konferensen började på söndag eftermiddag med öppningscermoni, ett plenarföredrag samt en "vetenskaplig konsert".

Från vänster: Mathieu Gaborit young acousticians coordinator, Luigi Mafei I-INCE President, Jean-Dominique Polack SFA President, Adrien Pelat Congress President, Julien Cesbron General Secretary. (t.v. foto Simon Bianchetti) (t.h. foto Hans Bodén)



Konferenscentrat i Nantes. (foto Simon Bianchetti)



Vy över utställningen Nantes. (foto Simon Bianchetti)



Första plenarföredraget gavs av Christine Erbe från Curtin University, Perth och handlade om ljud i havet och dess effekt på djurlivet. Ett av huvudbudskapen var att boiakustisk forskning inte verkar kunna hänga med i utvecklingstakten när det gäller offshore-aktiviteter. Man måste därför hantera bullerfrågor i haven med ett stort underskott på data. Föredraget innehöll en genomgång av kunskapsläget och mynnade ut i frågan om den blå ekonomin (i haven) är så ”grön” som vi vill att den ska vara.

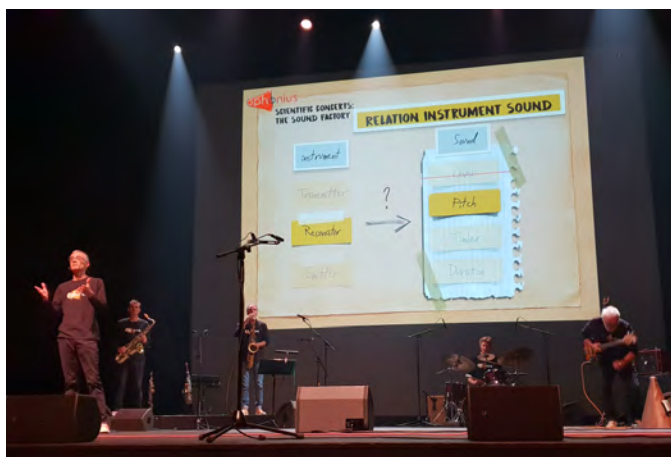


Professor Christine Erbe håller föredrag. (t.v. foto Simon Bianchetti) (t.h. foto Hans Bodén)

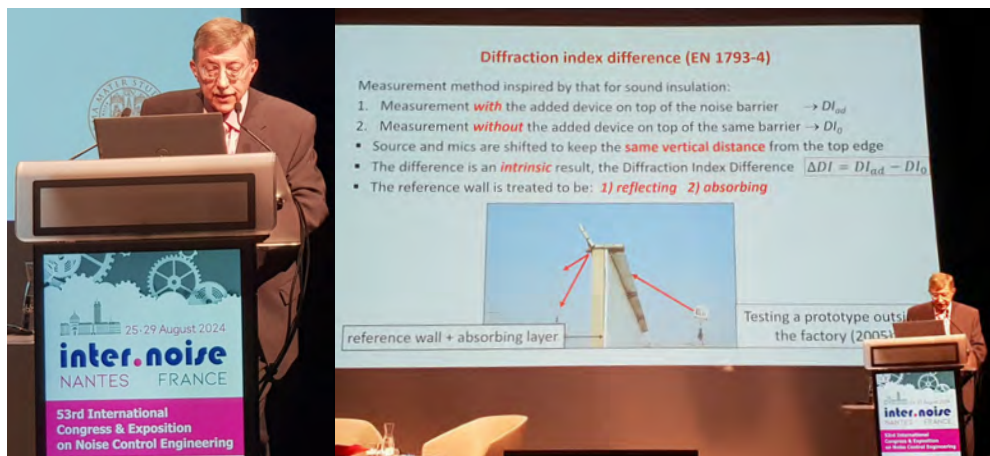
Den vetenskapliga konserten gavs av gruppen Ophonius som består av två forskare från universitetet i Le Mans samt tre professionella musiker. De gav en bejublad föreställning som med hjälp av humor, hemmagjorda instrument och illustrationer visade hur ljud genereras i musikinstrument.



Ophonius vetenskapliga konsert. (t.v. foto Simon Bianchetti) (t.h. foto Hans Bodén)



På måndagen gavs två parallella huvudföredrag (keynotes). Jag valde att lyssna på Massimo Garai från University of Bologna som höll ett föredrag med titeln ”From the Laboratory to the Field: the Development of In-Situ Measurements on Noise Barriers in Europe”. Föredraget illustrerade utvecklingen av utrustning och signalbehandling som idag gör det möjligt att mäta akustiska egenskaper för trafikbullerskärmar på plats där de är installerade. >>



Massimo Garai håller föredrag om bullerskärmar. (foto Hans Bodén)

På tisdagen före lunch var det igen två parallella huvudföredrag (keynotes). Denna gång lyssnade jag på Kerstin Persson Wayne från Göteborgs Universitet som gav ett inspirerande föredrag med titeln ”A Child Perspective on Noise Exposure and Health Effects – Challenges and Strategies”. Som framgår av titeln handlade det om



Kerstin Persson Wayne håller föredrag. (foto Hans Bodén)

hur barn påverkas av buller och effekter på deras utveckling. Möjliga barn-specifika metoder för utvärdering av buller och bullerbekämpningsåtgärder i inomhusmiljöer diskuterades. Kerstin framhöll även att det behövs interdisciplinära samarbeten inom detta forskningsområde.



På tisdag eftermiddag höll även undertecknad mitt föredrag på en av de 15 parallella sessionerna ”Duct Aero-acoustics: Propagation and Noise Reduction in Industrial and Academic Problems” som organiserats av Thomas Humbert från Lem Mans. På tisdag kväll var det dags för konferensmiddagen som hölls på en food court och där

det fanns delade meningar om det var för trångt och för mycket köande eller mysigt och kontaktskapande. Förutom en i mina tycken lite hög bakgrundsmusik bjöds det även på underhållning i form av traditionell lokal musik.



Foton från konferensmiddagen. (ö.t.v. och n.t.h. foto Hans Bodén) (ö.t.h. och n.t.v. foto Simon Bianchetti)

Onsdagen bjöd på det andra plenarföredraget som presenterades av Arnaud Can från Université Gustave Eiffel, Nantes och Pierre Aumond från Ghent University. De presenterade ett föredrag med titeln ”Advanced Characterization of Urban Sound Environments”, som utvärderade framsteg som har gjorts på området och framhöll metoder med ”open source”. Föredraget konkluderades med exempel på avancerade ljudmiljöbeskrivningar och metoder som inkluderar allmänheten. Istället för en traditionell frågestund avslutades föredraget sedan med en musik- och dans-föreställning som illustrerade ljudmiljön i stadsmiljö och interaktion med människor.



(foto Simon Bianchetti)



(foto Simon Bianchetti)

Plenarföredrag om "urban soundscapes".
(foto Simon Bianchetti)

(foto Hans Bodén)

Torsdagen var sista konferensdagen och sista parallella sessionen jag följde handlade om externt däcksbuller organiserad av två auktoriteter på området: Stuart Bolton från Purdue och Wolfgang Kropp från Chalmers. Wolfgang gav ett föredrag om inverkan av luftkaviteten på däcksbuller. Sist ut var Anders Genell från VTI som presenterade en studie om luftfria däck och buller.

Det hela avslutades efter att konferensarrangörerna hade sammanfattat den framgångsrika konferensen traditionsenligt med att nästa års arrangör Sao Paulo i Brasilien hade en avskedsmottagning.

Hälsningar /Hans Bodén
hansbod@kth.se



Wolfgang Kropp. (foto Hans Bodén)



Anders Genell. (foto Hans Bodén)

Adrien Pelat Congress, President under avslutningscermonin.
(foto Simon Bianchetti)

Avskedsmottagning med Sao Paulo som värd. (foto Hans Bodén)

EXAMENSARBETEN FRÅN UPPSALA UNIVERSITET

Astor Gulz

Uppsala, Sweden 2024

Teknisk-naturvetenskapsområdet,

Geovetenskapliga sektionen

Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära

LJUDISOLERING I FOKUS: EN STUDIE OM UPPDATERING AV SCHABLONER FÖR BULLERSKYDDSÅTGÄRDER

I denna studie undersöks ljudisoleringsförmågan hos tvåglasfönster och vädringsluckor för att utreda potentiella begränsningar i de befintliga beräkningsmetoder och schabloner som används för att beskriva deras ljudisolering. Studien kombinerar ljudisoleringsmätningar och teoretiska beräkningar för att utvärdera schablonerna och den övergripande skillnaden mellan teoretiska beräkningar och verkligheten.

Resultatet visar att det finns diskrepanser mellan beräknad och uppmätt ljudisolering,

framförallt i högre frekvenser gällande tvåglasfönster, vilket troligen är en konsekvens av dålig tätning. Vidare visar resultaten att skillnaden mellan öppna och stängda vädringsluckor har en signifikant påverkan på ljudisoleringen, med en uppmätt ljudnivåskillnad ($D_{nT,w}$) på 14 dB när luckorna är öppna. Det rekommenderas att införa 14 dB $D_{nT,w}$ som en ny schablon för att ta hänsyn till vädringsluckor när de är öppna.

Rapporten diskuterar också praktiska konsekvenser av att samla många olika typer av fönsterkonstruktioner i en och samma mall, vilket kan resultera i schabloner med låg noggrannhet för en större mängd fönster. Resultaten visar betydelsen av korrekta bedömningar av ljudisoleringen för bostäder i närhet av storskaliga infrastrukturprojekt, för att säkerställa att alla som har rätt till dem, får rätt åtgärder.

Vidare diskuteras den potentiella påverkan som en felaktig tolkning av schabloner kan ha på personers välmående ifall de utsätts för buller som en konsekvens av fel åtgärd.

att identifiera eventuella brister utifrån ett genomförandeperspektiv i den framtagna

användarhandledningen samt att jämföra de två beräkningsmetoderna

Studien framhäver vikten av att beakta spridningen i ljudisoleringsförmågan hos tvåglasfönster, tillsammans med avvikelsen från beräknade resultat, vid beslut om åtgärder. Avslutningsvis rekommenderar rapporten fortsatt forskning och utveckling för att förbättra förståelsen och förutsägelsen av ljudisolering i byggnadselement, för att säkerställa högre precision och effektivitet i framtida byggprojekt. □



Design med akustiktyg

Ecophon Clipso™ är ett akustiskt premiumtyg som monteras ihop med absorbent för en slät yta. Clipso gör det möjligt att täcka hela väggar och tak eller skräddarsy öar och väggabsorbenter efter egen design.

- Upp till absorptionsklass A
- Finns i standardkulörer, specialtryck och fyra olika bredder
- Tåligt tekniskt premiumtyg
- Enkel montering utan ånga och värme



Läs mer!



Den 2-3 oktober 2024 deltog jag på HÄMI-konferensen i Umeå. Konferensen arrangerades av Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin vid Umeå universitet tillsammans med Naturvårdsverket. Som akustiker och styrelseledamot i Svenska akustiska sällskapet var konferensen en värdefull möjlighet att nätverka och fördjupa mig inom folkhälsa.

VAD ÄR HÄMI?

HÄMI står för hälsorelaterad miljöövervakning, ett programområde med syfte att långsiktigt övervaka miljöfaktorer som kan påverka människors hälsa. Förutom buller som är mitt expertområde omfattas även kemikalier, luftföroreningar och andra faktorer. HÄMI-programmet är ett nationellt initiativ som syftar till att samla in data om miljöfaktorer som kan påverka vår hälsa. Konferensen riktade sig främst till dem som arbetar inom miljöhälsa på myndigheter, kommuner, länsstyrelser och akademiska institutioner, men även till mig som del av näringslivet.

För mig och den enda andra deltagande akustikern var det förstås särskilt intressant att höra om pågående projekt och utvecklingen inom bullerfrågor även från myndigheternas perspektiv.

KONFERENSEN I UMEÅ

Konferensen hölls på Elite Mimer hotell i hjärtat av Umeå, som bjöd på gnistrande höstväder under vårt besök. Staden visade sig från sin bästa sida med klarblå himmel och frisk, klar luft – en perfekt inramning för diskussioner om miljöhälsa.

Dag 1 – Föredrag och frågor om buller

Första dagen bestod av en serie föredrag inom respektive fokusområde: kemikalier, luftföroreningar och buller. Föredraget om buller hölls av Magnus Lindqvist från Naturvårdsverket och Mikael Ögren från Miljömedicinskt centrum vid Sahlgrenska universitetssjukhuset i Göteborg. Lindqvist pratade om Naturvårdsverkets verksamhet. Ögren beskrev en ny nationell kartläggning av ljudmiljön i Sveriges naturområden, där buller från vägar, spår, flygplatser och vindkraftverk har kartlagts för hela landet.



Kartläggningen har en upplösning på 500 meter och ger en övergripande bild av hur ljud sprider sig över längre avstånd. Den är tänkt att användas som underlag inom samhällsplanering och friluftsliv genom ett nytt bullermått, "L06–22 vid 90 % av yta", som presenterades under konferensen. Måttet syftar till att ge en mer nyanserad bild av bullerexponeringen för friluftsområden. Det beräknas som den ekvivalenta ljudtrycksnivå under dag- och kvällstid (kl 06–22) som underskrids inom 90 procent av områdets yta. Metoden innebär en viss acceptans av högre ljudnivåer under begränsad tid liksom i begränsade delar av ett område: Bullrets variation över tid slätas ut genom användandet av en ekvivalent nivå och variationer i rummet hanteras av 90-percentilen. 90 procent av ytan har en beräknad nivå under det redovisade värdet och 10 procent av ytan en högre nivå, till exempel vid en tillfartsväg med parkering eller en mindre väg i utkanten av området. >>



Resultatet blir att kartläggningen redovisar mått från cirka 0 dBA för de allra tystaste naturområdena upp till 45 dBA för de mest exponerade områdena. Inga beräkningar över 45 dBA redovisas, eftersom metoden som använts vid kartläggningen inte kan beräkna högre ljudtrycksnivåer nära källorna.

Nästa steg i detta arbete är enligt Ögren att ta fram en nationell bullerkarta som även ska visa bullernivåer vid bostäder, något som kommer att kräva noggranna beräkningar med hjälp av programvaran SoundPLAN.

Efter bullerpresentationen ställde jag några kompletterande frågor om noggrannheten i kartläggningen. Till exempel har en markreflex tagits med och beräkningarna har gjorts två meter över marknivå. Inga skärmande objekt som bullerskyddsskärmar eller byggnader har inkluderats. Detta ger mindre noggranna resultat men är inte är oväntat, då studien fokuserar på ljudspridning över långa avstånd där dessa objekt har en marginell inverkan. Jag ser ändå en potential i att studien och beräkningarna skulle kunna förfinas ytterligare. En större noggrannhet kan uppnås, och fler bullerkällor bör läggas till, där verksamhetsbuller är särskilt angeläget. Det bör nämligen noteras att buller från hamnar, tåktor och militärflyg inte har tagits med i denna kartläggning.

Dag 2 – Miljömedicinska kliniker och framtidsdiskussioner

Andra dagen inleddes med presentationer från olika miljömedicinska kliniker, där det blev tydligt att prioriteringarna mellan olika miljöfaktorer varierar beroende på de anställdas expertis och vilka miljöfrågor kliniken fokuserar på. En intressant observation var till exempel hur olika kliniker lägger olika stor vikt vid buller, kemikalier eller luftföroreningar beroende på deras egna forskningsområden.

Höjdpunkten på dagen, ja kanske rentav hela konferensen, var en avslutande workshop där deltagare från Folkhälsomyndigheten, VTI, Miljömedicin, Naturvårdsverket och vi akustiker samlades för att diskutera HÄMIs framtida fokuspunkter. Diskussionerna kretsade kring vad som bör prioriteras framöver, och det blev snart uppenbart att ljudfrågor är en aspekt som ofta glöms bort när det gäller miljö och hälsa. Gruppen var enig om att buller är en av de mest underskattade miljöfaktorerna, trots att det påverkar en stor del av befolkningen. Workshopens deltagare önskade sig inom de kommande 5 åren skärpta riktvärden, en nationell bullerdatas med detaljerade utredningar och pågående bullrande verksamhet samt bättre beskrivningar av hälsomått kopplat till buller.

En sista önskan som gruppen hade var att göra HÄMI mer känt. Det har förhoppningsvis denna artikel redan hjälpt till med.

REFLEKTIONER OCH FRAMTIDSUTSIKTER

Umeå och HÄMI 2024 bjöd på både djupdykningar i viktiga miljöfrågor och livliga diskussioner om framtiden. Som akustiker var det både inspirerande och utmanande att se hur ljudfrågor lyfts fram på nationell nivå. Samtidigt blev det tydligt att mycket arbete återstår, inte minst i att skapa en gemensam syn på hur buller ska hanteras som en hälsofaktor. Konferensen gav mig inte bara nya insikter utan även värdefulla kontakter och möjligheter till framtida samarbeten.

Jag ser fram emot att följa och bidra till utvecklingen inom buller och miljöhälsa i Sverige framöver.



My Broberg

VD, Akustiker

Structor Akustik AB

my.broberg@structor.se

DOKTORSAVHANDLING FRÅN UPPSALA UNIVERSITET

Gustav Eriksson

Uppsala, Sweden 2024

Disciplinary Domain of Science and
Technology, Mathematics and Computer
Science

Department of Information Technology,
Division of Scientific Computing

ROBUST AND EFFICIENT DISCRETIZATIONS OF WAVE- DOMINATED PROBLEMS

Partial differential equations appear in mathematical models that describe a wide range of physical phenomena, such as sound pressure waves in the air, the vibrations of solid structures, and the flow of fluids. Unfortunately, most of these problems can not be solved analytically using pen and paper. Instead, we turn to numerical methods and computer simulations to obtain approximate solutions. In this thesis, the focus is on high-order accurate finite difference methods for wave propagation and fluid dynamical problems.

High-order finite difference methods are conceptually simple to design and implement efficiently on modern computers. However, special care must be taken close to boundaries to obtain robust and stable schemes. In this thesis, a class of finite difference operators with summation-by-parts (SBP) properties is used. These operators satisfy a discrete equivalent to integration-by-parts which, when the boundary conditions are correctly imposed, enables a stability proof for the discretized scheme. Two such methods for imposing boundary conditions are studied and compared in the thesis, the simultaneous-

approximation-term (SAT) method and the projection (P) method.

In Paper I a high-order accurate finite difference discretization of the incompressible Navier-Stokes equations is presented, where the projection method is found to be more suitable for wall boundary conditions. In Paper II the SBP-SAT and SBP-P methods are compared for boundary and interface conditions to the dynamic beam equation and the dynamic Kirchhoff-Love plate equation. A new SBP-P and hybrid SBP-P-SAT method is developed for non-conforming interface conditions to the second-order wave equation in Paper III. In Paper IV shape optimization problems constrained by the second-order wave equation are solved using high-order SBP-P-SAT finite difference discretizations. Theoretical aspects of the projection method are discussed in Paper V. In Paper VI SBP operators defined on Gauss-Lobatto quadrature points are used to derive an efficient and robust scheme for the Laplacian on complex geometries. □

the focus is on high-order
accurate finite difference
methods for wave
propagation and fluid
dynamical problems

- Kapabel, mångsidig, klass 1 ljudanalysator
- SAMTLIGA moduler INGÅR vid inköp
- GRATIS uppdateringar livet ut



STIPA och Full STI

$R'w$, DnT,w och LnT,w
direkt i instrumentet

Fullfärg pekskärm, aluminiumchassi,
inbyggt uppladdningsbart batteri

För mer info kontakta Springwell Audio
info@springwellaudio.se
www.springwellaudio.se

Reliable, easy to use, affordable

BEDROCK AUDIO AM100

Springwell
Audio AB



EXAMENSARBETEN FRÅN CHALMERS

Johan Berggren

Gothenburg, Sweden 2024

Architecture and Civil Engineering

Applied Acoustics

EVALUATION OF AMBISONICS AND NEAREST LOUDSPEAKER MAPPING FOR AURALIZING VIRTUAL ENVIRONMENTS WITH A 16-CHANNEL CIRCULAR LOUDSPEAKER ARRAY IN THE CONTEXT OF HEARING RESEARCH

Background

For sound quality evaluations of hearing devices and their automatic features, a compromise usually has to be made between having a repeatable experiment and conducting the experiment in a realistic everyday environment. Both these factors are immensely valuable in hearing device development and in the fine-tuning of them. In order to have repeatable realistic everyday settings, software tools which simulate perceptually realistic environments have been developed, which together with loudspeaker arrays can reproduce sound fields in real-time of user-interactive virtual environments.

Aim

This thesis seeks to investigate the objective dimensions of listening to loudspeaker array reproduced sound fields through a bone conduction hearing device.

Method

Virtual environments were played back using the sound field synthesis approaches Ambisonics and Nearest Loudspeaker Mapping on a circular 16-channel loudspeaker array, and they were recorded with an accelerometer inside a head simulator which was wearing a bone conduction hearing device.

Results and analysis

Reproducing sound fields with Ambisonics led to some differences relative to the frequency-wise Intact Nearest Loudspeaker Mapping reproductions. The differences started at around 2 kHz and became more pronounced at around 4 kHz. Reverberant environments and sound source movement helped mask the differences. Nearest Loudspeaker Mapping showed only small directional-related differences relative to Ambisonics when using a hearing device's directivity functionality.

Conclusion

Both Ambisonics and Nearest Loudspeaker Mapping are suitable for hearing device evaluations. Their respective limitations have different impact on measurement results in different virtual environment conditions and for different type of experiments. They can be used in hybrid to auralize different components in a virtual environment, to create an as useful experiment possible. □

Lukas Gbjeslinck

Gothenburg, Sweden 2024

Architecture and Civil Engineering

Applied Acoustics

A STUDY IN NON-LINEAR SEAT SHAKER PROCESSORS FOR ENHANCED INTEGRATION WITH FULL RANGE AUDIO SYSTEMS

This MSc Thesis studies the integration of non-linear seat shaker processors in a full-range audio system, applied in the car environment. The thesis is conducted on behalf of the Research and Development Department of Premium Sound Solutions. The loudspeaker company wants to know more about the scientific implementation and research behind seat shaker processors in cars. Studies have been done on the subjective and objective influence of low-frequency sources, namely subwoofers, on persons. Fewer studies have been done on the haptics and body reaction of low-frequency vibrational sound sources in a car environment.

The transmission of low frequencies in a car has a different modal directivity. The signal affects both the auditory parts with the ear drums as the sensed parts in the rest of the body. It is found that the auditory spectrum has an influence on the perceived vibrations.

Therefore a first experiment is done to retrieve subjective data for the influence of the low-frequency sound source on the body. The data is used to define the shaker positioning with the corresponding threshold of feeling. Secondly, the vibration acceleration levels are measured using accelerometers to retrieve the objective data. Using that objective data, the excited acceleration levels are matched with those of the subwoofer.

A second listening experiment is done in the form of an A/B listening test. The interviewees are asked to quantify the

difference of the perceived acceleration between the subwoofer setup and the shaker implementation.

The subwoofer experiment showed that the threshold of sensing the vibrations in the body is frequency-dependent. It is also found that vibrations are sensed in different body parts. The excited body parts are also frequency dependent.

The results of the A/B experiment, where both sound pressure levels and acceleration levels are matched, show that objective measurements and level matching have the potential to be used as a tuning method. However the quality and implementation of the used method can be improved. □

the signal affects both the auditory parts with the ear drums as the sensed parts in the rest of the body

Alexander Lendon

Gothenburg, Sweden 2024

Architecture and Civil Engineering

Applied Acoustics

GRADIENT DESCENT BASED ADAPTIVE IIR FILTERING WITH DIRECT AND LATTICE FORM FILTER STRUCTURES APPLIED TO ESTIMATION OF A HEADPHONE COMPENSATION FILTER AND BINAURAL HEAD RELATED TRANSFER FUNCTIONS

In acoustic Digital Signal Processing (DSP), Finite Impulse Response (FIR) filters are commonly used due to their stability and ease of design. However, Infinite Impulse Response (IIR) filters offer better frequency resolution at lower filter orders, making them ideal for hardware-constrained applications like portable AR/VR headsets. With advances in computational methods, optimising IIR filters has become straightforward, making it important to compare their performance against traditional FIR filters. >>

This thesis investigates adaptive IIR filtering algorithms using Gradient Descent (GD) methods, applied to both direct form and lattice form filter structures. Lattice form filter structures provide the benefit of an in-built stability test which can guarantee that the produced IIR filter remains stable at each step. This is essential for reliable IIR filter design and allows for further modifications to the optimisation routine.

In the studies, the Modified GD direct form and the Simplified Partial Gradient Descent (SPGD) lattice form algorithms were used to model a headphone compensation filter and binaural Head-Related Transfer Function (HRTF), comparing the resulting IIR filters to equivalent FIR filters. Parameter studies on step-size coefficient and filter order were conducted to assess accuracy in both frequency and time domain.

The study found that both IIR filter forms reduced order length to 20% of the HRTF filter order and 40% of the compensation filter order, both within a 1 dB accuracy threshold in the magnitude response. This results in reduction in numerical operations of 60% for the HRTF filter and 20% for the headphone compensation filter. This work demonstrates that significant order reduction is possible for these applications using these methods. In other applications, the exact reduction depends on the target filter and requires similar simulations and analysis to those used here. □

Xuanye Lin

Gothenburg, Sweden 2024

Architecture and Civil Engineering

Applied Acoustics

UNIFIED AURALIZATION OF ROOM SIMULATIONS; INVESTIGATION OF SAMPLING GRIDS AND OTHER PARAMETERS

With the development of computer science and the increase in computing power, the finite-difference time-domain method has gradually become a viable option for solving wideband, transient problems in acoustics simulation. In this method, the binaural response can be extracted by local sampling of the finite-difference grid using an array of receivers. This thesis focuses on the effects of the grid size, the spacing of grid points, and the distribution of grid points in the case of a volumetric sampling. This

thesis also investigates the effect of the change in impulse response length and others. These effects include variations in numerical robustness and the frequency properties of the generated audio signal. In order to achieve this study, this thesis simulates the sound field formed by a single plane wave propagation. By sampling this sound field with a volumetric grid, the plane wave density function is calculated using the plane wave decomposition method and integrated with free-field head-related transfer functions in the spherical harmonics domain to get the binaural impulse response. The results of the valuable work show that the numerical stability of a volumetric grid with uniformly distributed sampling points is greatly affected at high frequencies due to spatial aliasing. In addition, the results also give some valuable conclusions for the selection of the impulse response length and the selection of the number of sampling points. □

the numerical stability of a
volumetric grid with
uniformly distributed
sampling points is greatly
affected at high frequencies
due to spatial aliasing

Anthea Müller

Berlin, Germany 2024

Architecture and Civil Engineering

Applied Acoustics

CREATING ACTIVE BOUNDARY CONDITIONS WITH PLANAR LOUDSPEAKER ARRAYS TO ABSORB AND REFLECT SOUND

It was shown in the 1970s that a combination of two secondary sources are able to absorb sound energy in one-dimensional sound propagation in a duct. The primary source can be interpreted as being surrounded by a double-layer of secondary sources. This is inconvenient in two- and three-dimensional scenarios as surfaces of secondary sources have to be used, which are difficult to implement in practice. This thesis demonstrates that the same type of active absorption is possible

also in open space, i.e., when the secondary sources do not fully enclose the primary source.

In contrast to active noise canceling, the aim here is not to achieve active reduction in the down-stream area by increasing the sound level in the upstream area, but rather to actively remove energy from the sound field. The focus here is particularly set on canceling out low frequencies to facilitate practical measurements. For this, two boundary conditions are set, one in the upstream and one in the downstream area. To achieve the objective at the boundary conditions a set of FIR filters must be determined. This is done here with the help of the LMS method, which is extended to a MIMO (Multiple Input Multiple Output) system.

First the results of Swinbanks for the active reduction inside the one dimensional duct are recreated with simulations and confirmed with an experiment. Based on these findings the approach is first extended two dimensions to perform absorption of cylindrical waves with the help of two line sources and then further extended to three dimensions to perform the absorption of spherical waves by means of one-dimensional distributions of point sources. Two experiments are carried out to confirm or refute the concepts introduced. These are first planned in detail with the help of simulations. The first experiment (Setup 1) demonstrates the active absorption of cylindrical waves emitted by line arrays in an outdoor free field setting. The second experiment (Setup 2) demonstrates the active absorption of sound emitted by a point source that is actively absorbed by curved arrays within a semi-anechoic chamber. The simulation results were confirmed in both setups with the measurement results. They prove that the active control of the downstream area whilst not influencing the upstream area is possible with the proposed boundary conditions within the limitations of the method and their test environments. In both experiments active reduction is achieved throughout the downstream area, achieving an averaged active reduction of 11 dB (3 dB over background noise level) in Setup 1 and an active averaged reduction of -27 dB (1 dB over background noise level) in Setup 2 at the boundary condition. Throughout the upstream area the average deviation from the undisturbed sound-field for Setup 1 is 0.3 dB, for Setup 2 it is 0.08 dB. □

Zhiwen Xu
Gothenburg, Sweden 2024
Architecture and Civil Engineering
Applied Acoustics

ENLARGEMENT OF PERCEIVED SIZE OF SOUND SOURCE USING DIFFUSIVE GEOMETRIES

Interaural cross correlation, which quantifies the similarity of binaural signals, is essential for immersive and rendered auditory environment. Previous research has proven that reducing interaural correlation leads to expansion of perceived size of a source. The Schroeder diffuser is a prevalently used acoustic design to create pleasant acoustic environment since it was firstly developed. It helps to eliminate many acoustic problems in many scenarios through scattering waves in multiply directions. In this work, the Schroeder diffuser is employed to manufacture natural sound field with reduced interaural correlation so that models of source enlarger can be studied further.

**in this work, the Schroeder
diffuser is employed to
manufacture natural sound
field with reduced interaural
correlation so that models
of source enlarger can be
studied further**

To explore the properties of the sound field of the Schroeder diffuser, the produced sound field is simulated and a method of representing the sound field with circular harmonic expansion is applied. The characteristics of the sound field of the Schroeder diffuser are investigated to discover their connectivity with low interaural correlation in order that any other arbitrary sound field can be manipulated to achieve it. In light of such discovery, two models of simple sound fields which are impulse field and plane wave field are utilized to produce the sound field with low interaural correlation with proper modification engaged. These simple models are capable of saving computational cost as simulating the Schroeder diffuser is pretty resource and time consuming. □

Vincent Ratay
Gothenburg, Sweden 2024
Architecture and Civil Engineering
Applied Acoustics

BASIS FOR AN IMPROVED PREDICTION MODEL AND SOURCE MODEL FOR RAILWAY NOISE IN NORD2000

The prediction models Nord2000 and CNOSSOS-EU are used to assess railway noise. The source models of these prediction models are simplifications of the complex sound radiation of trains. Therefore, the exposure from these source models close to the train is not accurate. This thesis aims to improve the vertical sound power distribution over equivalent sources, as well as the prediction of the overall sound power radiation from trains in Nord2000, based on the speed and the type of train.

A linear equation system, which describes the propagation path between equivalent sources on a train and several microphones, is used to streamline the calculation method in Nord2000. For a more accurate prediction of the overall sound power radiation, based on the speed and type of train, a linear regression model, a neural network, and a decision tree model are built, trained and evaluated with a dataset of measured train pass-bys. The determined linear equation system of the propagation path, in combination with existing measurement data, is also solved to find the vertical sound power distribution over equivalent sources.

The prediction models are evaluated using a test dataset, that is split from the original dataset and not used in the training phase of the models. Comparison against the predictions with the Nord2000 model shows a potential for improvement of the current prediction model. The linear regression model yields reliable predictions, while the neural network and decision tree are more affected by outliers in the data and, therefore, result in a worse overall prediction. The method to find vertical sound power distribution only yields results at low frequencies. Generally, more sound power contribution from the sources, higher on the train, can be seen around 40 Hz and around 200 Hz.

While the prediction of the sound radiation from a train, based on the speed and type of train, can be improved with the new linear regression model in this thesis, it was not possible to incorporate the rail and wheel roughness into the models, as the wheel roughness could not be derived from the available data. As the roughness of both the rail and wheel is the root cause of rolling noise, the performance of the models might not be limited by the amount of data, but

**for a more accurate
prediction of the overall
sound power radiation, based
on the speed and type of
trains, are built, trained and
evaluated with a dataset of
measured train pass-bys**

the absence of the determining factor to predict rolling noise, the roughness of the rail and wheel.

The results from the method to find a vertical sound power distribution on a train are contrary to the results according to the literature. Finding an appropriate vertical sound power distribution with measured sound exposure levels at only two microphones might not be at all possible, as transfer paths between sources and microphones are too similar. Finding an accurate vertical sound power distribution might require array measurements. These measurements have to be carefully evaluated, as they can underestimate the sound power contribution from the rail when beam-forming is only carried out in the normal direction to the track. □

BALTIC NORDIC ACOUSTICS MEETING

22-24 MAJ 2024 | ESPOO, FINLAND

Senast var BNAM i Aalborg 2022 och nu 2024 hölls BNAM den 22-24 maj på Hanasaari som ligger i Espoo strax väster om Helsingfors, Finland. Årets BNAM samlade ~ 175 deltagare och en relativt stor utställning med ~ 25 utställare.

Programmet innehöll i år parallella sessioner och ett antal workshops:

- Python Programming
- Odeon
- Rhino/Grasshopper
- Comsol
- Dosimeter measurements
- Round table discussion about acoustic standardization, regulations & classification
- SoundPlan
- Treble

Första Keynote var Steindor Gudmundsson (*Acoustic regulations and quality classes – Experience from over 35 years of collaboration in the Nordic countries*) och sedan följde Jens Holger Rindel, Tønnes A. Ognedal och Klas Hagberg, en från varje Nordiskt land om Jens Holger räknas som dansk. Programmet hade 2st parallella sessioner så att man kunde välja mellan workshops och presentationer. De olika ämnesområdena dominerades av Rums- och byggnadsakustik men dessutom fanns sessioner om utomhusbuller, vibrationer i infrastruktur, hälsoeffekter, trähus mm.

På torsdag eftermiddag gjordes en rundtur med buss för att kika på lite olika

bulleråtgärder som gjorts här och var i Helsingfors.

På torsdag kväll var det en traditionell festmiddag som serverades på "Vanha Ylioppilastalo" (gamla studenthuset) och det började med mingel utanför matsalen. Akustiken utanför matsalen var gräslig och det fanns bara hårda areor överallt, däremot var själva matsalen mycket trivsamt, samt att det bjöds på underhållning av en artist som spelade musik. Riktigt bra var det.

På fredagen avslutades programmet under eftermiddagen. Jag fick då möjlighet att presentera för alla att SAS accepterat förfrågan om att arrangera BNAM 2026.

Jag passade på att bjuda in alla deltagarna och så att vi i Norden till en ännu högre grad deltar i BNAM konferenserna, så att det blir många deltagare från respektive Nordiskt land. I år var det t ex bara 2st från Sverige som inte var utställare. Annars var det intressant att notera att det var en hel del deltagare som inte kom från Norden eller Baltikum ~ 27st, även om några här var internationella utställare. Vi måste nu i god tid organisera **BNAM 2026 och det är nu bestämt att det ska gå i Göteborg den 4-6 maj 2026**. Vi har redan bokat Chalmers konferenscenter och sen är det dags att göra budget, skapa organisationskommitté, hemsida mm.



MAO – VÄLKOMNA TILL BNAM 2026 DEN 4-6 MAJ 2026 PÅ CHALMERS I GÖTEBORG

Hälsningar från Espoo / Torbjörn Kloow
toby@nitk.se

DOKTORSAVHANDLINGAR FRÅN KTH

Viktor Lindström

Stockholm, Sweden 2023

*School of Engineering Sciences (SCI),
Engineering Mechanics, Vehicle Engineering
and Solid Mechanics*

ON THE DESIGN OF NONCOHERENT ACOUSTIC UNDERWATER COMMUNICATION

The underwater domain is an environment hostile to humans due to the hydrostatic pressure that rapidly increases with water depth, which has led to underwater robotics becoming an emerging technological field with many commercial-, environmental-, and security-related applications. A major challenge to untethered autonomous underwater vehicles (AUVs) is communicating robot-to-robot and robot-to-topside operator since it must, in most cases, be done acoustically. Meanwhile, the underwater acoustic (UWA) channel is widely considered one of nature's most difficult communication mediums due to the

limited frequency range, complicated sound propagation physics, prolonged- and time-varying multipath, and, in some situations, non-Gaussian background noise. The wide variety of UWA channels observed in different locations, and in the same location at different times, also poses a challenge to the research methodology since sea experiments become inherently difficult to repeat. However, replay simulation of recorded channels using the public benchmark Watermark allows direct comparison between publications and is employed extensively in this thesis, complemented by sea experiments for verifying the internal validity of simulation results.

No link solution is perfect for all channels, and a toolbox consisting of methods with varying information rates and robustness is necessary for an adaptive network to exploit the full capability of the channel encountered in situ. A link is called channel-agnostic if its robustness is limited by the ratio of signal power to noise (SNR), rather than the channel characteristics, thereby

being robust to many channels one might encounter. The proven information rates for such link methods are relatively low; this, together with recent advancements in other areas, such as error correction codes and joint synchronisation and decoding, motivates the focus on noncoherent methods in this thesis. The second focus is link adaptation and the necessary mechanisms for its implementation in adaptive UWA networks.

The thesis provides a background on various approaches to acoustic signalling, both coherent and noncoherent, and other key components of >>

“a toolbox consisting of methods with varying information rates and robustness is necessary for an adaptive network to exploit the full capability of the channel encountered in situ”



Justerbart golvsystem för enkel installation & effektiv ljudisolering

VT-dBlock är det idealiska golvsystemet, utformat för snabb och enkel installation samt effektiv isolering av både stegljud och luftburet ljud, vilket skapar en tystare och mer komfortabel miljö.

Med justerbara komponenter som är lätta att montera kan du enkelt anpassa golvet för att möta specifika byggkrav. Perfekt för bostäder, kontor och offentliga lokaler, både vid nybyggnation och renovering.

VIBRATEC

Quietly Improving Your Environment

www.vibratec.se
+46 176-20 78 80
info@vibratec.se



a noncoherent UWA link, such as symbol alphabets, receiver data models, error correction codes, and time-Doppler synchronisation. The topic of link adaptation in a UWA network is discussed, as is the methodology for research in UWA communication. The included papers provide a set of channel-agnostic link methods with spectral efficiencies in the range 0.02-0.22 (bit/s/Hz), with varying requirements on the SNR and the length of the communication frame, which are enabled by the presented improvements to link methods. Using a Rice-fading model for soft decoding, the robustness to parameter time variation is found to increase substantially by limiting the SNR of the likelihood parametrisation; this result applies to all methods that employ frequency shift keying (FSK). Furthermore, a novel noncoherent symbol alphabet with 1 (bit/s/Hz) maximum spectral efficiency is presented, whose dimensionality M increases the soft decoder performance, specialising to on-off keying (OOK) for $M=1$. A joint synchronisation and decoding framework is proposed, allowing robust time-Doppler detection with low overhead; its viability is demonstrated in an adverse shallow-water channel with relative platform velocities in the range ± 4 (m/s). Moreover, a framework for efficient evaluation of link adaptation algorithms is presented, and a link-adaptive ad-hoc UWA network using low-latency implicit feedback is demonstrated through sea experiments.

The research presented herein has been conducted as part of the Swedish Maritime Robotics Centre (SMaRC), a national cross-disciplinary research centre funded by the Swedish Foundation for Strategic Research (SSF). □

a framework for efficient evaluation of link adaptation algorithms is presented, and a link-adaptive ad-hoc UWA network using low-latency implicit feedback is demonstrated through sea experiments

Johan Larsson

Stockholm, Sweden 2024

*School of Engineering Sciences (SCI),
Engineering Mechanics, Vehicle Engineering
and Solid Mechanics, Lättkonstruktioner,
marina system, flyg- och rymdteknik,
rörelsemekanik*

CONCURRENT TOPOLOGY AND SIZING OPTIMISATION FOR MULTIFUNCTIONAL STRUCTURAL DESIGN

The need for resource efficient transport is increasing as environmental concerns are growing ever more important. One of the most important vehicle properties when it comes to fuel consumption is the mass of the vehicle, with heavier vehicles requiring more energy and therefore more fuel to operate. A key strategy when designing more efficient vehicles for transport is thus to make the vehicles as light as possible.

During operation, different vehicles are have to fulfill a number of different requirements, such as protecting passengers and cargo from the elements, being safe in case of an accident and maintaining a comfortable sound level for the passengers. These requirements are often conflicting, especially in a lightweight context. It is well known that stiff and lightweight structures tend to vibrate more when exposed to dynamic loads, severely degrading the acoustic performance.

The aim of this doctoral thesis is to investigate design methodologies that can be used to design lightweight components with good structural and acoustic properties at an early stage of the design process, where the design freedom is large. Key is the fact that response to both static and dynamic loading is taken into account simultaneously instead of sequentially, this is to prevent the emergence of design solutions with very good structural performance, but whose poor dynamic behaviour requires mass-intensive sub-systems to be added at a later stage.

The investigated methodology is based on using topology optimization to minimize the mass of a structure subject to constraints on the response to static and dynamic loads. An initial study extends the use Topology Optimization of Binary Structures (TOBS)

method to problems with vibration constraints. The TOBS method is later extended to allow for the concurrent optimization of the core topology and face sheet thickness of a sandwich structure. This new sandwich optimization method is then used to minimize the mass of a sandwich beam subjected to a static load.

Finally, the concurrent sandwich optimization is used to minimize the mass of a sandwich beam subjected to simultaneous static and harmonic loads, at both single frequencies and in frequency bands.

The results show that the new concurrent sandwich optimization method offer significant improvements over optimizing the core topology with fixed face sheet thickness, resulting in a mass reduction of up to 22%. The mass of the resulting structure is also shown to be very dependent on how strict the static constraint is, especially when compared to how sensitive it is to the dynamic constraint at single frequencies. For dynamic constraint imposed over frequency bands, the cost of lowering the response depends on the frequency band. If the band contains the fundamental resonance frequency, the mass is very sensitive to how strict the constraint is.

if the frequency band contains the fundamental resonance frequency, the mass is very sensitive to how strict the constraint is

The multifunctional design methodology presented in this doctoral thesis offers design tools which can be used to design lightweight vehicle components early in the design process without locking the design into solutions that require the addition of heavy sub-systems later in the design process. □

AKUSTIKEN BAKOM KULISSERNA

STOMLJUDSÅTGÄRDER PÅ OPERAN OCH DRAMATEN

Simon Edwinsson (Delta Akustik)
simon@akustiker.se
Deniz Hadzalic (Delta Akustik)
deniz@akustiker.se

BAKGRUND OM PROJEKTET

Den 30:e augusti 2024 invigdes den nya byggnaden för Operan och Dramaten i Flemingsberg. Byggnaden innehåller lokaler där alla förberedelser kan göras innan en produktion har premiär på Kungliga Operans och Kungliga Dramatiska teatern. I huset finns dekorateljéer där man tillverkar fonder och kulisser, t.ex. smidesverkstäder, snickerier, måleri och syateljéer. I huset finns också repetitionslokaler för sångare, dansare och musiker. Mest utmärkande är den stora repetitionssalen på nedre plan som mäter 25x25 meter och har en takhöjd på 14 meter.

Byggnadens akustik, särskilt rumsakustiken i de stora repetitionssalarna, väckte stor uppmärksamhet bland invigningens besökare. Artifon hade uppdraget att projektera och implementera de rumsakustiska lösningarna, och arbetet resulterade i en utmärkt rumsakustisk ljudmiljö. En annan anmärkningsvärd aspekt, som däremot inte hörs, är byggnadens förmåga att hålla ljud från omgivningen ute.

STOMLJUD FRÅN TÅG

Trots att stambanans tåglinjer går endast 50 meter från scenhuset hörs ingen tågtrafik inne i byggnaden. För att möta Operans krav på ljudisolering och tystnad krävdes omfattande akustisk projektering för att minimera luftljud, stomljud och vibrationer från omgivningen. I denna text beskrivs projektets akustiska utmaningar och de lösningar som användes för att skapa en miljö fri från stomljud.

Delta Akustik deltog i samtliga projektfaser, från programhandling och systemhandling under Fabeges ledning, till bygghandling och produktion under ledning av byggfirman MVB. Redan vintern 2020 utfördes initiala mätningar av vibrationer från tågtrafiken för att fastställa förutsättningarna för scenhuset. Totalt genomfördes fem mätningar av vibrationer/stomljud, samt en tillkommande slutlig verifiering vid projektets slutbesiktning.

FÖRSTA TESTMÄTNING

Vi utförde mätningar av vibrationer i mark (lera) och på berg. Dock fanns inget synligt berg vid platsen för scenhuset (50 meter från spåren) så istället gjordes mätningen på en bergsknalle lite längre bort längsmed spåret, men på ungefär samma avstånd från spåren -55 meter. Se bild 1 för mätpunkt (innan huset byggdes) och bild 2 (med scenhuset markerat med rött)

Resultaten visade att den vägda accelerationsnivån på berg vid tågpassager uppfyllde det projektspecifika riktvärdet med god marginal. Dock uppmättes påtagliga vibrationer i frekvenserna 40-80 Hz vilket kan framkalla stomljud. Högst värden uppmättes vid passager av äldre SJ-tåg med toppar (Slow max) strax under 1 mm/s² i tersbandet 63 Hz.

Dessa mätvärden användes för att estimerar stomljudsnivån inomhus i repetitionssalen med hänsyn till rummets dimensioner och planerad rumsdämpning. Golv ansattes till strålningsfaktor 1. Övriga ytor till strålningsfaktor 0. Hänsyn togs däremot inte till förluster i övergång mellan berg och grundläggning eller till byggnadens egenresonans.

Den beräknade stomljudsnivån i dBA blev då 30 dBA (Slow max) vilket var 5 dB över det projektspecifika riktvärdet för stomljud, 25 dBA (Slow max)

Dessa resultat föranledde ett beslut om att göra scenhusets repetitionssal som ett fullskaligt rum i rum med flytande golv, fribärande tak och väggar uppställda på vibrationsisolering. Även andra faktorer spelade in i valet av rum-i-rum-lösning, såsom det faktum att smidesverkstaden låg vägg-i-vägg med repsalen och att repsal 2 var belägen ovanför. Med sin rumsvolym på nästan 9000 kubikmeter måste det vara ett av de största rum-i-rum som byggts i Sverige. Ett stålskelett bär upp hela konstruktionen med stora fackverksbalkar i tak. Stomljudsisoleringen sker mellan



Bild 1.



Bild 2.



Bild 3.

pelarfot och konstruktionsbetongen, se bild 3. Golv utförs helt flytande på remsor av Regufoam.

ANDRA TESTMÄTNING

Som ett led i kvalitetssäkringen av MVB:s projektering av bygghandlingar utfördes förnyade mätningar på frilagt berg på den plats där scenhusbyggnaden kommer att uppföras, se bild 4.



Bild 4.

Syftet var att få en högre noggrannhet i resultaten genom att mäta på den exakta platsen för scenhusbyggnaden. En överraskning var att vibrationerna på denna plats var väsentligt högre, ca 2,5 mm/s² i tersbandet 63 Hz jämfört med tidigare uppmätt 1 mm/s². Förklaringen antogs vara att berget i den tidigare mätpunkten haft fler sprickor och därmed en högre förlustfaktor. Med de nya vibrationsvärdena som indata ökade den beräknade stomljuds-nivån till 35 dBA, dvs 10 dB högre än kravet. Bedömningen var därmed att de åtgärder som beskrivits i SH/FU var nödvändiga att utföra. Se bild 5.

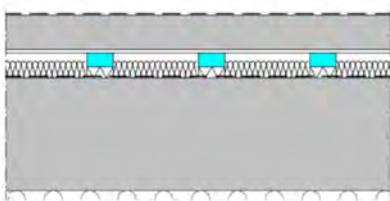


Bild 5.

TREDJE OCH FJÄRDE TESTMÄTNING

Vid mättillfälle 3 började det bli oroligt på riktigt. Mätningarna på den gjutna plattan, som delvis är pålad och delvis är platta på mark, visade nämligen att vibrationsnivåerna i frekvensen 63 Hz förvärrats avsevärt jämfört med mätningen på berg. Det är inte märkligt i sig, eftersom en betongplatta har större frihetsgrader än berget. Plattan var dock lastad med stålomme och bjälklag för ovanliggande våningar, vilket torde haft en dämpande effekt på amplituden i vibrationerna i rummets ytterkanter, dock ej

i mitten av rummet där mätningen utfördes. Där uppmättes som högst 5 mm/s² vilket, efter omräkning till A-vägd stomljuds-nivå (Slow max) inomhus, beräknades till 41 dBA dvs 16 dB högre än kravet.

Vid mättillfälle 4 utfördes en mer omfattande mätning av vibrationer över hela plattan, uppdelad i 36 sektioner. Medelvärdet av dessa mätningar gav en bättre bedömning av ljudstrålningen för hela golvytan, men visade sig vara marginellt lägre (bättre) än den tidigare mätningen i enstaka punkter. Det började nu bli intressant att ta reda på den exakta effekten av det flytande golvet. Skulle det vara tillräckligt för att minska stomljuken till 25 dBA?

FEMTE TESTMÄTNING

För att ta reda på den stomljuddämpande effekten av golvlösningen i det flytande golvet byggde MVB ett testgolv i likhet med den projekterade lösningen i SH/FU, bild 6.

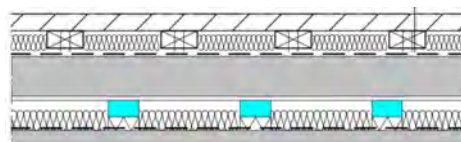


Bild 6.

Eftersom resultatet är temperaturberoende inväntades försommaren med en temperatur på ca 20 grader. Mätning gjordes med accelerometer placerad på toppen av det flytande golvet, först på betongen innan läggning av ytskikt och sedan med ytskikt (furutiljor) monterat. På sidan om

provgolvet placerades en accelerometer för att få referensvärden, se bild 7. På så vis kunde förbättringen av provgolvet utläsas.

Följande noterades:

- 50 Hz – en dämpning med ca 11 dB
- 63 Hz – en dämpning med ca 7 dB
- 80 Hz – en dämpning med ca 10 dB
- beräknad stomljuds-nivå i repsalen blev 12 dBA lägre

Ovanstående får som konsekvens att den mest bullrande tågpassagen skulle ge upphov till ca 30 dBA (Slow max). Samtidigt konstaterades att 6:e högsta passage per timme skulle klara riktvärdet 25 dBA. Därmed gjordes bedömningen att lösningen med det flytande golvet kvalitetssäkrats så långt som möjligt och att konstruktionen skulle fungera för att klara kravet. >>

100	ÖVERGOLV ENL. A, YTSKIKT ENL. PLAN
-	PE-FOLIE
100	BETONG C30/37 INKL. KVARVARADE FORM
	AV 22mm CEMINWOOD, ARMERAS MED
	NFS10150 CENTRISKT.
67	GOLV ENL. LJUDBESKRIVNING

100	BETONG C30/37 INKL. KVARVARADE FORM
	AV 22mm CEMINWOOD, ARMERAS MED
	NFS10150 CENTRISKT.
67	GOLV ENL. LJUDBESKRIVNING
	37x70 REGUFODAM EL. LIKV. s300
	30 XPS F1300 s300
	45 MINERALULL
-	PE-FOLIE
100	BETONG H ENL. PLAN
	ISOLERING, STENULL
	(FÖRSKJUTNA SKARVAR)

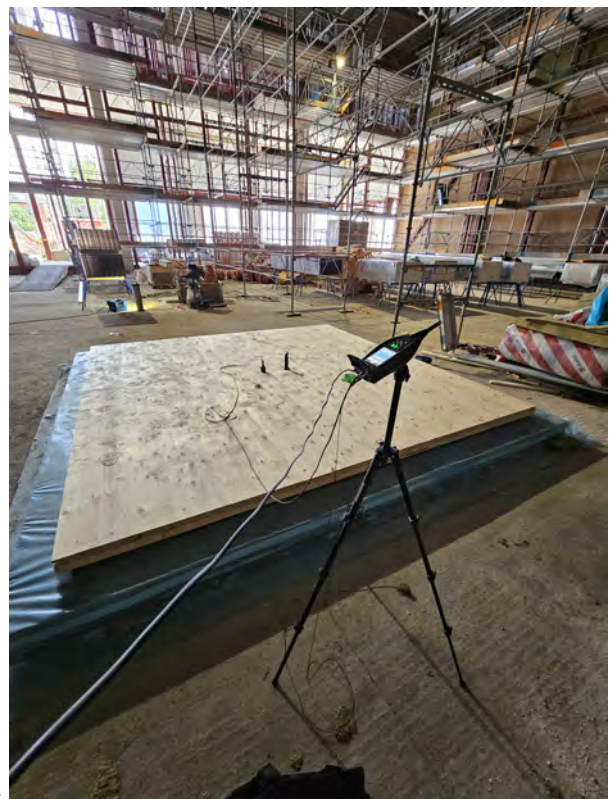


Bild 7.

VERIFIERINGSMÄTNING

Den avslutande mätningen utfördes som en del av verifieringsmätningarna under vintern 2024. Ljudnivån loggades i repsalen (övervakat) under en dryg timme med ventilationen ur drift. Samtidig loggning av ljudnivå skedde utomhus för att registrera tågpassager. Utvärderingen skedde genom att synkronisera utomhusmätningen med inomhusmätningen. Resultatet visar att ingen passage överskrider riktvärdet för stomljud, L_{ASmax} 25 dBA. Ett avlägset stomburet muller kan förnimmas vid de kraftigaste tågpassagerna och det högsta uppmätta värdet för L_{ASmax} var 23 dBA samtidigt som utomhusnivån uppmättes till 83 dBA (frifältsvärde).

LÄRDOMAR

Skillnaden mot den beräknade ljudnivån i testmätning 5 var därmed 7 dB. Man bör ställa sig frågan vad som kan förklara avvikelser mellan beräknat värde och uppmätt värde. Några av orsakerna kan vara:

- 3 dB förklaras av den säkerhetsmarginal haft med i beräkningen.
- vi hade ansatt efterklangstiden till nästan dubbla värdet än vad det verkligen mätte i oktavbandet 63 Hz, vilket förklarar 2-3 dB.
- vi hade ansatt strålningsfaktorn till 1, vilket gäller för betong men inte för trägolv som har en lägre koefficient.

Tack vare detta hade vi marginalerna på "rätt sida" och det behövde inte bli aktuellt att titta på 6:e passage utan även de värsta tågpassagerna uppfyller kravet. Några andra lärdomar att ta med sig:

- Vibrationsnivån på berg kan variera väldigt mycket trots lika avstånd till spåret. Det är viktigt att mäta på den exakta platsen för aktuell byggnad.
- En pålad platta på mark kan mäta avsevärt högre vibrationer jämfört med berget som grundläggningen sker mot. I detta fall ca 3 gg högre acceleration.

- Ett påkostat och avancerat flytande golv ger en dämpning på ca 10 dB i vibrationsnivå vid de kritiska frekvenserna i oktavbandet 63 Hz.

Upplevelsen för en akustiker att stå i salen, med ett tåg dundrande förbi strax utanför utan att ens förnimma det, är en påtaglig påminnelse om precisionen och kraften i de valda akustiska lösningarna. Nu när huset är invigt återstår det att se hur verksamheten upplever lokalerna. Är det tyst från hyresgästen är det ett kvitto på att också huset är tyst - och att vårt arbete tillsammans med Fabège och MVB varit lyckat!



Simon Edwinsson
VD, Akustiker
Delta Akustik
simon@akustiker.se



Deniz Hadzalic
Akustiker
Delta Akustik
deniz@akustiker.se

EXAMENSARBETEN FRÅN KTH

Anja Studic

Stockholm, Sweden 2024

*School of Electrical Engineering and
Computer Science (EECS)*

Subject: Computer and Information Sciences

SPHERICAL MICROPHONE ARRAY FOR STUDIO RECORDING OF SPEECH: A SUBJECTIVE EVALUATION

With the rise of interest in podcasts and spoken audio media, radio stations are looking for ways to stay in the front line of audio technology development. This means trying new formats and ways of working. A promising technology for this is a type of spherical microphone array: the Ambisonic microphone. It enables the use of minimal gear and flexible post-production. However, the quality of the end result needs to be secured. In this study, 14 subjects were asked to compare the audio of a spoken

studio program recorded with a regular close-range microphone with that of the same program recorded with an ambisonic microphone using sound source localization and beamforming.

“radio stations are looking for ways to stay in the front line of audio technology development. This means trying new formats and ways of working”

The subjects reported their preferences for each of the ten excerpts of the program on a comparative five-point Likert scale and left free-form answers about their impressions of the audio. The results of the study show

a clear preference for the close-range microphone. The main reason stated by the subjects is the lack of lower frequencies in the ambisonic recording, followed by descriptions of the audio as "tinny" and "less natural". Another often-stated reason is the perception of the ambisonic recording as having too much room reverberation. The strength of the preference is indicated to vary between excerpts, and some comments suggest that differences in content could be a reason. In the future, it would be interesting to investigate whether the technology could perform better in environments with more movement. □

Svenska Akustiska Sällskapet

Onsdag – Torsdag den 26-27 mars 2025 kommer SAS

Svenska Akustiska Sällskapet att hålla sin årliga Ljuddag i Malmö

SAS konstituerades den 21 mars 1945 så **2025 har föreningen sitt 80-års jubileum**

★ Vi firar detta med en två dagars Ljuddag med festmiddag på kvällen!

Keynote speakers:

Erling Nilsson

Viveka Lyberg-Åhlander

Vi uppmanar nu alla intresserade att inkomma med spännande artiklar, projekt eller annat inom akustikens väggar som Ni vill presentera. Förutom föredrag, årsmöte och prisutdelning kommer det finnas en utställning med företag i branschen. Nästa år kommer Ljuddagen avslutas med en festmiddag med underhållningryck. Vi söker nu:

- Anmäl deltagande och era abstract och föredrag
- Nomineringar till årets Ljudpris
- Nomineringar till årets Ljudmiljöpris
- Anmälan för utställare

Vi bjuder in minst en välkänd "keynote speaker" och vi räknar med ett mycket brett spektrum av ämnesområden kommer att kunna avhandlas t ex:

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| • Rumsakustik | • Ljudmiljö i skolor |
| • Trafikbuller | • Musikakustik |
| • Byggnadsakustik | • Flygbuller |
| • Externt industribuller | • Vibroakustik |
| • Modellering & Simulering | • Arbetsplatsbuller |
| • AI i akustik och vibration | • Audio |
| • Hälsoeffekter av Ljudmiljö | |

Som en del av konferensen planerar vi att ha korta presentationer från studenter vid högskolorna där de får gå igenom sina projekt. Vi kommer samtidigt anordna en utställning där företagen kan visa sina produkter inom akustik och vibration. Genom att konferensen nu är två dagar kommer det finnas gott om tid för alla.

VÄLKOMNA – ANMÄL ER REDAN NU:
INFO@AKUSISKA-SALLSKAPET.ORG

**DET ÄR
GRATIS FÖR
MEDLEMMAR**

Ljuddagen i Malmö den 26-27 mars 2025
med firande av SAS 80-års jubileum!
Anmäl er redan nu:
info@akustiska-sallskapet.org

Neo Gumbel, Mattias Kallbauge
Stockholm, Sweden 2024
School of Industrial Engineering and
Management (ITM)
Subject: Engineering and Technology

SPHERICAL MICROPHONE ARRAY FOR STUDIO RECORDING OF SPEECH: A SUBJECTIVE EVALUATION

Predictive maintenance refers to the practice of determining when a machine is about to break down, and only servicing it when really needed. This has the potential both to reduce service costs and industrial waste. Predictive maintenance using sound can be used when an anomaly in a machine is not visually apparent or if no sensors can be placed in or on the machine. Usually, predictive maintenance is done with machine learning methods that requires large amounts of training data and computational resources. If predictive maintenance is to be implemented on a large scale, more efficient methods are needed.

It has been shown in previous studies that transfer learning with pretrained image classification models, and simpler anomaly detection models, can be effective for predictive maintenance with sound. This method has the benefit of only needing to be trained on the normal working sound of a machine, not requiring machine breakdowns. The method also requires less computational power than other methods, as it leverages pretrained image classification models.

This thesis explores a practical implementation with transfer learning for use in transmissions. First, the method is validated through reproducing the study that proposed it. Then, it is extended to an implementation in a belt transmission, which was increasingly braked to simulate an anomaly. In order to investigate how the microphone placement impacts the method's performance, the microphone was placed at three different locations likely to be encountered in industry: on the machine, next to the machine, and in the same room as the machine.

the method is extended to an implementation in a belt transmission, which was increasingly braked to simulate an anomaly

The results from the validation part do not fully align with the results obtained in the replicated study. While some results are close there is a large variation, with some models giving up to 40 %-units lower AUC scores, and others giving up to 25 %-units higher. This discrepancy is likely explained, at least in part, by the weights and settings of the models differing from the ones used in the replicated study.

Evaluating the models for a belt transmission shows that the method provides excellent anomaly detection rate at all investigated distances. These results indicates that using this method in an industrial transmission could indeed be viable. This is likely because of the static sound emitted by the transmission and the static change in frequency when braking it. The method is thus also likely applicable to other machines and anomalies with static sound. Since these results were obtained in a controlled environment and from a simple test rig, future work should investigate this method for other transmissions, and in real industrial environments. □

Rasmus Booberg
Stockholm, Sweden 2024
School of Industrial Engineering and
Management (ITM)
Subject: Engineering and Technology

SPHERICAL MICROPHONE ARRAY FOR STUDIO RECORDING OF SPEECH: A SUBJECTIVE EVALUATION

Active noise cancelling (ANC) depends on accurately matching the gain and phase of an incoming sound to effectively cancel it out by emitting an accurate inversion of that sound [2]. Using multiple feedforward reference microphones has been shown to improve ANC performance by allowing access to more time-advanced information [3], compared to single microphone solutions. Three mathematical models of varying complexity are presented, a non-directional microphone model, a simplified directional microphone model, and a frequency dependent directional microphone model. The models are used to simulate the directional behaviour of a multiple reference feedforward ANC (MRFANC) system. Three levels of directionality are compared in order to answer how individual microphones' directional characteristics impact said system. The results are analysed in terms of phase deviation between sounds incoming at

various angles, and validated through a comparison to a physical prototype. Microphone directivity was also considered in relation to optimal microphone placement [5]. Configurations were found for each model that minimised phase deviation for

to find techniques that offered perceptually good audio quality covering most of the room, while being robust and stable

sounds approaching at different angles [7]. The results indicate that microphones' directional characteristics have a significant impact on the response of a MRFANC system. A multiple reference ANC solution is shown to have benefits in terms of minimising directional dependence in gain and phase response, compared to a single reference alternative. Microphone directionality was also shown to have a significant impact on the models' predicted optimal microphone placement. □

Corentin Flochlay
Stockholm, Sweden 2024
School of Engineering Sciences (SCI),
Engineering Mechanics, Vehicle engineering
and technical acoustics
Subject: Vehicle Engineering

IMPROVING THE ACOUSTICS COMFORT OF THE 6-METRE- LONG BLUEBUS ELECTRIC BUS

With the electrification of the automotive industry, vehicles tend to be quieter than their internal combustion engine counterparts. Because of this phenomenon, noises and vibrations that were initially imperceptible appear and affect the overall comfort level of the driver and the passengers. It can also lead to structural fatigue which results in an increase of maintenance and repair costs. In the case of the BlueBus 6m IT3, a disturbance is encountered with the Scroll compressor, placed atop of the driver's cabin, which supplies the braking system and the suspensions. When running at low speed, it vibrates and enters in resonance with the bus structure. This thesis aims to >>

reduce the resonance between the bus frame and the compressor by focusing on the characteristics frequencies of both systems. The vibrations of the compressor and the bus roof were measured for distinct stiffnesses and positions of the anti-vibration mounts and at the two compressor running speeds: 2000 rpm and 2900 rpm. The Sound Pressure Level (SPL) inside the driver's cabin and close to the compressor was also acquired to evaluate and compare the different configurations. A reduction of 2 dBA was achieved by increasing the stability of the motor-compressor assembly with a new support made up of wider mounts. The anti-vibration mounts of a shore hardness of 40 Sh were the more efficient with another 2 dBA decrease and a vibration of the roof quartered. A modal analysis confirmed the presence of a coupling between the compressor and the first cavity mode of the bus structure at low speed leading to amplified noise in the bus. Another analysis was performed on a modified compressor structure including the evolutions resulting from the tests. It results in a decoupling between the compressor and the bus frame and reduced bracket vibrations under loads at low speed. □

a reduction of 2 dBA was achieved
by increasing the stability of the
motor-compressor assembly with
a new support

Isak Tidal, Rasmus Rane
Stockholm, Sweden 2024
School of Engineering Sciences (SCI),
Engineering Mechanics, Aerospace,
moveability and naval architecture
Subject: Vehicle Engineering

DESIGN AND OPTIMIZATION OF HYDROACOUSTIC SONOBUOY

Today, the Swedish Armed Forces are using mainly two sonobuoys targeting objects in the water, Sonobuoy 225B and Sonobuoy 225C. The products are obsolete and in need of modernisation. The purpose of the project was to design, develop and test concepts related to the next generation sonobuoy, where the whole process was performed in close collaboration with EmbeddedArt as well as two master students from Integrated Product Design. The authors' work focused on hydroacoustic optimisation of the two most acoustically

crucial subsystems, being the housing attaching the hydrophones to the acoustic array as well as the casing protecting the element from impacts. The other group focused on the overall design of the buoy, involving the body itself and folding mechanism.

Two main goals were defined to achieve the project's purpose. First, to construct a prototype of the sonobuoy, focused on material choices, design, and construction of critical subsystems taking a hydroacoustic point of view, and CAD modelling to finalise the prototype. Second, experiments were conducted to investigate acoustic windows of materials in water, acoustic shadowing and sound propagation through the prototype, as well as an acoustic comparison between the existing casing and our casing.

Knowing the sound needed to be absorbed between the hydrophone and housing, a material with high sound absorption and an impedance mismatch from water's impedance, representing how easy it is for the sound wave to propagate through the material, was required. This resulted in three different material choices, being natural rubber, cellular EPDM rubber and silicone. Furthermore, the casing needed to be rigid and robust while still ensuring an efficient transmission of sound waves, which resulted in PPA, PC and ABS+PC.

The first experiment investigated the acoustic properties of different materials underwater, resulted in PC as the choice of material for the casing due to least impact on the stable peak of voltage amplitude compared to its corresponding measurement with no material. Furthermore, cellular EPDM rubber was chosen as adapter between housing and hydrophone revealing the biggest mismatch in voltage amplitude from water.

The prototype was CAD-modelled and built in order to perform the second and third experiments, investigating the acoustic shadowing and sound propagation through the prototype, as well as an acoustic comparison between the existing casing and our designed casing. The experiments showed that the casing did not reduce the incoming signal significantly. However, the central hub did reduce signals by around 5 dB. The work laid a solid foundation for further research and development within the field, suggesting that conducting experiments at lower frequencies and performing a Finite Element Method analysis of the design would provide deeper insights into the development of the next generation sonobuoy. □

Mikael Hermelin, Daniel Tegbrant
Stockholm, Sweden 2024

School of Industrial Engineering and
Management (ITM), Engineering Design
Subject: Mechanical Engineering

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL SOLUTION FOR A SONAR SENSOR

This project was conducted in collaboration with the company EmbeddedArt and involved developing a mechanical solution for a new sonobuoy sensor. The sensor is intended for the Swedish Armed Forces, where EmbeddedArt has identified significant development potential. The sensors currently used by the Armed Forces are repurposed single-use products developed in the 1980s. The goal of the project was to develop the mechanical design for the sensor component, so it could later interact with other existing systems. The design needed to be easy to handle while protecting the sensor's hydrophones without compromising the sensor's acoustic quality. The work began with technical research on what a sonobuoy is, the different types of sonobuoys, and how they function. This was followed by studies on how the Swedish Armed Forces use their sonobuoys and the perspectives of various stakeholders, gathered through multiple interviews and user studies. From this, the following design vision was established:

"Create a slick and robust product, without sacrificing the sound recording ability."

Based on this design vision, several concepts were developed, and after evaluation, the Treson sensor was chosen as the final concept. The design of Treson features a four-bar linkage mechanism that allows the hydrophones to extend and retract. They extend underwater into a recording position and retract into a protected state when retrieved. The hydrophones' extension is facilitated by the buoyancy of a lift buoy. When Treson is retrieved from the water, the user pulls a separate rope attached to the anchor, ensuring the hydrophones are protected when lifted out of the water. Thus, Treson remains compact and protected when handled by the user, minimising the risk of damage from impacts. □

Create a slick and robust
product, without sacrificing
the sound recording ability



SOUND HAPPENS

Ljud har funnits i alla tider. Ibland som konsekvens av en händelse och ibland som ett medvetet val. Och med vår expertis, även som ett kraftfullt verktyg. På Efterklang förstår vi dess potential och förenar ljudets styrka med kunskap.

We tune the world.

efterklang.org



efterklang:
PART OF AFRY

Shravan Sriram

Stockholm, Sweden 2024

*School of Electrical Engineering and
Computer Science (EECS)*

*Subject: Computer Sciences, Computer
Engineering*

SHAPE OPTIMIZATION TO IMPROVE NVH OF AN IPM MACHINE FOR HEAVY VEHICLE APPLICATIONS: SETUP AND EVALUATION OF AN OPTIMIZATION FRAMEWORK THROUGH COMPARISONS WITH RESULTS FROM SHAPE PARAMETRIZATION STUDY FOR NVH

The thesis evaluates the potential of shape optimization to provide electric machine geometries that are optimized for torque, noise, vibration and harshness (NVH) and efficiency. It could be an alternative to the parametrization-based approach in the electric machine design process. In this work, an optimization framework was developed using Altair Flux-2D™ and MATLAB™ software, with mean radial tooth force (MRTF) and torque as responses. Various features of an interior permanent magnet machine (IPM) machine were selected for optimization, such as rotor surface, outer magnet air-pockets, stator tooth-tips, and shape features along the d-axis and q-axis of the machine. A shape-parametrization study was performed to further understand the results obtained from the shape-optimization framework. During this study, it was observed that the MRTF harmonic of radial tooth forces represented in the complex domain could be modified by changing the shape dimension and position. Cases were created, wherein different types of bumps and notches were introduced on the rotor surface and stator tooth-tips, after which, a design of experiments (DOE) study modified them to observe their influence on the MRTF harmonic. Shape optimization provided results much faster than DOE-based studies, and it was best suited to suggest minor changes and offer additional performance improvements. In a parametrization-based design process, shape optimization could be used effectively in the latter stages as a design evaluation and enhancement tool. Results from the framework indicated that efficiency must be sacrificed to achieve a sizeable reduction in the MRTF harmonic.

The latter is most sensitive to shape changes on the rotor surface, while partial radial-force vector modification is possible by changing the shape of that toothtip. When correctly placed, bumps and notches offer good MRTF harmonic and torque ripple reductions. □

shape optimization provided
results much faster than DOE-
based studies, and it was best
suited to suggest minor changes
and offer additional
performance improvements

Moreno Dal Borgo

Stockholm, Sweden 2024

*School of Engineering Sciences (SCI),
Engineering Mechanics, Aerospace,
moveability and naval architecture*

Subject: Vehicle Engineering

RANDOM VIBRATION FATIGUE - ABAQUS PLUG-IN TOOL BASED ON SPECTRAL METHODS

Fatigue life calculation is crucial for those structures that are applied into a severe dynamic environment, also characterized by high level of randomness. Some commercial software, as Ansys and Comsol, have already built-in tools for random vibration fatigue calculation but Abaqus CAE does not. Hence, this thesis fills this gap, developing a plug-in tool integrated into Abaqus CAE to perform multi-axial fatigue analysis of metal components subjected to random vibration loading. Since this loading is characteristic of high cycle fatigue, first a random stress analysis is performed in Abaqus CAE and then the tool is applied as a post-processor. The literary review suggests some frequency domain methods extremely more efficient compared to time-domain approaches. Thus, they are implemented by Python scripting and incorporated into an Abaqus's Graphic User Interface. The tool, which can be applied to study random vibration with Gaussian distribution and zero mean, was first validated studying a simple L-plate. The hotspot identification and the maximum damage accumulated were compared against the results obtained with the commercial software Simulia Fe-Safe. Then, a real application case was analyzed and the

fatigue effect of the background random vibrations were studied for a cable connectors bracket mounted on a helicopter. Satisfying results were obtained for both cases and they allowed to explore the accuracy and limitations of the tool developed. Moreover, the study permitted to give some suggestion of future works on this field which include non-isotropic materials, critical plane methods, transient random vibration loading and non-Gaussian processes. The tool showed promising results on the hot-spot identification and damage calculation especially for in-phase loading. Hence, it can be a useful tool for the analysis of random vibration fatigue in Abaqus CAE but further improvements are required in case of out-of-phase loading. □

fatigue life calculation is
crucial for those
structures that are
applied into a severe
dynamic environment,
also characterized by high
level of randomness

Cinar Kirtiloglu

Stockholm, Sweden 2024

*School of Architecture and the Built
Environment (ABE), Civil and
Architectural Engineering, Structural
Engineering and Bridges*

Subject: Engineering and Technology

DYNAMIC ANALYSIS OF HARADAL BRIDGE

With the growing know-how and experience about wood as a construction material, its remarkable environmental properties, ease of installation and high strength-to-density ratio make it an appealing choice for designers. However, the low density of wood presents challenges for slender timber bridges, which can experience high accelerations under dynamic loads. Resonance becomes a significant concern when the natural frequencies of the bridge are low, approaching walking frequencies of pedestrians – around 2 Hz vertically and 1 Hz horizontally. This master thesis investigates the dynamic properties of Haradal Bridge, an 87 m long cable-stayed timber bridge. The bridge consists of six deck frame sections, attached to each other by slotted-in steel plate connections. Each section features two primary beams, >>

connected with crossbeams and steel rods arranged in a cross-bracing (X-shape). Due to the stiffness reduction caused by these connections, their influence on the bridge's dynamic behavior was studied through finite element modeling. Dynamic measurements were conducted on one deck frame section in laboratory conditions and the study explored whether the results from one section could be extrapolated to full bridge. To accurately match the natural frequencies and corresponding mode shapes, several calibrations were implemented to the 1 deck frame section model. The density and stiffness properties of GL28c timber material were increased beyond the standard values provided in EN 14080. Additionally, the steel bracing rods modeled with an elasticity modulus of 210 GPa, which yielded more accurate results. While a good match was achieved for the fundamental modes, these modifications still remain as uncertainties that should be treated with caution. For the full bridge model, the use of springs between the deck frame sections, as well as between the primary beams and crossbeams, led to a reduction in natural frequencies. Spring stiffness values were calculated using the Kser method from EN 1995-1-1, and a sensitivity analysis was performed by varying these values. Across all models, lateral vibration modes were the most affected by the introduction of springs, experiencing approximately 25% lower frequencies, while vertical modes remained mostly unaffected. □

Sofia Ufimtseva

Stockholm, Sweden 2024

*School of Electrical Engineering and
Computer Science (EECS)*

*Subject: Computer Sciences, Software
Engineering*

COMPARISON OF MACHINE LEARNING METHODS FOR ANOMALY DETECTION AND CONDITION MONITORING IN ROLLING BEARINGS: AUTOENCODERS VS LSTM

Predictive maintenance is an area that has vast practical importance to the current industrial sector. It revolutionises maintenance practices from a reactive to a proactive approach. Utilising machine learning models on the data collected from sensors installed on machines, predictive maintenance enables the timely detection of anomalies. This approach minimises

unplanned downtime, enhances equipment reliability, and optimises resource utilisation. Predictive maintenance also reduces maintenance costs and prolongs the lifespan of machinery.

this thesis focuses on fault detection and health monitoring of rotating machinery, specifically bearings, based on vibration signals

This thesis focuses on fault detection and health monitoring of rotating machinery, specifically bearings, based on vibration signals. Two machine learning models that are commonly used for fault detection in bearings --- Autoencoder (AE) and Long Short-Term Memory (LSTM) are compared to explore their theoretical advantages and drawbacks. Both models are applied to a novel dataset featuring bearing vibration data from Leine Linde AB. The models are then evaluated on this new dataset and are compared against a sliding average threshold as well as against each other.

Both Autoencoder and Long Short-Term Memory models were tailored to suit the characteristics of the dataset. The models reconstruct the vibration signal and then a one-class Support Vector Machine (SVM) is applied to detect anomalies. The results show the AE model outperforms the LSTM model in anomaly detection. The LSTM model performs marginally better at reconstructing the vibration data. □

Jesper Pettersson, Tom Edström

Stockholm, Sweden 2024

*School of Architecture and the Built
Environment (ABE), Civil and
Architectural Engineering, Structural
Engineering and Bridges*

Subject: Engineering and Technology

AN EVALUATION OF THE DYNAMIC BEHAVIOR FROM AMBIENT VIBRATIONS IN A TIMBER HIGH-RISE BUILDING: A COMPARISON BETWEEN EXPERIMENTAL IN-SITU TESTS AND NUMERICAL OPTIMIZATION

Increasing the height of timber structures has gained a significant interest lately, especially in high-rises utilizing cross-laminated timber (CLT) panels as structural

elements. This master thesis evaluates the dynamic behavior of a newly constructed timber high-rise building. The first two floors are made out of concrete and the remaining floors out of CLT panels. The building consist out of two parts without structural connection, a higher part with 13 floors and a lower part with 8 floors. A cedar wood facade linked through an expansion joint is the only connection between them, allowing the two separate building bodies to move freely and independently. Due to the vast interest and limited research about the dynamic behavior during low amplitude vibrations, a global dynamic analysis was conducted on the two building parts in March 2024. Ambient vibration tests (AVT) were adopted to identify the modal parameters with Stochastic Subspace Identification (SSI) to assess the dynamic characteristics of the timber high-rise.

preliminary results during measurements presented almost identical natural frequencies of both building parts

The preliminary results during measurements presented almost identical natural frequencies of both building parts. Resulting in further sessions with similar outcome, that a non-structural connection influence the interaction between the two building parts, forcing a joint behavior during low amplitude vibrations. Subsequently, a Finite Element (FE) model of the whole structure was updated continuously with carefully selected design parameters. The first initial FE model demonstrated a substantial overestimation in the overall stiffness. Following, the model update revealed high consistency between experimental and numerical estimation when implementing a connection between the two separated building parts and reducing the in-shear stiffness significantly. □

Tom Nyström
Stockholm, Sweden 2024
School of Electrical Engineering and
Computer Science (EECS)
Subject: Computer Sciences, Software
Engineering

AUTOMATED IDENTIFICATION OF CAPERCAILLIE LEK VOCALIZATIONS IN SWEDISH FORESTS USING DEEP NEURAL NETWORKS

The EU 2030 Biodiversity Strategy highlights the necessity for habitat restoration, for which the monitoring of biodiversity changes is important. The concept of an umbrella species refers to an animal whose habitat covers a large area where other species habitats are also found. The monitoring of an umbrella species can be seen as a proxy for habitat health of overlapping habitats. The capercaillie (*Tetrao urogallus*), an umbrella species experiencing population decline, inhabits Swedish forests along with other bird species. Traditional point count monitoring methods can be costly and disruptive to habitats, prompting the need for automated approaches. Passive Acoustic Monitoring (PAM) is a prevalent method where continuous audio data is recorded at sites of interest. To analyze these recordings efficiently, deep learning models like convolutional neural networks (CNNs) can classify audio spectrograms. However, these models require extensive labeled data, and audio data labeling is time-consuming due to its time domain. Active learning, which intelligently selects queries for labeling, can reduce these challenges by reducing the necessary labeling budget. This thesis evaluates the creation of a deep convolutional network to recognize capercaillie lekking calls from audio spectrograms and attempts active learning with maximum entropy-based query selection as a method to reduce necessary labeling efforts. Two models were developed: a simple CNN without pre-trained weights and a VGGish-based model with pre-trained weights for feature extraction. VGGish was fine tuned with capercaillie-specific classification layers through transfer learning. The VGGish based model was used in conjunction with active learning and performance was measured at different labeling budgets. Results of active learning indicated a higher AUC-ROC during the introduction of the first 30% of data when using entropy based versus random query selection. However, the difference could not be proven to be statistically significant. The best found model received an F1 score of 0.895 ± 0.003 on the test set. □

Viktor Andersson
Stockholm, Sweden 2024
School of Electrical Engineering and
Computer Science (EECS)
Subject: Control Engineering, Information
Engineering

ALTERNATIVE MODULATION TECHNIQUES TO REDUCE ACOUSTIC NOISE FROM ELECTRIC DRIVES IN PODDED PROPULSION SYSTEMS: SILENCING THE ELEGANCE POD AT KONGSBERG MARITIME

In the search for sustainable and effective propulsion systems for vessels, offshore applications, and super yachts, the podded propulsion system emerged. In a pod hung underneath the vessel, an electrical machine is integrated, directly connected to the propeller through the shaft, and in this manner, the need for mechanical transmission of power through the vessel is eliminated. Today, an electrical machine, often a permanent magnet synchronous machine, is fed from an electrical drive system through slip rings that enable full rotational freedom of the pod.

**a major advantage of the pod
is the low amount of acoustic
noise emitted to the oceans
and toward the crew onboard
the vessel**

A major advantage of the pod, compared to traditional propulsion systems, is the low amount of acoustic noise emitted to the oceans and toward the crew onboard the vessel. However, the pod is not completely silent, partly due to high-frequency harmonics induced into the electrical machine from the pulse width modulated frequency drive. Reduction of this noise is the subject of this master thesis, and the studied methods of solution are random pulse width modulation, variable selective harmonic elimination, parallel interleaved inverters, and direct torque control, all aiming to eliminate the peak frequencies generated in the frequency spectrum from the electric drive. Matlab and Simulink simulations are run to study the resulting voltage harmonic spectra for the alternative modulation strategies to draw conclusions about the final acoustic noise levels and implications on system efficiency. The studied modulation techniques all show reduced peaks in the output spectra compared to the current modulation strategy, but different drawbacks and implementation difficulties are discussed. □

William Lundin, Karl Voigt
Stockholm, Sweden 2024
School of Industrial Engineering and
Management (ITM), Engineering Design,
Mechatronics and Embedded Control Systems
Subject: Mechanical Engineering

ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT FOR ESTIMATING WATER FLOW

With the increase of connected sensors and smart monitoring systems, there is an increasing need for easy-to-install sensors. This thesis aims to investigate two non-intrusive sensors for accuracy and ability to measure water flow, to add to the research field of non-intrusive measurements. One ultrasonic sensor which is explored through a literary review, and one proprietary acoustic sensor from the host company Youmoni. This sensor is evaluated with several experiments performed on a test rig. The output signal from the acoustic sensor is collected over a range of flow rates. The signals are made to form datasets that are used to train regression models to establish a signal-to-flow model. The acoustic sensor signals are sampled with an oscilloscope and capture the amplitude of the signals in the frequency domain. A wide frequency range is tested to find the meaningful frequencies, for the final data gathering the range of 0 to 200 kHz is recorded as input data for different flow rates. The resulting dataset shows the non-linear behavior of the sensor signal over the flow rate range of 0 to 33 L/min. Due to this behavior, the maximum amplitude of the signal corresponds to approximately 22 L/min, while it shows the same amplitude for zero and maximum flow. Because of this, the signal-to-flow model from the regression models is inaccurate and has a root mean square error of 6.0 L/min for the best model. By altering the dataset and limiting the flow range to half the interval the error is reduced to 0.93 L/min. This theoretical answer shows how well the regression model would work with a better dataset. From the experiments, a significant statistical difference between the acoustic sensor and the reference sensor is found. The comparative literature study shows that the ultrasonic sensor is more accurate and applicable than the acoustic sensor for detecting water flow. □

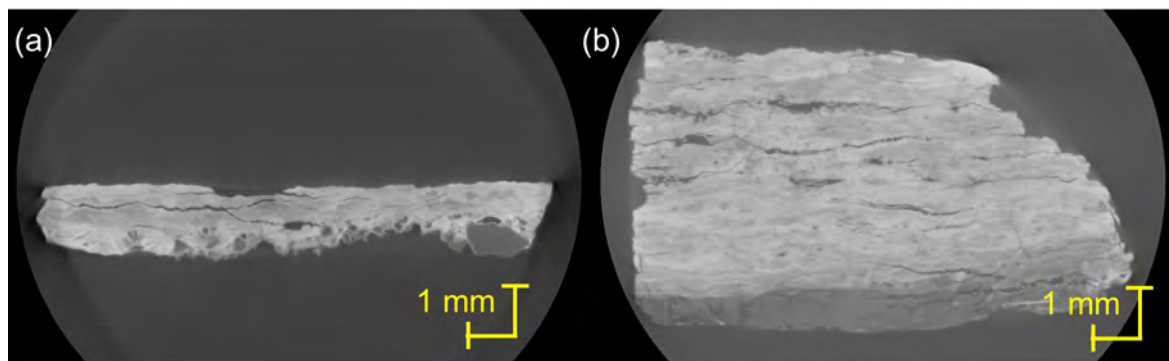
**this theoretical answer
shows how well the
regression model would
work with a better dataset**

ULTRALJUDSBASERAD LOKALISERING OCH KLASSIFICERING AV ROST – MED TILLÄMPNING MOT TÄTPLÅTAR I KÄRNKRAFTENS REAKTORINNESLUTNINGAR

Markus Nilsson (LTH)
markus.nilsson@tg.lth.se

INTRODUKTION

För att säkerställa säker drift och planering av underhåll av samhällskritisk infrastruktur är utvärdering av strukturers skick avgörande, särskilt genom oförstörande provning (OFP) med tekniker som ultraljud. En långvarig utmaning inom OFP är att detektera korrosion i tätplåtar ingjutna i betong, särskilt i reaktorinneslutningar i kärnkraftverk. I svenska anläggningar är tätplåten (nominellt ca 8 mm tjock) ofta ingjuten i 1 m tjocka betongväggar med armering och spännkablar, vilket gör inspektion utan friläggning mycket svår. Korrosion är särskilt allvarlig då den kan äventyra tätplåtens förmåga att förhindra utsläpp av radioaktiva partiklar. Figur 1 visar hur korrosion kan skapa planparallella defekter som påverkar plåtens egenskaper långt innan genomgående hål bildas. Trots många försök har ingen OFP-metod ännu varit framgångsrik för ändamålet.



Figur 1. Röntgenbilder på tvärsnitt av korrosionsprodukter. (a) Ordinär skalrost från en skrotplåt. (b) Korrosionsprodukt från en autentiskt korroderad tätplåt från en reaktorinneslutning. Mörka områden indikerar låg densitet (sprickor). Figur från [1].

Det räcker inte att enbart detektera förekomsten av defekter; de måste även lokaliseras. Med ultraljud kan reflektorers position bestämmas med god precision, givet att våglängden är tillräckligt kort. Det är också viktigt att beakta polariseringen, eftersom partikelstörningarnas orientering i förhållande till vågens riktning avgör hur defekterna detekteras.

I detta arbetet utvärderades ingjutna plåtar orienterade vinkelrätt mot vågens utbredningsriktning. Kompressionsvågor (P-vågor) skulle kräva en våglängd kortare än 8 mm, vilket dämpas starkt i betong på grund av interaktion med ballast och armering. Horisontellt polariserade skjuvvågor (SH-vågor) där störningen sker horisontellt, parallellt med ytan och vinkelrätt mot vågens utbredningsriktning, är däremot känsliga för ytdefekter som korrosion och möjliggör användning av längre våglängder för att undersöka plåtkorrosion.

Man kan även undersöka icke-linjär vågdistorion, alltså övertoner och modulation. Dessa effekter som uppstår när defekter skapar lokalt töjningsberoende elasticitet. En sluten spricka kan liknas vid två ballonger i kontakt, där kontaktytan varierar beroende på trycket, vilket

resulterar i icke-linjär styvhet. Det har visats att allvarlig korrosion ökar distorsion markant [1-3].

Eftersom icke-linjära fenomen är oberoende av våglängdens relation till defekternas storlek – i motsats till det reguljära ultraljudet – kan längre våglängder användas vilket gör dem fördelaktiga vid inspektion av komplexa strukturer. Inledande forskning vid Lunds tekniska högskola (LTH), med stöd från Strålsäkerhetsmyndigheten och Energiforsk, antyder att icke-linjärt ultraljud är en lovande metod för detta ändamål.

ULTRALJUDSSKANNING AV BETONGPROVKROPP INNEHÅLLANDE KORRODERADE TÄTPLÅTAR

Vid LTH har försök bedrivits med ultraljud som har en våglängd på ca 5 cm med både P- (80 kHz) och SH-vågor (40 kHz) för att utvärdera korrosion i ingjutna plåtar som är nominellt 8 mm tjocka. Provkroppen (1100x710x420 mm) för experimentet ses i Figur 2 och innehåller tre plåtar med varierande korrosionsgrad. I Figur 3 (a) ses en enhetligt korroderad plåt (lindrig korrosion), (b) visar en allvarligt korroderad plåt med skalrost, vilket är att samma typ

som ses i Figur 1 (a), och Figur 3 (c) visar en ursprungligt korroderad plåt där rostskiktet har slipats bort.

För noggrann placering av ultraljudaperturen för sändning och mottagning användes en XY-skanner driven av två servomotorer. Mätningarna utfördes i steg om 1 cm i ett rutnät med 98x62 punkter. Totalt genomfördes 6076 mätningar per försök. För vidare detaljer kring experimentet hänvisas den intresserade läsaren till [4, 5].

Eftersom en ultraljudspuls är bredbandig kan de starkast aktiverade frekvenskomponenterna interagera med varandra och skapa nya frekvenser genom s.k. intermodulation. För att studera dessa fenomen analyserades de mottagna signalerna utifrån tre parametrar:

- 1) vågmagnituden (enveloppen), som är en linjär parameter, samt
- 2) den första övertonens magnitud i förhållande till grundtonen och
- 3) intermodulation, vilka båda beror på graden av icke-linjäritet.

Parametrarna kombinerades genom att normalisera och summera respektive skadevärde, vilket ger en bättre helhet än att enbart studera en parameter åt gången.

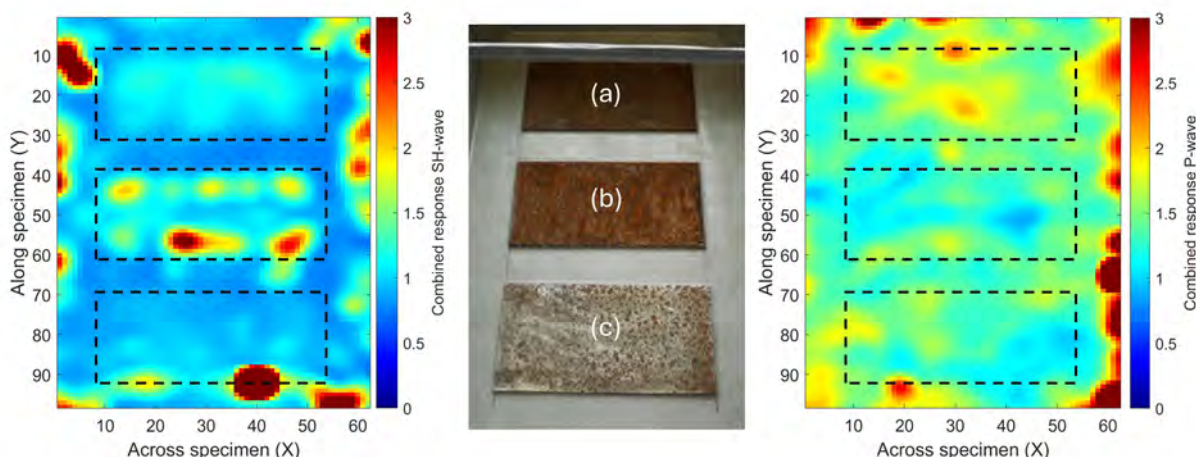
Resultaten i form av C-scan presenteras i Figur 3. En C-scan är en tvådimensionell avbildning (XY-skiva) som representerar en parameters variation vid ett specifikt djup i provkroppen, i detta fall vid botten av provkroppen, vilket är var plåtarna befinner sig. I Figur 3 ser vi att SH-vågorna (vänstra bilden) effektivt både lokaliserar och klassificerar de korroderade plåtarna, med svag indikation för plåt (a), stark för (b), och närmast obefintlig för (c). Motsvarande försök med P-vågor lyckas inte ens att detektera plåtarna.

Resultaten antyder ett förhöjt skadeläge kring provkroppens periferi. Detta kan förklaras av kanteffekter, där interferens skapar distorsion. Dessutom finns sprickor i betongen längs kanten som uppkommit under härdningen, vilka bidrar till ökad icke-linjäritet.

I ett nyligen beviljat projekt kommer en mock-up av ett väggsegment från en reaktorinneslutning med korroderad tätplåt tillverkas för att kunna utvärdera teknikerna under mer realistiska förhållanden.



Figur 2. Betongprovkropp positionerad under LTH:s XY-skanner. Provkroppen mäter 1100x710x420 mm (innermått) och innehåller tre plåtar av varierande korrosionsnivå, se Figur 3. Figur från [4].



Figur 3. Avbildning med skjuvvågor (vänster) och kompressionsvågor (höger) genom kombination av linjära och icke-linjära parametrar av: (a) Enhetligt korroderad plåt (svag korrosion); (b) Skalrostad plåt (allvarlig korrosion); (c) Ursprungligt enhetligt korroderad plåt från vilken rosten har slipats bort. De streckade rektanglarna visar de förväntade positionerna för plåtarna.

REFERENSER

- [1] M. Nilsson, P. Ulriksen, och N. Rydén, "Nonlinear Wave Modulation for the Evaluation of Corroded Steel Plates Embedded in Concrete," *Journal of Advanced Concrete Technology*, vol. 22, no. 9, pp. 545-560, 2024, doi: 10.3151/jact.22.545.
- [2] M. Nilsson, E. Huttunen-Saarivirta, E. Bohner, och M. Ferreira, "Non-destructive evaluation of corrosion in steel liner plates embedded in concrete using nonlinear ultrasonics," *Construction and Building Materials*, vol. 408, 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.133691.
- [3] M. Nilsson, P. Ulriksen, och N. Rydén, "Nonlinear ultrasonic characteristics of a corroded steel plate," *Nondestructive Testing and Evaluation*, vol. 38, no. 3, pp. 456-479, 2022, doi: 10.1080/10589759.2022.2123481.
- [4] M. Nilsson, P. Ulriksen, och N. Rydén, "Ultrasonic imaging of concrete-embedded corroded steel liners using linear and nonlinear evaluation," *Nondestructive Testing and Evaluation*, pp. 1-29, 2024, doi: 10.1080/10589759.2024.2402889.
- [5] M. Nilsson, "Nonlinear Ultrasonic Evaluation for Corrosion Assessment of Steel Plates Embedded in Concrete," *Doktorsavhandling*, Teknisk geologi, Lunds Universitet, Lund, 2024.



Markus Nilsson

Doktorand vid Teknisk geologi,
Lunds tekniska högskola
markus.nilsson@tg.lth.se



Komplett trådlöst kit för byggakustikmätning

Nor145 Ljudmätare med WIFI och BA-rating on board.
 Nor282 Förstärkare med batteridrift - 90 min full effekt.
 Nor283 Rundstrålande högtalare, 5,3kg, 123 dB LWA.



Avancerad bullerövervakning på ett enkelt sätt!

Full flex - Logga data med minut, sekund eller ms upplösning.
 Wave recording, 1/3-oktav, event-larm och pdf-mätrapporter.
 NoiseCompass riktningsmikrofon för automatisk källdetektion.

KORTFATTAD RAPPORT FRÅN NAS HÖSTMÖTE 2024, BERGEN

Torbjörn Kloow (SAS)
toby@nitk.se

Arets upplaga av NAS 2024 hölls i Bergen på Hotel Grand Terminus den 1-2 November och det var 127st deltagare och det även fastän programmet var på en fredag-lördag. Det är emellertid tradition sedan länge att ha NAS höstmöte på en fredag-lördag, dessutom var det något fler utställare än förra året = 11st (8st).

SAS fyller 80 år nästa år 2025 och vi firar detta med att SAS Ljuddag blir 2 dagar onsdag-torsdag den 26-27 mars 2025 i Malmö. På förra årets SAS Ljuddag var det nytt rekord för antalet deltagare, ca 85st. På DAS Danska Akustiska Sällskapets årsmöte i våras var det mer än 100 deltagare. Nu funderar jag på vad som skall till för att vi skall komma upp i antal deltagare. En tanke som slagit mig är att i Sverige kommer det färre antal konsulter än i de andra Nordiska länderna, vad beror det på? Kanske kan vi öka antalet deltagare med bra "keynote speaker", helst internationella och nu ett två dagars upplägg då vi firar 80 år. Dessutom en förbättrad/större utställning med gott om tid för besök.

NAS Höstmöte speglar läget för akustiken i Norge och drivs av konsultföretagen och med NTNU som främsta universitet. Årets höstmöte hade 5st rubriker:

- Helseeffekter av støy
- Støy i arbeidsmiljø
- Godt og blandat
- Rehabilitering og bygningsakustik
- Støy og vibrasjoner.

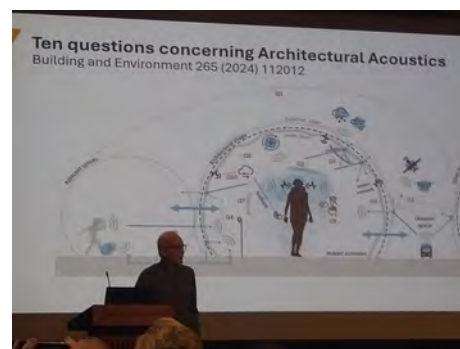
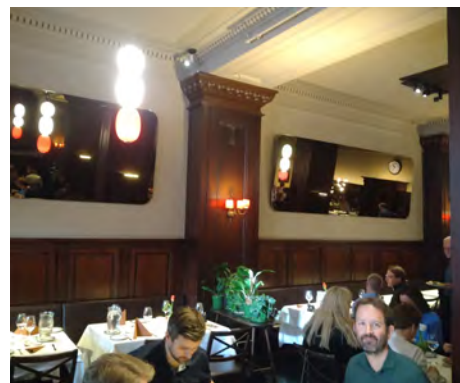
Det var flera föredrag om hälsoeffekter och till höger ser vi när Gunn Marit Aasvang (FHI) och Jens Holger Rindel (Multiconsult)

höll sina intressanta föredrag om "Nye nasjonale mål og indikatorer for støy" resp. "Støy i relasjon til inneløp, komfort og helse".

Lunchen serverades i hotellets matsal och det fanns både kallskuret och varm mat, efterrätt mm, men den var akustiskt sett omöjlig att prata i. Ljudnivån var mycket hög och det berodde en hel del på att man placerat stora speglar på väggarna som dessutom vinklats lite neråt så att man säkerställde att alla reflexioner kom direkt tillbaka till gästerna! Här finns det uppdrag att hämta för konsulterna att åtgärda den urusla akustiken.

Utställningen hade 11st utställare och varje utställare fick 5 min presentation, men i övrigt bara 20 min resp. 15 min kaffepaus men minglet innan kvällens middag var i utställningslokalen. Så på fredagskvällen var det som vanligt en härlig festmiddag med 3 rätters och uppträdande. Dessutom blev Jens Holger Rindel hedersmedlem i NAS.

Festmiddagen hölls i den stora föreläsningssalen och där var det bättre akustik än i lunchmatsalen. Där fick vi underhållning av musiker, en basist och en som spelade "elektronisk musik" och det var mycket uppskattat. >>>





SONITUS SYSTEMS

Automated monitoring for noise and dust



Automated compliance



Reliable instrumentation



Insightful analytics



Expert support



Sonitus Systems provide the instrumentation, software and expert support to let you automate your environmental monitoring projects. With online reporting and exceedance alerts available through our Sonitus Cloud dashboard, you can automate your compliance monitoring, saving time and effort.

For more information on noise, vibration and air quality monitoring solutions, please contact the team at

www.sonitussystems.com

Sammanfattningsvis kan sägas att programmet omfattade följande ämnesområden och deltagare:

Peter Svensson från NTNU, Trondheim höll ett intressant föredrag om hur man kan utveckla akustikutbildningen och där angavs det att det finns ca 360st akustik-konsulter i Norge. I Norge finns det 4st ledande konsultföretag: Brekke Strand, Multiconsult, Norconsult och SWECO. Noterbart från förra året var att varken WSP eller Ramboll var på plats.

Ämnesområden och antal föredrag: 22st

Byggnadsakustik:	6st
Rumsakustik:	1st
Hälsoeffekter:	5st
Standarder:	1st
Arbetsmiljö:	3st
Flygbuller:	1st
Utbildning:	1st
Standarder:	1st
Övrigt:	3st

Deltagande 127st varav Konsulter 91st => ~ 72%

Akustikk-Konsult AS	(1st)
Asplan Viak AS	(6st)
Brekke Strand AS	(15st)
Cowi AS	(7st)
Efterklang	(1st)
Multiconsult	(18st)
Norconsult	(19st)
Lifetec	(5st)
SWECO Norge AS	(19st)
Total	=91st

Upprop till Sveriges akustikkonsulter:

Låt era medarbetare delta och hålla föredrag på **SAS Ljuddag onsdag-torsdag 26-27 mars 2025** med utbyte av kunskap, erfarenheter samt socialisera. Det främjar akustikens framtid!

Anmäl Ert deltagande på: www.akustiska-sallskapet.org

Hälsningar/ Torbjörn Kloow

Styrelseledamot

Svenska Akustiska Sällskapet

toby@nitk.se

SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET ÖNSKAR ALLA MEDLEMMAR OCH STÖDMEDLEMMAR EN RIKTIGT GOD JUL OCH ETT GOTT NYTT LJUDÅR 2025!

ACAD är akustikkonsulten med bredd och kompetens genom hög akademisk utbildning, lång erfarenhet och ett brett praktiskt kunnande. Våra akustiker har genomgående hög utbildningsnivå, doktorer och civilingenjörer. Vi formar enkla genomförbara lösningar och ger tydliga svar på akustiska frågeställningar. Det gör vi genom att ha en stor analytisk förmåga och starkt engagemang. Vi söker fler duktiga akustiker. Besök gärna vår hemsida och läs mer om oss och våra projekt.

ncnd Acoustic Consulting and Design™

Acoutronic är sedan 23 år en ledande leverantör av mätinstrument och system för mätning och analys av ljud- och vibrationer. Vi saluför ett komplett sortiment av mikrofoner, kalibratorer, ljudnivåmätare, analysatorer och akustisk kamera. Vi gör även konsultarbeten på förfrågan.

ACOUTRONIC

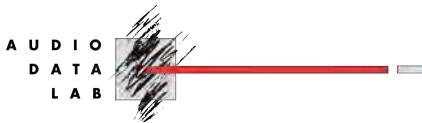
Akustikverkstan utför mätningar, beräkningar och utredningar för de flesta frågeställningar inom byggnadsakustik, väg- och tågbuller, rumsakustik, ljudisolering, vindkraftsbuller, maskinakustik, markvibrationer, industribuller etc. Vi har även egna akustiklaboratorier för mätningar av ljudabsorption, ljudisolering, stegljudisolering samt ljudutstrålning. Akustikverkstan är inte störst i branschen, men har hög utbildningsnivå, stor erfarenhet och gediget engagemang.

AKUSTIKVERKSTAN

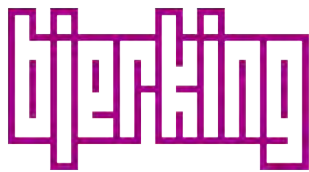
SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET STÖDMEDLEMMAR EN RIKTIGT GOD JUL



Artifon är specialister på hus för scenkonst. Förutom akustik så erbjuder vi rådgivning inom AV-teknik, scenljus och scenteknik. Vi har sedan starten 2002 arbetat med många stora spännande projekt i Sverige och Norge. Vi söker ständigt efter engagerade konsulter med kunskap och intresse av scenkonst.



Audio Data Lab grundades 1979 av Ingemar Ohlsson och inriktade sig tidigt på design av musikstudior, radiostudior, TV-studior och filmmixrum. Idag arbetar företaget även med akustik och byggakustik i biografer, bostäder, kontor och restauranger. Företaget projekterar högtalarsystem för hörsalar, konserthus, museum och arenor och har också stor erfarenhet av olika ljudmätningar, exempelvis kartläggning av bullerstörningar och intrimning av högtalaranläggningar.



Bjerking har mångårig erfarenhet inom akustik, buller och vibrationer och kan erbjuda alla typer av tjänster som rums- och byggnadsakustik, utredningar, projektering och mätningar.



Founded in 1942, Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S has grown to become the world's leading supplier of advanced technology for measuring and managing the quality of sound and vibration. We use our core competences and comprehensive range of products and solutions to help customers solve sound and vibration challenges. Since the 1950s, our products have set the standard to which others are compared.



Vi levererar vibrations- och bullerdämpande material som skapar rätt akustisk miljö. Våra lösningar isolerar vibrationer, stomljud, stegljud och buller i allt från fastigheter och industrilokaler till spårbunden trafik. Innovationer som skyddar människor och känslig utrustning. Vi hjälper våra kunder att finna den mest optimala lösningen i varje projekt, rätt lösningar leder till bättre funktion och lönsamhet. Christian Berner grundandet av bolaget 1897, det blev startskottet för det som med tiden kom att bli en organisation som hjälpt till att effektivisera och förbättra industrier över hela Norden. Vi skapar tysta miljöer.

ÖNSKAR ALLA MEDLEMMAR OCH OCH ETT GOTT NYTT LJUDÅR 2025!



Ecophon bidrar till en bra inomhusmiljö på arbetet, i skolan och inom vården. Det gör vi genom att utveckla, tillverka och leverera akustikprodukter och system som bygger på den naturliga utvecklingen av den mänskliga hörseln – så att vi kan uppleva ljudet inomhus på samma sätt som utomhus, eftersom det helt enkelt är bättre för oss människor. Vi har dessutom gedigen kompetens inom rumsakustik, våra specialister hjälper till att skapa bra ljudmiljöer inom till exempel skola, vård och kontor. Vårt löfte ”A sound effect on people” är kärnan i allt vi gör och något vi är stolta över. Detta löfte innebär att vi ivrigt förespråkar vikten av god rumsakustik för människors välmående – oavsett rum, aktivitet eller behov.



På Efterklang designar och säkrar vi ljudmiljöer. Vi erbjuder rådgivning kring akustik och vibrationskontroll. Vår expertis sträcker sig över ett brett spektrum och skala av akustiska utmaningar, från byggnadsakustik till industribuller, stads- och trafikljud och produktutveckling. Vi tillhandahåller också prisbelönad expertis inom ljuddesign och så kallad audio branding



Faleco är en leverantör av instrument och system för mätning och analys av ljud och vibrationer. Vi erbjuder innovativa produkter med hög kvalitet och användarvänlighet. Våra kundrelationer värderar vi högt och strävar därför att ha en öppen och ärlig dialog med våra kunder.



Akustikon är ett specialistteam inom Norconsult AB. Vi har många års erfarenhet inom byggakustik, vibrationer, bullerutredningar, produktutveckling, AV-teknik, sals- och rumsakustik. Vi specialiserar oss inom akustisk design av multifunktionella salar, teatrar, kyrkor och kontorslandskap. Vi är akustiker och tekniker som ser till helheten och löser alla typer av akustiska frågor.





SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET STÖDMEDLEMMAR EN RIKTIGT GOD JUL



Norsonic är en av världens ledande tillverkare inom lösningar för mätning av ljud och vibrationer. Norsonic Kalibreringslaboratorie är ett internationellt ackrediterat laboratorium. Detta säkerställer att kvaliteten på de uppmätta värdena är på högsta möjliga nivå. Norsonic är aktivt i standardiseringsarbetet, både på nationell och internationell nivå. Vi tycker det är viktigt, som en tillverkare av hög kvalitet att våra produkter är tillverkade i enlighet med de kommande versionerna av relevanta standarder, kombinerat med den senaste tekniken.



PE Teknik & Arkitektur är ett ledande konsultföretag med fokus på byggnader och allt runtomkring. Vår vision har varit tydlig sedan start: att förnya samhället genom innovativa och hållbara lösningar. Tillsammans skapar vi byggnader med bredd, höjd och hållbarhet.



Solutions for Building Technology

Rothoblaas har en passion för innovation och högkvalitativa byggprodukter. Vår expertis inom träkonstruktioner har lett till utvecklingen av innovativa akustiklösningar som garanterar en hög ljudisolering och minskar buller, vibrationer och efterklang i alla typer av byggnader. Rothoblaas akustiklösningar är enkla att installera och kan anpassas efter varje unikt byggprojekt. Vårt sortiment omfattar isolerande mattor, membran, tilläggsprodukter till golvsystem och takpaneler som alla bidrar till en bättre akustisk miljö och högre trivsel för de som vistas i byggnaden. Dessutom är Rothoblaas miljövänliga akustiklösningar en del av företagets engagemang för hållbarhet. Med Rothoblaas får du inte bara en högkvalitativ lösning på dina akustikproblem, du får också en produkt som är skapad med miljön i åtanke. Med Rothoblaas kan du skapa tysta och behagliga utrymmen utan att göra avkall på design eller funktionalitet.



Sto Scandinavia AB utvecklar, producerar och marknadsför produkter och systemlösningar inom Fasad, Interiör, Akustik, Golv och Betong. Våra akustiksystem baseras på speciellt utformade skivor av återvunnet glas eller byggs upp med dämpande puts. Vi är verksamma i hela Norden och tillhör den världsomfattande koncernen Sto SE & Co. KGaA.



ÖNSKAR ALLA MEDLEMMAR OCH OCH ETT GOTT NYTT LJUDÅR 2025!



Sweco erbjuder ledande expertis inom områdena akustik, ljud, buller och vibrationer. Vi utför uppdrag både nationellt och internationellt och har lokal förankring i flertalet städer i Sverige, Norge och Danmark.



Tyréns erbjuder marknadsledande tjänster inom bygg-samhälls- och industribuller. Genom att i alla lägen sträva efter att erbjuda en leverans som når längre än konkurrenterna utmanar vi både oss själva och branschen. Tyréns kan, genom sin engagerade ägare Sven Tyréns stiftelse, aktivt arbeta för att genom forskning och utveckling bidra till ett tystare och bättre samhälle som gynnar såväl kunder som invånare och samtidigt gör vårt arbete så mycket roligare!



Vibratec strävar efter att vara det främsta valet för kunder som står inför utmaningar med chockdämpning, ljudisolering och vibrationskontroll. Vi erbjuder produkter och tjänster som passar en mängd olika industrier och projekt, från finmekanik till omfattande offshoreinstallationer. På Vibratec fokuserar vi på att lösa våra kunders utmaningar genom att kombinera lång bransch erfarenhet med djup professionell expertis inom ljud- och vibrationslösningar. Med intern design- och produktionskapacitet skapar vi allt från standardlösningar till skräddarsydda system som passar våra kunders unika behov. Dessutom erbjuder vi expertrådgivning och installationstjänster.



WSP är ett av världens ledande konsultbolag och rådgivare inom samhällsutveckling. Vi utvecklar allt ifrån städer och transportsystem till vattenförsörjning och höga hus. Med 67000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare.



SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET

TIPSAR OM KONFERENSER OCH KONGRESSER

DAS-DAGA 2025
KÖPENHAMN, DANMARK
17-20 MARS 2025



SAS LJUDDAGEN 2025
80-ÅRS JUBILEUM, MALMÖ
26-27 MARS 2025

Svenska Akustiska Sällskapet

DET ÄR
GRATIS FÖR
MEDLEMMAR

Ljuddagen i Malmö den 26-27 mars 2025
med anledning av SAS 80-års jubileum!
Anmäl er redan nu!
info@akustiska-sallskapet.org

ICSV 2025
BOSTON, USA
22-23 APRIL 2025



ICA 2025
NEW ORLEANS, USA
18-23 MAJ 2025



FORUM ACUSTICUM/EURONOISE



MALAGA, SPANIEN
23-26 JUNI 2025

BNAM 2026
GÖTEBORG, SVERIGE
4-6 MAJ 2026



BNAM
2026
Baltic-Nordic Acoustics Meeting



INTER-NOISE: IN-54
SAO PAULO, BRASILIEN
24-27 AUGUSTI 2025

INTER-NOISE: IN-55
ADELAIDE, AUSTRALIEN
9-12 AUGUSTI 2026



FORUM ACUSTICUM/EURONOISE
GRAZ, ÖSTERRIKE
6-12 SEPTEMBER 2026