AKUSTIKKENS DAG 2021

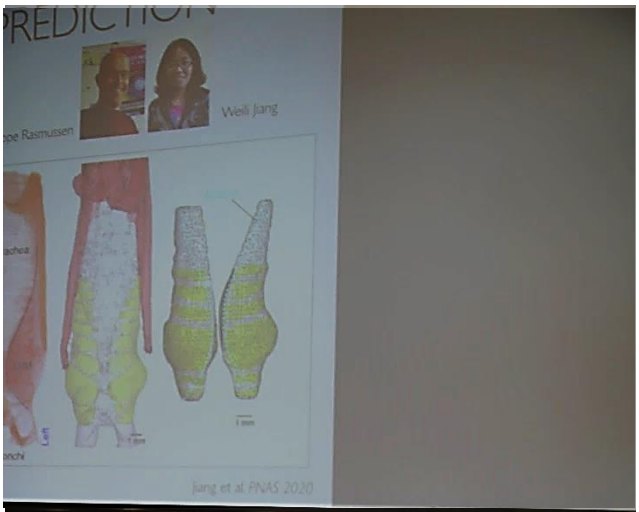
Torsdag den 16. september 2021 kunne Dansk Akustisk Selskabs medlemmer - efter en lang corona-pause - igen mødes ansigt til ansigt til Akustikkens Dag, som blev afholdt på SDU i Odense. Der var gået 2½ år siden sidste gang DAS-medlemmerne mødtes ved akustikkens dag hos Grundfos i 2019.

Vært for Akustikkens Dag i år var den Tekniske Komite for Bioakustik, som er den helt nye TK i DAS, med Jakob Christensen-Dalsgaard som repræsentant fra DAS-bestyrelsen. Akustikkens Dag var arrangeret og planlagt af Anders Olsen med assistance fra Rune Egedal.

DAS's formand Lars Bramsløw bød velkommen og han havde ligesom medlemmerne glædet sig til rigtigt at mødes og det viste fremmødet også (67 deltagere). Derefter gennemgik Lars dagens program - og vi kunne starte til tiden.

Dagens tema var ***Lyd og opfattelse hos dyr,*** *instrumentering og signalanalyse, samt undervandsstøj/lyd og støj gener ved etablering og drift af havvindmøller og påvirkning i øvrigt af havmiljø.*

Coen P.H. Elemans / SDU holdt det første key-note indlæg med titlen *"All-singing, All-dancing. Embodied motor control of the animal voice"*.



Coen startede med at præsentere Bio-Acoustics group på SDU og fortalte dernæst levende om stemmermekanismer. Undervejs blev DAS-medlemmerne præsenteret for en lille 4-stemmig korsats, hvor den akustiske del var naturlig á capella vellyd mens den visuelle del var en synkron video af sangernes stemmelæber i arbejde. At det var muligt at synge og samtidig se stemmelæberne bevæge sig skyldtes, at der var anvendt små sondekameraer ført ind gennem sangernes næser. Man må lide for kunsten - og videnskaben!

Samme teknik med at filme lydproduktion i levende dyr kan ikke anvendes. Dels er mange af dyrene fx fugle meget mindre og dels siger de ikke et pip, når/hvis man forsøger at filme stemmebåndene.

I stedet må man studere lydproduktionen ex vivo, dvs. stemmelæber fra døde dyr, og det blev klart for tilhørerne, at pattedyr og fugle har samme lydproduktionsmekanismer. Vi lærte også om superhurtig muskelaktivitet (200-250 Hz), at delfiner udsender klik samtidig med muskelaktivitet, mens marsvin har muskelaktivitet efter klik og at der primært anvendes højfrekvent falsetsang. Vi blev også indviet i den fest forskerne havde, da to hvaler strandede i DK i en kold tid, så der reelt var tale om friske, nedkølede præparater, som kunne anvendes til forsøg med stemmemekanismerne. Endelig kom vi omkring fuglestemmer og ungernes stemmetræning.

René Smidt Lützen / Vysys Group præsenterede dagens anden keynote med titlen *"Undervandsakustik og pæleramning – akustikingeniørens vinkel"*

Indledningsvis fik vi en forklaring på det relativt nye firma Vysys, der havde rødder i Ødegard & Danneskiold Samsøe / ØDS, ODS/Loyds - Engineering Dynamics afd.

Dernæst fortalte René om typerne af arbejdsopgaver: Måling, prædiktion og modellering samt standardisering.

Den primære problemstilling ved opstilling af havvindmøller er ramning af monopæle, kæmperør der bankes ned i havbunden som fundamenter for havvindmøller. Ramning er i top 3 over de mest støjende menneskabte støjende aktiviteter under vandet, hvor seismiske undersøgelser er nr. 2 og sprængstoffer nr. 1. Ramningsaktiviteter påvirker i høj grad havpattedyr – og reguleringskravene er meget forskellige rundt i verden pga. sammensætningen af havpattedyr – fx 200 typer på USA's østkyst.

Omfanget af vindmølleaktiviteter er enormt. I 1. halvdel af 2021 var der 166 igangsatte vindmølleprojekter i Nordsøen. 80% af havvindmøllerne står på monopæle. Pælene bankes ned med en hydraulisk hammer, der vejer 2-300 tons. Da monopæle også bliver større og større – før 5 nu 8 meter i diameter, og da de skal bankes 30 m ned i havbunden i løbet af et par timer, er der tale om særdeles voldsomme påvirkninger. Vand transporterer lyd ret effektivt, så prædikteringsmodellerne skal vise udbredelse over 10-50 km og tage hensyn til ulineære fænomener i relation til havbundens mange forskellige lag med forskellige egenskaber.

Målemetoder blev først standardiseret i 2017 med DS ISO 18406. Grænseværdier/krav er vidt forskellige i de enkelte lande og varierer fra krav til transienter og Sound Exposure levels (SEL) til kumulerede "SELcum"-værdier over et helt ramningsforløb – og så er der forskellige vægtningskurver for forskellige dyr. Kontrolmålinger udføres med hydrofoner og vandtætte dataloggere samt en mængde andet grej.

Hvordan dæmpes undervandsstøj?

Her taler man om *Primær dæmpning* (ved kilden) fx vha. optimering af hammerprotokol (mindre slag), mekaniske lavpas-filtre til hammerpulser, dvs. dæmpningskonstruktioner, som frafiltrerer højere frekvenser. Anvendelse af vibro-hammer (effekt afhænger af type af grænse krav) og vandbaseret Blue piling-hammer (vand som slagmekansime!) Alternative – mere stille fundamentstyper er fx støbte fundamenter / flydende fundamenter, men de er desværre alle sammen dyrere.

Sekundær dæmpning (udbredelsesdæmpning), hvor især boblegardiner fungerer godt og dæmper op til 20-22 dB (er dog ikke effektive, hvis der er havstrømme). Man anvender også stålcylindre (dobbeltvægsafskærmning) og resonatorsystemer. Støj peaker mellem 100 og 300 Hz og kan derfor dæmpes med resonatordæmpere. Boblegardiner fungerer ved at introducere et stort impedansspring som giver refleksioner og dermed indkapsler støjkilden. Kan også modelleres, men er endnu ikke fuldt validerede.

Niveauet af kildestyrker er 220 dB i 1 m afstand i f.t. undervands-referencelydtrykket på 1µPa (-26 dB hvis der skal omregnes til luft-referencelydtrykket). Forholdet mellem lydenergi-bidraget fra vand/havbund under ramning er ca. -10 dB.

Beskyttelsen af havdyrene sker ved at begrænse støjen, men kan også ske i kombination med - så blidt som muligt - at skræmme dyrene, så de midlertidigt svømmer væk fra det område, hvor ramningen skal udføres.

Efter disse spændende key-notes var der pause, hvor deltagerne ”minglede”.

Derefter tog to andre SDU forskere ordet.

<u>Jakob Christensen-Dalsgaard / SDU</u>

Øgleøret – fra biofysik til biorobotter.

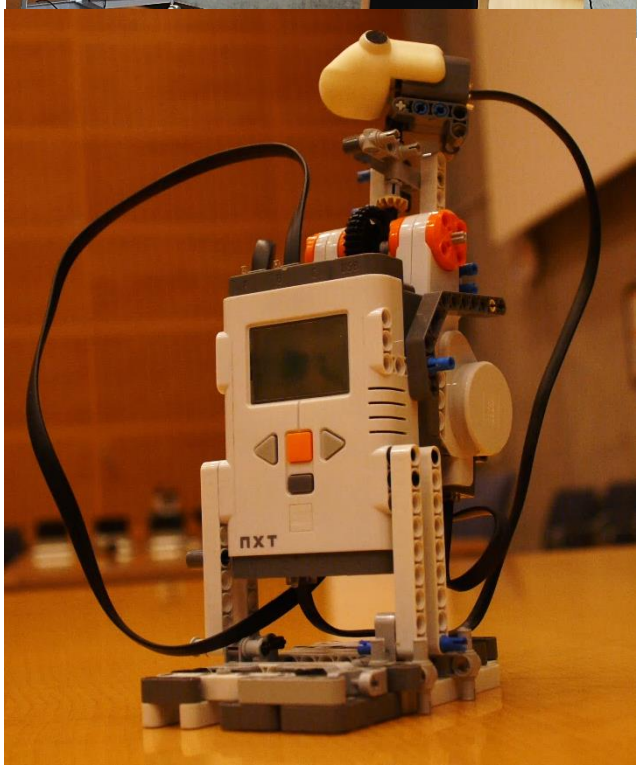
Jakob fortalte indledningsvist, at øgleøret er et trommehindeøre ligesom det menneskelige øre.

Øglehoveder kan gennemlyses og dermed kan deres ører studeres nøje. Øgleøret fungerer som en trykgradientmikrofon og har retningsvirkning, der er særlig god i et bestemt frekvensområde.

Hvordan måler man et audiogram på en Gekko? Den kan jo ikke række en pote op eller trykke på en knap, når den kan/ikke kan høre et testsignal. Et audiogram fra en Gekko kan laves vha hjernestammemålinger og ved at måle response på trommehinderne. Retningskarakteristik måles med laser-vibrometri, hvor man ser på transmission / gain (fra 0 til plus) mellem ørerne. Et sådant to-input system kan anvendes til retningsafhængighed.

Gekkoen er født med hørenerver som kan give retningsfølsomhed i modsætning til mennesket, som skal bruge en masse hjerne-processorkraft til at retningsbestemme. Gekko-princippet er forsøgt anvendt til at styre robotter (orientering mod opsøgning af kilder).

Dernæst fik vi indsigt i gøende gekkoer, der kalder hinanden som frøer. Drejer sig efter lydkilder.



Hvor finder man forsøgspersoner?

I Kalahariørkenen, hvor SDU-forskere har udført feltmålinger af retningshørelse. Følsomhed i vertikalplanet er ikke undersøgt men vurderes ikke at være særlig stor – i lighed med den menneskelige hørelse.

Lasse Jakobsen / SDU - *Flagermus og akustik*

Lasse fortalte om ”våbenkapløbet” mellem flagermus og natsværmere (kendes også fra andre dele af dyreriget).

Flagermus udviklede for ca. 65 millioner år siden evnen til at flyve som det eneste pattedyr. Udviklede også evnen til at ekkolokalisere (kommunikere akustisk.)

Buzz effekt. Afstand er bestemmende for opdateringshastighed, jo nærmere byttet er jo hurtigere udsendes kald: 200-250 gange pr. sek. vha superhurtige muskler. Coen fandt disse superhurtige muskler hos flagermus.

Direktivitet har betydning, men også intensitet, der reduceres så uvedkommende refleksioner også dæmpes. Helt tæt på byttet sprede-des lyden mere, så man undgår tunnelsynseffekten, hvilket i praksis realiseres ved at sænke frekvensen på kaldene ca. 1/1 oktav (giver større spredning for en kilde med konstant størrelse).

Byttedyrene har som modsvar udviklet metoder fx signalgivning om at ”jeg er giftig” (bruges også af ikke giftige!). Endelig findes der jamming-bats, der forvirrer flagermusene

Lave frekvenser (omkring 9 kHz) anvendes af flagermus til at ekkolokalisere under byttedyrenes hørelse. Omvendt findes også højfrekvenslokalisering 150-220 kHz

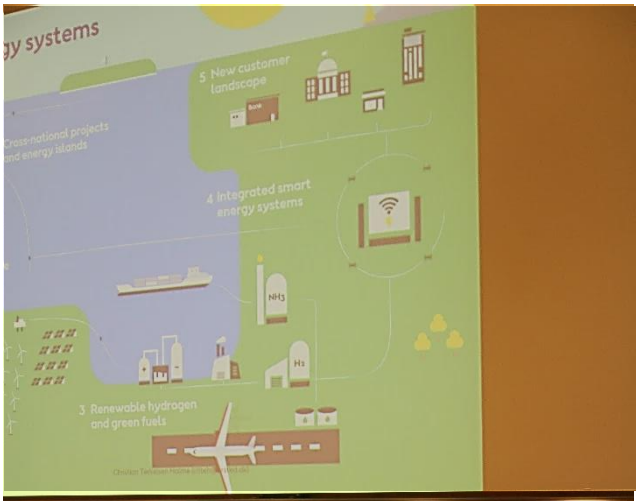
Lavintensitets ekkolokalisering anvendes også for at undgå at byttedyrene kan høre flagermusene.

Signalstyrke ligger omkring 110-140 dB. Direktivitetsindeks op til 18 dB hos nogle flagermus.

Efter disse akustisk horisontudvidende keynotes var det tid til frokost og pause.

Eftermiddagens program var traditionen tro henlagt til DAS's tekniske komitéer.

Først var det TK-Miljøakustik:



Christian Terkelsen Holme / Ørsted.

Lovgivning og restriktioner for beskyttelse af havdyr ved undervandsstøj

Christian fortalte om Ørsteds arbejde med undervandsstøj både i projektfasen og i udførelsesfasen.

Der arbejdes med områderne regulering, forskning og installation samt kontakt til interesseorganisationer/NGO'er.

Hvordan vurderes om et dyr tager skade af støj?

Tyskland og Taiwan arbejder med maksimale SEL-værdier på 160 dB re 1 μPa^2 s, 750 m fra kilden (Baggrundsstøjen er normalt 90-125 dB i havet). I Holland varierer grænserne fra 163-169 dB. I Danmark gælder en grænse SEL-kumuleret på 190 dB for hele ramningsperioden. I UK anvendes frekvensvægtede funktioner. Eksempelvis gælder grænseværdierne SEL-cum LF 183 dB for Vårhval og 155 dB HF for marsvin.

Kildestyrken af støj fra ramning øges med ca. 2,5 dB per fordobling af pælediameter.

Kontrolmålinger skal udføres i flere afstande. I USA har man indført Marine Mammal Protection Act.

Fremtiden vil indebære mere støj og dermed give større udfordringer. Tidligere anvendte man monopæle med en diameter på 3-4 m, fremover bliver de op til 15 m i diameter.

Dernæst var det TK-Maskinakustik:

<u>Birger Bech Jessen / Teknologisk Institut</u> – *fremtidige aktiviteter i TK-maskinakustik*
Fremtidige emner:

Møder hos Grundfos – verifikation/simulering, historiske fyrtårne (Gade – Brüel & Kjær, Ulrik Danneskiold-Samsøe), udenlandske foredragsholdere a la Trevor Cox's foredrag ved DAS's 60 årsdag.

Målemetoder – de vanskelige tilfælde og praksis. Aktiv støj- og vibrationsdæmpning, update?

Samarbejde med DSC (Danish Sound Cluster) som det tidligere afholdte møde om Varmepumper

Udenlandsk netværk – udveksling?

TK-bygningsakustik var repræsenteret ved

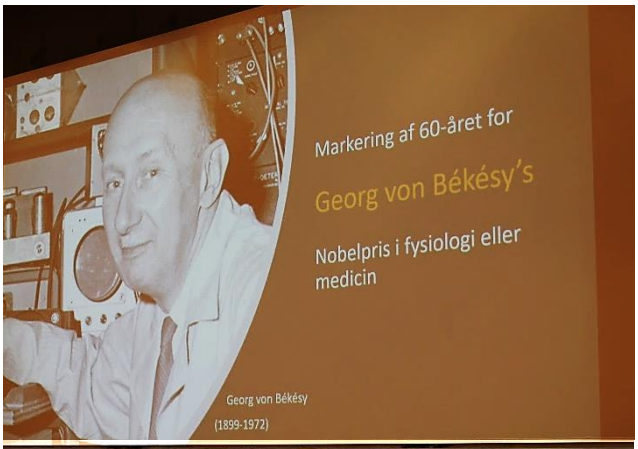
<u>Tobias Schmidt Olesen / Gade & Mortensen Akustik</u> - *Musestille projektering – registrering af højfrekvente lydforhold i SDU's forsøgsdyrestald*

Biomedicinsk laboratorium ved SDU skulle have nye dyrestalde. Fra tungt byggeri til nye lette bygninger med et "walk-on ceiling". Grundlag for projekteringen var bekendtgørelsen om dyreforsøg – bilag 2, hvor det fremgår at man skal afskærme mod ultralyd og ikke udsætte dyrene for mere end 55 dBLin (10-100 kHz). Gnavere har nemlig størst høreføisomhed ved højere frekvenser end mennesker - og de anvender lyd til bl.a. parringskald. G&M registrerede ultralyd fra fx lysstofrør-brandfølere-elskabe, men det var ikke let at måle (man anvendte en ¼" mikrofon + lydkort til HF lyd til relative målinger). Under eksisterende forhold måltes L_{Zeq} > 60 dB mens der over 5 kHz måltes ca. 40 dB. Opgaven var så at sikre fremtidige forhold, der var mindst lige så musestille som de nuværende.

Næste punkt på dagsordenen var kaffepause med kage og kollegial smalltalk.

Derefter indtog TK-Psykoakustik scenen.

Christer P. Volk / Force Technology - *60-året for Georg von Békésy's nobelpris i fysiologi / medicin. Basilar membranens "Tonopologi"*



Christer havde læst op på Békésy's historie og fortalte engageret, at Békésy efter sin PhD i hjemlandet Ungarn fik job i post og telegrafvæsenet, der havde et rigtig godt laboratorium, som kunne danne basis for hans forskning i fritiden.

Békésy målte på kadavere dvs. menneske-hoveder og lavede en række præcise og systematiske målinger – fandt bl.a. ud af, at vævet i membranen godt kunne anvendes fra afdøde mennesker.

1928 skrev han sin berømte artikel på tysk: *Teori des swingungsform das basilarmembran*, hvori han omtalte *the travelling wave*.

Var kort tid i Sverige og dernæst på Harvard i USA.

Fandt ud af, at der skete en forstærkning af lydenergien fra indkommende lyd til det, som findes i hørenerven. Opfandt en fremgangsmåde og udviklede udstyr til audiometrimålinger (Békésy-metoden).

Sidste indlæg vat fra TK Elektroakustik ved

Tom Mortensen / Teledyne Marine – *Praktiske og teoretiske overvejelser vedr. hydrofoner*

Hydrofonerne er piezoelektriske, opererer fra 1 Hz til 3 MHz, har små sensorelementer og omnidirektionalitet.

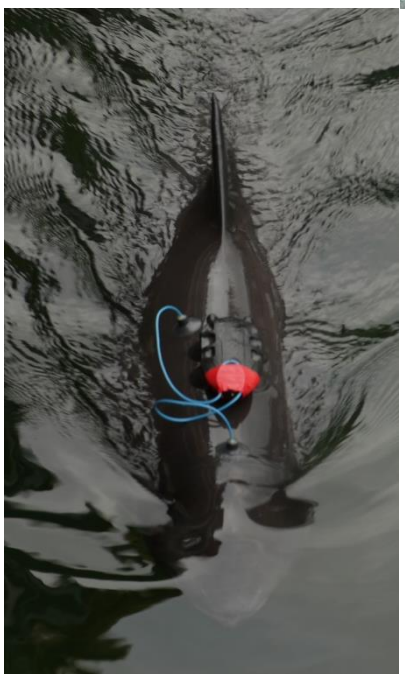
Kalibrering foregår i vandtanke.

Tom gennemgik en række løsninger og fortalte om fordele og ulemper.

DAS formand Lars Bramsløw rundede dagens faglige program af med at takke for fremmøde og indlæg samt tak til Anders Olsen for den gode planlægning.

Dagen sluttede af med en meget spændende fremvisning / rundtur på Fjord & Bælt Centeret i Kerteminde.

Magnus Wahlberg / SDU gav DAS-medlemmerne et interessant indblik i centrets arbejde med marsvin og sæler – og med levende demonstrationer.



Dernæst var der rundvisning på det levende museum.

Allersidste punkt på en vellykket Akustikkens Dag 2021 var en god middag på den lokale fiskerestaurant Rudolf Mathis.