

Den æstetiske lydoplevelse i arkitekturens rum

Udviklingsprojektet "Arkitektur, lyd og trivsel" har til formål at introducere en ny metode til den arkitektoniske designproces. En metode, der tager udgangspunkt i lyd som en afgørende faktor for et sundt bolig-, arbejds- og læringsmiljø, såvel som en æstetisk og oplevelsesrig dimension i arkitekturen.

Dårlige lydmiljøer med meget støj kan give helbredsproblemer som stress, hjerteproblemer og høretab. Derfor er der behov for at uddanne lydbevidste arkitekter, som designer ikke bare med øjnene men også med ørerne. Vejen dertil går gennem et tættere samarbejde mellem arkitektur og akustik for at skabe en sund og sanselig arkitektur, der er stimulerende både for øjet og øret.

Udviklingsprojektet tager afsæt i et workshopforløb for arkitektstuderende på Aarhus Arkitektskole. På denne hands-on-workshop blev de studerende ført igennem forskellige trin af en designproces, som tilsammen danner en metode med særligt fokus på lyd og lydoplevelsen i arkitektur. Metoden tager udgangspunkt i den sansende krop, her, med høresansen i hørsædet. Deltagerne konfronterer rummet med øret. De lytter og lærer at afkode al den information, som lyden er bærer af. Selve designprocessen er en videreudvikling af Le Corbusiers arkitektniske promenade, hvor bevægelsen gennem et rumligt forløb iscenesætter

og afslører arkitekturen struktur og tilbyder forskellige perspektiver på værket. I en lyd-arkitektur-kontekst kan man tale om en arkitektonisk lydpromenade. Promenaden er et centralt greb for arbejdet med lyd, fordi den integrerer bevægelsen, og dermed den tidslighed, som lyd er afhængig af.

For at styrke metodens æstetiske fokus på lyd og lydoplevelse i hverdagens rum, er en del af det teoretiske fundament hentet fra den canadiske komponist og teoretiker Murray Schafers soundscape-teorier. Et soundscape er et steds lydmiljø: Hvordan lyder der lige netop dér, på det sted? hvilke lyde udgør tilsammen stedets lydidentitet? Og hvordan påvirker det adfærd og miljø? At lytte til et soundscape er som at betragte et landskab; bare med ørerne. Som at lytte til en symfoni fuld af information om adfærd, sundhedstilstand, trivsel, kultur m.m. Man kan således stille en diagnose af stedets samfunds- og miljømæssige tilstand ved blot at lytte til det. Soundscape-begrebet ligger tæt op ad bæredygtig akustik, og forener på smukkeste vis musikvidenskaben, akustikken og arkitekturen.

Formålet med udviklingsprojektet er at udvikle en designmetode, der sætter fokus på lyd og trivsel i arkitekturen; at få de to fagområder, arkitektur og akustik, til at arbejde tættere sammen om at skabe sunde og oplevelsesrige rum for såvel øjet som øret; og at få løftet bevidstheden om lyd i arkitektur helt frem i begyndelsen af arkitekturens designproces. Derved skabes en akustisk bæredygtig, sundhedsfremmende og lydligt interessant arkitektur, som samtidigt vil stå som et vigtigt konkurrenceparameter internationalt.

Lyd former oplevelsen, når man træder ind i et rum, og den skaber rum, som man har lyst til at opholde sig i. Rum som understøtter livskvalitet og relationer såvel som arbejdsglæde, indlæring og fordybelse.

Mange tak til Realdania og Knud Højgaards Fond for støtte til projektet.

Baggrund Lydforsker, Ingeborg Okkels og arkitekt, Andrea Ougaard fra firmaet Lydværk Arkitektur har i samarbejde med akustiker, Emine Celik Christensen fra Rumakustik, udviklet en hands-on workshop om arkitektur, lyd og trivsel for arkitektstuderende fra Aarhus Arkitektskole.

Workshoppen løb af stablen i marts 2022 og strakte sig over 4 dage. Workshopforløbet bygger på en ide om, at lyd i arkitektur er mere end blot et spørgsmål om støj over for stilhed. Lyd og lydoplevelse påvirker sundhed og velvære i rum og fungerer desuden som en æstetisk dimension, man kan formgive, som var det en plastisk størrelse. Workshopforløbet er en videreudvikling af udviklingsprojektet: 'Lyd, arkitektur og akustik' afholdt i marts 2020 på AARCH, som havde fokus på lyds æstetiske kvaliteter i arkitektur.

Undervisningsteamet bestod her af lydkonsulent Ingeborg Okkels/CEO Lydværk Arkitektur, arkitekt Andrea Ougaard/Lydværk Arkitektur og akustiker Emine Celik Christensen, på det tidspunkt ansat i Rambøll - akustik og støj, med Josef Albin Frech/AARCH og Mette Boisen Lyhne/AARCH



KNUD HØJGAARDS FOND

Lyd- og rumkultur



Når vi taler om lyd i arkitekturen, er det ofte som støj. Baggrundsstøj, trafikstøj, støjgener, og arbejdet med lyd bliver dermed først og fremmest et forsøg på at reducere, fjerne og dæmpe. Der er opstået et stilhedsideal i arkitekturen, og det er ærgerligt, for der gemmer sig en stort uudnyttet potentiale i arkitekturens æstetiske arbejde med lyd.

Stilhedsidealet er muligvis en rest fra modernismens mennesketomme, hårde, næsten sakrale rum, der skulle disciplinere og ophøje kroppene. Den modernistiske arkitektoniske utopi, som Ernst Bloch kalder “poleret død”, ud fra en forståelse af arkitekturen som en social kunstform.

Arkitektur handler om at skabe rum, der bebos af sociale, tænkende, sansende kroppe. At tænke arkitektur uden de kroppe, siger Jeremy Till, er måske at tænke på noget, som slet ikke er arkitektur. Det er altså arkitektens opgave og ansvar, at sætte sig i den position som bruger af det sociale rum. Noget af det, der skaber det rum, er lyd. Tidligere har kirkeklokker for eksempel organiseret det fælles liv. De kirkeklokker, man kunne høre fra sit hjem, signallerede hvilket sogn man tilhørte. Derudover opdelte kirkeklokkerne døgnet i intervaller og gav folk en fælles rytme og tidsforståelse. I dag står kirkeklokkerne tilbage som en lydlig rest af en anden tid. Samtidig er lydmiljøet i byerne blevet mere og mere individualiseret. Med hovedtelefoner kan alle bære rundt på hver deres lille lydmiljø. Arkitekturen glemmer at tage hånd om den fælles lydoplevelse, og dermed går vi glip af lydens fællesskabende potentiale.



Lyden kan betrages som en del af rummets materialitet. Den er et aftryk af rummets dimensioner, materialer, og de aktiviteter, som foregår i det. Lyden afslører med andre ord rummet, og en bygnings lydmiljø kan være det, der gør den helt særlig. Tænk bare på Ib Lundings Vandtårn i Brønshøj, med sin enorme efterklangstid, der kan give nogle helt fantastiske lydoplevelser, hvis man omfavner den og forstår at spille med rummet. Vi kan måske begynde at snakke om bevaringsværdige lydmiljøer, eller om lydlig værdisætning i bevarings- og restaureringsopgaver. Er der et hulrum under trægulvet eller ligger det direkte oven på en betonflade? Lyden af de to gulve vil være helt forskellig, selvom de måske ser ens ud. Hvilken lyd giver den mest autentiske lydoplevelse?

På samme måde kan vi arbejde bevidst med at skabe forskydninger mellem det, vi ser og det, vi hører. Lyd er bølger, og ligesom arkitekter arbejder med at formgive lys, kan også lyden formgives. Den kan bøjes, reflekteres, diffuseres, forstærkes og forskydes, alt sammen gennem geometrier og materialer. I den forstand kan arkitekturen forstås som en klangkasse. Som violinens hule krop, der er nøje udformet til at forstærke strengenes lyd, når de bliver sat i svingninger.



Lytteoplevelsen i arkitektur

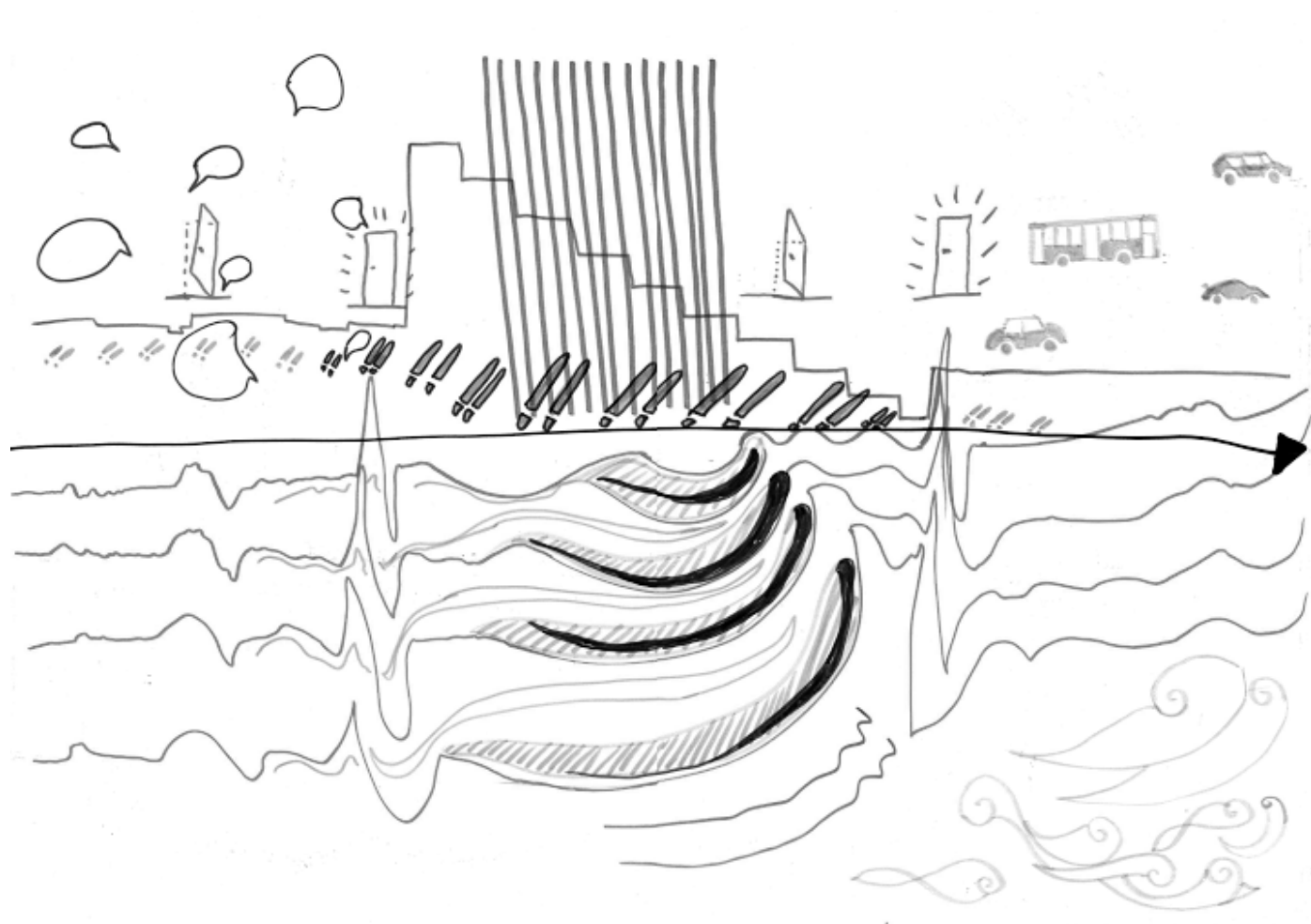
SOUNDSCAPE – LYDEN AF ET STED

Soundscape er en sammentrækning af sound og landscape. At lytte til et soundscape er som at betragte et landskab; bare med ørerne. Som at lytte til en symfoni fuld af information om adfærd, sundhedstilstand, trivsel, kultur m.m. Man kan således stille en diagnose af stedets tilstand ved blot at lytte til det. Hvis man stiller sig et sted, lukker øjnene og lytter får man et ret godt billede af, hvad der udgør stedets soundscape. Måske er det lyden af biler, der kører forbi, folk der taler sammen på den anden side af vejen, vinden i træerne som får bladene til at rasle, fodtrin fra en der går forbi. Er man inde i byen, reflekteres lyden i bygningernes facader. I tæt bebyggede områder kastes byens lyde rundt mellem bygningerne og forstærkes og fortættes. Det giver en helt særlig, livlig bylyd. Pladser og parker kan derimod blive rene lydoaser, hvor lydrummet pludselig åbnes op.

At bevæge sig gennem byen med ørerne forrest udvider lydbevidstheden og åbner for en dybere forståelse af hvordan lyd, både i bygninger og i byrum, påvirker vores adfærd og velvære. Larmer det? Eller er det bare den trygge lyd af byens puls? Og hvad er det, der afgør, om soundscapet virker rart eller forstyrrende? Hvor kommer associationerne fra? Er man vokset op i et stille lydlandskab eller midt i byen? Lydlig velvære kan betyde vidt forskellige ting for forskellige mennesker. Ved at opøve en større lydbevidsthed, kan arkitekten skabe lydligt varierede og interessante rum, der tilgodeser forskellige lydbehov.

LYTTEØVELSE – SOUNDWALK

Det første skridt er at blive opmærksom på, hvilket soundscape man har med at gøre. Arkitekturen kan bruge soundscapebegrebet som en analysemetode til at analysere lydlandskabets tilstand. Dette gøres gennem en soundwalk, eller lydpromenade, som er en vandring med vidt åbne ører gennem det byrum, eller den bygning, man arbejder med. For at forstærke lytningen, optager man udvalgte forløb undervejs, noterer ruten og karakteristiske lyde. Det kan være en særlig klang i en port fra gården og ud til gaden, en passage i byen eller i bygningen som skaber en særlig stemning, eller en højloftet kantine, hvis store rumklang på forunderlig vis skaber små private rum med sidemanden. Tilsammen udgør de stedets soundscape, dets lydidentitet. På den måde er soundwalken med til at skabe en større forståelse for sammenhænge mellem lyd og atmosfære.



SOUNDSCAPEANALYSE

For yderligere at skærpe den analytiske lytteevne, og udpege sammenhænge mellem lyd og social adfærd, rummets program, materialeklang og dimensioner kan det hjælpe at lave en soundscape-analyse. Soundscape-analysen arbejder på to planer, som repræsenterer to forskellige måder at lytte på: det ene plan er at lytte efter de ting og hændelser, som lydene minder os om (lyden af en bil, lyden af fodtrin) – det vi kalder LYDTEGN. Det er den lytning vi bruger til at orientere os i hverdagen for ikke at blive kørt ned osv. Det andet plan er lytning til lydene for deres egen skyld, lyden som ren klang. (lyden er høj/lav, lyden er klar/utydelig, lyden er lang/kort) – det vi kalder LYDOBJEKT.

Med de to planer har man mulighed for at se, hvordan lydoplevelsen hænger sammen med handlinger i de rum, man bevæger sig igennem. Modsat ses et eksempel på en soundscape-analyse lavet på en workshop på Det Kgl. Akademi. Pilen i midten repræsenterer soundwalkens tidlige udstrækning. Den øverste halvdel viser lydtegnene: Dørene, der smækker, fodtrin, lyden af skridt der forstærkes på en ståltrappe, biler, vind osv, mens den nederste halvdel repræsenterer de studerendes lydlige oplevelse af at bevæge sig gennem de forskellige soundscapes.



LYTTEØVELSE – LYDÆSTETIK OG MATERIALER

Det næste skridt er at blive opmærksom på geometrier og materialers klang og lydlige egenskaber. Dertil kan man foretage forskellige lytteøvelser, herunder blindlytning: denne lytteøvelse går ud på med lukkede øjne langsomt at bevæge sig hen mod en væg, og, kun ved hjælp af lydlig orientering, stoppe inden man banker næsen mod væggen. Denne form for ekkolokation viser, at vi rent faktisk kan høre en væg.

Øvelsen kan udvides ved at begynde at lytte efter materialer og dimensioner – vi kan faktisk også høre forskel på fladernes materialitet. To og to bevæger man sig rundt i en bygning eller et byrum. En har lukkede øjne mens den anden fører vedkommende rundt. Den første forsøger ud fra den lydlige information at gætte, hvilke materialer rummet består af og dets dimensioner. Øvelsen åbner øret for hvor meget information man faktisk kan trække ud blot ved at lytte. Det handler om at blive fortrolig med egen lytteevne og tro på de informationer man får gennem høresansen.

Den viden, man tilegner sig gennem denne øgede lydbevidsthed, kan være med til at informere et formsprog og en designproces. Man kan designe med henblik på en bestemt lydoplevelse eller et forløb af lydoplevelser og lydovergange – en *lydpromenade*. Lyden er en formidler. Den er med til at stemningssætte arkitekturen, og den påvirker hvilke aktiviteter og fællesskaber, der kan udfolde sig i rummet.



Øvelser og vejledninger

LYTTEØVELSE #1
DIMENSIONSlytning

Stå med lukkede øjne over for en væg.

Bevæg dig langsomt og med små skridt hen mod væggen, mens du laver lyde, der kan hjælpe dig med at orientere dig.

Stop, når du mener, du er omkring 20cm fra væggen.

LYTTEØVELSE #2
MATERIALElytning

Gå sammen to og to.

Den ene lukker øjnene, mens den anden fører vedkommende rundt til forskellige rumligheder og materialer.

Den, der har lukkede øjne, skal nu forsøge at gætte, hvilke materialer de står overfor, ente ved hjælp af lyde som i lytteøvelse #1 eller ved at ledsageren banker let på materialerne.

Man kan samtidig forsøge at gætte rummets dimensioner ud fra dets lydige information.

Byt roller og lav øvelsen igen.

SOUNDSCAPEANALYSE

Lav lydoptagelser af soundwalks inden for og uden for bygningen. Soundwalken skal være repræsentativ for bygningsområdets lydidentitet (fx ude – inde – ude)

Vælg den bedste soundwalk-lydoptagelse og lav en soundscape-analyse:

Opdel et A3-papir vandret i to dele. Den vandrette streg repræsenterer optagelsens tidslige udstrækning (se s. 7).

Øverste del, LYDTEGN, repræsenterer alle de lyde man kan genkende (fodtrin, tale, døre, biler). De fungerer som tegn, der peger tilbage på ting og handlinger i rummet.



Nederste del, LYDOBJEKT, repræsenterer, hvordan lydene lyder og klinger (svagt, stærkt, materiale). De fungerer som objekt, altså ren lyd, strippet for social betydning.



Notér øverst alle de lydtegn på lydoptagelsen, som du kan genkende. lydgivere, adfærd forbundet med dem, handlinger, interaktioner. Dette spor viser alt det, der foregår omkring bygningen og er et billede på den sociale, lydige interaktion, der foregår mellem mennesker og rum.

Notér derefter, på andet spor nedenunder, hvordan, du synes lydene, klinger eller lyder. Dette spor repræsenterer hvordan lydene opleves; altså selve den klingende lydoplevelse, som er et resultat af materialer og dimensioner og handlinger i rummet. Det kan sammenlignes med at gå ind i et musikinstrument og lytte til, hvordan instrumentets udformning og materiale former, forstærker eller dæmper forskellige klange.

For at tydeliggøre sammenhængene til materiale og dimensioner kan man tilføje et ekstra spor, hvor man noterer materialer og eventuelt dimensioner. På den måde kan man begynde at opbygge et arkiv over lydoplevelser, som amn kan trække på som designreference i det videre arbejde med lyd i arkitekturen

Rumakustik og 3D akustik- simulering

RUMAKUSTIK

På workshoppen fik de arkitektstuderende en introduktion til grundlæggende akustik, herunder rumakustiske parametre, efterklangstid og lydfordeling i et rum, efterklang og dæmpning og akustiske regneregler.

Lyd er svingninger i et materiale, f.eks. luft eller vand, der er elstatiske og har en masse. Lydens frekvens måles i Hertz (Hz). For mennesket er det hørbare frekvensområde mellem 20 og 20.000 Hz. Hz angiver lydbølgens svingninger pr. sekund. Jo færre svingninger, desto dybere er lyden. Dybe lyde har en lang bølgelængde, mens høje lyde har en kort bølgelængde. 50Hz har f.eks. en bølgelængde på 6,9m mens 5000Hz har en bølgelængde på 6,9cm.

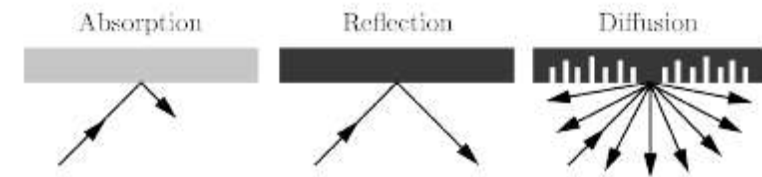
Det betyder, at hvis et rumakustisk materiale skal absorbere lavfrekvente lyde på 50Hz, skal det have en tykkelse på 6,9m.



Rumakustik dækker lydens udbredelse i et rum. Rummets akustik bestemmes af rummets volumen, geometri og overfladernes "ruhed", lydspredning og materiale. Den gode rumakustik er forskellig fra rum til rum. For eksempel kræver et lille studie til optagelse af tale en helt anden rumakustik og efterklangstid end en stor domkirke til orgelmusik.

Efterklangtiden T er den tid, som det tager lydniveauet at falde med 60 dB, hvis en lyd afbrydes pludseligt.

Rumakustikken arbejder med tre måder at forme lyden:
absorption, refleksion og diffusion.



Lydabsorbenter kan f.eks. være perforerede plader med hulrum bag, som fanger lydbølgerne. Reflekterende materialer er hårde, glatte flader, som sender lydbølgerne videre ud i rummet (indfaldsvinkel = udfaldsvinkel). Diffusion opnås ved ruhed eller ujævnheder i materialets overflade, som spreder lyden jævnt ud i rummet. Ofte er det kombinationer af de tre, som giver den bedste rumakustiske løsninger. Der kan anvendes uendeligt mange kombinationer af delvist åbne plader, riste, gitre, lister osv. Det er næsten kun kreativiteten, der sætter grænsen.

ABSORPTION COEFFICIENTS							
www.akustik.ua							
MATERIAL	THICKNESS	FREQUENCY Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
MASONRY WALLS							
Rough concrete	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	
Smooth unpainted concrete	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	
Smooth concrete, painted or glazed	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
Porous concrete blocks (no surface finish)	0,05	0,05	0,05	0,08	0,14	0,2	
Clinker concrete (no surface finish)	0,10	0,20	0,40	0,60	0,50	0,60	
Smooth brickwork with flush pointing	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	
Smooth brickwork with flush pointing, painted	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	
Standard brickwork	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	
Brickwork, 10mm flush pointing	0,08	0,09	0,12	0,16	0,22	0,24	
Lime cement plaster on masonry wall	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	
Glaze plaster on masonry wall	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
Painted plaster surface on masonry wall	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Plaster on masonry wall with wall paper on backing paper	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	
Ceramic tiles with smooth surface	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
Breeze block	0,20	0,45	0,60	0,40	0,45	0,40	
Plaster on solid wall	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	
Plaster, lime or gypsum on solid backing	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	

I løbet af workshoppen lærte de arkitektstuderende hvordan de kan vurdere et akustikmateriales absorptionsegenskaber ud fra en absorptionstabel eller -graf.



De studerende blev introduceret for en masse forskellige akustikmaterialer for at give dem en forståelse for sammenhængen mellem materialer, geometri og akustik i en designproces. Derudover fik de kendskab til forskellige typer af akustikmaterialer og -terminologi.

BÆREDYGTIG AKUSTIK

Tilgængelighed i arkitekturen er mere end kørestolsramper; der er 800.000 danskere med høretab, som har brug for god akustik for at kunne forstå tale og orientere sig i rummet. Akustisk komfort modvirker slid på mennesker i form af bl.a. stress, hjerte-kar-sygdomme og tinnitus som følge af u hensigtsmæssige lydpåvirkninger.

Bygningsreglementet er minimumskrav. Akustikere, arkitekter og bygherrer skal sammen anvende akustikken som bevidst stemningsskaber og til at understøtte en hensigtsmæssig og fleksibel anvendelse af arkitekturen. Derudover skal akustikmaterialer selvfølgelig vælges bæredygtige.



LYDSIMULERING I ODEON

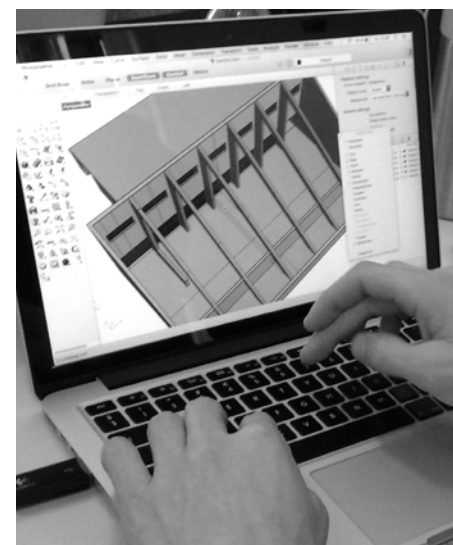
Vi oplever rumakustik i vores dagligdag meget mere, end vi er opmærksomme på. Men vi lægger som regel kun mærke til det, når akustikken er dårlig. På workshopen, 'Arkitektur, lyd og trivsel', blev de arkitektstuderende introduceret for ODEON, *state of the art* inden for rumakustisk simulering. De studerende fik mulighed for at gøre deres modeller hørbare og eksperimentere med materialer og dimensioner.

Odeon er den mest omfattende software til rumakustik. ODEON-softwaren bruges til at simulere akustik i rum, f.eks. indkøbscentre, koncertsale, auditorier, klasseværelser, teatre, mødelokaler, restauranter, industrianlæg, banegårde, gudstjenestesteder, åbne kontorlandskaber, byrum og mange flere. Ud fra en 3D-model med definerede materialer og deres overfladeegenskaber kan akustikken forudsiges, illustreres og lyttes til.

ODEON er kendt for sin nemme arbejdsgang, hurtige beregningstider og høje nøjagtighed. Softwaren anvendes globalt af et utal af rådgivende ingeniørfirmaer.



Google SketchUp-model med placering af akustikoverflader



Odeon har en brugervenlig grænseflade. 3D-modeller kan nemt importeres fra SketchUp ved hjælp af Odeons gratis SU2Odeon plug-in fra de fleste CAD-systemer, såsom Autocad, Rhinoceros osv. i .dxf, .dwg, .3ds, .stl, .obj, .step, .stp, .iges og .igs formater.

Et langt og udvideligt bibliotek gør det nemt at tildele materialer til overflader. Materialer er beskrevet som absorptionskoefficienter fra 63 Hz til 8000 Hz. Et arkivværktøj hjælper med at administrere flere versioner af materialer i samme rum. Lydspredningskoefficienter kan tildeles hver overflade for at tage højde for ruhed og detaljer, der ikke er inkluderet i modellen.

Auralisering gør det muligt at lytte til de modellerede rum med rigtige lydfile og demonstrere akustik for dem, der ikke er fortrolige med de tekniske termer. ODEON inkluderer en omfattende database med .wav-filer til tale, musik og støj.