

EC(H)O

A SUSTAINABLE SOUNDSCAPE

*Albina Lampa - Chalmers Tekniska Högskola
ACEX15, Kandidatarbete Arkitektur och Teknik
Våren 2022*

DATUM

2022/02/01 - 2022/05/20

DIGITALA VERKTYG

Rhino, Grasshopper, Revit, Photoshop, Matlab, Indesign

PROJEKTBESKRIVNING

Kandidatprojektet ämnar att undersöka sambandet mellan arkitektur och akustik. Projektet följer tävlingsinstruktionerna till en akustiktävling presenterad av The Technical Committee on Architectural Acoustics i USA. Uppgiften var i år att designa en flexibel teater som kan hantera bullret från en motorväg lokaliserad 60m från teatern. Placeringen av byggnaden var okänd och upp till var och en att själva bestämma. I samarbete med studenter från Sound and Vibration Msc utformades ett tävlingsbidrag med innovativa lösningar som hanterar de akustiska svårigheterna med exterioert buller, flexibel akustik i auditoriet och ett bra interioert ljudklimat.

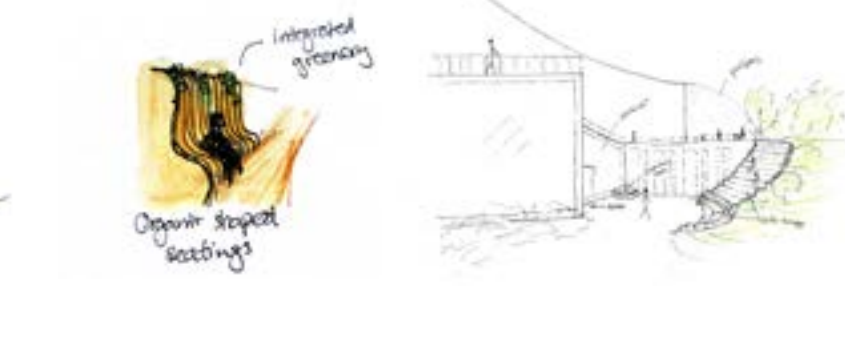
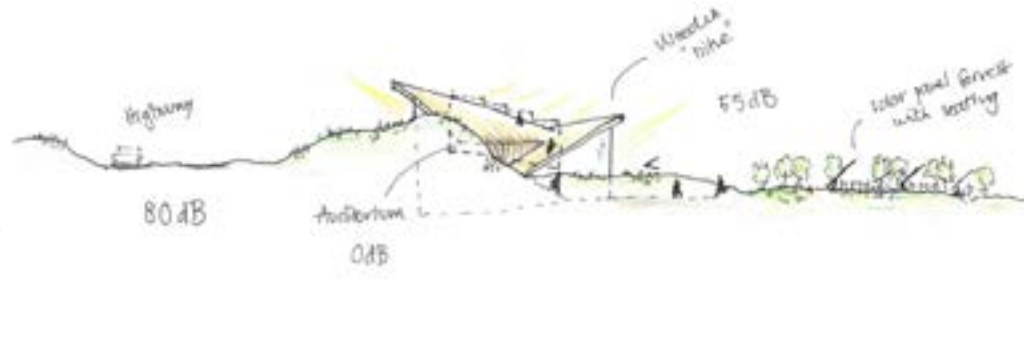
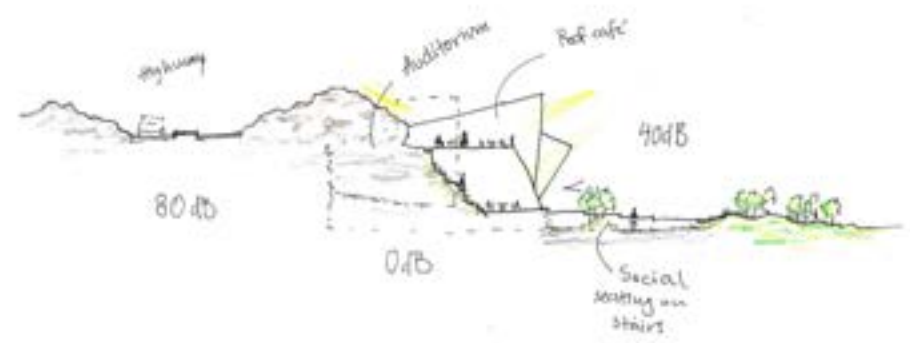
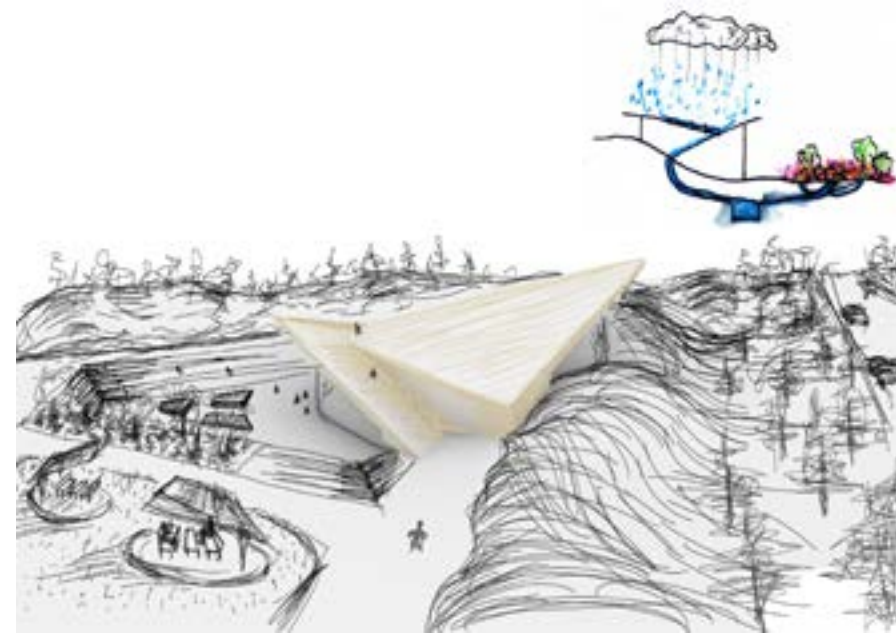
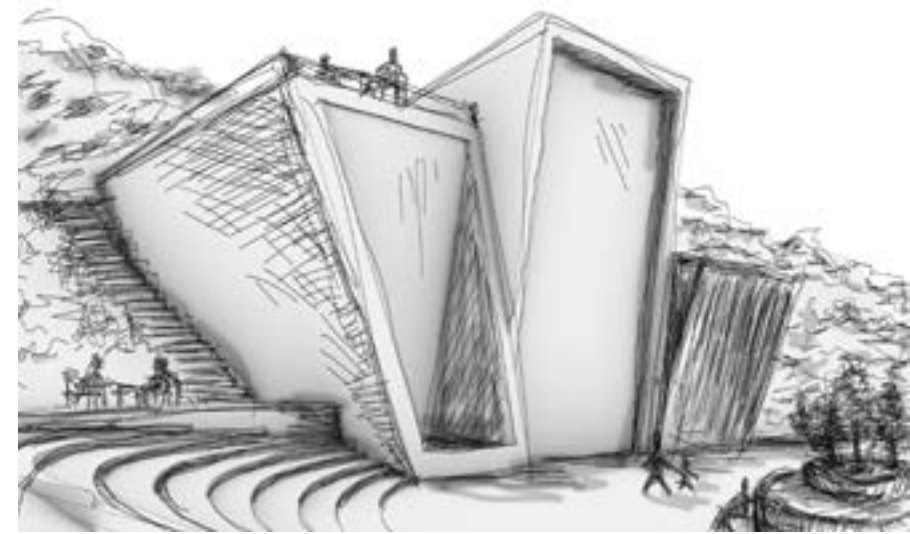
MEDVERKANDE

Albina Lampa (AT3), Isabelle Olsson (AT3), Marius Hildén (SoV)

PROCESS

I början av projektet arbetade vi mycket med att försöka skapa en social byggnad som passar bra in i den urbana stadsmiljön. Vi inspirerades mycket av Snöhetta och deras ofta återkommande taklösningar som integrerar kommunikationsytor och promenadstråk. Tidigt i processen hade vi tre olika förslag på volymer där vi utvecklat sociala rum på taket eller på upphöjda terrasser. Ett av förslagen, "Paperplane", byggde på triangelformer vinklade åt olika håll som skapade en lutning att promenera upp på. Konceptet bakom detta förslag följde med oss hela vägen där vi i den slutgiltiga byggnaden nyttjat vinklar för att skapa ett liknande promenadstråk på taket. Idén att integrera landskapet i byggnaden utvecklades i förslaget "The Rock" där teatern skapar en typ av fortsättning av en klippvägg. Lite likt bergsklättring var tanken att man här skulle kunna vistas över hela byggnaden på olika platåer. Förslaget valdes dock bort relativt tidigt då det inte kändes försvarbart att lösa de akustiska svårigheterna enbart genom landskapets utformning och en konstruerad bergsbarriär. Det tredje förslaget "Eco Moon" arbetade med cirkulära former där spiraltrappor följsamt slingrar sig upp till en uteterrass och entrésituationen naturligt omsluts av formen vilket skapar ett socialt rum skyddat från bullerljud. Ett starkt fokus här var också att arbeta med hållbarhetslösningar för vatten, värme och ventilation vilket vi tidigt visste att vi ville integrera. Detta förslag kom att bli vårt fundament till det slutgiltiga tävlingsbidraget som tillsammans med "Paperplane" utvecklades vidare till att bli Ec(h)o.

3 K O N C E P T



1 THE ROCK

Inspirerad av fotogrametri workshopen utgick vi från berget som koncept. Ojämnheter i den klippiga fasaden ville vi nyttja som akustisk diffusor inuti auditoriet och därav bygga in bergsväggen interiört. Det steniga landskapet skulle även fungera som bullerskydd och skapa en komfortabel entrésituation framför byggnaden där stora glaspartier mött besökarna samt möjlighet till sociala aktiviteter som ute-bio och liknande funnits.

2 PAPERPLANE

Halvt nedgrävd i marken ville vi med *Paperplane* åstadkomma en social byggnad som med ett bullereffektivt tak skyddat teatersalen från motorvägens lågfrekventa ljud. Här var tanken att vidare utveckla en event-scen på taket och integrera hållbarhetslösningar via ett Sedumtak med bland annat vattenuppsamling tack vare taklutningen. Entrésituationen är också nedsänkt för att skapa ett bättre ljudklimat och en solpanels-trädgård med sittgrupper omsluter byggnaden.

3 ECO MOON

Det tredje konceptet grundar sig i att nyttja den runda geometrin som en naturlig ljudbarriär där entrérummet blir som urgröpt ur cirkeln. Detta möjliggör också en akustisk fasad med ribbor och växtligheter som både kan absorbera och diffraktera trafikljudet. Det som tydligast karakteriserar *Eco Moon* är framförallt det stora fokuset på energieffektivisering och gröna lösningar. Svårast med denna konceptidén var att få in planlösningen utan att skapa obekväma rum i ändarna och runt auditoriet.

P R O T O T Y P E R

ROTERANDE PANELER

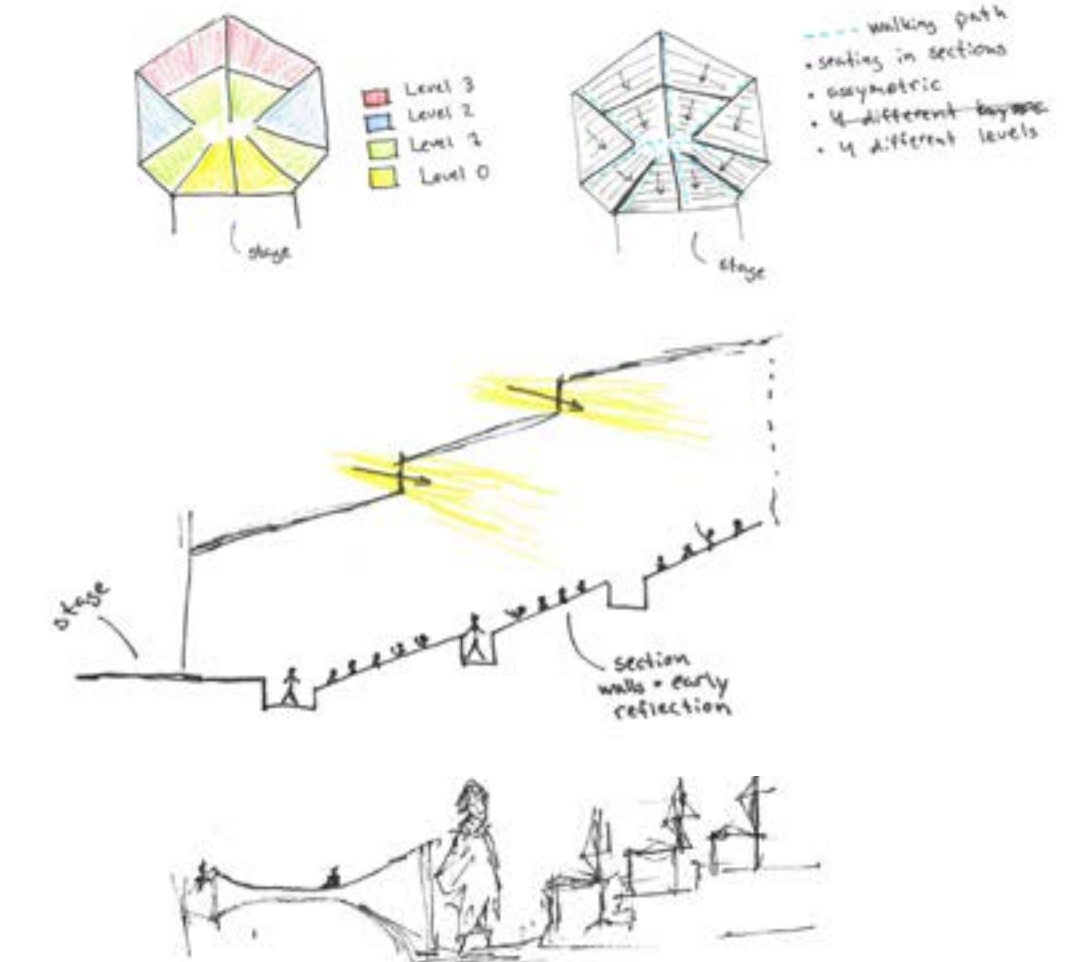


Stängda/Vridna paneler för reflektion/diffusion



Öppnas upp för extra volym

FASADKONCEPT



RIBBSTRUKTURER

Ett beslut som kom att forma både interiör och exteriör var att arbeta med ribbor och spaljéstrukturer i trä. Denna tanke utvecklades efter att ha undersökt hur den akustiska fasaden skulle utformas på bästa sätt för att vara så effektiv som möjligt mot motorvägs ljudet. Här kom vi fram till att jordskikt med planteringar fungerar bra precis mot motorvägen för att ta de låga frekvenserna, men att sedan på resten av fasaden övergå till ribbor som istället kan diffraktera ljudet tack vare den cirkulära formen. Detta beslut kom även att inspirera designen av panelerna i auditoriet, panelerna i repetitionsrummet och de interiöra detaljerna som sittgruppen.

TEATERSALEN

Tidigt skissande av auditoriet visar idén om sektionerade sittplatser som ger god sikt åt alla då sektionerna är på olika höjder. Den hexagonala formen orsakade dock ett svårt utrymme i mitten som vi sedan fick arbeta vidare med för att lösa. Även möjligt dagsljusintag och balkonger fanns med under skisstadiet som sedan valdes bort av akustiska och platsmässiga skäl.

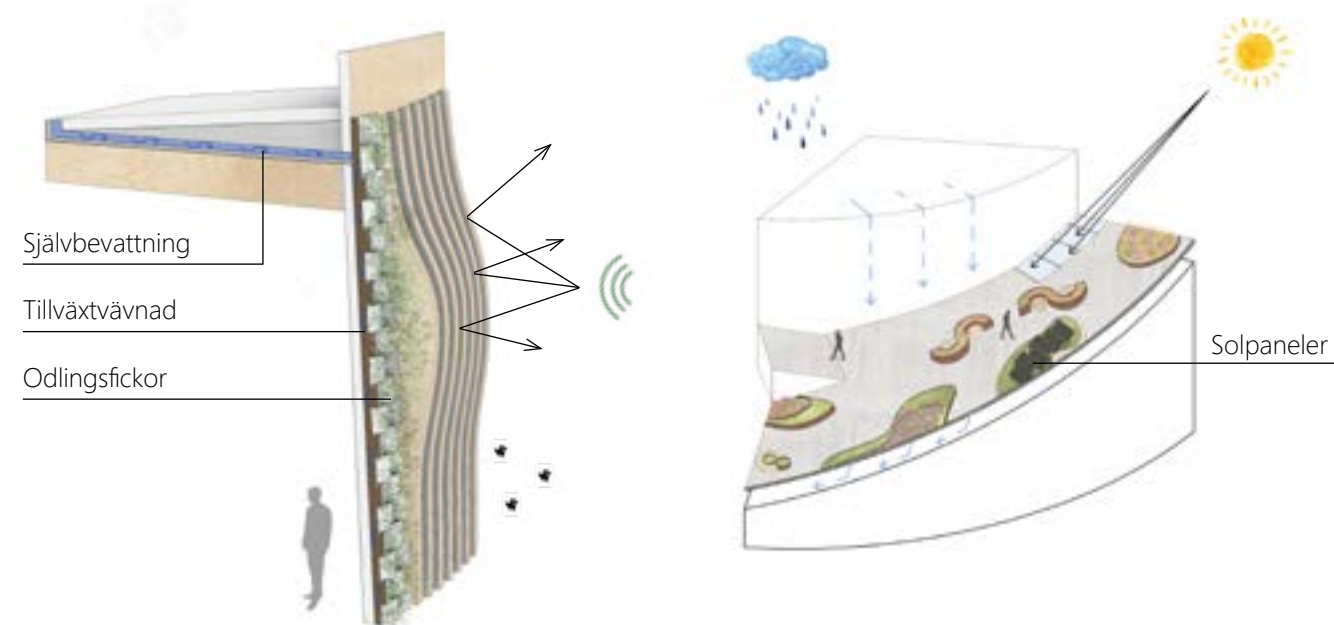
URBAN OMFAMNING

Echo skapar tillsammans med omgivningen en levande miljö med många olika rumsliga och akustiska kvaliteter. Belägen i ett urbant stadsrum med nordiskt klimat kommer denna byggnad också att stödja biologisk mångfald genom sina många planteringar på taket och den karaktäristiska växtfasader. Byggnadens omfamnande form skapar ett stort promenadstråk för besökare på taket som leder upp till en uteservering. Själva formen skapar även en naturlig bullerskärm och ett omslutet entrérum som möjliggör sociala aktiviteter. Här finns också en utomhusscenen som tillåter stadsborna att samlas kring en mysig utomhusbio eller konsert om sommarkvällarna.



SKYDDANDE BIO-BARRIÄR

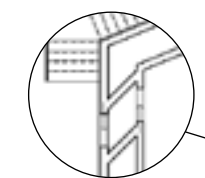
De största bullerproblemen på platsen består av trafikbuller från en motorväg 60 meter från byggnaden. Bullerreduktionen kommer att uppnås genom att glasfasadens entrésida avskärmas från trafikbullrets direkta väg tack vare teaterns form som tar höjd mot ljudkällan. Den motorvägsvända sidan kommer att bestå av en dubbelvägg i trä med träribbor som tillsammans med den rundade formen sprider ljudet och hjälper till att sänka ljudenergin som möter fasaden. Delar av väggen närmast motorvägen kommer också att täckas av jord och växtligheter för att fungera som en bio-barriär, vilket minskar det lågfrekventa bullret genom att konstruktionens ytmassa ökar. Dessutom kommer de absorberande egenskaperna hos vegetationen och jorden att bidra till att minska mängden ljudvågdiffraction runt hörnen av byggnaden. Växtligheten kommer att vattnas med regnvatten där vattnet tillsammans med jorden även hjälper till att utjämna de interjära temperatursvängningar över dagen. En del av träribborna kommer också att fungera som primärbalkar i den bärande strukturen.



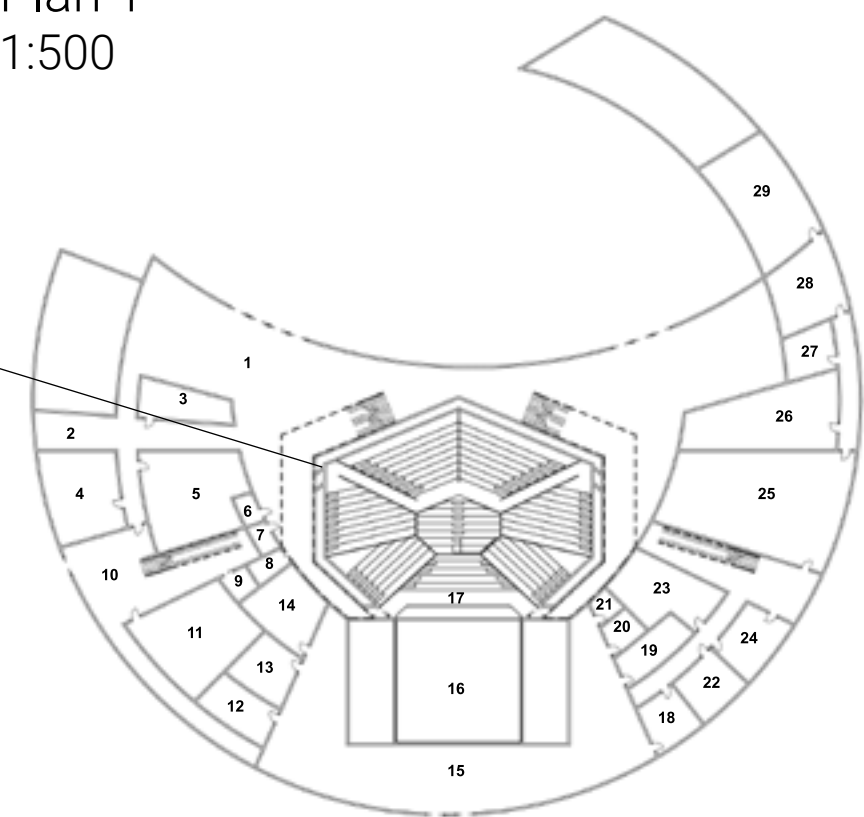
HÅLLBARHET

Ec(h)o har som mål att vara en del av den gröna framtiden. För att integrera hållbara lösningar i det urbana stadslivet är den lutande gångvägen vinklad för att möjliggöra uppsamling av regnvatten. Det uppsamlade vattnet lagras i underjordiska tankar och återanvänds inne i byggnaden. På taket finns också gröna planteringar som ger naturlig isolering, ljudabsorption och har solpaneler ovanpå. En annan viktig aspekt var att tillåta dagsljus att nå in i byggnaden utan att öka risken för ljudläckage. Fasaden mot motorvägen saknar därför öppningar men takfönster är placerade över backstageområdet för att ge de anställda naturligt ljus under dagen. Här kan besökarna på promenadstråket också få en sneakpeak av vad som händer bakom kulisserna på teatern.

Plan 1
1:500



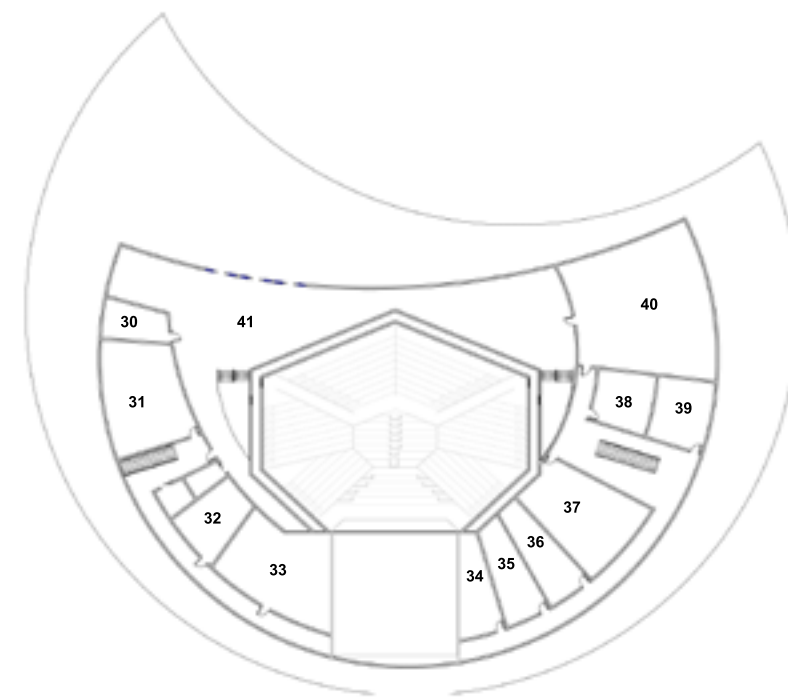
Förskjutna dörrar som förebygger ljudläckage



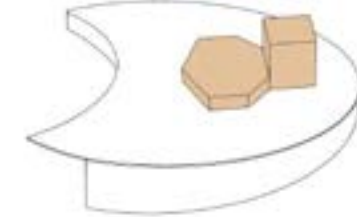
1.	Lobby	700m ²
2.	Wardrobe	20m ²
3.	Box Office	26m ²
4.	WC Men	58m ²
5.	WC Women	77m ²
6.	WC Unisex	5m ²
7.	WC Unisex	5m ²
8.	Elevator	7m ²
9.	Staff Elevator	7m ²
10.	Staff Entrance	30m ²
11.	Dressing Room	77m ²
12.	Repair Room	27m ²
13.	Light & Audio Storage	27m ²
14.	Manager Control Room	38m ²
15.	Scene Shop	306m ²

16.	Stage	144m ²
17.	Auditorium	390m ²
18.	Dimmer & Audio Rack	22m ²
19.	Dimmer & Audio Rack	22m ²
20.	Prop Pantry	10m ²
21.	Off-stage Quick WC	6m ²
22.	Light & Audio Storage	25m ²
23.	Green Room	48m ²
24.	Dressing Room	29m ²
25.	MER	158m ²
26.	Restaurant	81m ²
27.	Outdoor Scene Storage	20m ²
28.	Outdoor Scene Backstage	46m ²
29.	Outdoor stage	78m ²

Plan 2
1:500

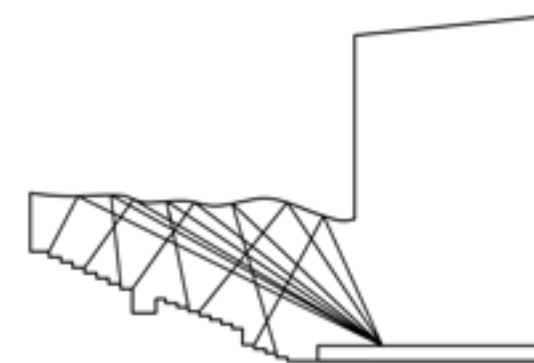


30.	Cafe	21m ²
31.	Dressing Room	76m ²
32.	Conductors Dressing Room	32m ²
33.	Dressing Room	80m ²
34.	Dressing Room	30m ²
35.	Dressing Room	33m ²
36.	Wig and Make-Up	34m ²
37.	Costume Shop	74m ²
38.	Dressing Room	32m ²
39.	Dressing Room	32m ²
40.	Rehearsal Room	162m ²
41.	Lounge area	80m ²



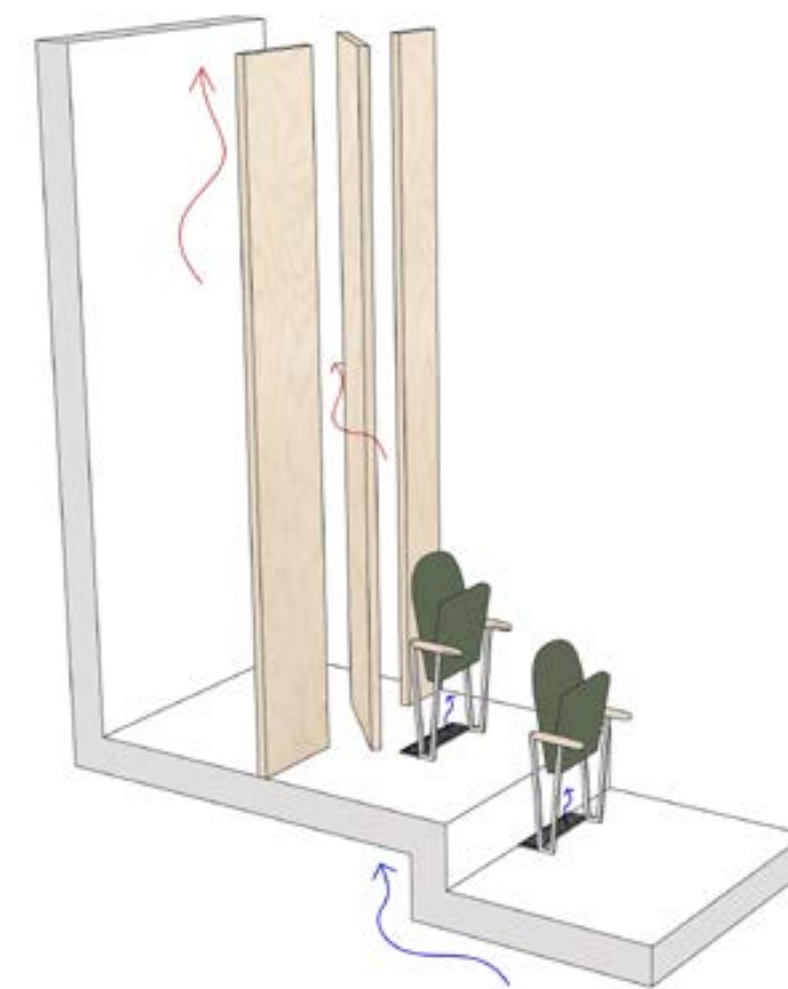
FLEXIBEL AKUSTIK

Auditoriet är utformat för att kunna stå värd för en mängd olika evenemang som teaterföreställningar, musikalerna och förstärkta evenemang. Genom att använda ett panelsystem som har förmågan att fungera som en reflekterande yta, öka auditoriets volym och vändas för att fungera som porösa absorberanter kan efterklangstiden justeras för att passa den önskade rumsresponsen. För teaterföreställningar vänds alla paneler till den reflekterande sidan, vilket ger en efterklangstid på ungefär 0,9s. När musikalerna framförs öppnas istället panelerna för att öka volymen vilket resulterar i en efterklangstid på ca. 1,1 s. Denna ökning gör auditoriet mer lämpat för musik samtidigt som det fortfarande är tillräckligt lågt för att inte vara skadligt för talartikulation. Båda dessa alternativ har ett ljudstyrkeområde på cirka 8-11 dB i de olika publikplatserna, vilket gör det möjligt att uppträda utan användning av förstärkning. När förstärkning behövs kan den absorberande sidan av panelerna exponeras för att minska efterklangstiden till minst 0,7 s. Detta ger bättre taluppfattning och klarhet i ljudet genom att minska skadliga reflektioner som adderas vid användning av förstärkningsutrustning.



Ljudsektion

Tack vare de sektionerade sittplatserna och det oregelbundna, vågiga taket kommer ljudvågorna från föreställningen att nå hela publiken utan långa förseningar eller ekon. Ljudet blir också klart och tydligt tack vare ljudspridningen som orsakas av panelerna och sektionsväggarna.



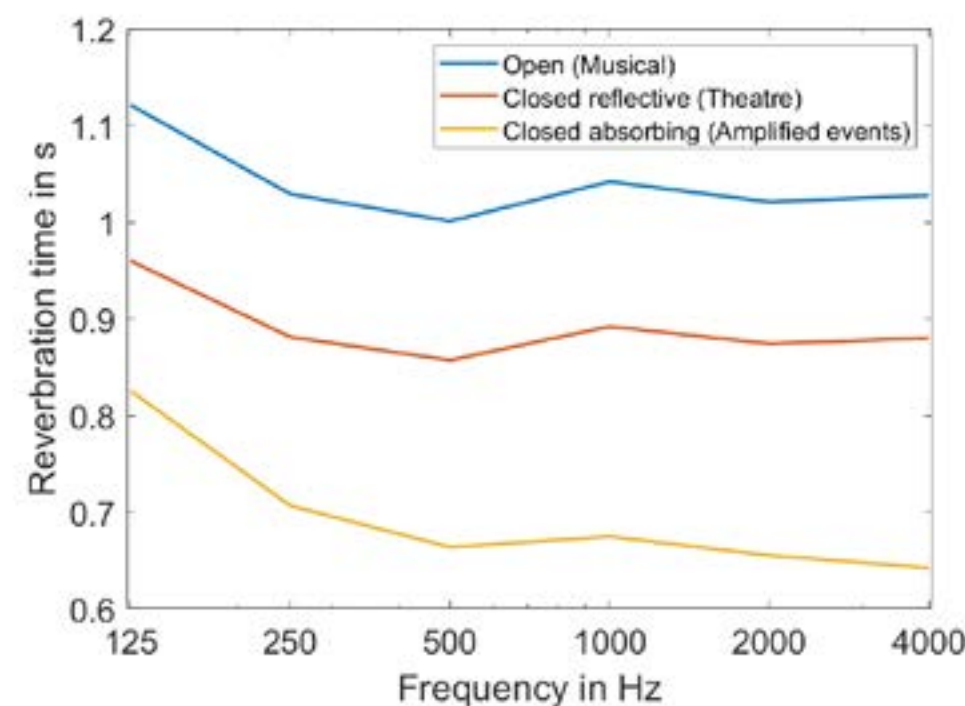
NATURLIGT & TYST LUFTFLÖDE

Den extra volymen i salen har inte bara akustiska egenskaper utan används även för att naturligt ventilera auditoriet när panelerna öppnas. Intag av frisk luft tillåts under sätena medan använd luft stiger och sipprar ut genom ventiler i taket. Detta ger rummet ett luftflöde som både är energieffektivt och som minimerar störande ljud från ventilation. Värme från den använda luften återanvänds också och överförs till personalutrymmet där temperaturkraven är högre.

TIDIGA REFLEKTIONER

Auditoriet kommer att få en intim och krispig ljudmiljö tack vare sektioneringen av sittdelen. Varje sektion är omgiven av väggar som resulterar i ett stort antal tidiga reflektioner och därför en låg initial tidsfördröjning inom intervallet 11 ms till 22 ms. De tidiga reflektionerna ger god hörbarhet och ljudstyrka för alla sektioner i aulan. Sektionerna är också relativt branta och på olika nivåer för att ge både bra sikt och tillgång till direkt ljud för publiken. För att undvika eko från den bakre väggen är höjden på denna vägg minimerad och även vinklad. Taket har även formen av en asymmetrisk våg för att sprida ljudet. Den största krökningen är placerad nära scenen för att sänka takhöjd här och direkt styra ljudet mot sittplatserna i mitten av salen.

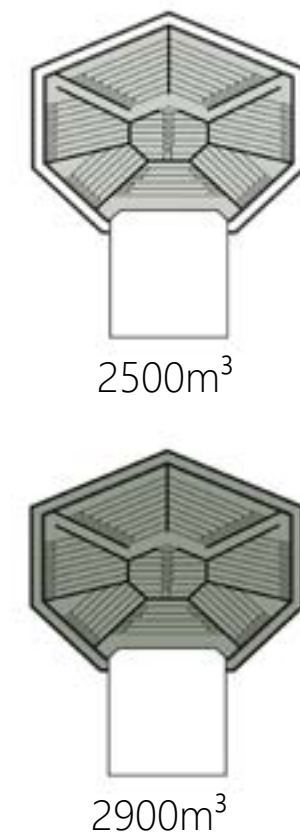
Efterklangstid



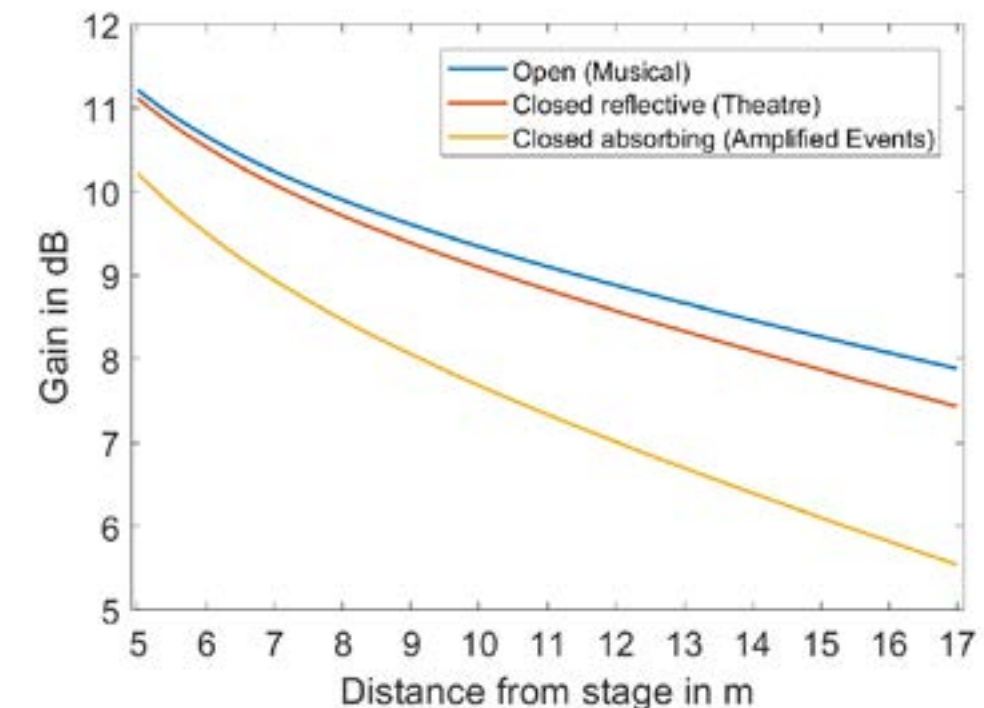
ROTERTANDE PANELER



Volym



Styrka



ITDG



UTOMHUSSCEN



ABSORBERANDE SITTGRUPPER



I lobbyn och restaurangen finns tygklädda sittplatser för att skapa ett bra ljudklimat för samtal.

REPETITIONSRUMMET

Akustiken i repetitionsrummet ämnar att uppnå samma efterklangstid som i auditoriet. En flexibel akustik löses genom att använda skjutbara paneler med olika mängd absorption bakom för att manuellt justera efterklangstiden. Helmholtz-absorbenter med olika diameter blandas med paneler som är helt täckta i en skumabsorbent. Golvet har även en absorberande matta och diffusorer placeras på omgivande väggar för att sprida ljudet.

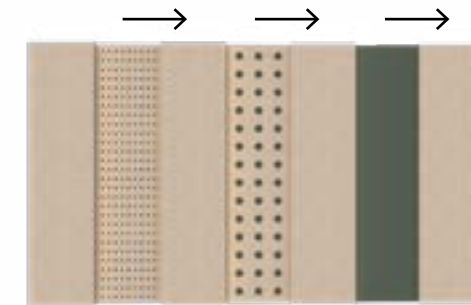
Absorberande golvmatta



Diffuserande vägg



Stängda paneler



Skjutna paneler

REFLEKTION

HÅLLBARHET

Att låta varje designelement ha flera funktioner var en viktig aspekt för oss. Vi la mycket tid på att hitta akustiska lösningar som också kunde bidra till konstruktionen och en energieffektivare byggnad. Därav integreras bärande balkar i den akustiska fasaden samt att jordskikten hjälper till att tynga ner konstruktionen. Den naturliga vattenavrinningen från taket kommer också att bevattna växtfasaden och då kunna ha en kylande effekt. Vad gäller panelerna i auditoriet kan naturlig ventilation med värmeåtervinning integreras och potentiellt även ljusinsläpp och vid behov. Promenadstråket på taket är också multifunktionellt ur en hållbarhetsaspekt då både naturligt ljus, isolering, ljudblockering och vattenavrinning integreras. Vidare detaljritningar av dessa tekniska lösningarna är dock något vi gärna utvecklat om tid funnits.

INTERDISCIPLINÄRT SAMARBETE

Kandidatarbetet var första gången vi arbetat tillsammans med andra kompetenser. Jag tycker att det var otroligt lärorikt och projektet blev så mycket mer utarbetat med akustikernas expertis. Det kändes väldigt nyttigt och realistiskt att samarbeta med ytterligare yrkesgrupper för att tillsammans diskutera och mötas i välgrundade lösningar och kompromisser. Att kunna motivera de arkitektoniska valen med en teknisk lösning och funktion gav verkligen extra styrka till projektet och de beslut gruppen gemensamt fattat.

Vikten av att kunna presentera och förklara sina idéer visade sig tydligt i början av projektet. Kontrasten mellan olika arbetssätt och konkreta akustiska beräkningar kontra konceptskissande och idébollande var såklart en utmaning, men samarbetet tillsammans med vår akustiker fungerade superbra. Tävlingskonceptet var nytt för oss alla så det tog lite tid innan kommunikationen satte sig men tack vare stort engagemang från alla parter blev vi alla nöjda med resultatet i slutändan.

ARKITEKTUR & AKUSTIK

Det var en stor utmaning att under projektets gång hitta en balans mellan de optimala akustiska lösningarna och de arkitektoniska värdena. Vi arbetade mycket med att på ett enkelt och effektivt sätt lösa en flexibel och välfungerande akustik men samtidigt inte kompromissa bort det estetiska uttrycket hos teatern som byggnad. Att bibehålla vårt grundkoncept med en social och klimatsmart byggnad som också är ett arkitektoniskt tillskott till stadsmiljön med en unik träkonstruktion var viktigt för oss. Projektet har varit givande ur många aspekter men framförallt det tvärvetenskapliga samarbetet med akustikerna som gett mig nya perspektiv på arkitekturen och fördelarna med att samarbeta med olika discipliner. Att dessutom få arbeta med ett tävlingskoncept var något nytt och krävde tydliga målsättningar för att inte lägga fokus på fel saker. Då tävlingsprogrammet var så pass omfattande behövde vi även tidigt bestämma vilket underlag vi ville visa upp för att bäst spegla vår teater och dess koncept vilket var nyttigt för processen. Det slutgiltiga resultatet har ännu många problem kvar att lösa vilket var svårt att släppa taget om, men vi blev alla nöjda med det estetiska uttrycket och de akustiska lösningarna i teatern. Jag tycker att vi hittade en bra mix mellan innovation och redan kända lösningar. Hade vi haft mer tid hade jag gärna utveckla våra hållbarhetskoncept vidare med mer detaljerade tekniska ritningar och fler aspekter i ekonomisk och social hållbarhet exempelvis återvinning av material, energieffektivisering och växthusodlingar för stadsborna och restaurangen. Även planlösningarna och de interiöra rumsflödet har mycket förbättringspotential då vi valde att lägga störst fokus på det akustiska. Jag är dock supernöjd med teatern som helhet och de beslut vi tagit inom gruppen som inte lämnat något åt slumpen och ändå lagt alla pusselbitar på plats trots att kanterna varit oslipade.

