

T H E W A V E

PERIOD

2021/02/15- 2021/05/24

KURS

Kandidatarbete i Arkitektur & Teknik

DIGITALA VERKTYG

Autocad, Illustrator, Indesign, Matlab, Photoshop, Rhino

PROJEKTBEKRIVNING

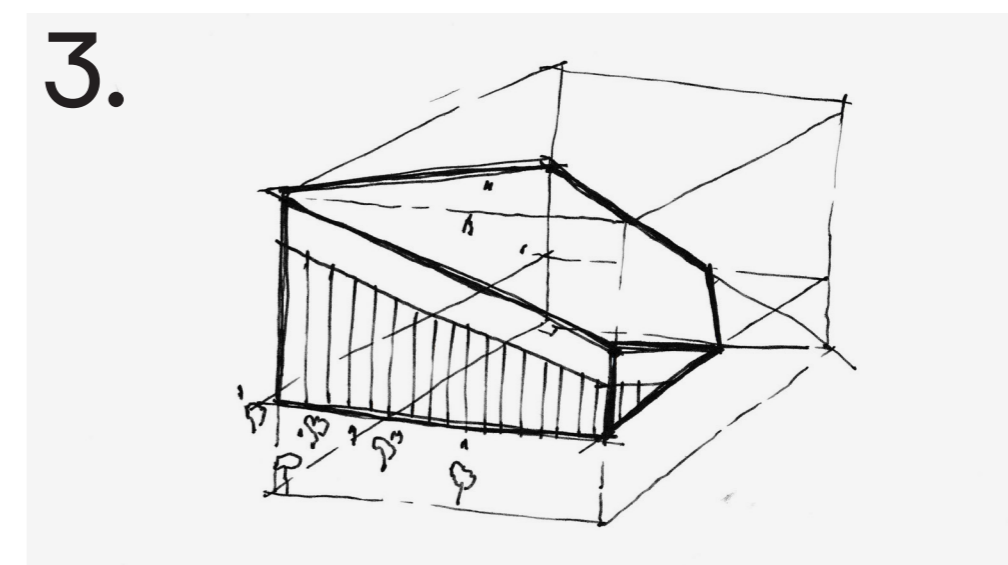
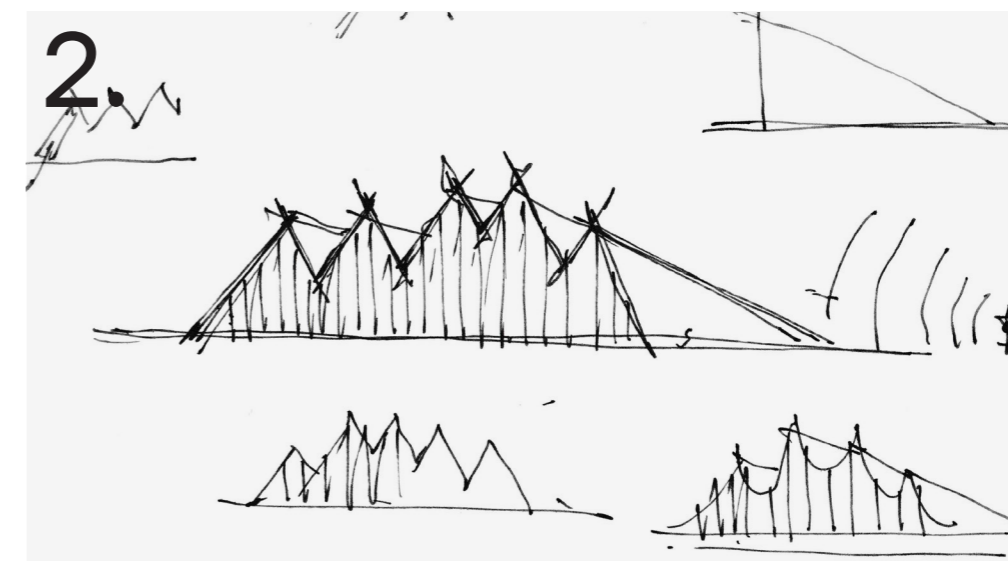
Kandidatarbetet för Arkitektur & Teknik är ett tävlingsbidrag för tävlingen som hålls av The Acoustical Society of America. Tre bidrag utnämns från Chalmers och skickas in. Tävlingsuppdraget för 2021 gick ut på att utforma ett operahus på ett campus i USA. Grupparbete.

REFLEKTION

Det har varit utvecklande för mig att få jobba med det här projektet. Jag har fått en djupare förståelse för hur arkitektur påverkar alla våra sinnen, inte bara det visuella utan också det hörbara. Det har varit spännande att få arbeta med en akustiker och få ta del av andra perspektiv, samarbetet har gett mig en ökad kunskap inom akustik, men också mer erfarenhet i hur det är att arbeta med någon från ett annat område. Det tror jag är en viktig merit inför framtiden. Eftersom programskrivningen i tävlingen var väldigt omfattande krävdes ett rationellt tänkande, det var viktigt att inte lägga fokus på fel saker. Tillslut tycker jag att vi lyckades presentera ett spännande projekt med många kvalitéer.

PROCESS

Innan projektet skulle sättas i gång gjordes en förstudie där vi gav oss ut i naturen för att söka efter inspiration. Under vårt sökande studerades olika ljus- och ljudmiljöer som en grund för projektets inledande fas. När tre olika platser studerats började vi skissa på tre olika koncept för operahuset. I tävlingens programskrivning nämndes flera akustiska utmaningar som låg i grund för våra konceptuella skisser. De två största utmaningarna är operahusets placering som ligger 60 meter från en motorväg samt nära en flygplats med flygbana över sig, med det här i åtanke togs tre koncept fram. Vid sidan av konceptskisserna tog vi fram olika akustiska prototyper, en av våra akustiska prototyper kombinerar en ljuskälla med en ljudabsorberande panel. I nästa fas fick vi presentera våra tre koncept för en akustiker som skulle hjälpa oss genom hela projektet, efter att vi diskuterat och framfört våra tankar valdes det konceptet som bäst behandlade de akustiska utmaningarna. Ett annat skäl till valet var byggnadens mjuka och böljande former, jag själv har aldrig fått jobba med liknande former innan och såg det som en chans att få testa på något nytt. Under projektets gång fick vi en idé om att experimentera med olika ljudmiljöer, det skulle tillslut resultera i en akustisk tunnel som blev en framträdande del i vårt koncept. En stor del av tiden gick åt att utforma själva operasalen, det var en utmaning att försöka kontrollera de mjuka formerna för att få till rätt mått och proportioner. När de viktigaste måtten var fastställda kunde kringliggande rum utformas och till sist kunde skalet få sin form. Varje funktion i programskrivningen har en bestämd area. För att inte förlora poäng i tävlingen följde vi dessa anvisningar noggrant vid framställningen av planritningarna. I Projektets avslutande fas låg fokus på gestaltningen, perspektiven gjordes i Rhino och Photoshop medan planer och diagram gjordes i illustrator.



KONCEPT 1 (THE WAVE)

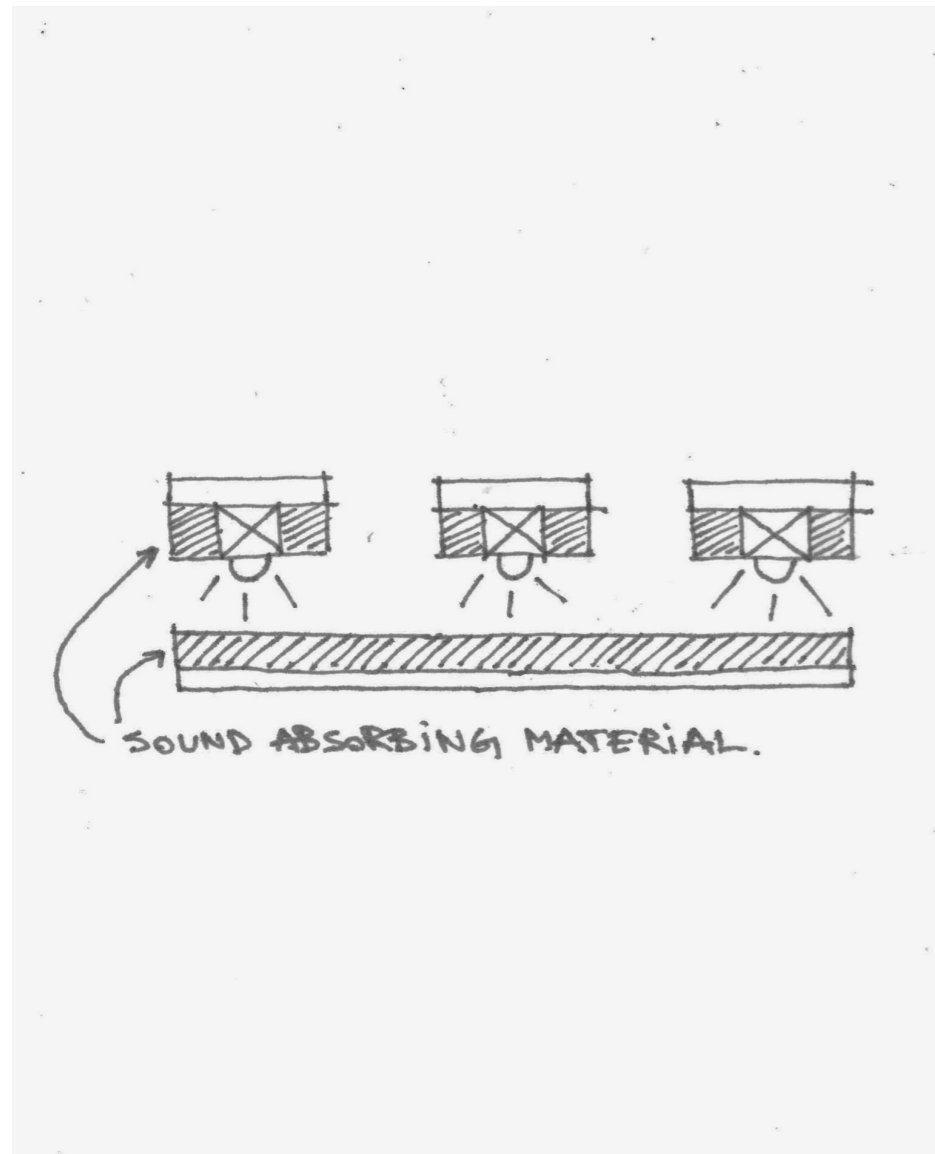
Det första konceptet är det som senare skulle komma att bli The Wave. Byggnaden består av ett skyddande skal med mjuka former. Fördelen med skalet är att det har ingen bestämd form, således kan öppningarna anpassas utefter omgivningen och bullret från motorvägen kan minimeras. En annan akustisk fördel med byggnaden är möjligheten till ett stort taköverhäng som förhindrar buller från flygplanen att nå in i byggnaden.

KONCEPT 2

Det här konceptet bygger på samma principer som The Wave, där byggnaden öppnar upp sig mot campus och är mer stängd mot motorvägen. Tanken var att byggnaden skulle efterlikna siluetten av en bergskedja och därmed skapa en ikonisk byggnad på campus.

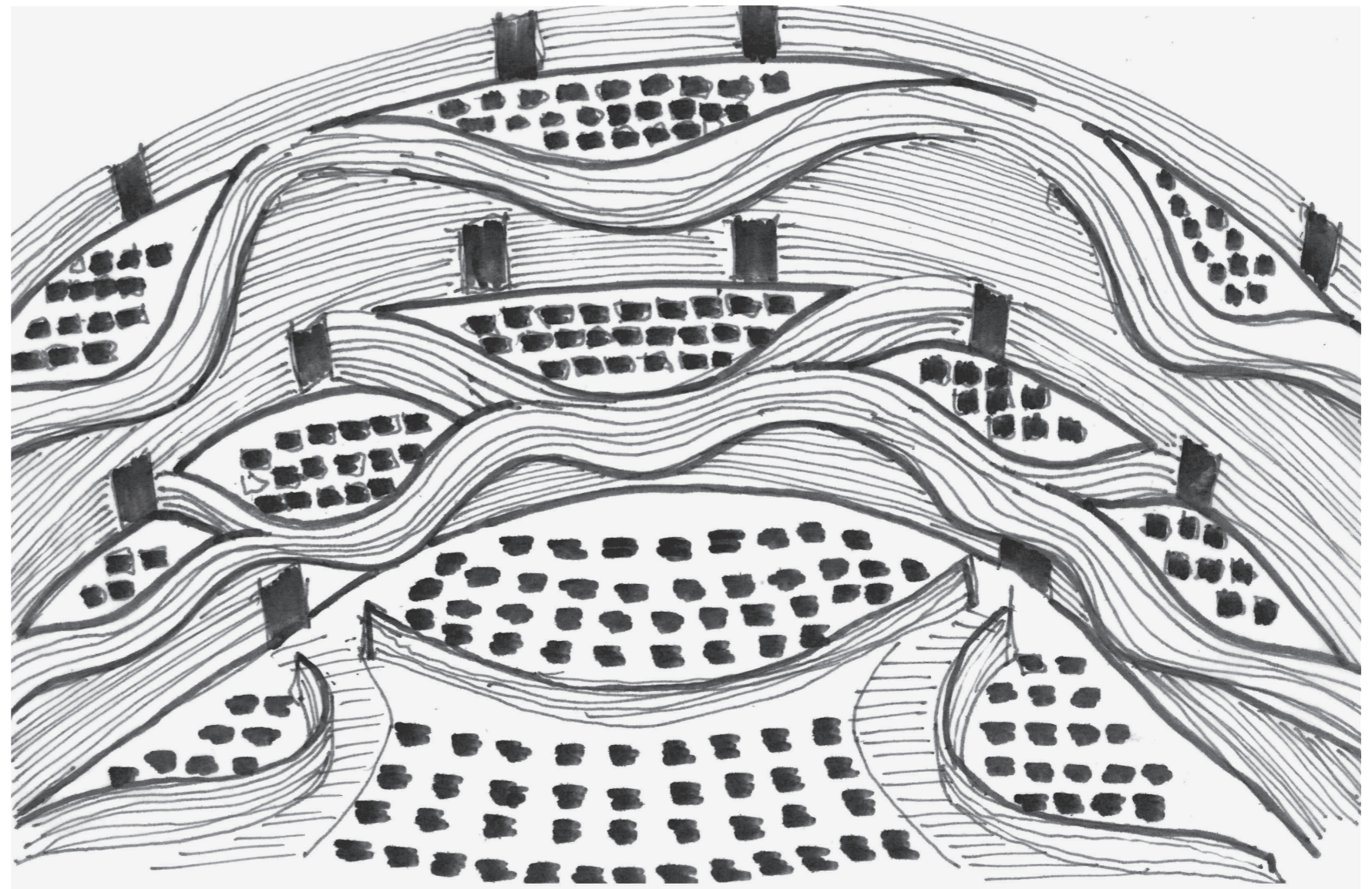
KONCEPT 3

I det tredje konceptet valdes enkla former. Idén var att göra en nergrävd kub med möjlighet till att röra sig på taket. Dessvärre så var det svårt att argumentera för det här konceptet då det inte adresserade de akustiska utmaningarna i programskrivningen.



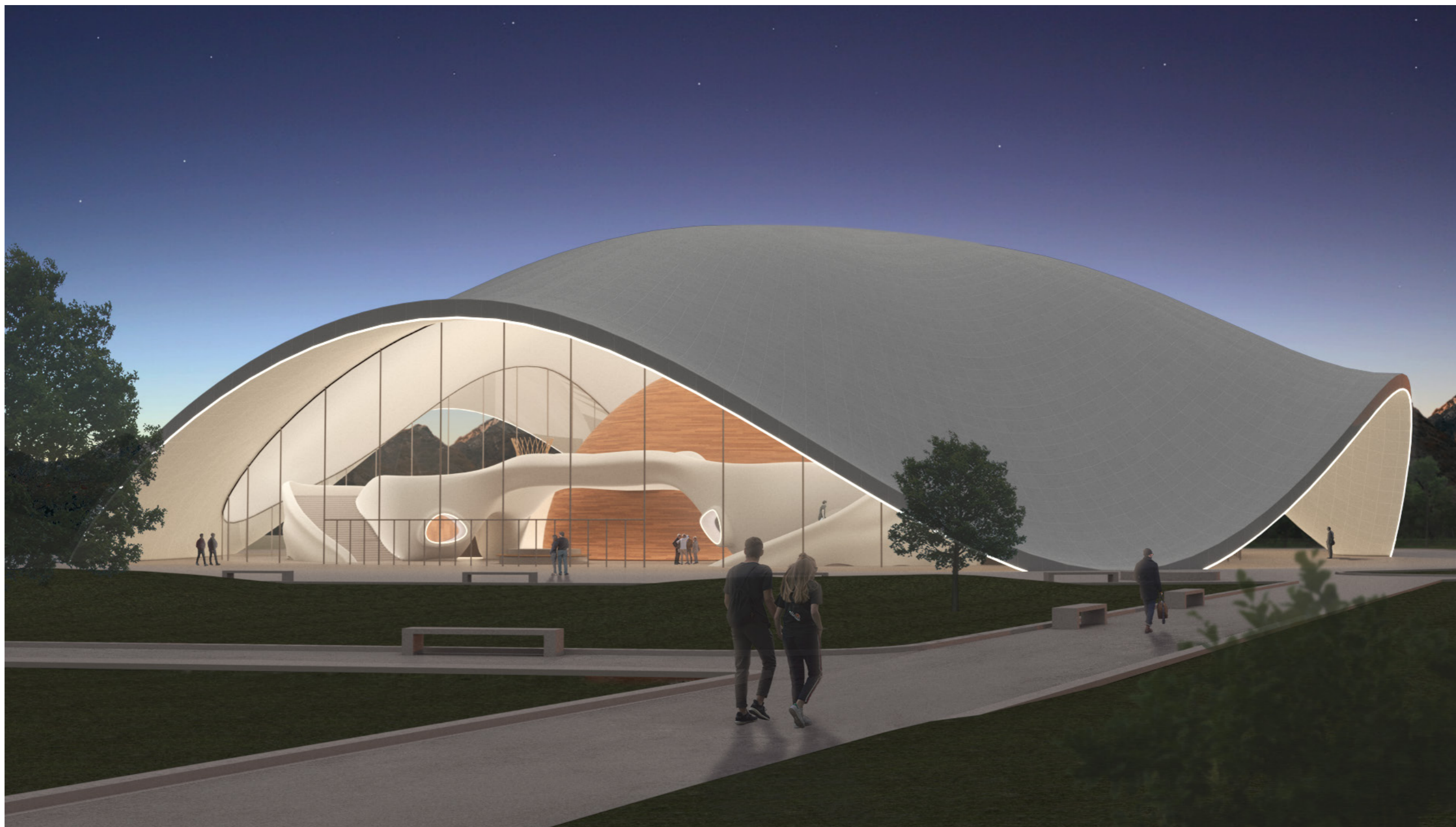
AKUSTISK PROTOTYP

I början av projektet togs det fram flera akustiska prototyper. Ambitionen var att försöka kombinera arkitektur med akustik. Ovan ses en av våra tidigaste prototyper, den skulle komma att präglade stora delar av projektet. Prototypen bygger på en ljudabsorberande panel kombinerat med en ljuskälla, delar av panelen ändrades senare under projektet men principen är densamma.



OPERASALEN

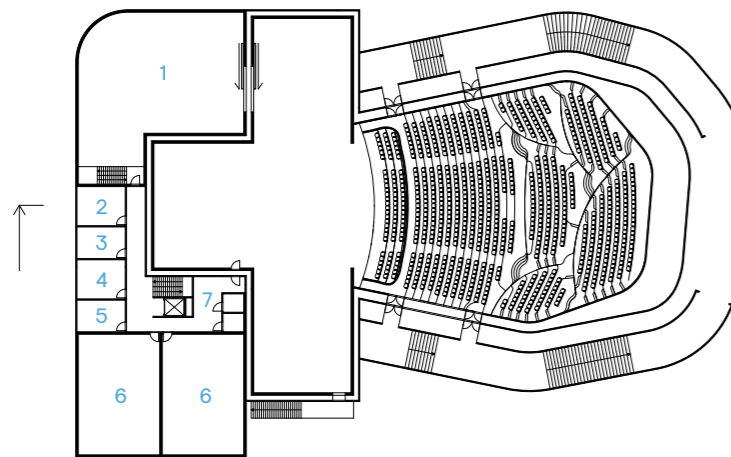
Efter att konceptet valts ut gjorde några skisser på operasalen, visionen var att den skulle spegla byggnadens exteriör med sina mjuka och böljande former. I Skissen flyter balkongerna ihop med väggen, en idé som följde med när operasalen senare skulle utformas. För att göra det mer intressant delades sittplatserna upp i olika sektioner



Perspektiv exteriör

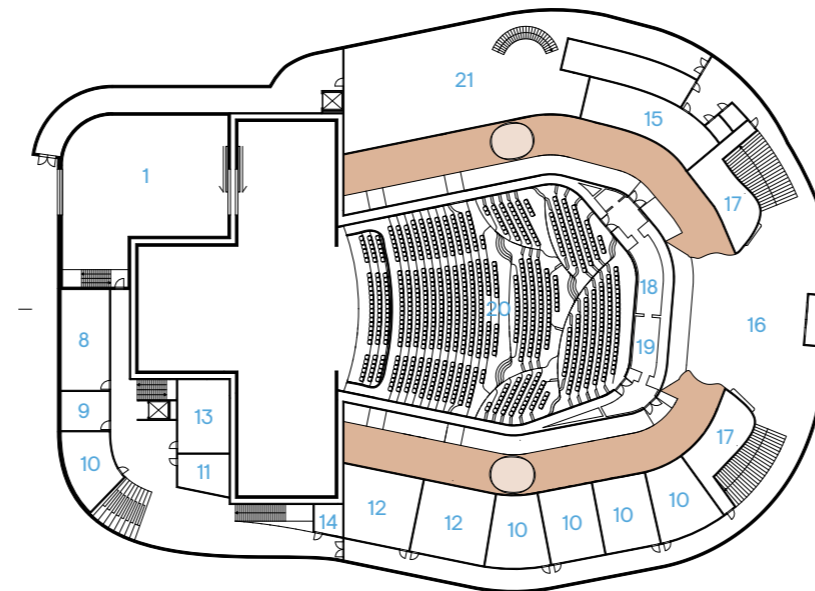
CAMPUS

The Wave är universitetets centrum, med sitt bibliotek, restaurang och operasal blir det en självklar samlingsplats för studenter. På kvällarna lyser byggnaden upp campus och under skalet kan man skymta operasalen och hur människor rör sig kring den. De studenter som vill upptäcka byggnaden utifrån kan fritt röra sig under skalet för att uppleva den böljande formen.



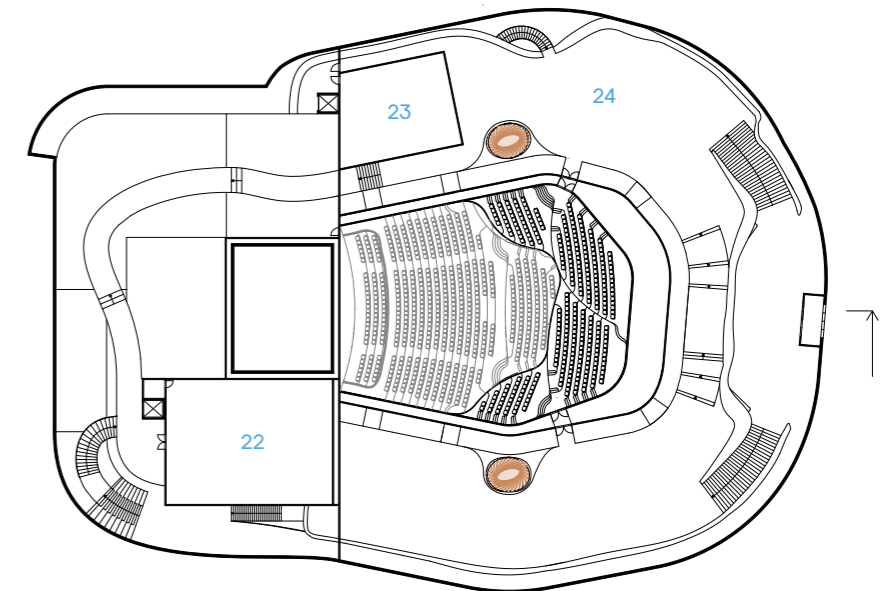
Nedre plan 1:1000

- 1 Scenverkstad (330 m²)
- 2 Inspelningsutrustning (27 m²)
- 3 Ställagerum (22 m²)
- 4 Belysningsutrustning (27 m²)
- 5 Dimmerrum (22 m²)
- 6 Mekanisk utrustning (142 m² per rum)
- 7 Off-stage WC (5.5 m² per rum)
- 8 Kostymrum (70 m²)
- 9 Peruk & smink (27 m²)



entréplan 1:1000

- 10 Omklädning (56 m² per rum)
- 11 Omklädning, dirigent (27 m²)
- 12 Omklädning, kör (77 m² per rum)
- 13 Green Room (54 m²)
- 14 Rekvisita (12 m²)
- 15 WC (80/60/5.5 m²)
- 16 Lobby (340 m²)
- 17 Biljett/Garderob (55 m² per rum)
- 18 Kontrollrum (27 m²)



Övre plan 1:1000

- 19 Projektorrum (22 m²)
- 20 Ljudmixposition
- 21 Bibliotek (400 m²)
- 22 Övning och upvärmning (300 m²)
- 23 Kök (155 m²)
- 24 Restaurang/Café (480 m²)
- 25 strålkastare (11 m² per rum) (sektion)

NEDRE PLAN

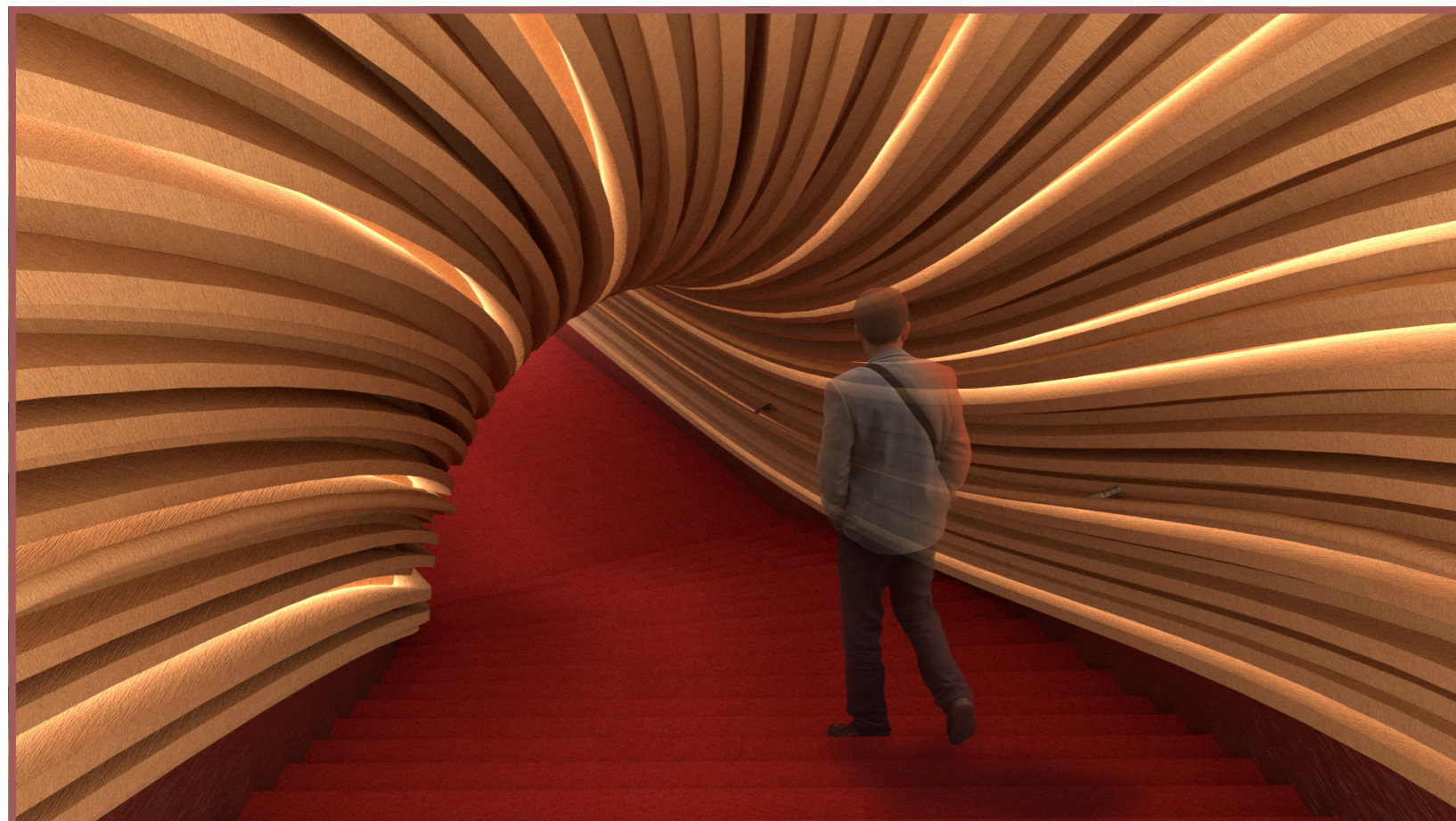
Med en del av byggnaden nergrävd kan flera funktioner rymmas under mark. Mestadels är det mindre privata och tekniska utrymmen. För att förhindra ljudläckage in i operasalen är den skyddad av ett yttre skal, även scenhuset har dubbla väggar för att minimera ljudinsläpp. Publik som har platser på första plan i operasalen tar sig in via en akustisk tunnel som leder besökaren under mark.

ENTRÉPLAN

Från lobbyn på entréplan har besökare och studenter möjlighet att ta sig upp en våning eller ner genom de akustiska tunnlarna till operasalen (Den akustiska tunneln är färglagd i planritningen). Det finns även möjlighet för studenter att röra sig längst med byggnadens kanter för att nå omklädningsrum m.m. Längst med ena sidan av byggnaden ligger ett bibliotek, placeringen bredvid operasalen är fördelaktig eftersom ljudvolymen i bibliotek är låg.

ÖVRE PLAN

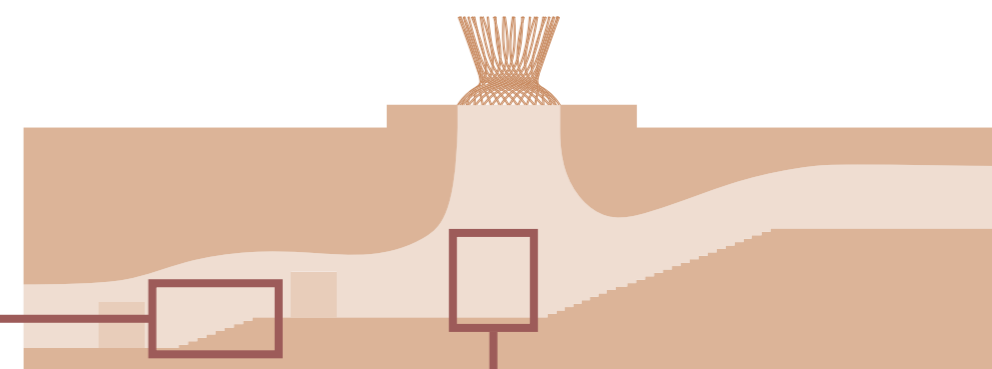
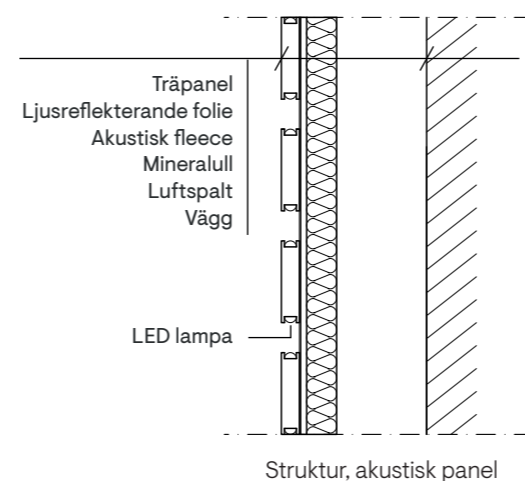
Byggnaden står i centrum för liv och rörelse på campus och av den orsaken givits en stor yta där studenter och besökare kan umgås mellan lektioner och föreläsningar. Om det skulle behövas kan ytan användas till föredrag eller middagar. På övre plan finner man även café och restaurang.



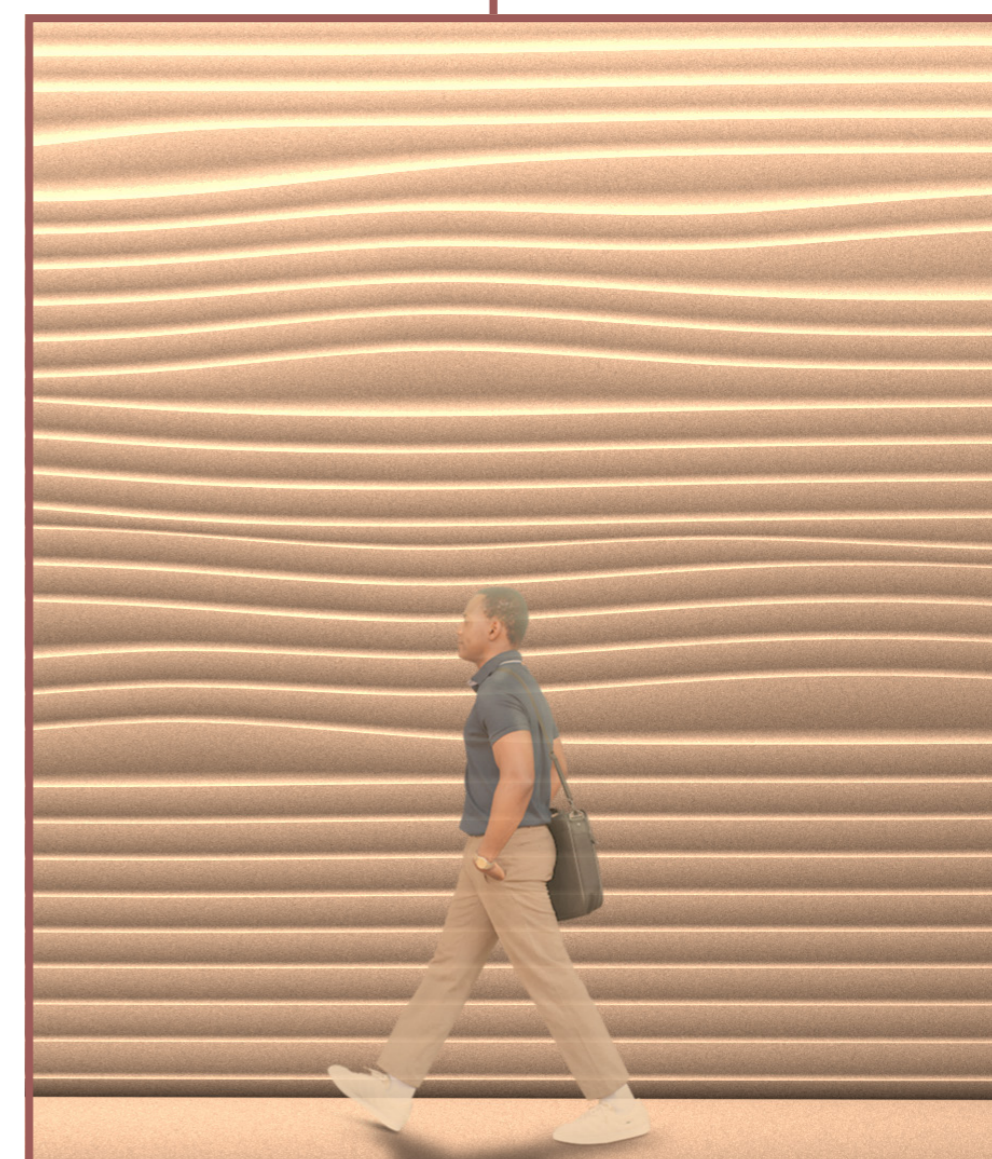
Del av den akustiska tunneln med hög ljudabsorption

AKUSTISKA TUNNELN

Den akustiska tunneln leder besökare och studenter till operasalen. Vid början och slutet på tunneln är ljudmiljön intim och omslutande med en låg efterklangstid. Här är tunneln smalare och kläs i en ljudabsorberande panel med en integrerad ljuskälla (ses i bilden till höger). Belysningen i tunneln ger en tydlig riktning mot operasalen. I mitten av tunneln skiftar ljudmiljön och tunneln bryts upp med en öppning i taket, den här delen kläs i betong på både väggar och golv för att få en höja efterklangstiden och ge en mer dramatisk akustik. Syftet med tunneln och dess varierande ljudmiljö är att ge besökare och studenter en ökad medvetenhet kring akustiken på sin färd mot operasalen.



Akustiska tunneln i sektion



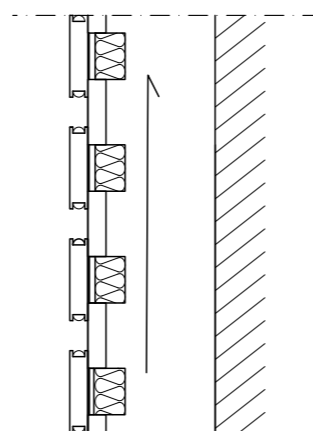
Del av den akustiska tunneln med låg ljudabsorption



Sektion

SEKTION

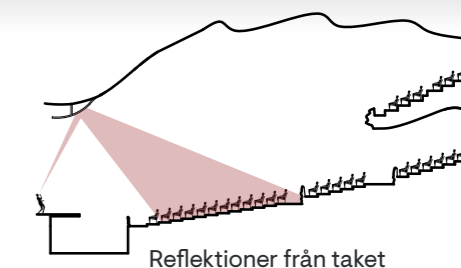
Sektionen visar hur skalet skyddar operasalen och stärker ljudisoleringen, överhänget ovanför fönsterpartierna har också en skyddande funktion och förhindrar ljudöverföring från flygplan. Dessutom är operasalen något försänkt i marken så att en mindre yta utsätts för direkt ljud. Ljudisoleringen i operasalen förstärks med ännu ett yttre skal, mellan skalet och operasalen finns utrymme för strålkastarbås. Väggarna i operasalen består till stor del av den ljudabsorberande ljuspanelen (ses i bilden till höger), men här så ges möjligheten att variera absorptionen genom ett rörligt bakomliggande lager. På så sätt kan efterklangstiden i operasalen anpassas efter behov.



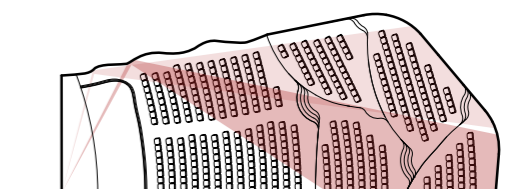
Struktur, akustiska paneler med varierbar absorption

ITDG

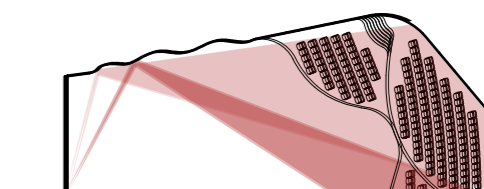
Inom akustiken talas det ofta om ITDG, det står för Initial Time Delay Gap och är avgörande när det kommer till att få tydlighet och intimitet i ljudbilden. För att få till ett bra ITDG måste tidsskillnaden från det direkta ljudet till den första ljudreflektionen vara mindre än 25 ms. Till höger ses hur ljudet reflekteras i operasalen. Taket och väggarnas böljande former går i linje med byggnadens karaktär samtidigt som de styr ljudreflektionerna för att få bra ITDG.



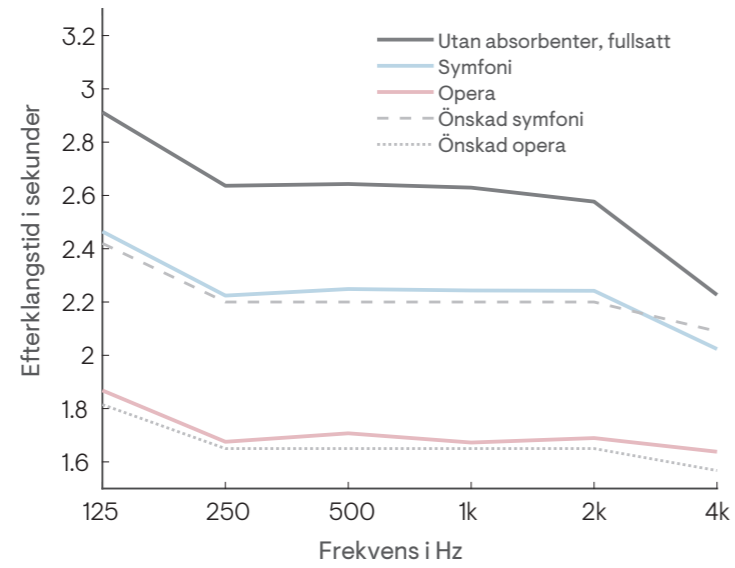
Reflektioner från taket



Första plan - Reflektioner från väggen

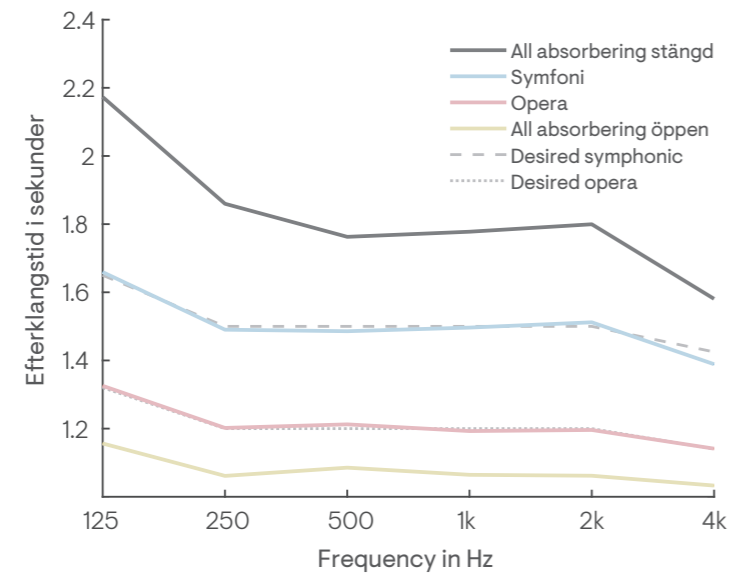


Balkong - Reflektioner från väggen



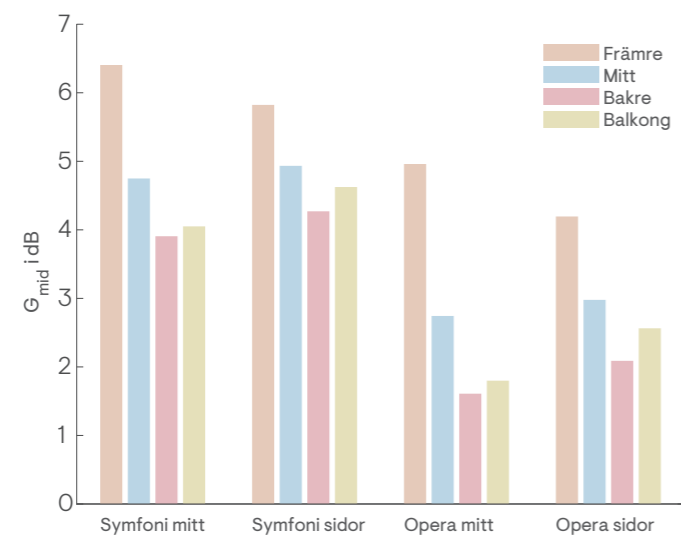
KONSERTHALL

Grafen visar efterklangstiden för olika frekvenser i operasalen. Med hjälp av de absorberande panelerna kan önskade värden på efterklangstid vid varje frekvens uppnås, både för symfoni- och operaföreställningar.



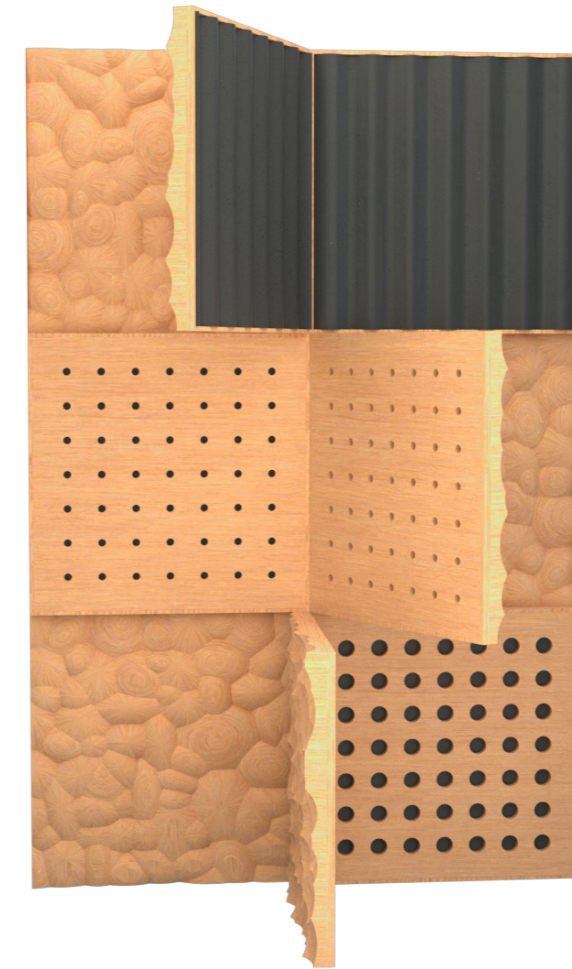
REPETITIONSROM

I repetitionsrummet kan studenter öva på sina instrument. Precis som i operasalen finns det möjlighet att variera akustiken i repetitionsrummet för att ge studenterna en möjlighet att lära sig och experimentera. I grafen syns efterklangstiden för olika frekvenser med och utan absorberande paneler.



STYRKA

Medelstyrkan, G , för frekvenserna 500 Hz och 1 kHz ligger i intervallet 4 dB till 6,4 dB om hallen är justerad till symfonisk musik och i intervallet mellan 1,6 dB och 5 dB för opera.



AKUSTISKA LUCKOR I REPETITIONSROMMET

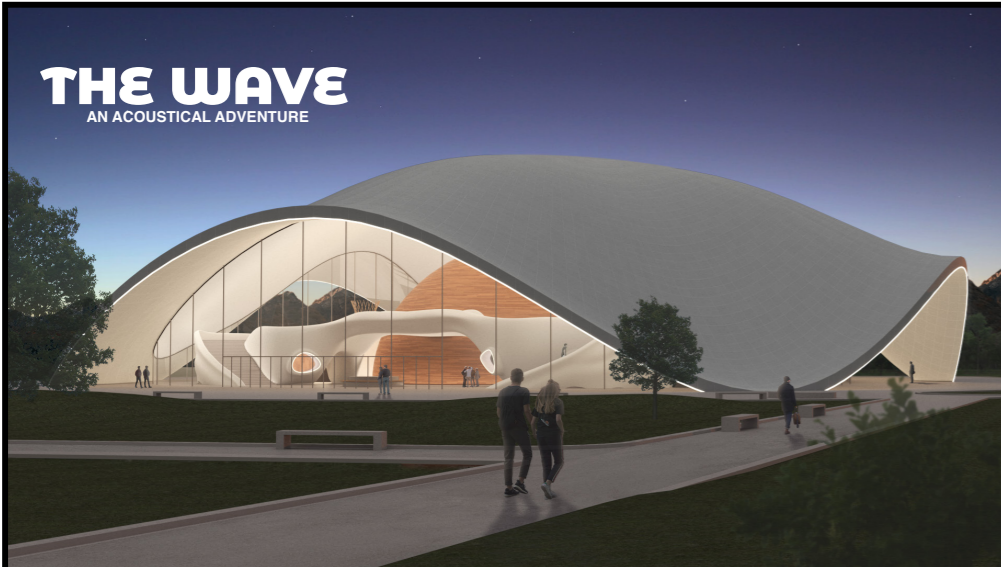
I repetitionsrummet finner man akustiska luckor som gör det möjligt att experimentera med akustiken. Med luckorna öppna absorberas ljudet, när dem är stängda sprider deras irreguljära yta ljudreflektionerna jämnt över hela rummet. För att addera ytterligare en nivå är luckorna utformade för att absorbera olika frekvenser, på så sätt kan studenter stänga och öppna luckorna för justerna ljudbilden ytterligare.



Perspektiv interiör, operasal

KONSERT

När publiken tar sig in i operasalen infaller sig en varm och välkomnande känsla. Träpanelen som klär salen är formad i en svepande rörelse, de mjuka och flödande formerna omsluter publiken. Den ljudabsorberande ljuspanelen är distruberad i organsika former över väggar och tak, panelen lyser upp salen och skapar en förväntan hos publiken. När publiken har kommit till rätta och sorlet tystnat, dimmas belysningen ner och föreställningen kan börja.



THE WAVE

AN ACOUSTICAL ADVENTURE

Concept

Imagine walking around the campus, your eyes will be drawn to the big concrete shell located in an open area of the university. You notice that a lot of people are gathered inside and around it. When walking up to it you realise that it's much more than a shell, this is the connection point of the university. With its library, restaurant, concert hall and other open areas this is the place where students gather. The Wave is designed to take its visitors on an acoustical journey. The shape of the protective concrete shell creates different ceiling heights which generates different spaciousness and affects the soundscape depending on where you stand. The floorplan creates an ability to stroll around the building and discovering new angles of it. You can also take the way through the acoustic tunnels, where the different reverberation times offers an interesting experience.

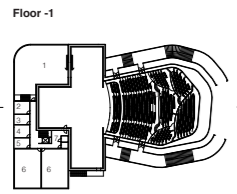
Floor plans

The floor plan is well thought out with noise and the relation between different rooms taken in large consideration. With the more noise generating rooms located towards the highway, it creates a natural blocking for the more sensitive rooms. It's also created to generate a great flow for both visitors and students or personnel. With an open plan, you can discover every angle of the building and use the building in different ways.



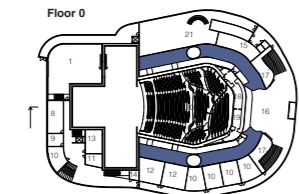
Situation Plan

- 1 Scene Shop (330 m²)
- 2 Audio Storage and Repair Room (27 m²)
- 3 Audio Rack Room (27 m²)
- 4 Lighting Storage and Repair Room (27 m²)
- 5 Dimmer Room (22 m²)
- 6 Mechanical Equipment Room (142 m² per room)
- 7 Off-stage Quick Toilet (5.5 m² per room)
- 8 Costume Shop (70 m²)
- 9 Wig and Make Up (27 m²)



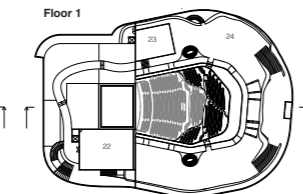
Floor -1

- 10 Solo Dressing Room (56 m² per room)
- 11 Conductors Dressing Room (27 m²)
- 12 Chorus Dressing Room (77 m² per room)
- 13 Green Room (54 m²)
- 14 Prop Pantry (12 m²)
- 15 Front of House Public Restroom (80 / 60 / 5.5 m²)
- 16 Lobby (340 m²)
- 17 Ticket house / Wardrobe (55 m² per room)
- 18 Lighting and Stage Manager Control Room (27 m²)



Floor 0

- 19 Projection / Title Booth (22 m²)
- 20 In-house Audio Mix Position
- 21 Library (400 m²)
- 22 Rehearsal and Warm-up Room (300 m²)
- 23 Kitchen (155 m²)
- 24 Restaurant/Cafe Area (480 m²)
- 25 Follow Spot Booth (11 m² per room) (Section)



Floor 1

Sound Insulation

The shape of the shell will be supportive for the sound insulation, as the overhang of the shell above the window fronts avoids a parallel sound incidence of the maximum aircraft level and therefore a possible high sound transmission. In addition, the entire building is slightly recessed into the ground, so that less surface area is exposed to direct sound. The noise criterion curves NCB-15, NC-20 and NC-40 are used as criteria for the most sensitive rooms in the building. An average weighted reduction index of $R_w=43.3$ dB will be required for the corresponding sound reduction of the outer shell and the window fronts. This will be achieved with a double wall made of concrete and double glass windows. Considering additional noise in the lobby, a weighted reduction index of $R_w = 38.5$ dB is required for the walls of the rehearsal room, which is achieved with a simple concrete wall.

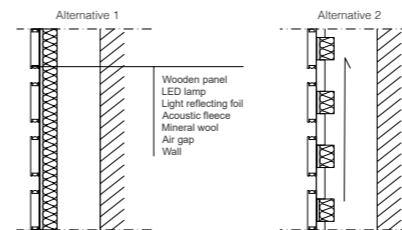
The concert hall will be shielded by another double concrete wall, which will have a reduction index of 40 dB. All walls will have a resonance frequency below 50 Hz to avoid strong transmission in the important frequency range.



Section
Total Sound Pressure Level (dB)

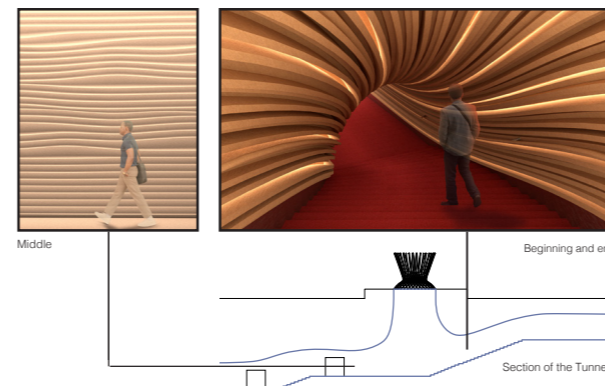
Slit Absorber

The slit absorber will be used in the concert hall and the lobby. The structure functions as a Helmholtz absorber and can be designed to absorb the desired frequency range. The frequency with the greatest absorption can be increased by reducing the thickness of the wooden layer, by increasing the width of the slits, by reducing the distance between the slits and by decreasing the air gap in front of the wall. For the concert hall, an adapted version of the slit absorber will be used, where the layers of absorbent material behind the slits is interrupted by sections of wood. This layer will be moved to open or close the absorber as needed. When the absorber is closed, it will act as a scatterer due to the different dimensions of the slits and the thicknesses of the wooden layers. In the concert hall, these absorbers will mainly be placed in the concave areas of the walls and the ceiling to avoid bundling the sound and in areas where a strong reflection of the sound is not desired. Depending on the type of application of the concert hall, certain absorber areas will be opened or closed in order to adjust the reverberation time.



Acoustic Tunnel

The tunnel is designed to have different reverberation times in different areas. It reaches from the lobby to the end of the concert hall, which makes it the pathway to inside of the hall. In the beginning and end of the tunnel, the walls are covered with slit absorbers and a carpeted floor. In the middle it opens towards the ceiling which increases the volume, here the walls and floor is made of concrete, the walls are also covered in scattering panels. This design will create high differences in reverberation times, with a low of $T_{500Hz} = 0.3$ s and a high of $T_{500Hz} = 1.5$ s. This contributes to the acoustic and spatial adventure of The Shell.



Middle

Beginning and end

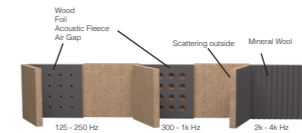
Section of the Tunnel



Rehearsal Room

The rehearsal room is where the students will practice their instruments. This is also an opportunity to learn and experiment with different acoustic parameters. Therefore, we have designed foldable panels, which acts as absorbers when opened and reflectors when closed. The panels are designed to absorb different frequencies, by making bigger holes and smaller air gap the panels absorb different frequencies. By manually open and close different panels the students can experiment and play in different soundscapes.

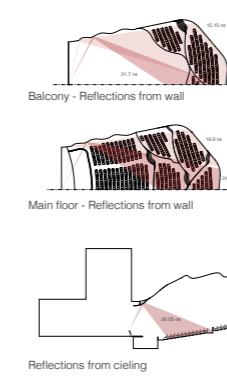
Dimension of the room 20 x 15 x 4.5 m



The Concert Hall

The auditorium is shaped to create the perfect soundscape for different acts. This due to the way the walls and ceiling are formed, which reflects sound perfectly to every seat in the hall. The slit absorbers that can be adjusted to affect the reverberation time. The orchestra pit is 105 square meters which fits an orchestra of 70 members. Using the pit lift we can arrange the seats so it has a capacity of 1254 people.

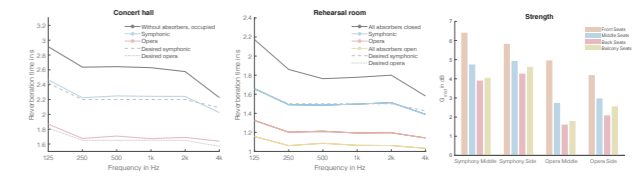
Early Reflections



Balcony - Reflections from wall

Main floor - Reflections from wall

Reflections from ceiling



ITDG

The initial time delay gaps will be in the range between 15 ms and 24.3 ms, providing a good clarity and hall intimacy for all seats. The reflectors for the first section of seats will be provided by a reflector attached to the ceiling. The back half of the hall will be provided by reflections from the side walls, where the first reflector will supply the seats close to the side walls. The middle of the hall will get reflections created by the second reflector in

the wall. The height of the side reflector will be adjusted to ensure reflections only to the back half of the hall. The average strength, G, for the frequencies of 500 Hz and 1 kHz will lie in the range of 4 dB to 6.4 dB if the hall is adjusted to symphonic music and in the range between 1.6 dB and 5 dB for opera.

TÄVLINGSBIDRAG

Ovan ses vårt tävlingsbidrag till Acoustical Society of America. Bidraget var ett av tre andra från chalmers som blev utvalda att få vara med i tävlingen