

IN MOTION

PROJEKTPORTFÖLJ

SIGRID ULANDER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

KURS: Kandidatarbete i Arkitektur och teknik

OMFATTNING: 15 HP

GRUPPARBETE: Med Hanna Tynelius

EXAMINATOR: Karl-Gunnar Olsson

HANDLEDARE: Morten Lund, Peter Christensson, Wolfgang Kropp

TERMIN: Vår 2021

INTRODUKTION

KURSENS OCH PROJEKTETS SYFTE

Kursen syftade till att, i enlighet med det korsdisciplinära programmet Arkitektur och teknik, integrera tekniska lösningar med arkitektonisk utformning. Ett viktigt element i kursen var att skapa en arkitektur där akustiken, ljuset och klimatet på ett integrerat sätt stärker rummet och konceptet. Kursen handlade även mycket om den undersökande metodiken, att se komplexiteten i projektets helhet och att lösa problem med hjälp av kunskaper från kandidatutbildningen.

PROJEKTETS FÖRUTSÄTTNINGAR

Projektprogrammet gavs av tävlingen ASA Student Design Competition, utlyst av Acoustical Society of America. Tävlingen syftade till att främja akustisk och arkitektonisk innovation och utformning. Förutsättningarna givna i tävlingsprogrammet var att skapa en konserthall, anpassningsbar för olika genrer och med fokus på opera. En utmaning programmet gav var höga bullernivåer till följd av en intilliggande motorväg och flygplats. Uppgiften handlade därför både om att skapa lösningar för ljudavskärmning utifrån och för akustiken inne i konserthallen.

PROJEKTETS KÄRNPUNKTER

En viktig kärna i projektet är rörelsen som går igenom hela projektet. Den mänskliga rörelsen handlar om en spiralformad, kontinuerlig vandring mot konserthallen. Visionen var att skapa en arkitektur där hela vistelsen är en del av konsertupplevelsen.

Rörelsen fortsätter in i hallen, där takets utformning är dynamiskt och följer spiralformen ned i rummet. Taket kan sänkas ned i olika moduler och på så vis ändra rummets volym, vilket i sin tur styr efterklangstiden. På så vis blir skapar taket ett spektrum av akustiska rumsligheter och akustiken blir en del i rörelsen.



IN MOTION

A JOURNEY TOWARDS MUSIC

THE INVITING COLLEGE OPERA HALL

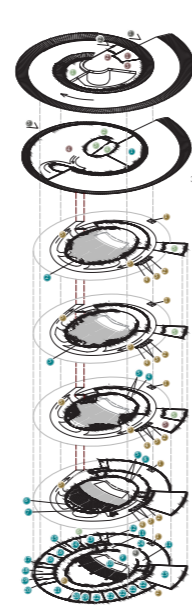
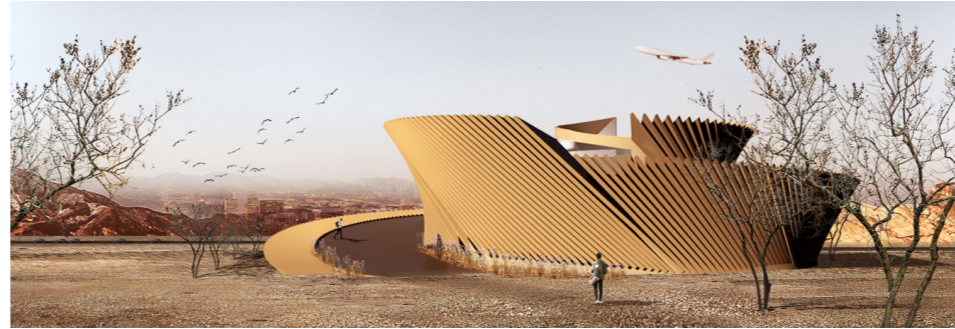
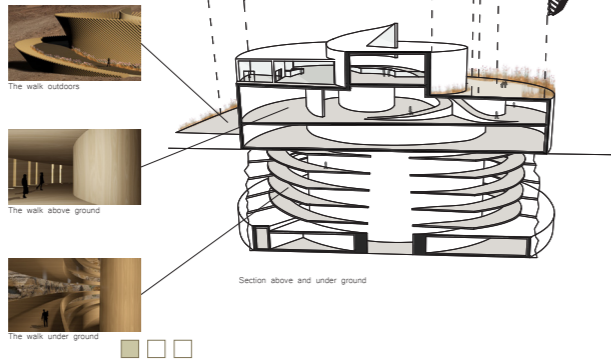
A swirling movement welcomes you into this haven of music. Follow the continuous path towards the heart of the building and feel the rest of the campus fade away as you decline. Located in the western North America this structure seemingly rises from the ground. Making use of the solid bedrock of the Rocky Mountains this subterranean hall is embraced by exposed cliff walls. The movement follows through in the adjustable ceiling of the hall making the acoustics part of the swirling motion.

THE JOURNEY IS PART OF THE EXPERIENCE

The experience begins the moment your foot touches the structure. The first part of the stroll is an ascending path along the swirling roof as shown in the picture to the right. As you reach the entrance you embark upon a lobby floor with a lounge area. The journey continues when you descend on the ramp downwards, passing an area for calm study sessions or lunchtimes. Further down the spilly declining ramp you reach a subterranean space, where you move in a spiral around the hall until you reach your seating entrance. Between the hall and the ramp, you can spot the backstage communication area down below. The final step of the walking experience is being greeted by the warmth of the embracing hall. While the ramp offers a contemplative stroll there are also alternative means of transportation in the form of two public elevators.

ACOUSTICS ON THE SUBTERRANEAN RAMP

While walking along the ramp before entering the hall, the reverberation time is 3.0 seconds to achieve a cathedral effect which makes visitors prone to lowering their voices, creating an atmosphere of expectation. During intermissions, the reverberation time is to 1.3 seconds in order to create a favorable environment for conversation, as the ramp transforms into a lounge area around the easy access café. Therefore, adjustable absorbing panels are integrated in walls and underneath the ramp.



- NC PROGRAM**
- 35-40 Start of outdoor ramp
 - Lobby entrance
 - Loading dock entrance
 - 40-45 Scenery entry - 5.5 meters wide, 8 meters high
 - 40-45 Freight elevator - access through loading dock on the ground floor of the building. Connects scene shop and loading dock
 - 40-45 Staff elevator
 - 40-45 Public elevator
 - 35-40 Fire escape - spiral staircase
 - 35-40 Spiral ramp
 - 45-40 Backstage communication area
 - 35-40 Ticket house/manager's office
 - 35-40 Lobby
 - 35-40 Lounge area
 - 25-35 Study/hangout area. Additional lounge area used for meetings, lunchtimes, dinners and receptions
 - 40-45 Entry access café
 - 35-40 Employment lounge
 - 15-20 Follow spot booth
 - 15-20 Projection/title booth
 - 15-20 Stage house
 - 15-20 Reflecting proscenium wings
 - 15-20 In-house audio mix position
 - 15-20 Lighting and stage manager control room
 - 15-20 Proscenium
 - 15-20 Stage
 - 15-20 Orchestra pit with one pit lift. Accommodates up to 70 members
 - 15-20 Stage wing
 - 40-45 Prop pantry
 - 40-45 Costume shop
 - 40-45 Multi purpose green room
 - 40-45 Wig and makeup
 - 40-45 Check dressing room
 - 40-45 Conductors dressing room
 - 40-45 Storage
 - 40-45 Dressing and audio storage and repair room
 - 40-45 Lighting and audio storage and repair room
 - 40-45 Mechanical equipment room
 - 40-45 Solo dressing room
 - 40-45 Rehearsal room used for staged rehearsal and sitzproben
 - 15-20 Some shops with easy access to both stage and truck loading dock
 - 35-40 Cloakroom
 - 35-40 Front of house toilets - unisex
 - 35-40 Front of house toilets - women
 - 35-40 Front of house toilets - men
 - 35-40 Quick access toilet - visitors
 - 35-40 Off-stage quick toilet - staff

NOISE INSULATION

SOUND INSULATION FROM SURROUNDING NOISE
Considering the highway and airport in adherence to the site, our concert hall needs protection from external noise. Therefore, the building envelope is designed in two parts; a thick concrete shell above ground and a subterranean space in which the concert hall stands. Low frequency noise from airplanes and traffic is taken care of with the massive concrete wall. The hall is free standing to a large extent in order to prevent vibration transmission from surrounding rooms. This way, the whole building blocks out noise from outside as well as from nearby indoor spaces.

CREATING A TRANQUIL SOUNDSCAPE ON CAMPUS

Integrated Schroeder diffusers
The panel structure on the facade is designed to contribute to a calm soundscape in the surrounding environment on campus, by integrating Schroeder diffusers between panels. The diffusers help lowering sound energy that meets the facade, whilst scattering noise, resulting in a diffuse sound field. Simultaneously, they prevent standing waves.

THE HALL

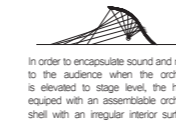
Once inside the opera hall you are embraced by a welcoming environment. The organic balconies flow from the walls and scatter sound with their undulating geometry and textured surfaces. The scene opens up into the room and the proscenium is dissolved into two wide screens reaching towards the ceiling. The stage tower has panel absorbers and a glass surface facing the audience. With its large parquet and three levels of segmented balconies, the hall seats 1200 people. The parquet is divided into smaller sections making the entry and exit smooth. Speakers are integrated under balconies and by the ceiling.

THE REHEARSAL ROOM

The rehearsal room has the important task of mimicking the acoustic qualities of the actual opera hall. Since there is no audience in the rehearsal room absorption has to be added in the form of panels. Some of them are adjustable, making it possible to alter the reverberation time according to the genre being performed. With one absorbing side and one reflecting these panels can be turned to either of the two sides. The floor of the room is divided into different segments with adjustable elevation in order to provide the means for different group constellations. A consequence of the imitated reverberation time is a redundant sound strength, which is managed with diffusers. They also reduce flatter echo and distribute incoming sound evenly.

ORCHESTRA SHELL

Assemblable structure



STEP 1

The base of the shell, consisting of two identical steel frames, is folded together and hidden in the stage floor when not in use.

STEP 2

By folding one of the two steel frame upwards, a frame with depth and height is built.

STEP 3

Segments of the shell are manually attached to the frame.

STEP 4

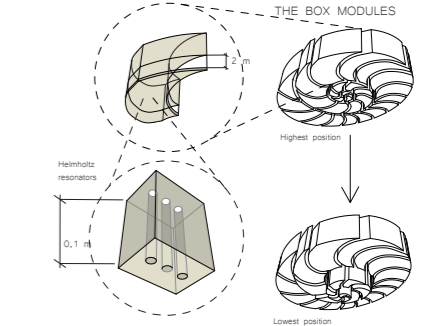
A complete shell is assembled.

REVERBERATION TIME

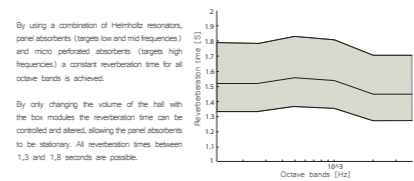
ADJUSTABLE ACOUSTICS

The ceiling consists of a system which creates a reverberation time adjustable to the decimal, making it suitable for among others opera, chamber music, choral, dance, symphony orchestra, and speaking engagements. By elevating the boxes a certain distance, the volume of the hall

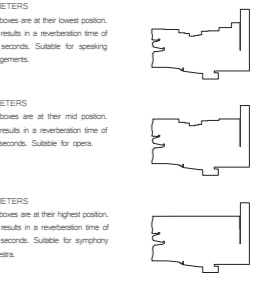
increases, making the reverberation time longer. These can be set to any wanted height which gives the hall a wide spectrum of genre adaptation. The hollow boxes make up a natural void, containing mineral wool, which allows Helmholtz resonators to be integrated.



POSSIBLE REVERBERATION TIMES DUE TO ADJUSTABLE CEILING



ADAPTABLE VOLUME AND REVERBERATION TIME

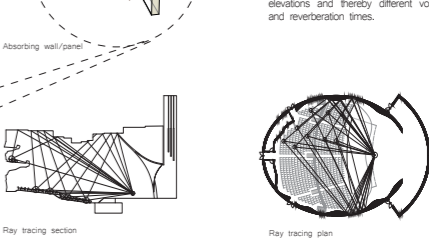
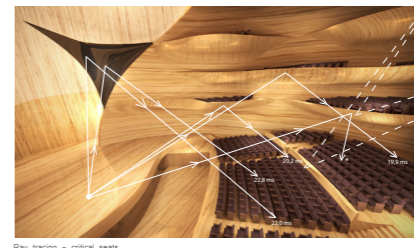
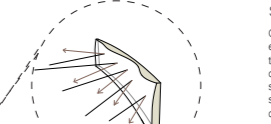


CLARITY

The vision is to create good clarity in the hall in order to obtain articulated singing and speaking which is important in opera performances. With this in mind the hall is designed with a seating constellation where all seats are in proximity of a reflecting wall; the parquet is divided into two levels and the balconies are segmented.

INITIAL TIME DELAY GAP (ITDG)

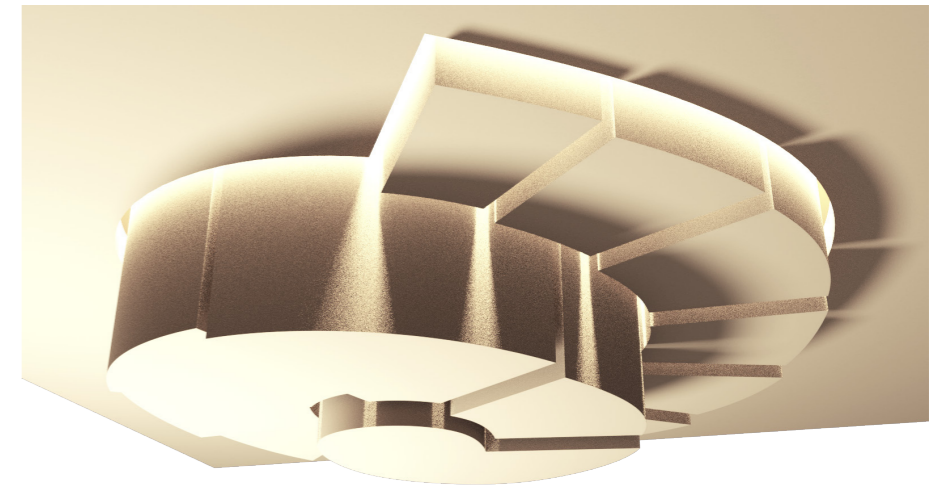
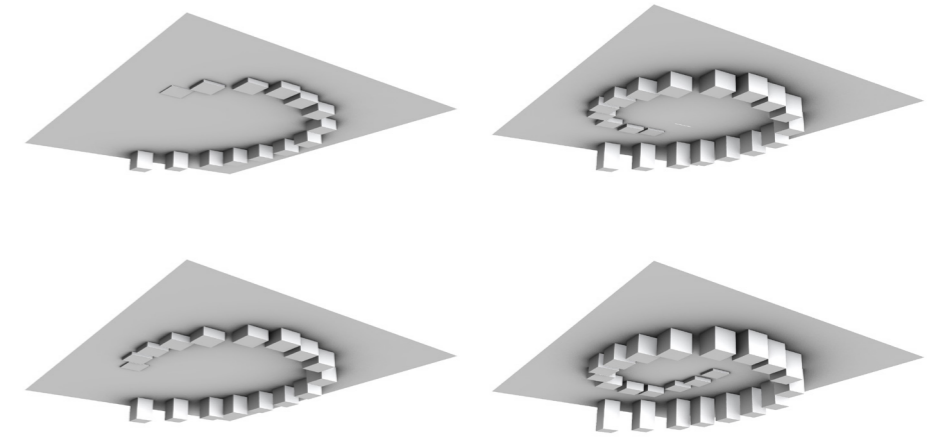
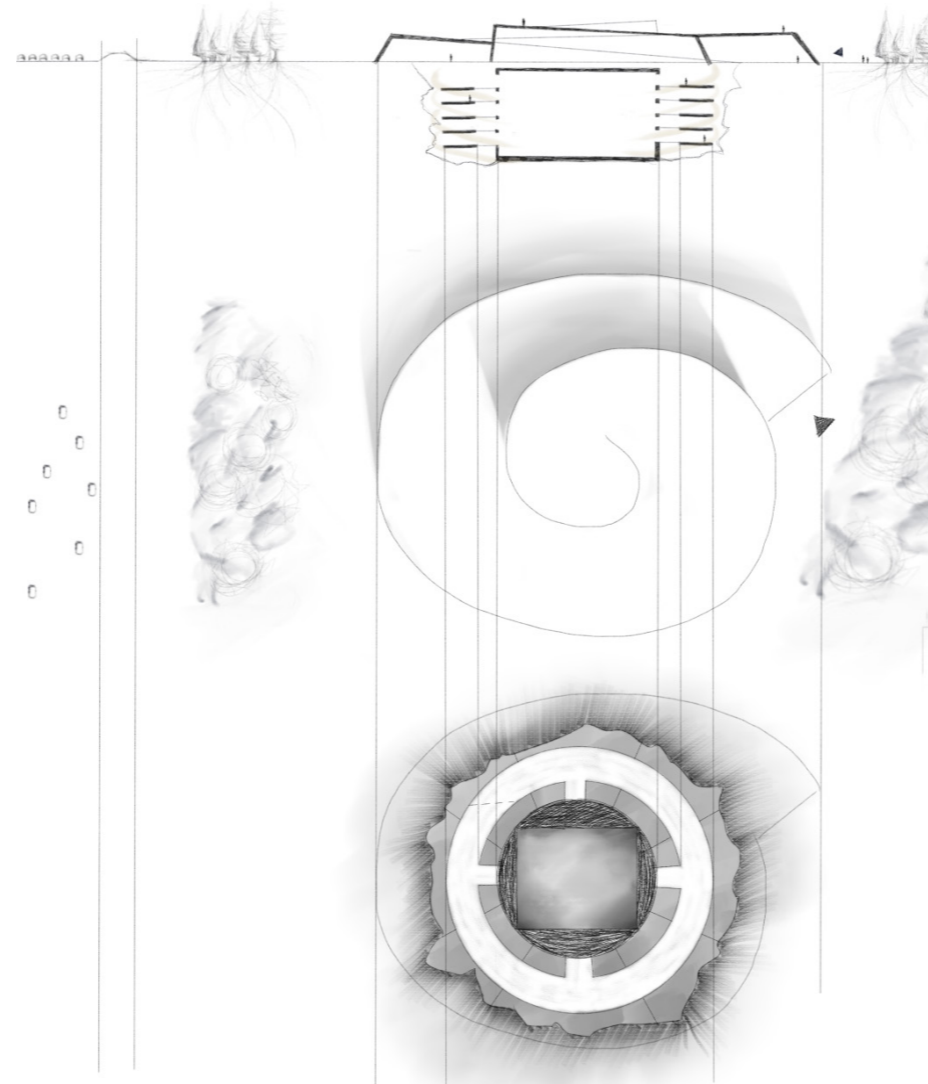
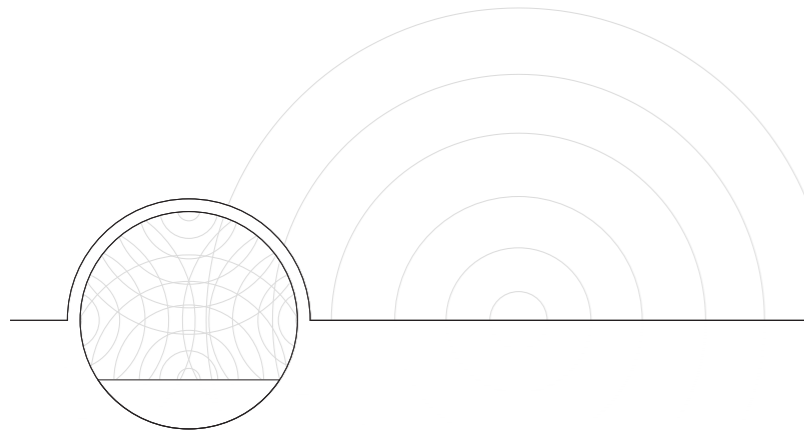
ITDG is a measurement of the time between direct sound and early reflections for a specific spot. The hall is designed to obtain an ITDG of approximately 20 ms at every seat to create a musical intimacy, in the seat marked with + the ITDG was calculated to be 8.5 ms which is significantly lower than wanted.



STRENGTH FACTORS

Gain is measurement of how the room enhances the sound and emphasizes the music experience. The gain is nearly constant throughout the hall, making all seats equally desirable concerning sound strength. The gradients show that the even distribution of gain applies to all different box elevations and thereby different volumes and reverberation times.

PROCESS



Vår designprocess byggde i stor utsträckning på ett samtal mellan arkitektur och akustik. Eftersom vår målbild var att skapa en arkitektur där ljudupplevelsen är en kärna i rumsligheten, blev detta samtal väldigt viktigt. Arbetet inleddes av en undersökning av ljud- ljus- och materiella fenomen i naturen, vilket startade en tankeprocess där vi reflekterade över hur dessa fenomen kan översättas till ett arkitektoniskt sammanhang.

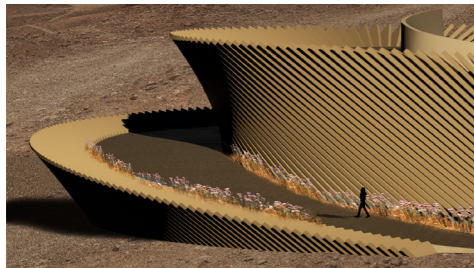
Bland annat undersökte vi hur ett öppet vindskydd av snö skapade ett mikroklimat som blockerade såväl kyla som vind. Vår fascination över hur snögrottan så effektivt reducerade störningar utifrån, trots sin öppna utformning, fick oss att fundera över hur en byggnads interiör kan skapa ett lugn inuti utan avskärmning med fysiska barriärer. Det var dessa tankebanor som ledde oss in på idén med ett långt tunnelsystem, vilket i förlängningen blev en spiralformad ramp, och slutligen en viktig kärna i vårt koncept – den sömlösa, cirkulerande rörelsen.

Vidare undersökte vi hur ljudet av vatten i rörelse upplevdes i en beck som rann genom ett betongrör. Vi upptäckte att ljudet blev både klarare och starkare i röret, vilket väckte tankar om hur hallen skall ge ljudet emfas och klarhet i ton. Vi kom då fram till att rörets cirkulära tvärsnitt innebär en konstant radie, och därmed närhet till en reflekterande yta överallt. Denna närhet blev senare en viktig del i hallens utformning, där sätena delades upp i balkongsegment för att försäkra nära reflekterande ytor.

Vi undersökte även hur ljus påverkas av dimma i luften. Det var en disig dag och horisonten var knappt synlig, vilket fick oss att tänka på en ljudmässig analogi till ljusreflektioner i dimma. Det intressanta var hur dimman fick stor del av ljusenergin att reflekteras tidigt så att horisonten försvann, vilket är analogt med det akustiska begreppet klarhet.

Processen handlade även mycket om att skapa akustiska moduler och integrera dem i vårt arkitektoniska koncept. Vi var nyfikna på hur vi kan renodla den variabla efterklangstiden i hallen genom att enbart ändra rumsvolymen. Tanken gav oss idén att skapa en takmodul av nedsänkbara klossar, vilket i sin tur resulterade i vårt nedsänkbara, spiralformade innertak.

UTDRAG



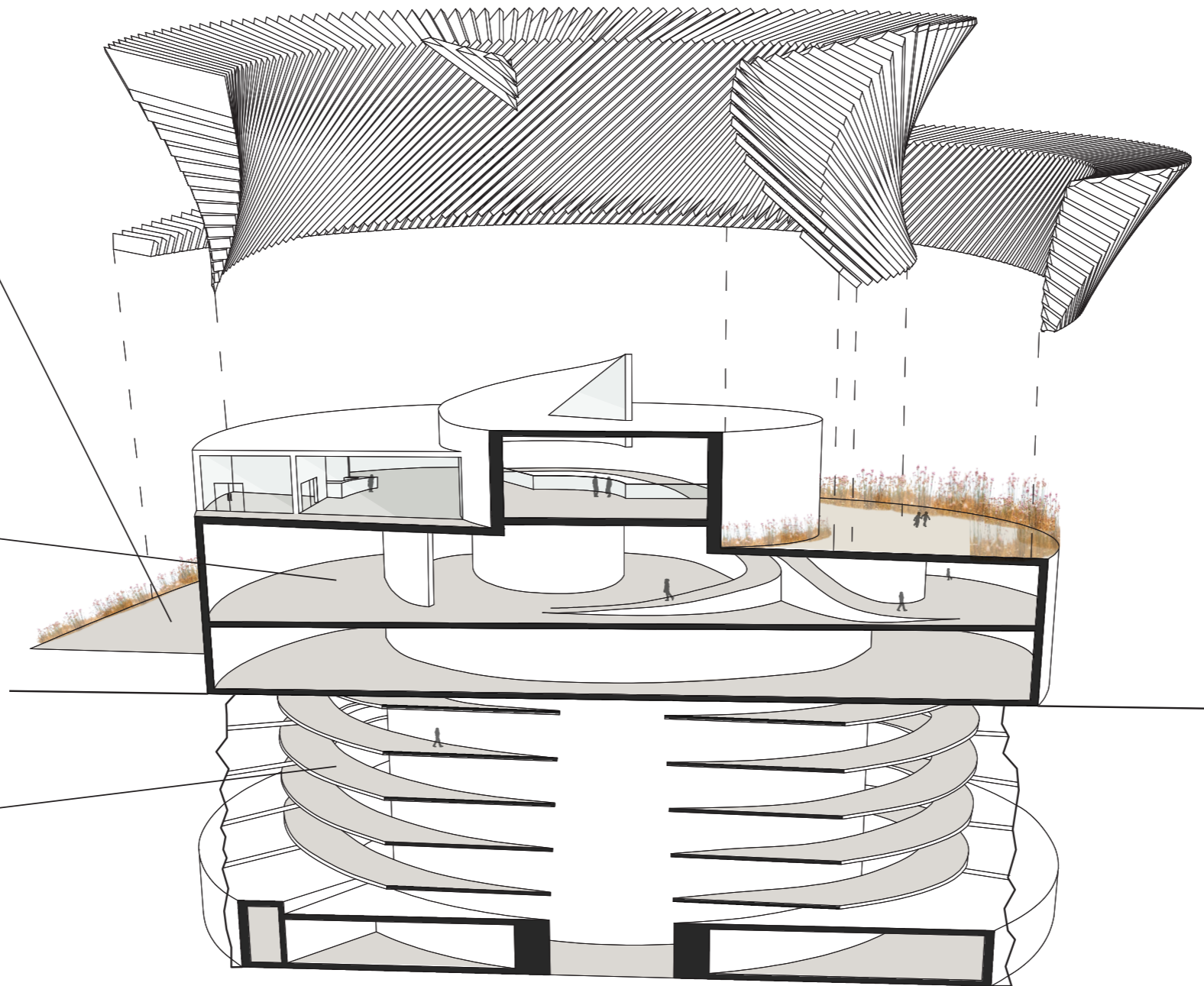
Vandringen utomhus



Vandringen ovan mark



Vandringen under mark



RÖRELSEN

I projektet har vi lagt tonvikt på människans vandring och upplevelse på väg till konserthallen. En viktig del i konsertbesöket är förväntan som byggs upp under vandringen till hallen, vilket vi ville betona i vårt projekt.

Byggnaden bygger på en sömlös, cirkulerande rörelse som går igenom hela vistelsen. Byggnadskroppen bryter upp gräns mellan mark och tak, då marken övergår i en ramp som i sin tur även är byggnadens yttertak. Vandringen sker i en kontinuerlig spiralform som först rör sig upp till lobbyn på entréplan. Därefter vänds riktningen och rörelsen börjar sakta gå nedåt och fortsätta ned under jord. Ovan mark är vandringen mer dämpad och sker i en sluten korridor, medan det under mark är en väldigt öppen rumslighet med en ramp i ett stort underjordiskt rum av klippväggar.

Akustiken under vandringen är en del av upplevelsen. Efterklangstiden i det underjordiska rummet är lång och bidrar till en katedraleffekt som gör att besökare tenderar att sänka rösterna och därmed skapa en förväntansfull stämning. I pauserna mellan akterna kan efterklangstiden i hallen förkortas, då rampen förvandlas till en yta att umgås och fika på. På så vis är även platserna runtom konserthallen del i den dynamiska akustiken.

UTDRAG

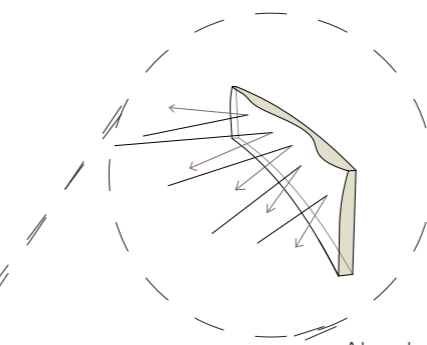
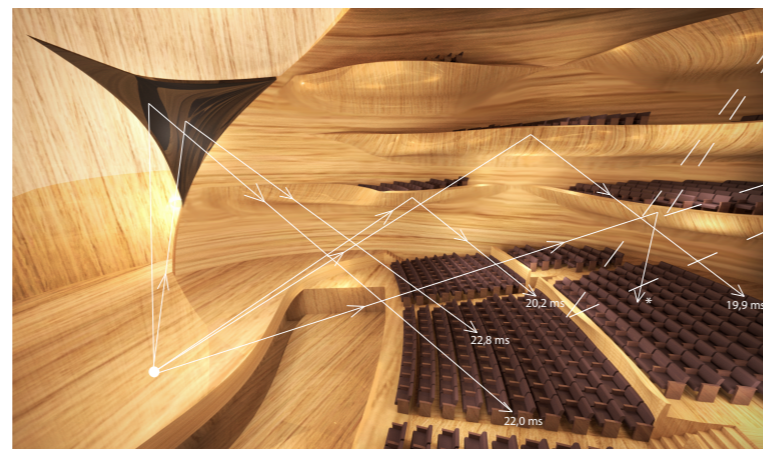
BYGGNADENS GESTALT

Byggnadskroppens gestalt är en naturlig följd av den mänskliga rörelsen. Formspråket bygger på den spiralformade, kontinuerliga rörelsen. Mötet med byggnaden sker genom att besökaren bjuds in att vandra upp på taket, som även är en förlängning av marken. Fasaden får sitt aningen spetsiga uttryck från de omfamnande panelerna, vilka i sin tur har en akustisk effekt på byggnadens närmiljö; integrerat mellan panelerna finns schroeder diffusers som bidrar till en mjuk ljudbild i kring byggnaden.

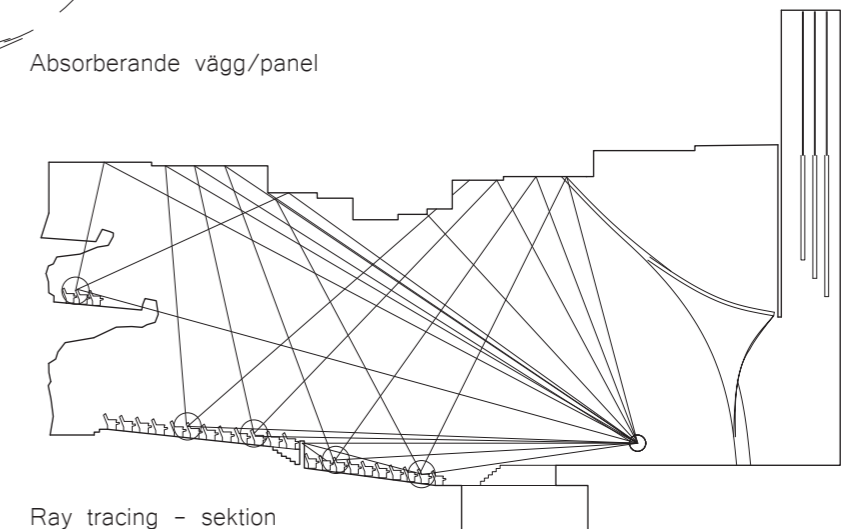


INITIAL TIME DELAY GAP

När vi utformade hallen var det viktigt att skapa förutsättningar för en intimitet i ljudupplevelsen, oavsett vilket säte man sitter på. Därför använde vi en undersökning av reflektioner i hallen som underlag för placering och utformning av reflekterande och absorberande ytor. De reflekterande skärmarna vid prosceniet och de böljande balkongerna reflekterar ljud, medan paneler på avskiljande väggar och vissa balkongytor absorberar ljud.



Absorberande vägg/panel

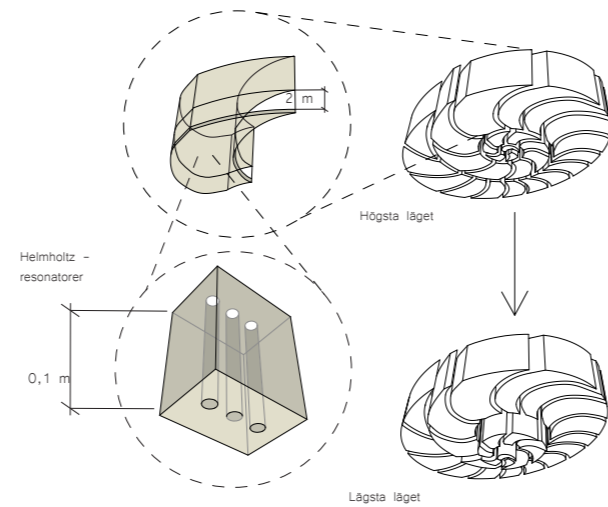


Ray tracing - sektion

UTDRAG

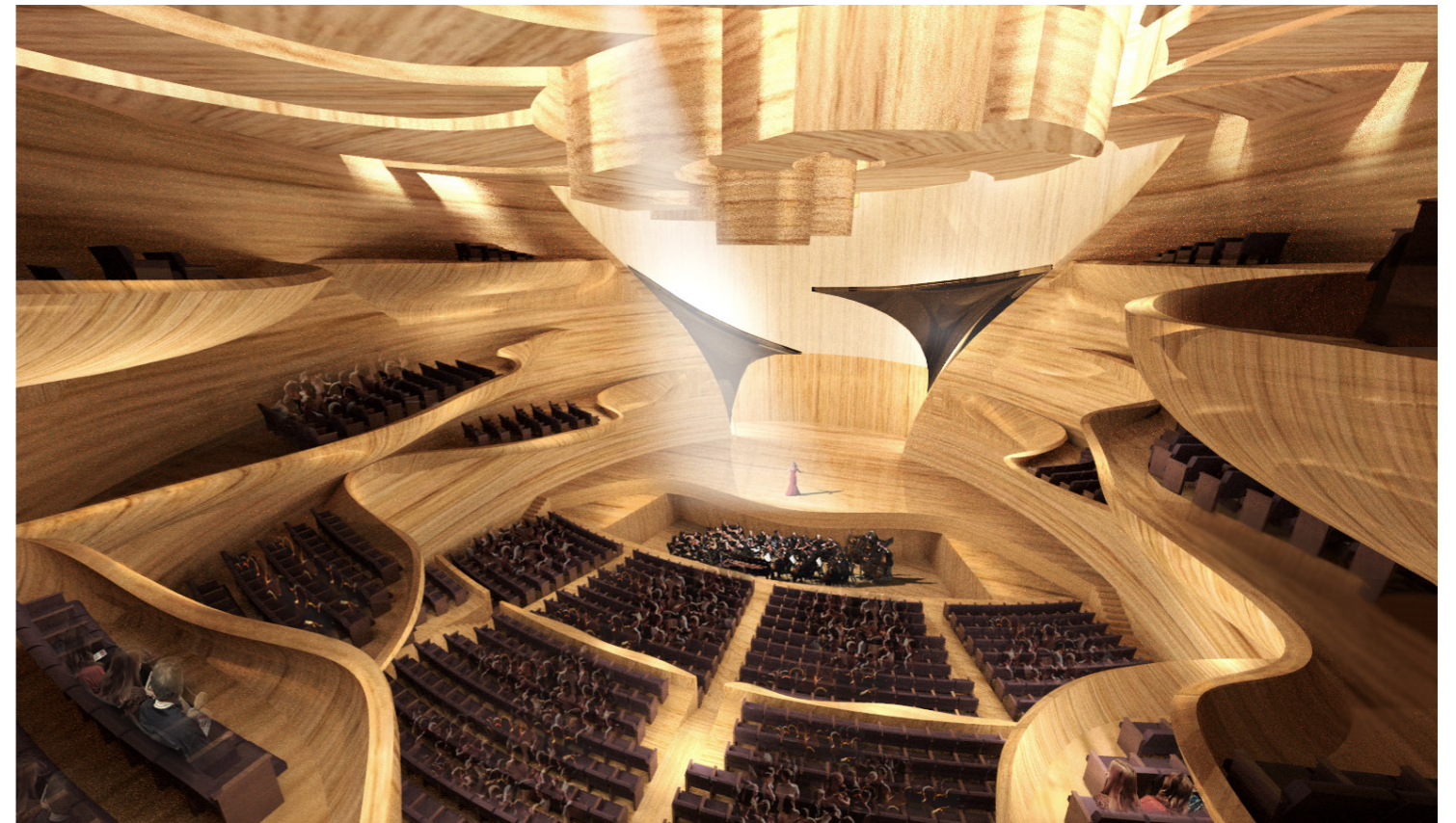
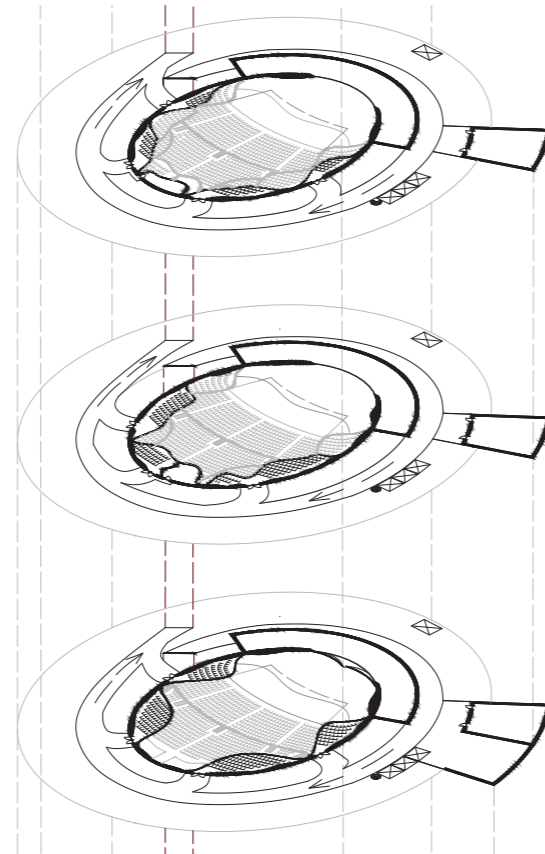
EFTERKLANGSTID

En viktig kärna i projektet var den variabla efterklangstiden i hallen, eftersom akustiken skall kunna anpassas efter olika musikgenrer. Därför blev konceptet med den spiralformade rörelsen även en del i rummets akustik. Innertaket består av en modul av nedsänkbara klossar som ändrar rumsvolymen och därigenom efterklangstiden. För att skapa förutsättningar för att repetitionslokalen skall kunna efterlikna hallens akustik är efterklangstiden även där variabel, tack vare ett panelsystem av absorberande och reflekterande ytor. Efterklangstiden är alltså flexibel såväl i hallen, som i på underjordiska rampen och i uppvärmningslokalen.



LJUDSPRIDNING

Hallen är inskriven i en cylindrisk byggnadskropp, vilket innebär att geometrin in mot hallen naturligt består av konkava, regelbundna ytor. Därför är interiören utformad med en organiskt böljande och oregelbundet formspråk som skapar konvexa ytor och därigenom sprider ljudet jämnt. På så vis undviks fokuspunkter i ljud. Interiören består av två huvudparketter och tre nivåer av balkonger. Den segmenterade utformningen syftar till att skapa närhet till reflekterande ytor, vilket skapar förutsättningar för tidiga reflektioner och därigenom klarhet i ton.



REFLEKTION

AKUSTIK INTEGRERAT I ARKITEKTUREN

Vårt arkitektoniska skapande utgick väldigt mycket från en akustisk vision; målet var att skapa en hall där ljudbilden i sig ger en rumslig upplevelse. Musik och akustik har väldigt stor påverkan på känslan av arkitekturen, vilket vi hade som grund i vår designprocess. Vårt mål var att skapa god klarhet i ton för att uppnå artikulerad sång, ljudspridning för att ge en jämn ljudfördelning och tidiga reflektioner för att skapa intimitet i musikupplevelsen. Samtidigt ville vi låta rummet ge musiken emfas och att på ett integrerat sätt styra efterklangstiden. Dessa målbilder blev tongivande i den arkitektoniska utformningen.

Vi skapade en segmenterad placering för att skapa närhet till reflekterande ytor och därigenom uppnå klarheten i ton. Vi utformade även ett proscenium som skapar ljudintimitet även för säten vars placering annars riskerar få alltför sena reflektioner. För att skapa spridning av ljud utformade vi hallen med ett organiskt, böljande formspråk där balkongerna växer fram från väggarna. Dessa oregelbundna och utbuktande former motverkar konkava ytor som annars riskerar ge upphov till fokuspunkter av ljud. Vidare var den justerbara efterklangstiden en viktig kärna i vårt projekt, vilket vi valde att göra till en del av vårt koncept – den spiralformade rörelsen. Därför bröt vi upp innertaket i en modul av nedsänkbara klossar som löper i ett nautilusmönster som söker sig ned i hallen. Idén var att renodla den dynamiska efterklangstiden genom att göra den beroende av en enda variabel – rumsvolymen. Med andra ord är hallens arkitektur starkt förankrad i akustiska kvaliteter.

LJUS, KLIMAT OCH STRUKTUR I ARKITEKTUREN

I projektet arbetade vi mycket med att låta ljus samverka med ljud. Vi lät springorna mellan klossmodulerna i det dynamiska innertaket bli en naturlig källa till ljus i hallen. Vår idé var att låta ljus vandra ned ovanifrån för att betona den underjordiska upplevelsen och anspela på det silade ljuset som letar sig ned i canyonlandskapens sprickor. På så vis är ljusspelet i sig en anspelning på den omgivande miljön som byggnaden förhåller sig till – de klippiga bergen.

När det kommer till klimat handlade våra ställningstaganden främst om arbetsklimat och upplevd innemiljö. Eftersom hallen är underjordisk och omfamnas av berggrund blev frågan om vistelsezon för personal central. Många av personalens ytor är belägna i anslutning till den underjordiska scenen, vilket innebär nedkylning från den djupa berggrunden. Nedkylningen från berget påverkar även strålningskylan från de exponerade klippväggarna i den öppna kommunikationsytan under jord. Dessa frågeställningar gav oss ett vidare perspektiv i projektets komplexitet – inneklimatet adderar ytterligare en viktig aspekt som påverkar upplevelsen av arkitekturen.

Strukturellt var vår vision att skapa en arkitektur där akustik och människans rörelse regisserar byggnadens utformning. Vi utgick från våra grundidéer som sedan övergick i strukturella lösningar. Den långa, sömlösa vandrigen blev i förlängningen ett tunnelsystem och en spiralformad ramp. Den skyddande skölden mot utomstående störningar blev ett avskärmande byggnadsskal i betong och paneler. Det isolerade, trygga lugnet blev en fristående konserthall där vibrationsöverföringar minimeras. Vår vision var att renodla strukturen till dessa arkitektoniska principer.

SAMARBETE MELLAN DISCIPLINER

Projektet skedde i form av ett samarbete mellan kandidatarbetet i Arkitektur och teknik, och studenter från akustikprogrammet Sound and Vibration.

Det var ett otroligt givande samarbete mellan den akustiska och arkitektoniska disciplinen. Framförallt var det spännande att integrera akustiken i projektet så att den stärker arkitekturen och vice versa. Den största utmaningen var att kommunicera arkitektoniska idéer så att de kunde översättas till beräkningsmodeller och därefter dra slutsatser om akustiken, och utifrån det basera våra designval. Det var även en stor utmaning att hela tiden balansera akustiska kvaliteter utan att behöva kompromissa med det arkitektoniska uttrycket och konceptet.

Vi hade en bra kommunikation mellan disciplinerna, vilket gjorde att vi kunde förstå varandras idéer och visioner. Kommunikationen underlättade både designfasen och gestaltningen av projektet, eftersom det hjälpte oss att experimentera med idéer.