

Membrane

Kandidatarbete i Arkitektur och Teknik VT21

Membrane var det avslutande projektet av utbildningen Arkitektur och teknik. Uppdraget var anpassat efter en internationell tävling där vi skulle designa en opera med fokus på akustik. Då projektet var ett examinerande moment för kandidaten vidgades uppdraget och ytterligare fenomen integrerades. Förutom akustik var dessa fenomen ljus, kraft och klimat. Operan placeras i ett godtyckligt mellanstort universitet i USA där anläggningen främst ska användas för operaverksamhet, men även för andra framträdanden som exempelvis dans, symfoniorkestrar, kammarmusik eller körer. Tävlingen specificerade ett problem med byggnadens lokalitet som skulle lösas i projektet. Problemet var två närliggande källor av buller, dels fanns en stor motorväg intill platsen, dels låg en flygplats i närheten vilket resulterade i ankommande och avgående flygplan ovanför campus. Projektet utfördes i grupper om tre, med en klasskamrat och med en student från masterutbildningen Sound and vibrations.

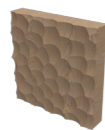


The Auditorium

While walking to your seat you will be greeted with a warm and welcoming opera salon. The concept of the hexagon panels follows the visitors journey all the way inside where they can be seen in the roof with a gradient disappearance down the walls. One can also notice that some are extruded, forming a floating second layer towards the visitors. In this adaptable space you can enjoy all sort of performances.

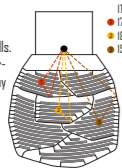
Scattering texture

Good acoustics require that the sound coming from the stage distributes evenly in the hall. By applying a randomly generated texture we achieve this goal. The random topology denies bias reflections.



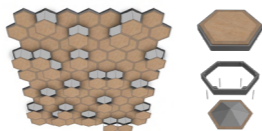
Clarity

The seatings are divided into several sections to create more reflective walls. By shortening the distance to the nearest wall we reduce the initial time delay gap.



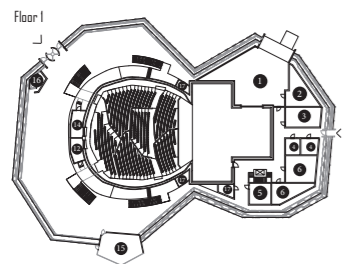
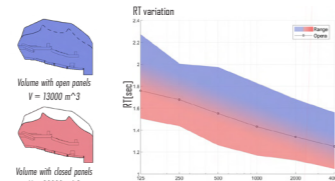
RT Panels

For performances which require longer reverberation times, the modules in the ceiling can be adjusted to increase the extra volume above the auditorium. These modules, together with those extending down the walls, are multifunctional and can be adjusted to have reflective or absorbent surfaces. For occasions where lower reverberation times are required, the modules can be alternated to Helmholtz resonators to attenuate lower frequencies.

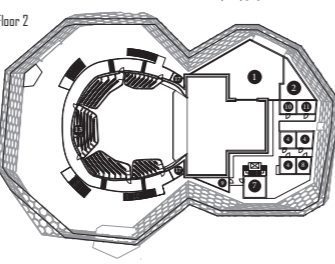


Reverberation time

The multifunctional hall makes it welcoming to all different types of performances. Instead of having to adapt to the hall, it adapts to its user. The extra volume is also being used for technical requirements such as lighting, ventilation and structural support.



- 1 Scene shop
- 2 MER
- 3 Costume shop
- 4 Solo dressing room
- 5 Green room
- 6 Chorus dressing room
- 7 Conductors dressing room
- 8 Wig and Make Up
- 9 Prop Pantry
- 10 Lighting, Audio Storage
- 11 Dimmer, Audio Rack
- 12 Title Booth
- 13 In-house Audio Mix Position
- 14 Lighting and Stage Manager
- 15 Cafe
- 16 Ticket and manager office
- 17 WC



MEMBRANE



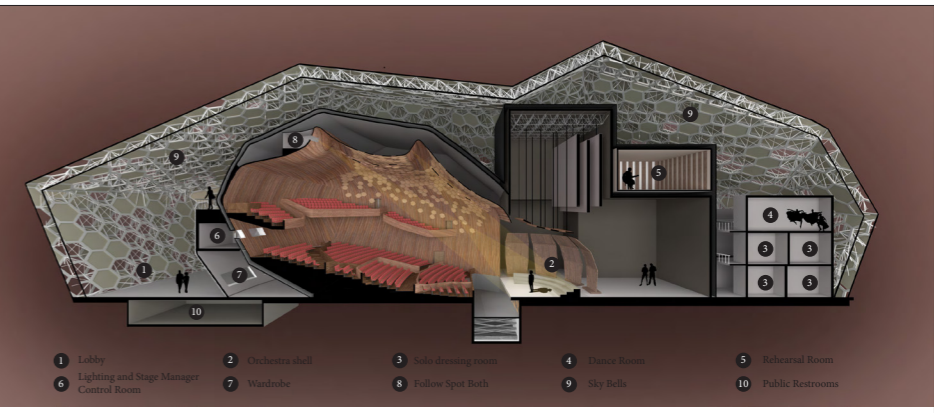
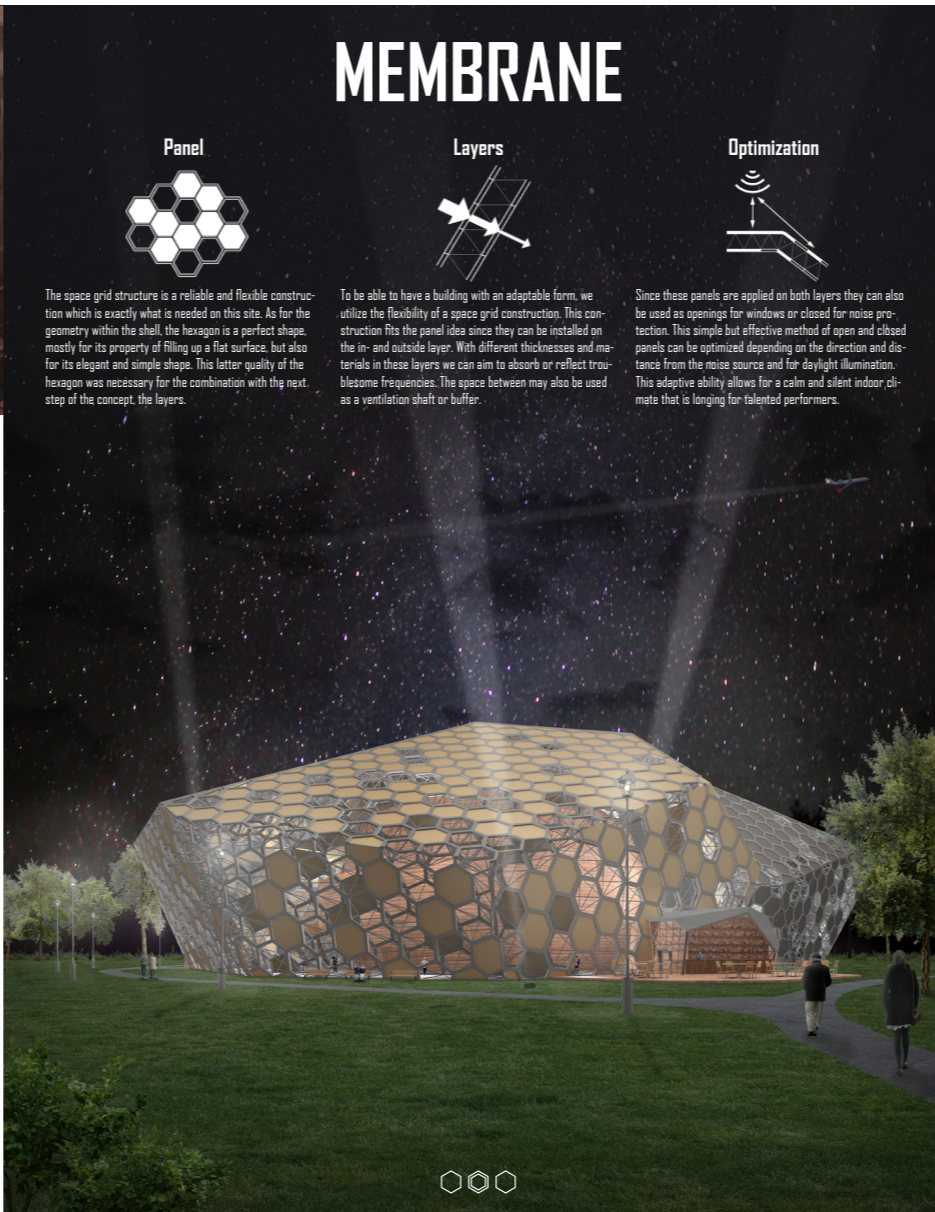
The space grid structure is a reliable and flexible construction which is exactly what is needed on this site. As for the geometry within the shell, the hexagon is a perfect shape, mostly for its property of filling up a flat surface, but also for its elegant and simple shape. This latter quality of the hexagon was necessary for the combination with the next step of the concept, the layers.



To be able to have a building with an adaptable form, we utilize the flexibility of a space grid construction. This construction fits the panel idea since they can be installed on the in- and outside layer. With different thicknesses and materials in these layers we can aim to absorb or reflect troublesome frequencies. The space between may also be used as a ventilation shaft or buffer.



Since these panels are applied on both layers they can also be used as openings for windows or closed for noise protection. This simple but effective method of open and closed panels can be optimized depending on the direction and distance from the noise source and for daylight illumination. This adaptive ability allows for a calm and silent indoor climate that is longing for talented performers.

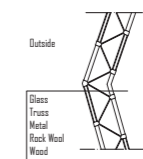


Noise and vibration control

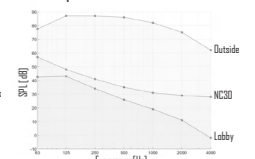
Double wall

The outer shell will have different thickness of acoustic insulation on the layer in order to attenuate different resonance frequencies. With the airspace between we obtain yet another resonance with a lower frequency. The connections will be equipped with vibration dampers to prevent noise transmission through the construction. With this we expect to reach a reduction of STC/D.

Construction



Sound pressure level



Opera wall

To isolate the opera even more it is enclosed by another noise and vibration controlling element. The opera itself is supported on a spring bed with an airgap to ensure that no vibration will transmit through the wall. Facing the outside towards the lobby or personal spaces the wall has small slots to direct all remaining noise into an absorbent material or Helmholtz resonators that will vary in their cavity size to target several frequencies. With this we aim to achieve a sound pressure level of NC15 in the opera salon.

Texture

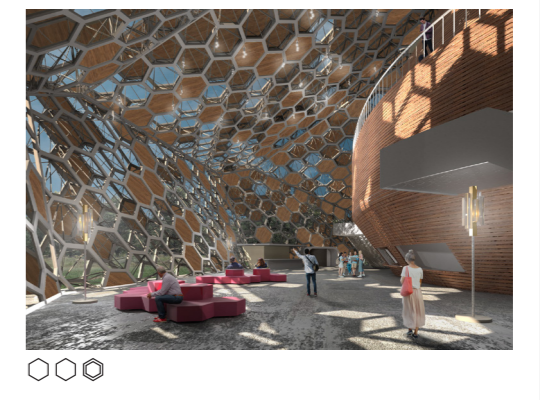
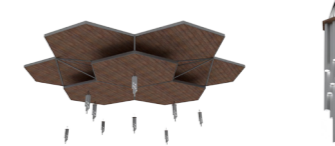


Texture

Applying the same scattering texture that's in the hall into the lobby enables light to diffuse and illuminate the entire space. Creating a bright and pleasing room.

Chimes

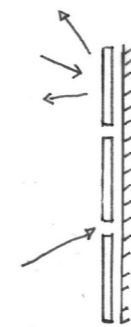
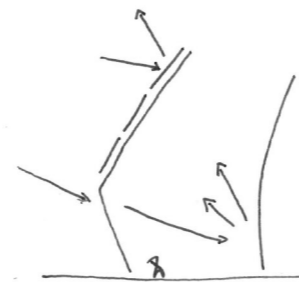
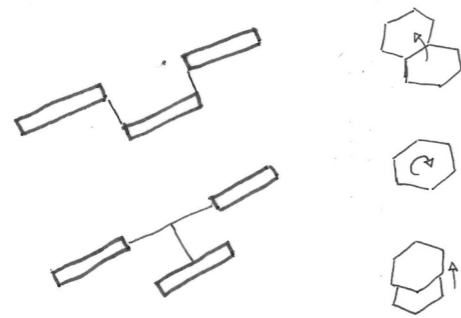
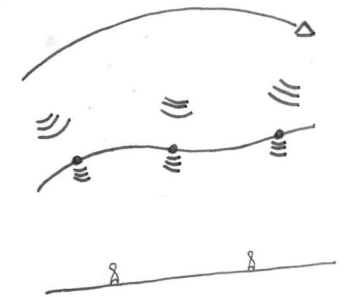
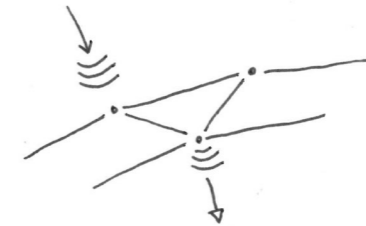
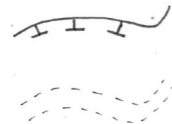
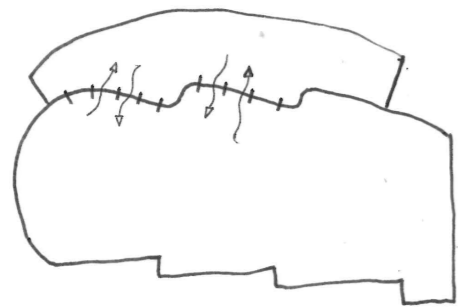
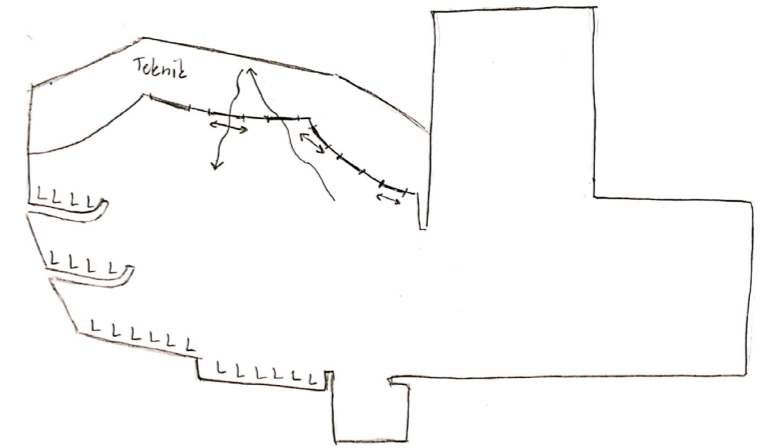
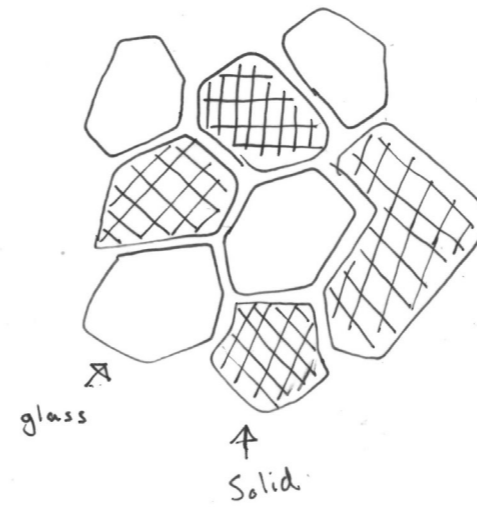
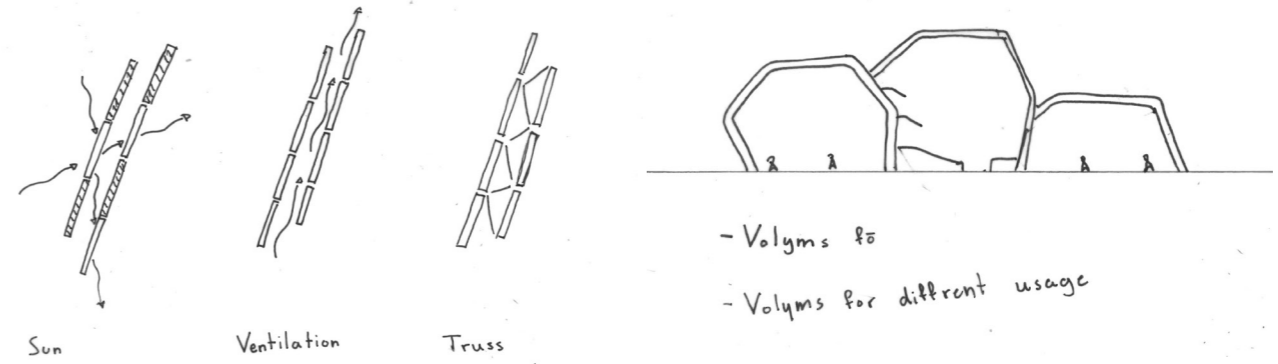
Chimes hanging from the outer shell taking advantage of the low frequencies from the airplanes above to convert the sound energy to vibration. Using the trusses in the construction as guiding pins for the vibration to move from one side to the other. The vibration makes the chimes ring creating a pleasing sound in the different areas of the building. Sound created from these will travel through the room the same way the airplane travels in the sky. Creating an understanding of the outside only by sound and not completely isolating the interior from the surroundings. Inside the strings leading the vibrations are fiberoptics leading light through the closed shells creating a roof filled with stars.



Förberedande moment

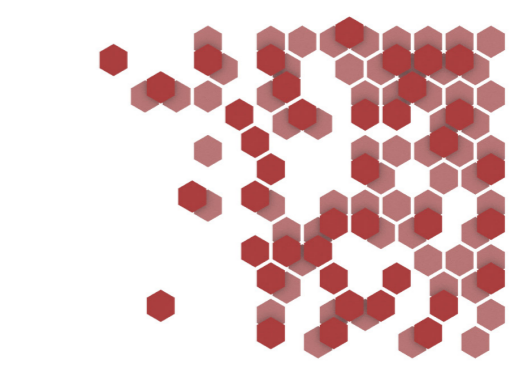
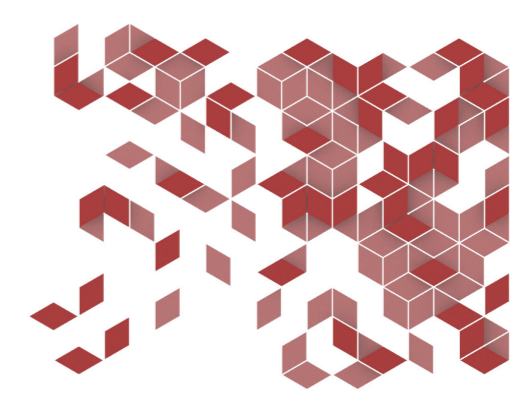
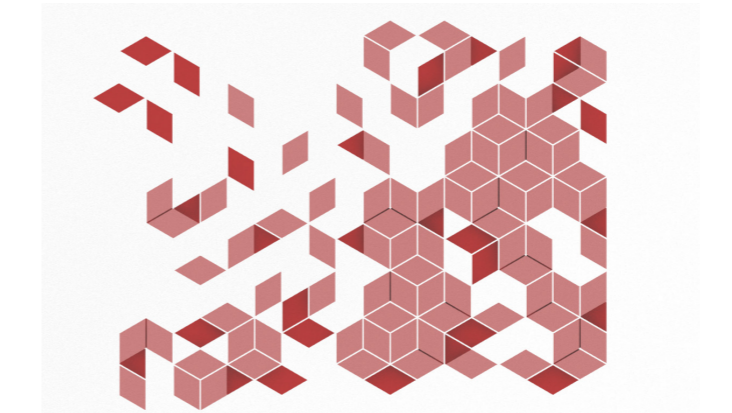
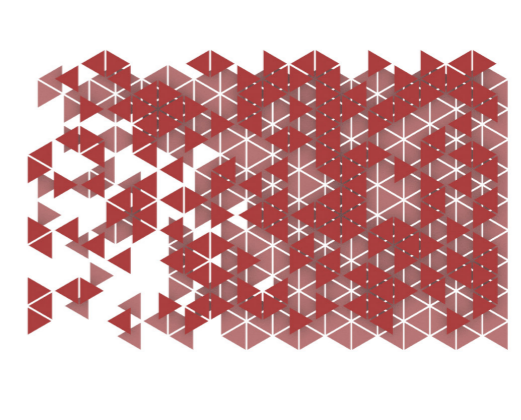
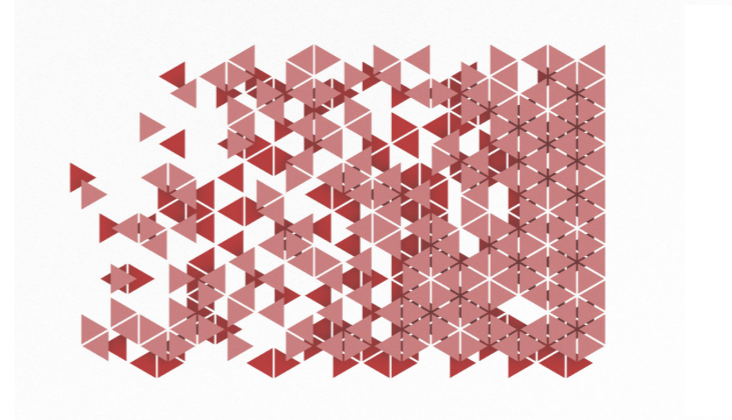
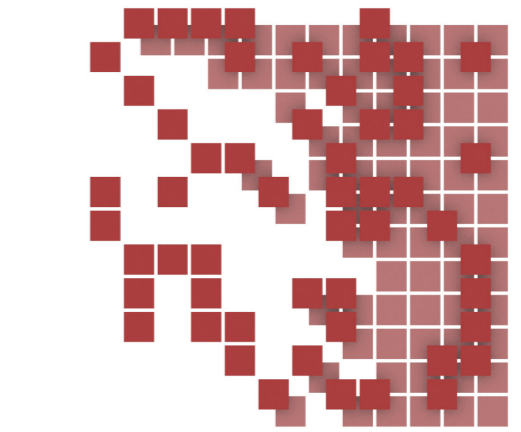
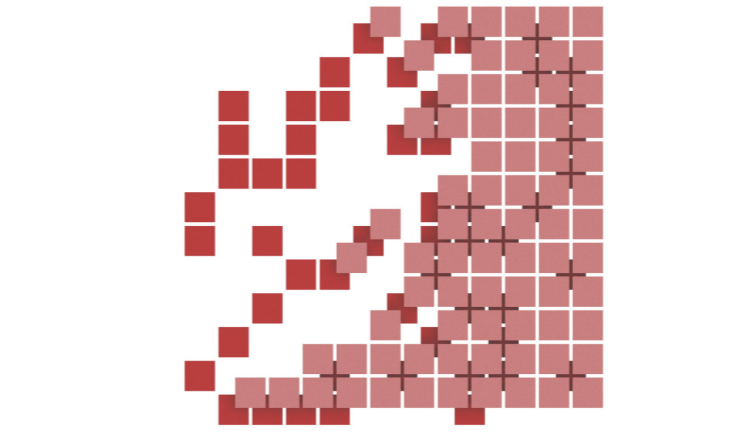
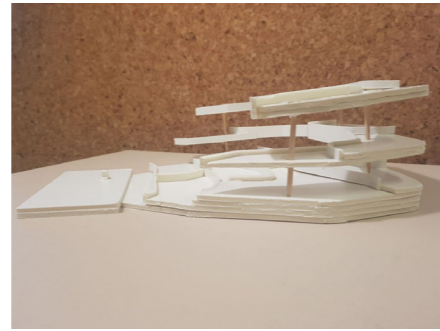
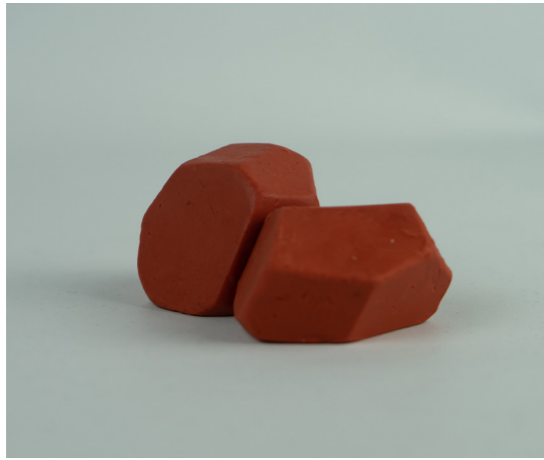
För att lära känna de olika fenomenen gick vi ut och fann platser som på något vis hade en koppling till företeelsen. Där skapade vi korta filmklipp och ritade sektioner av platsen för att illustrera fenomenet. Efter det, när vi tog fram konceptförslag valde vi att arbeta med en lekfull och teknisk approach där många problem löses i själva konceptet. Resultatet av detta blev en flexibel fasadkonstruktion med geometriska paneler som antingen var öppna eller stängda. Konceptet hade goda möjligheter att hantera omgivande buller samtidigt som det hjälpte till med ljus, ventilation och konstruktion. Rymdfackverket planerades omsluta två till tre större volymer vars uppdelning berodde på verksamheten inuti. Formen av volymen beslutades bestå av ett hårt uttryck med stora plana ytor för att göra det möjligt att se den blivande gradienten längs fasaden.

För en tydligare koppling mellan arkitektur och akustik utvecklade vi tre prototypidéer. Prototypernas multifunktionalitet skapar bra akustiska kvalitéer i anläggningen samt främjar de andra fenomenen. Gestaltningen av idéerna följer dess funktion men har dessutom ett formspråk enligt konceptet. När vi diskuterade alternativa idéer försökte vi komma fram till flexibla prototyper som kunde gynna flera fenomen och kunde appliceras på flera ställen i byggnaden.



Poajc





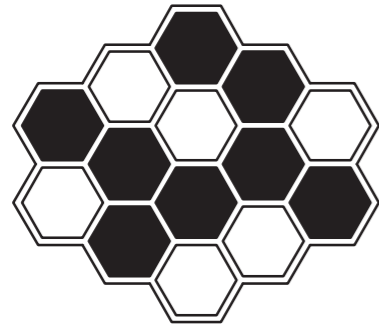
Modeller

Arbetsmodeller var ett nyttigt verktyg i under processen. Vi arbetade mycket i digitala verktyg men använde även fysiska modeller för en snabbare underökning. Med hjälp av plastellina kunde vi hitta volymer som skapade intressanta rumsligheter både inne och ute. Vi gjorde flera iterationer och fann en form som var tilltalande med hänsyn till dels rummets funktion och dels konceptets effekter. Modellen av operasalongen gav oss en bättre förståelse av rumsligheten och insåg att hästskobalkongerna inte följde resten av formspråket. Istället tog vi bort en balkong och delade upp den andra med höjdskillnader vilket skapade en bättre koppling till parkettens partitioner.

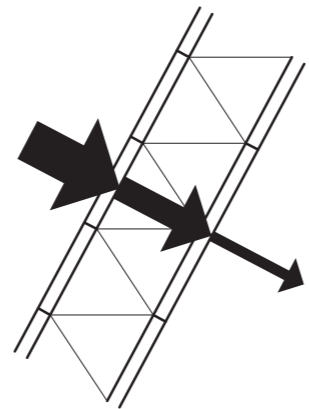
Geometri

Den geometriska formen som ska bygga upp rymdfackverket är en viktig del av konceptet. För att komma fram till vilken form som var lämpligast modellerades några förslag. Vi ville skapa ett strikt mönster med regelbundna former och valde därför att undersöka kvadrater, trianglar, romber och hexagoner. Planen var att det undre lagret skulle ha fler öppna paneler jämfört med det yttre, därför modellerade vi två lager där de hade varsin slumpmässig gradient. Med en vy från båda sidor analyserade vi vad som gav det mest intressanta uttrycket och det som senare i projektet skulle passa bäst i ett rymdfackverk. Vi lade stor vikt i att använda en simpel geometri för att det inte skulle bli för klottrigt, därför valde vi att arbeta vidare med hexagoner.

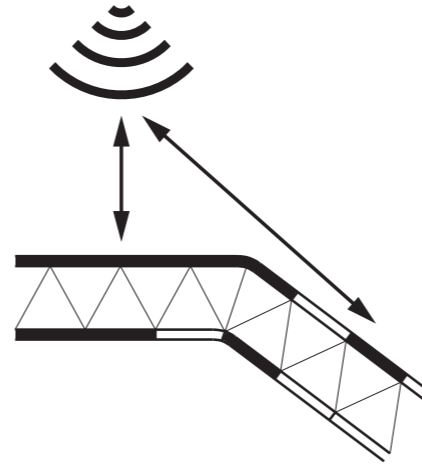
Panel



Lager

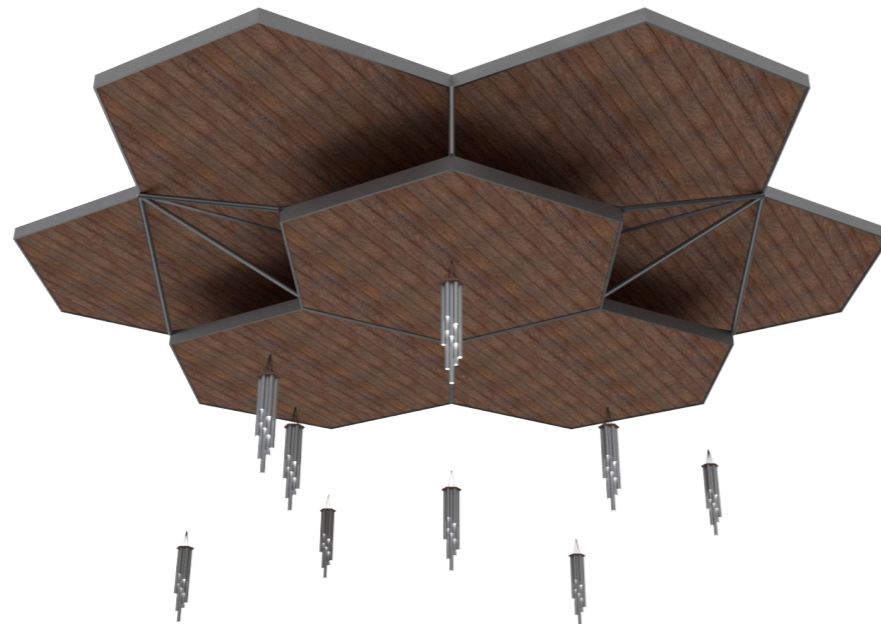
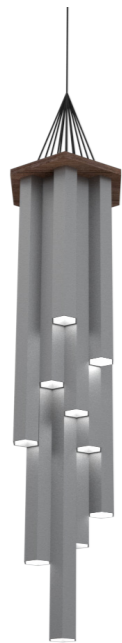


Optimering



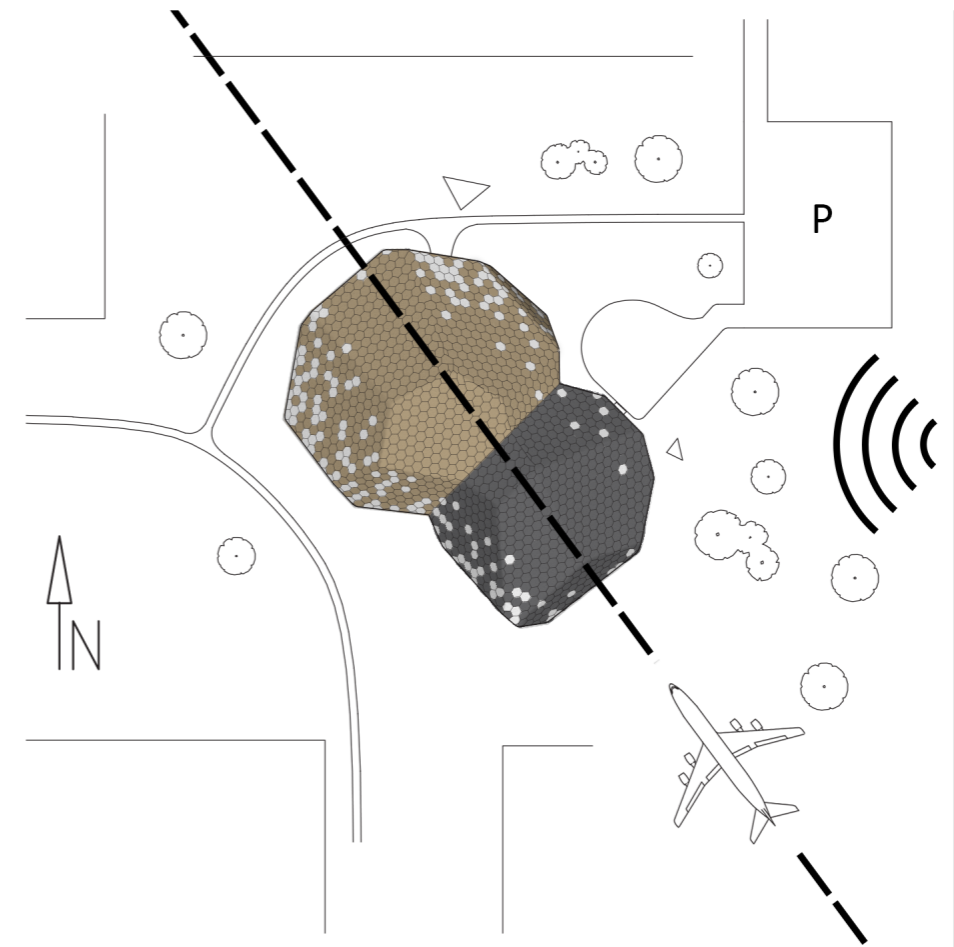
Koncept

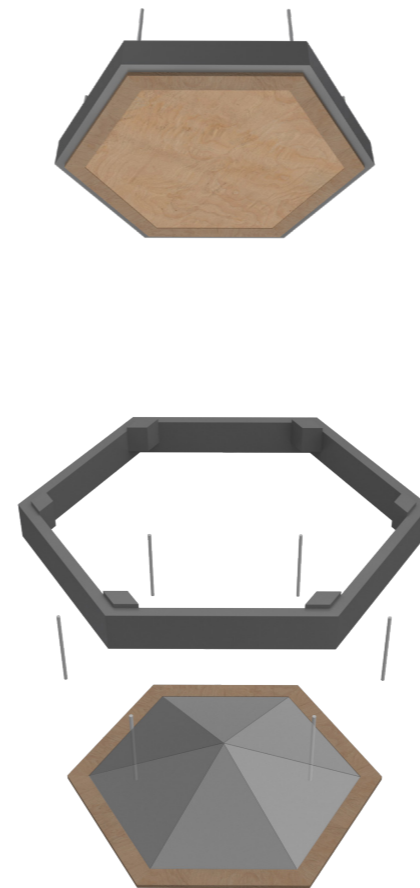
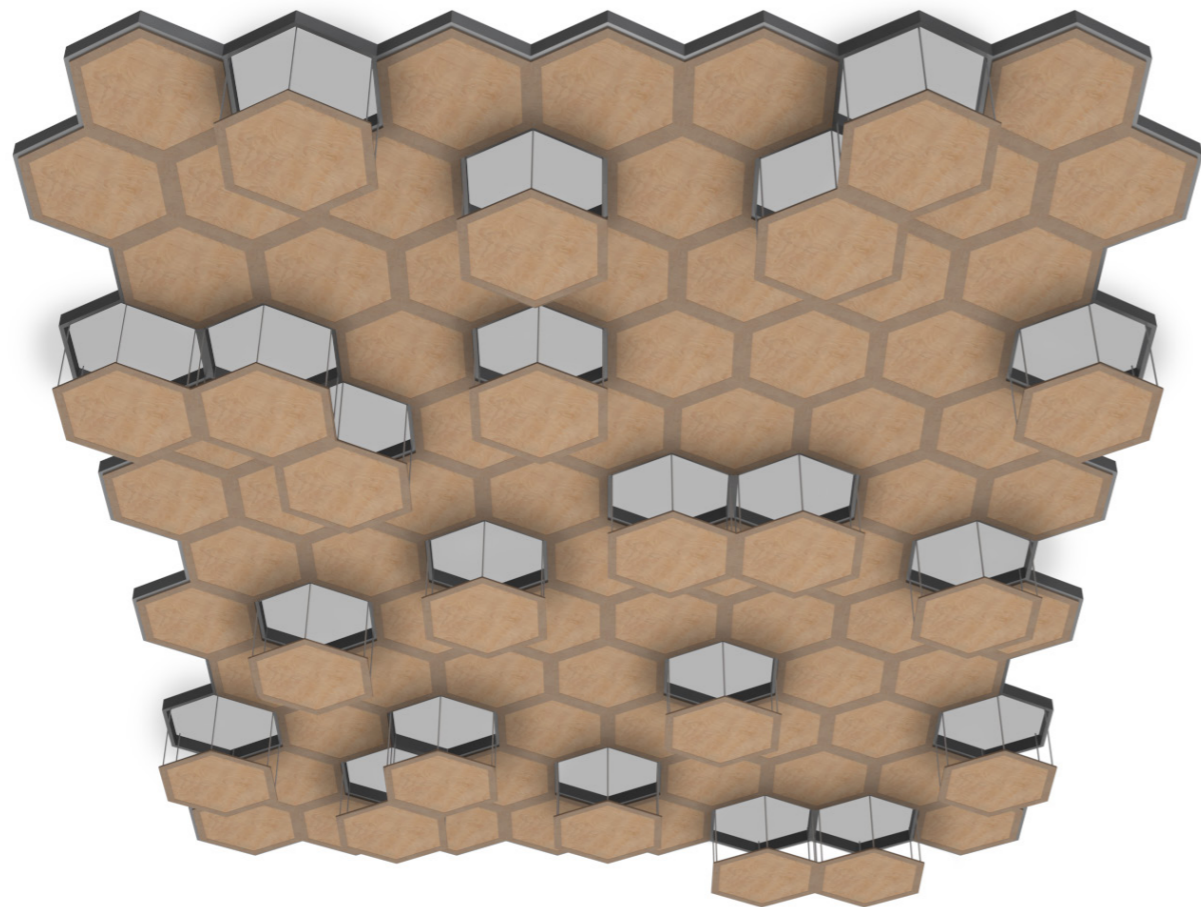
Med vidareutveckling och bearbetning av konceptet efter den inledande fasen kunde vi konkretisera vår idé till tre viktiga delkoncept som synt här till vänster. Separat har de enkla funktioner men kombineras dom utvecklas potentialen oerhört. Vid applicering på byggnadens volymer skapas fina effekter som vi tog till vara på och använde på flera ställen i byggnaden. En av dessa effekter är gradienten som skapas av optimeringen av fasadens paneler. På situationen här under ser vi tydligt hur byggnaden skapar en skyddande ryggrad mot flygplanets flygfärd och hur den gradient öppnas ner mot sidan. Gradienten syns även i operasalongen när modulerna i taket förvinner ner mot väggen.



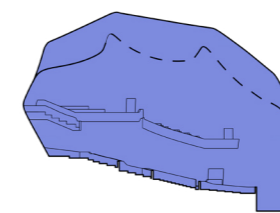
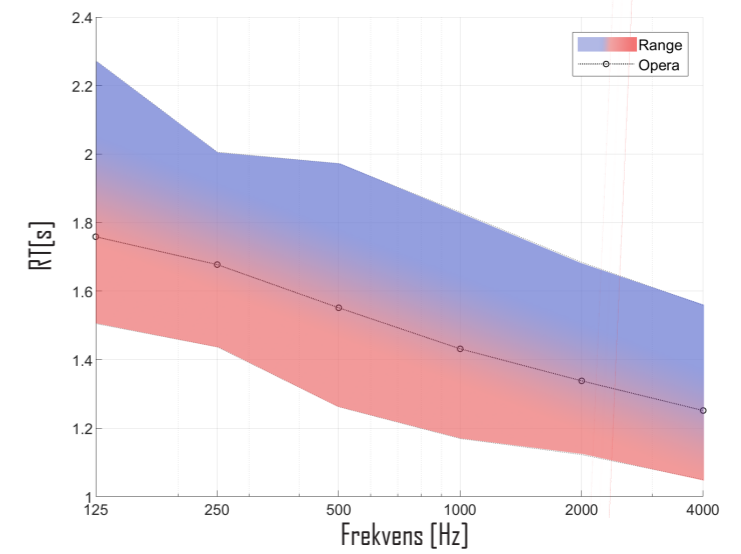
Klockspel

Vi samtalade om hur vi ville att byggnadens ställningstagande till situationen skulle utformas. Då uppstod tanken om att en fullständig isolering från omgivande buller inte var hänsynsfullt. Med den tanken utvecklade vi en idé om att omvandla bullret till ett trevligt klang genom att leda vibrationer via konstruktionen till dessa klockspel. Vi föreställde oss hur man skulle kunna höra flygplanets färd ovanför byggnaden fast med ett behagligt ljud stället för buller. Tillsammans med de ljudledande egenskaperna vill vi gärna kunna leda ljus med hjälp av fiberoptik. De liknande egenskaperna av ljus och ljud tillät oss att utveckla prototypen för att göra den mer multifunktionell. Då klockspelen installeras under de stängda fasadpanelerna kan ljuset som leds in bilda många fina små spotlights under de mörkare partierna i taket, likt en klar stjärnhimmel.

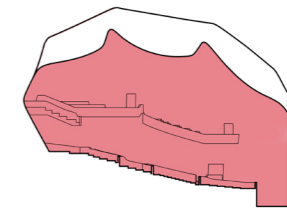




RT variation



Volym med öppna paneler
 $V = 13000 \text{ m}^3$



Volym med stängda paneler
 $V = 10000 \text{ m}^3$

Efterklangspaneler

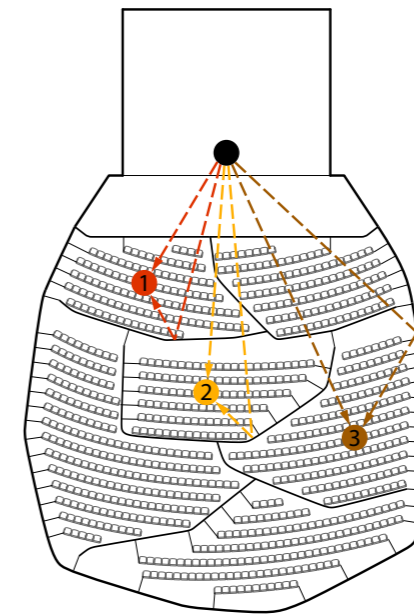
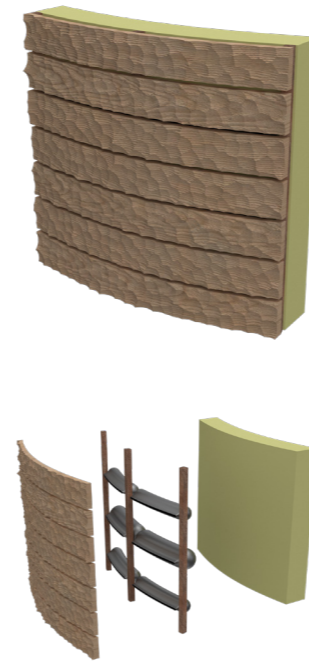
Operasalongen fungerar som ett instrument för musiker och beroende på vilken sorts musik eller framträdande som ska förekomma önskas olika akustiska kvalitéer. En viktig egenskap av rummets är dess efterklang. För att uppnå önskad akustik är det viktigt att salongen kan anpassa de faktorer som påverkar efterklangen, volymen på rummet eller mängd absorbenter. Vi sökte ett rent uttryck utan mycket absorbenter och kom fram till en prototyp som öppnas i taket för att komma åt den extra tekniska volymen. Vi ville att prototypen skulle öppnas med en extrudering in i rummet för att skapa ett andra lager, precis som i konceptet. Det är ett komplext problem att designa effektiva moduler som skulle behöva vidareundersökning och vår tid var tyvärr begränsad. Men för att leda och reflektera ljudet adderade vi en pyramid på baksidan av panelen.

Efterklangstid

Tack vare den anpassningsbara efterklangstiden kan anläggningen tillåta alla typer av föreställningar. Istället för att behöva anpassa sig till hallen, anpassar den sig till användaren. Den extra volymen används även för tekniska funktioner som belysning, ventilation och strukturellt stöd.

Diffuserande vägg

En god akustik kräver att ljudet från scenen fördelas jämnt i salongen. Därför är det viktigt att inga reflekterande ytor skapar fokuspunkter. Problemet löser vi med en slumpmässigt genererad textur som ska appliceras på nästan alla ytor i operasalongen. Eftersom de flesta ytorna redan hade en specifik riktning valde vi att ge texturen ett lugnt urgröpt uttryck. Texturen applicerar vi även på väggen som skiljer salongen från omkringliggande rum, men här kommer texturen att diffusera ljus istället för ljud. Den väggen är dessutom utrustad med ett bullerhanterande lager som beskrivs här nedan.



Klarhet

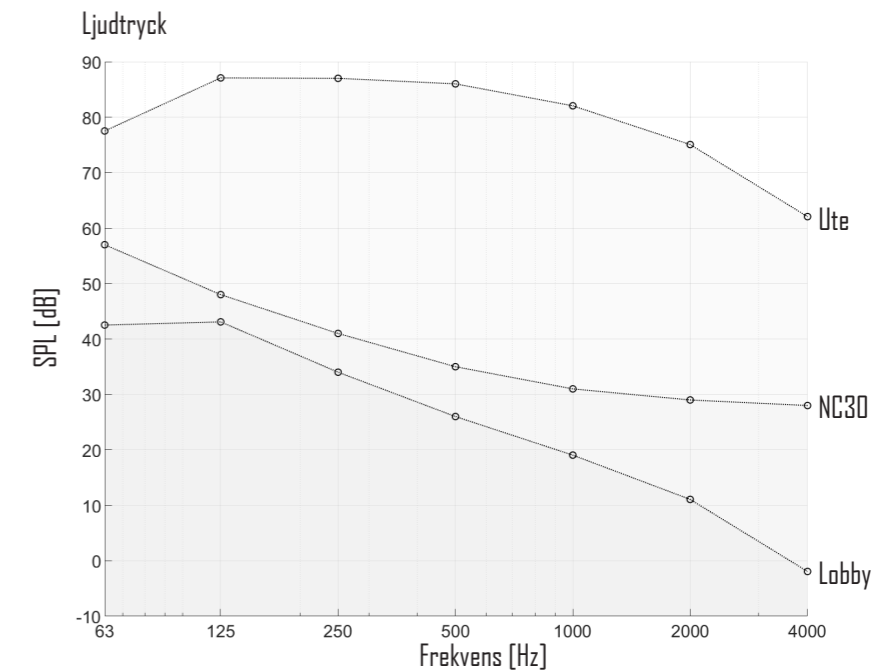
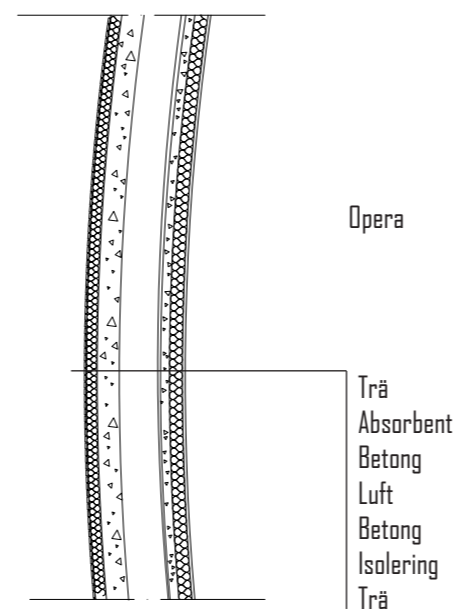
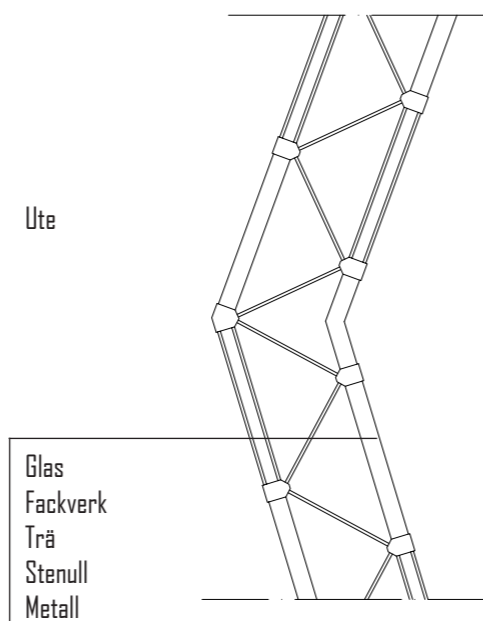
Parketten delade vi upp i flera mindre sektioner för att skapa flera närliggande reflekterande väggar. Genom att minska avståndet till närmaste vägg minimeras den initiala tidsfördröjningen. Vilket skapar ett klart och tydligt ljud utan eko.

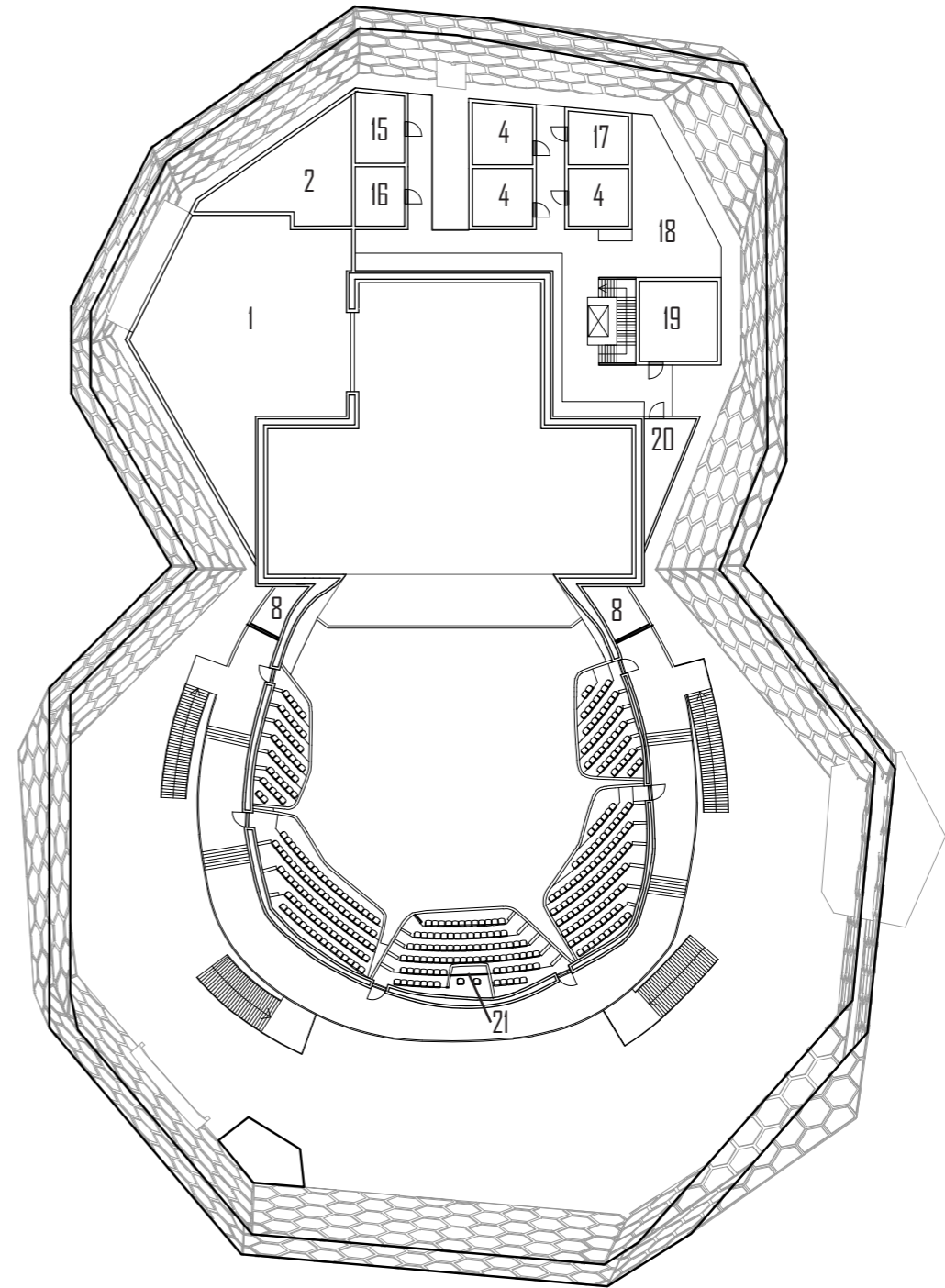
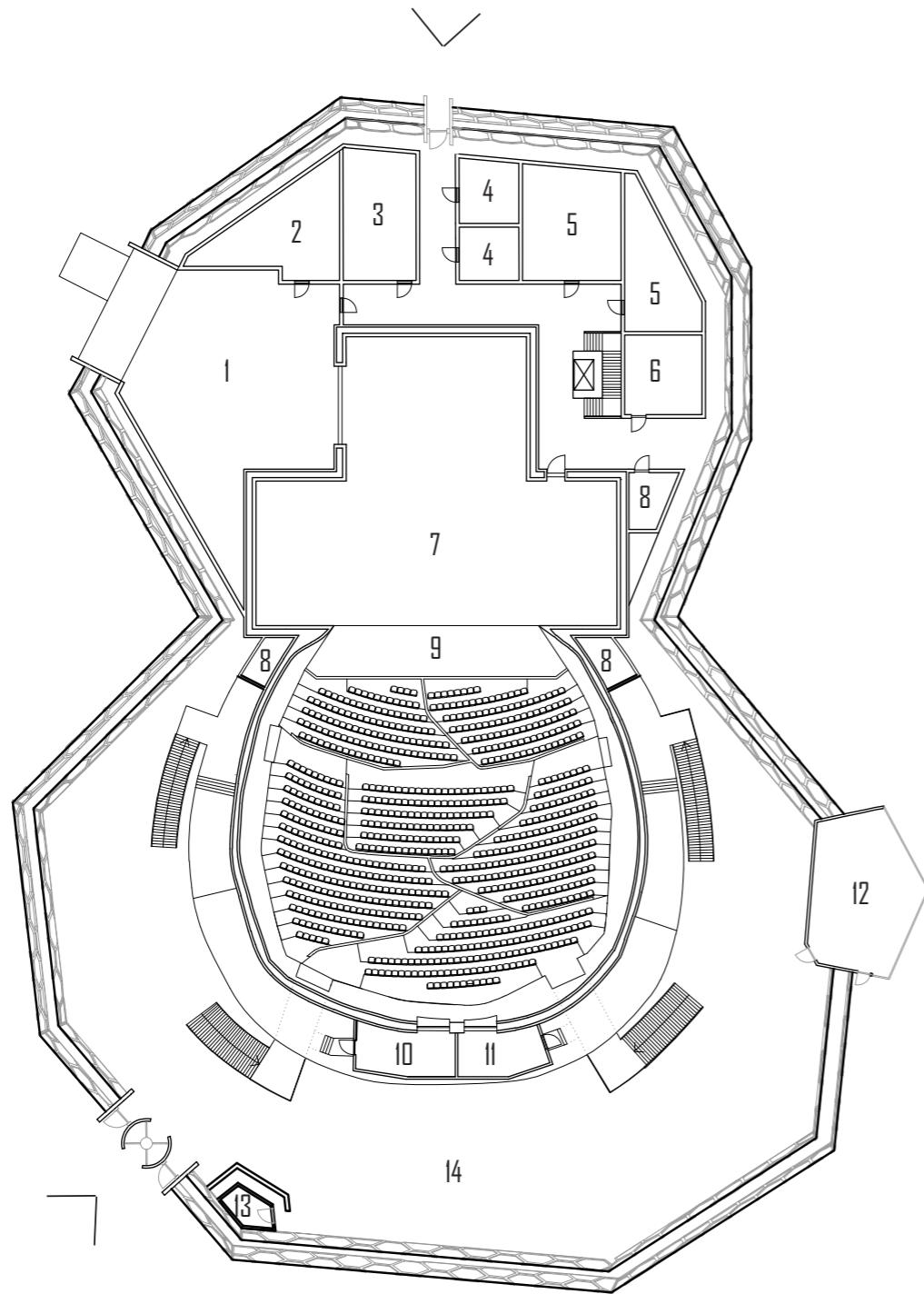
- ITDG:
- 1 17.0 ms
 - 2 18.6 ms
 - 3 15.8 ms

Konstruktion

Det yttre skalet har olika tjocklek av akustisk isolering på skikten för att dämpa olika resonansfrekvenser. Med luftspalten mellan får vi ännu en resonans med lägre frekvens. Anslutningarna mellan stängerna kommer att vara utrustade med vibrationsdämpare för att förhindra vibrationer leds genom konstruktionen. Med detta förväntas vi oss nå en minskning av STC60

För att isolera operan ytterligare är den omsluten av ett till ljud- och vibrationsdämpande element. Operan vilar ovanpå en fjäderbädd med en luftspalt för att säkerställa att ingen vibration transmitteras genom väggen. På utsidan riktad mot lobbyn eller andra personliga utrymmen har väggen små slitsar för att rikta kvarvarande ljud in i ett absorberande material eller Helmholtzresonatorer. Resonatorerna varierar i storlek för att anpassas till flera frekvenser. Med detta strävar vi efter att uppnå en ljudtrycksnivå på NC15 i operasalongen.





1. Scene shop
2. MER
3. Costume shop

4. Solo dressing room
5. Chorus dressing room
6. Green room

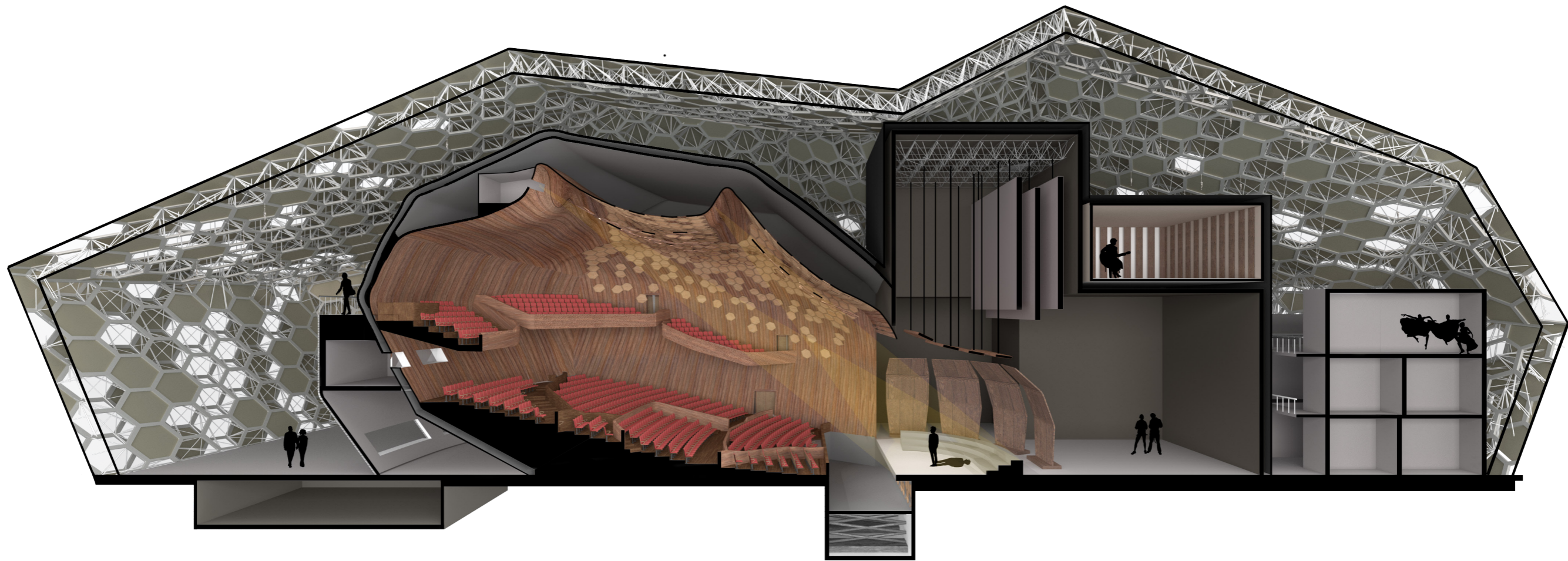
7. Scene
8. WC
9. Orchestra pit

10. Lighting and Stage Manager
11. Title Booth
12. Café

13. Ticket and manager office
14. Lobby
15. Dimmer, Audio Rack

16. Lighting, Audio Storage
17. Wig and Make Up
18. Staff space

19. Conductors dressing room
20. Prop Pantry
21. In-house Audio Mix Position





Metod

Fördjupningen av de fyra fenomenen under det tidiga skedet gav många spännande samtal och väckte tankar och idéer inför det fortsatta arbetet. Under projektet arbetade vi med mycket skissande och diskuterande för framtagning av idéer. Därefter kollade vi närmare på förslagen med mer kritiska ögon och utvecklade de som hade god potential. Våra idéer var ofta tekniska och problemlösande, vilket jag tycker syns tydligt i resultatet. Konceptet vi valde att arbeta vidare med kom med nya frågeställningar som vi identifierade och löste genom diskussion och modellarbete. Trots den tekniska approachen tog vi stor hänsyn till de arkitektoniska och kreativa aspekterna av projektet. Vi arbetade med både fysiska och digitala arbetsmodeller för att få en bredare förståelse av problemen, och därmed en bättre förutsättning för en genomtänkt lösning.

Grupparbete

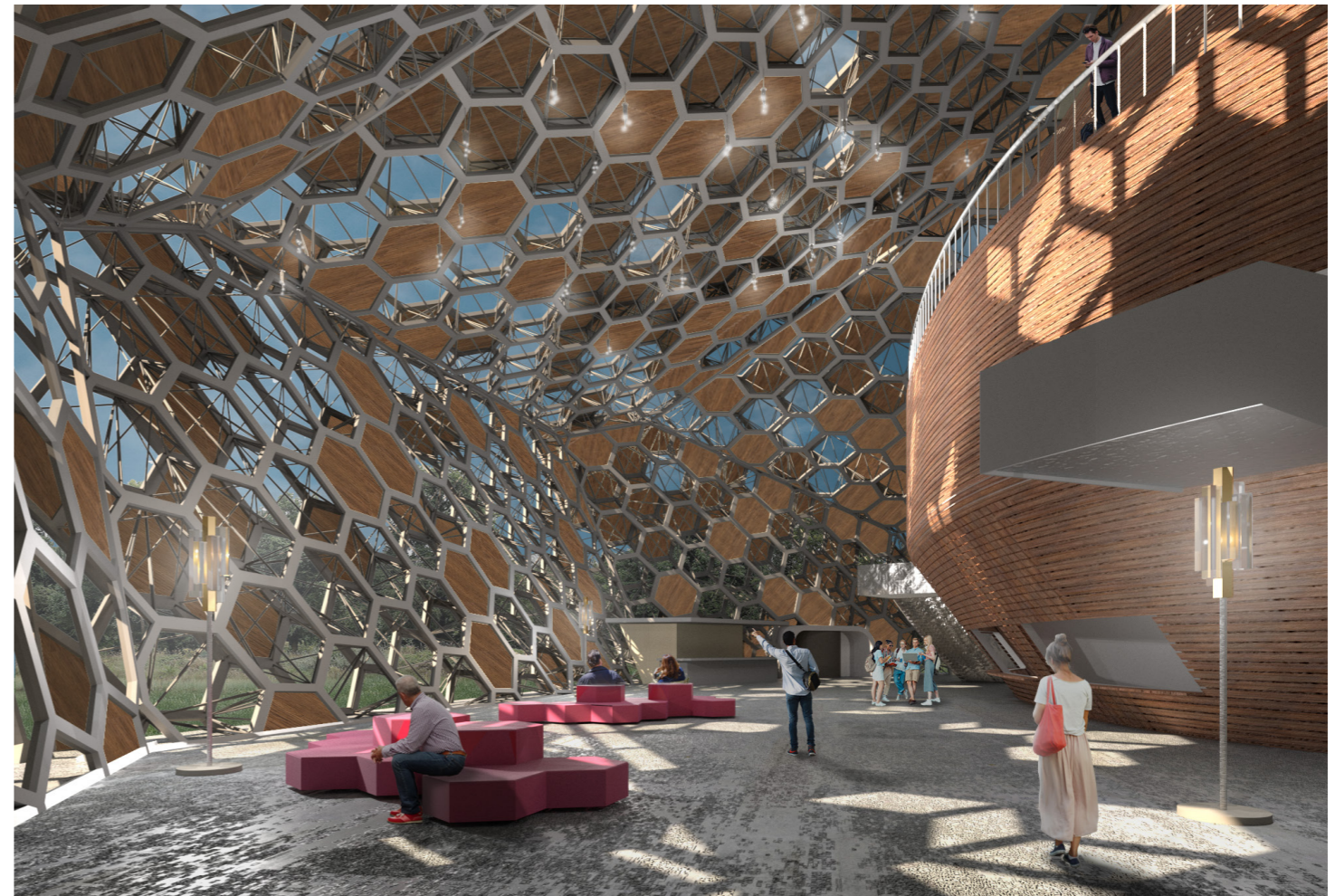
Att samarbeta med Fredrik gick väldigt bra. Vi är båda öppna för kritik och respekterar varandras tankar och åsikter. Med den inställningen bestod arbetet av ständiga dialoger vilket gjorde båda lika delaktiga i hela projektet. Vi kom tidigt fram till en gemensam vision och med mycket motivation arbetade vi effektivt. Kontinuerligt under projektets gång planerade vi vad som behövde göras och satte mål för att underlätta utvecklingen i arbetet. Detta fungerade bra för oss, men till framtida projekt kan en tidigt bestämd tidsplan effektivisera arbetet ytterligare och minimera stress. Vi kompletterade varandra och tog vara på varandras styrkor, vilket gjorde att vi båda utvecklades.

Att arbeta tillsammans med Elin var väldigt spännande. Hon tillförde ett helt annat perspektiv som gav intressanta utvecklingsmöjligheter för projektet. Arkitekturen kunde utvecklas och gestaltas med akustiken i fokus. Att samarbeta mellan olika discipliner var en ny erfarenhet som jag uppskattade väldigt mycket. Efter första mötet bestämde vi att Elin skulle hjälpa till som en konsult. Vi höll kontakten om det dök upp frågor och när vi behövde diskutera mer kom vi överens om en tid för möte. Det tillät oss att fokusera och arbeta vidare separat med det vi hade samtalat om.

Resultat

Projektet var utmanande men samtidigt ett av det roligare jag arbetat med under utbildningen. Jag är nöjd med vår prestation och med allt som vi lyckades producera. Konceptet skapade goda förutsättningar för fina rumsligheter och möjliggjorde goda kvalitéer i form av de fenomen vi undersökte i processen. Konceptet var tydligt och integrerades i alla delar av byggnaden. Det dubbla lagret med optimeringsmöjligheter skapade ett fint uttryck samtidigt som det löste många tekniska problem. Det löste problemet med buller och skapade ett trivsamt inneklimat. Det släppte in ljus och kunde integreras med ventilationssystemet. Denna tekniska approach passar mitt sätt att lösa problem och formge projekt. Men för att utmana mig ytterligare i kommande projekt kan ett alternativ vara att släppa det tekniska tidigt i processen för att utvecklas som arkitekt.

Om jag hade haft tid att arbeta vidare med projektet hade jag utvecklat övningsrummet och orkestergraven mer i detalj. Det hade dessutom varit intressant att arbeta vidare med våra klockspel. Att undersöka och



komma fram till en analog lösning som skulle kunna fungera i praktiken. Det hade också varit intressant att arbeta vidare med fasadens geometriska mönster, då vi under projektets gång insåg att det uppstod problem över ytornas skarvar.

Över lag fick vi väldigt positiv kritik efter vår presentation. Vi kom med ett genomtänkt och lättförståeligt projekt med fina illustrationer. Ett problem som kan uppstå med vår realistiska stil är att projektet kan upplevas vara helt klart trots att det endast är ett tävlingsförslag. Det är en tanke som jag håller med om men samtidigt är uttrycket en stil som jag gillar att arbeta med. Till framtida arbeten är jag givetvis öppen att testa andra illustrationsformer. En annan åsikt som togs upp är att våra klockspels klang till slut kommer uppfattas som ljud för de som befinner sig i lokalen under en längre tid. Det är något som vi diskuterade under processen och kom fram till att problemet inte var så stort då det finns många tänkbara lösningar.

Efter detta projekt tar jag med mig erfarenheten av att arbeta över olika discipliner samt en ännu större vilja att hela tiden utmana mig själv.