

BLADET

-En grön opera på ett campus i North Carolina

KURS: Kandidatarbete i Arkitektur och teknik
EXAMINATOR: Karl-Gunnar Olsson
ARBETSSÄTT: Grupparbete
FOKUS: Samspel mellan designarbete och akustik

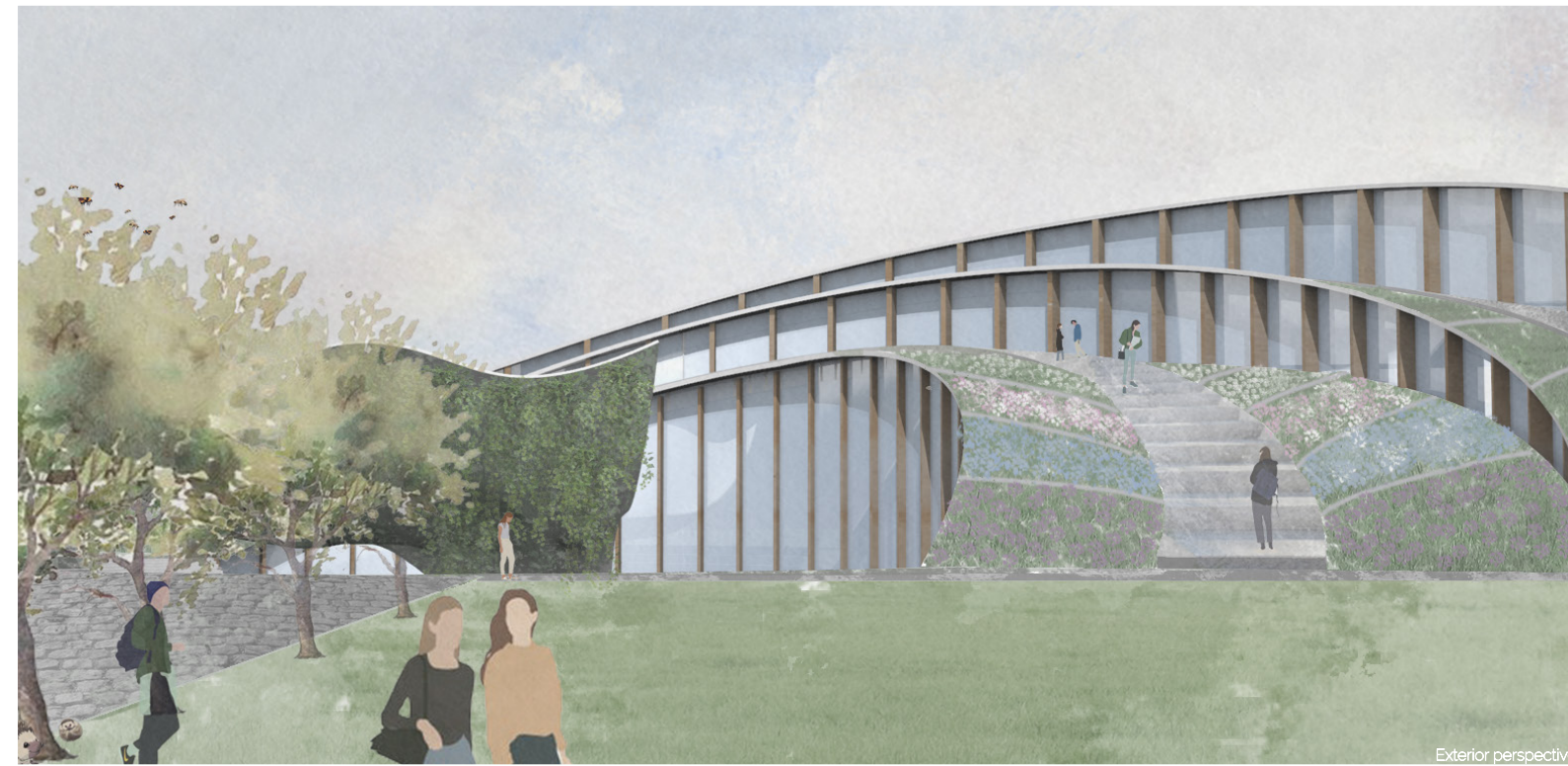
PROJEKTBEKRIVNING

Utforma en multifunktionell opera på ett campus med ett starkt musikprogram. Salen ska rymma 1200 åskådare och primärt användas för operaframträdanden, men ska även kunna arrangera exempelvis konsert- och dansuppträdanden och måste därav ha en flexibel akustik. Akustiska lösningar måste även beaktas gällande motorvägen 60 m från byggnaden och de lågt flygande flyplanen över platsen.

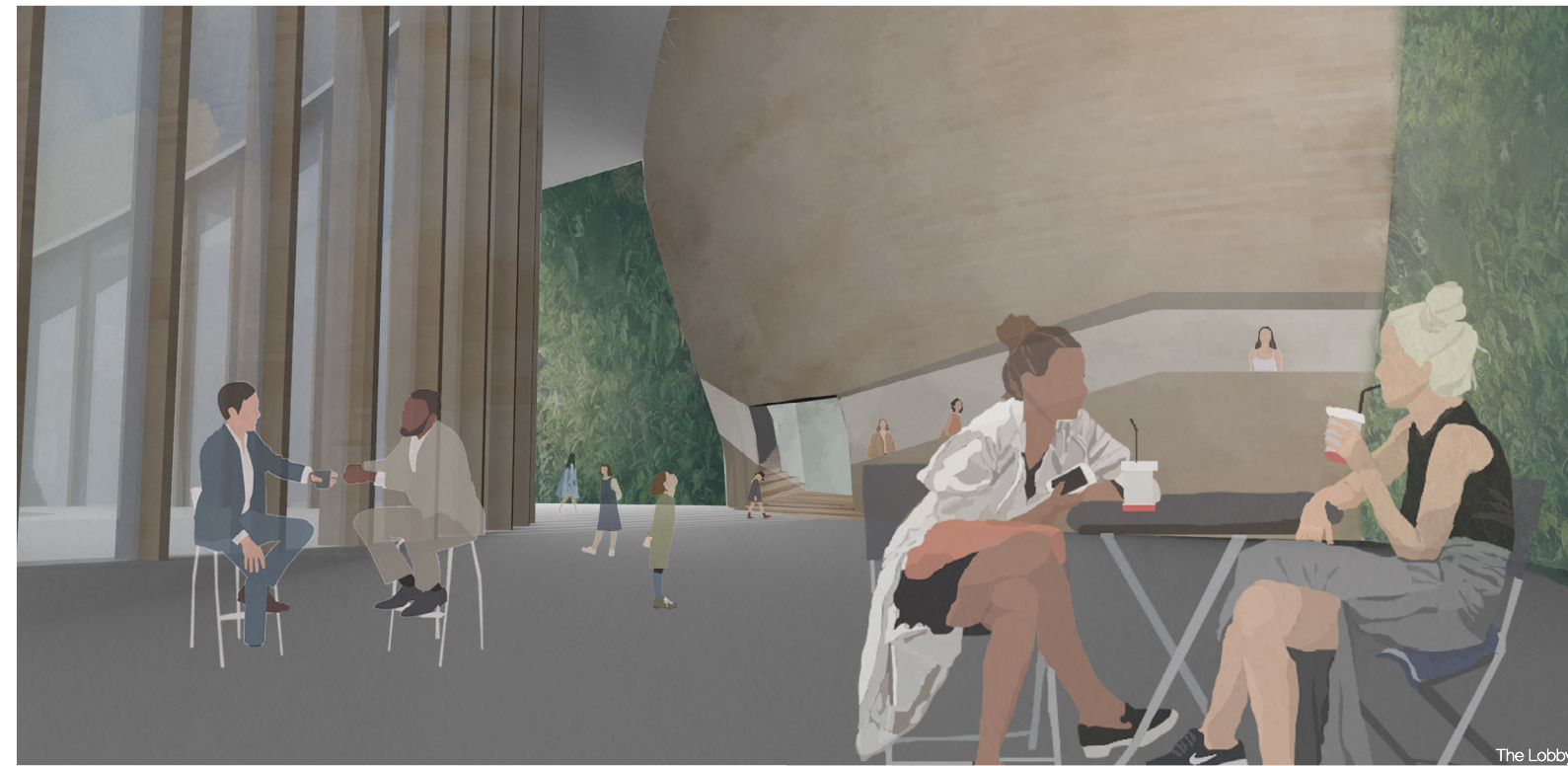
REFLEKTION

Ett otroligt roligt projekt där jag känner att jag har utvecklats mycket både när det kommer till formspråk och kreativitet såväl som problemlösning under arbetets gång. Jag har lärt mig att det aldrig är försent att göra ändringar samtidigt som vi höll fast vid vårt grundkoncept genom projektets gång. Från ett litet löv kan man skapa en opera.





Exterior perspective



The Lobby



Interior perspective of the performance hall

THE LEAF

At a collage in North Carolina, you will find this green building developed with a focus on the interaction between acoustics and sustainability. The half circle shaped building does not only look like a leaf, but also behaves like one.

Due to North Carolina's large amount of sun hours and periodic rainfall it is the perfect place for a green building. The wide diversity of native plants such as vines, flowers and trees that grows all over the building absorbs carbon dioxide and pollutants and brings oxygen to the site. The plants also increase the biodiversity at the site and have multiple acoustical functions. The building is entirely self-sufficient. The solar panel at the south facade covers the building's total energy supply as well as they act as sound reflectors. At the roof, covered with greenery, a small steam collects the rainwater which provides the building with gray water during drought periods. To further contribute to a building with a minimal environmental impact the main building material is wood.



HUMIDITY

The first ever opera full of greenery is found at our campus. The reflective and diffusive walls are covered with thin coating of vines and at the back of the opera a 46m² green wall of absorbing soil prevents reflections from behind. Water is peacefully flowing at the edges of the section walls. This provides the hall with a constantly high humidity at 55 percent. This is, according to multiply studies, the optimal humidity for the vocals of an opera singer. In comparison to the normal humidity around 40 percent which in the long run are harmful for the vocals this will benefit the singers significantly. The high humidity also improves the clarity of the opera since sound travel faster in a damp climate. This is quite spectacular!

AMPHITHEATER

As a supplement to the great performance hall the campus offers an amphitheater for outdoor performances. This is the first thing you'll notice when approaching the building. A circular staircase welcomes you to sit down and spend your coffee break underneath the big leaf while enjoying the music. This presents a natural connection between students and the life of opera. The leaf at the square provides protection from most weather conditions and the hard surface generates reflections to increase amplification of the sound from the performers to the audience.



The Amphitheater

THE LOBBY

When entering the lobby, a great wall covered with living greenery will embrace you. This wall increases the sound absorption and decreases the echoes and the reverberation time in the oblong and high lobby. Apart from a ticket-sale desk, a cafe and a wardrobe the lobby also contains an elevated restaurant isolated from the open space that can serve as a conference hall or reception area.

ROOF INSULATION

Since the opera is built semi-underground the roof of the building continues the adjacent hill where a walkable path is created. This results in an acoustical challenge to solve. The floating pavement is designed to deal with the resulting impact sound. It is built with a complete engineering plastic partition system with an upper plate, a spring system surrounded by vibration-absorbing material in the middle and a less rigid but stiff composite plate in the lower layer.



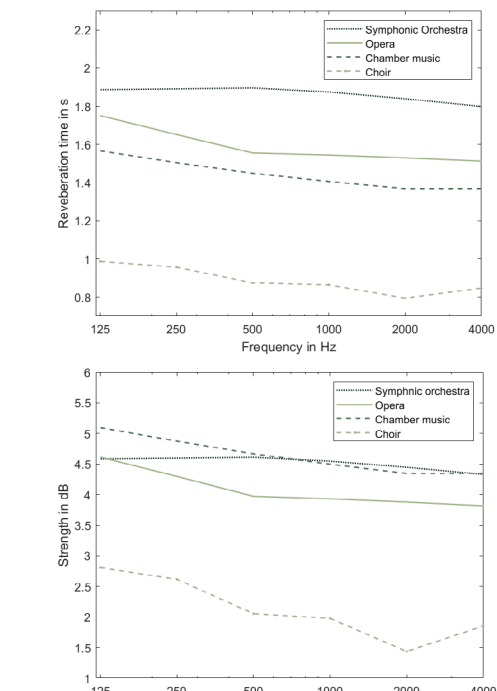
Conceptual sketch of the absorption wall

THE ABSORPTION WALL

The acoustic partition wall has an absorbing side with thick soil covered with living greenery. There is a concrete load-bearing structure in the middle of the wall, followed by a decoupled timber structure enclosed in glass fiber insulation to achieve a more effective acoustic absorption. This wall recurs throw out the building where extra absorption is needed.



Conceptual sketch of the absorption wall seen from above

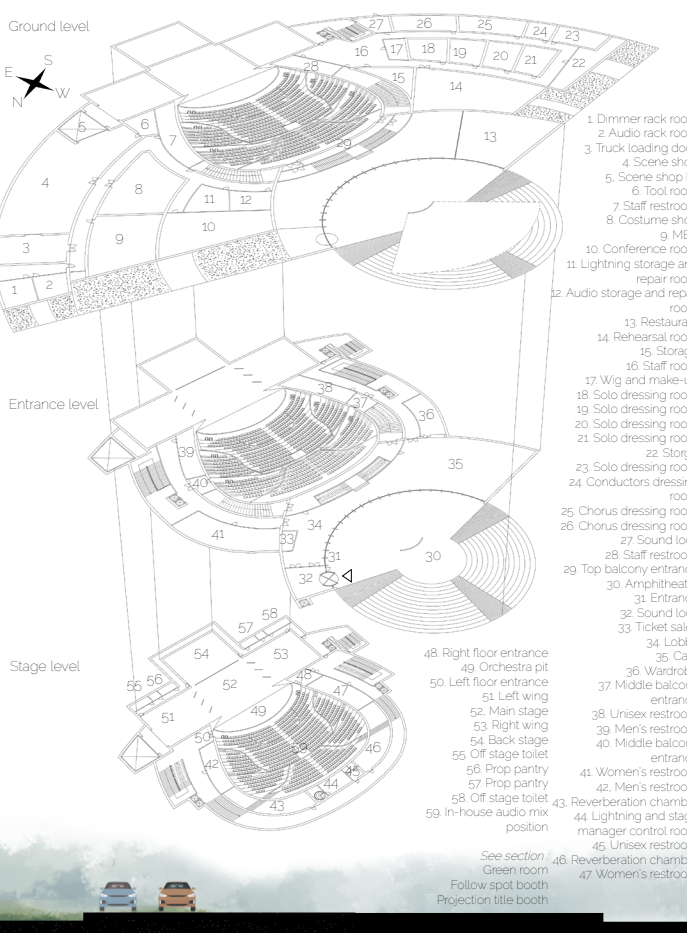


VARIABLE ACOUSTICS

The variability of the performance hall has been the main subject when constructing the hall. Four cases with different demands on the sound parameters has been considered: Symphonic Orchestra, Opera, Chamber music and Choral music. The most important measurements were the reverberation time and the strength (diagrams at the left-hand side). The parameters that make the variability in this hall, with a relatively high volume of 14 000m², is the possibility to change the volume with a flexible ceiling and hidden reverberation chambers.

To provide early reflections to the performers angled, moveable walls are placed at the wide wings. The wooden panel walls that divide the seating in sections contributes with early reflections and diffuses the sound to the audience at the main floor. A leaf fractioned in pieces, each part possible to move and angle depending on the performance, reflects sound and creates an initial time delay gap below 25ms.

To absorb desired frequencies 400 Hemholtz resonators are installed in the walls. The small slits form the shape of leaf veins and contains light sources that creates a dazzling shimmer on the walls.



WINDOWS

Detailed sketch of the windows between the square and the lobby. Double glassed windows decoupled from the frame with a helium gap.

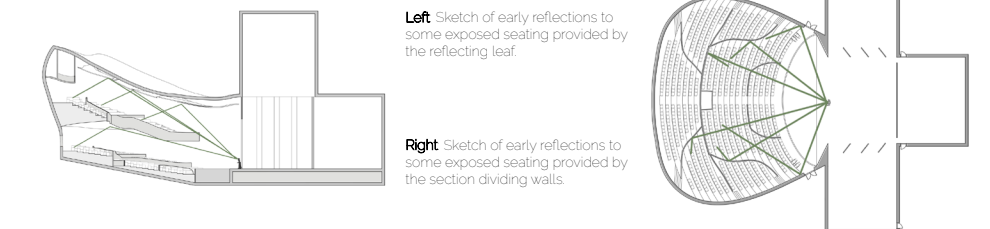
SOLAR PANELS

Panels that scatters sound and prevents an acoustical focal point.



REVERBERATION CHAMBER

The main floor contains two reverberation chambers while opened increases the volume of the hall with a total of 720 m³. The back wall of the chambers is an absorbing wall of greenery which prevents an echo disturbing the audience closest to the openings. During the music performances that requires a longer reverberation time, one or both chambers will be opened and gives students the opportunity to sneak by and listen for a while. This strengthens the easy connection from campus to the performance hall.

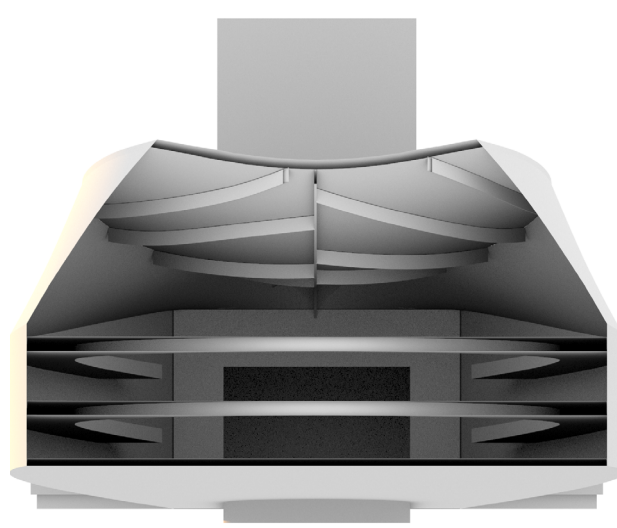


FRÅN ETT LITET BLAD TILL EN GRÖNSKANDE OPERA

Jag är mycket nöjd med hur vi utvecklade vårt koncept med att införa ett löv som endast ett motiv i operasalen, till att få hela byggnaden att andas växtlighet och miljömedvetenhet. Vi började tidigt under projektets gång leka med tanken att använda lövet som en symbol för att tex utforma operasalens tak och att göra Hemholtzresonatorer utformade som bladnerv. Under samtal med våra akustiker kom vi tidigt fram till att vi behövde absorberer i lobbyn för att skapa ett behagligt ljudklimat trots den stora glasfasaden. Vi började då undersöka fördelarna med en grön absorberande vägg. Plötsligt kändes det inte riktigt som att konceptet med ett löv följde med byggnaden till utsidan och jag tror att det var där någonstans som vi började hitta hem. Vi diskuterade mycket kring hur vi kunde få utsidan att spegla lövet inifrån och började samla mycket fakta om miljöbyggande och biodiversitet. Vi bestämde oss för att utforma byggnadens tak till en lövliknande struktur och valde att klä taket med inhemska växter då vi läste på om de många miljömässiga fördelarna med dessa. Då byggnaden och platsen runt omkring då plötsligt skulle främja biodiversiteten på platsen och rena luften kom vi på idén att försöka göra hela byggnaden miljövänlig och självförsörjande. Vi placerade solceller på den södra fasaden och insåg att vi kunde använda taket till vattenuppsamling. Byggnaden placerade vi i North Carolina då det där är ett klimat med såväl mycket sol som regn och vi hittade mycket information om vilka växter som var bäst på platsen. Helt plötsligt var det insidan som inte riktigt speglade den grönskande utsidan och det var då vi kom fram till att använda riktiga växter inne i operasalen i stället för endast ett symboliskt löv. Vi hittade information om att en hög luftfuktighet var bra för operasångares stämband och då växterna i salen behöver bevattnas kändes det som en bra lösning att även tillföra vatten till salen då det även främjar sångarnas hälsa. Vi fick inspiration från ett litet grönt blad som överlevt det hårda vinterklimatet och skapade av detta en grön självförsörjande byggnad.



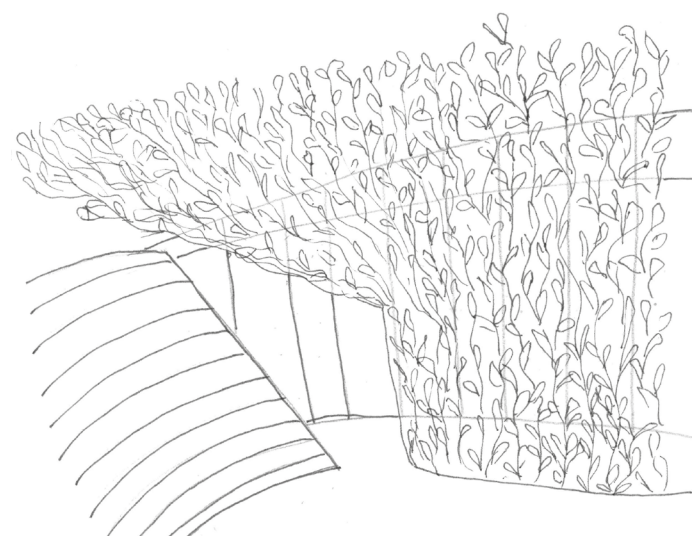
Helmholtz-resonatorer likt bladnerv



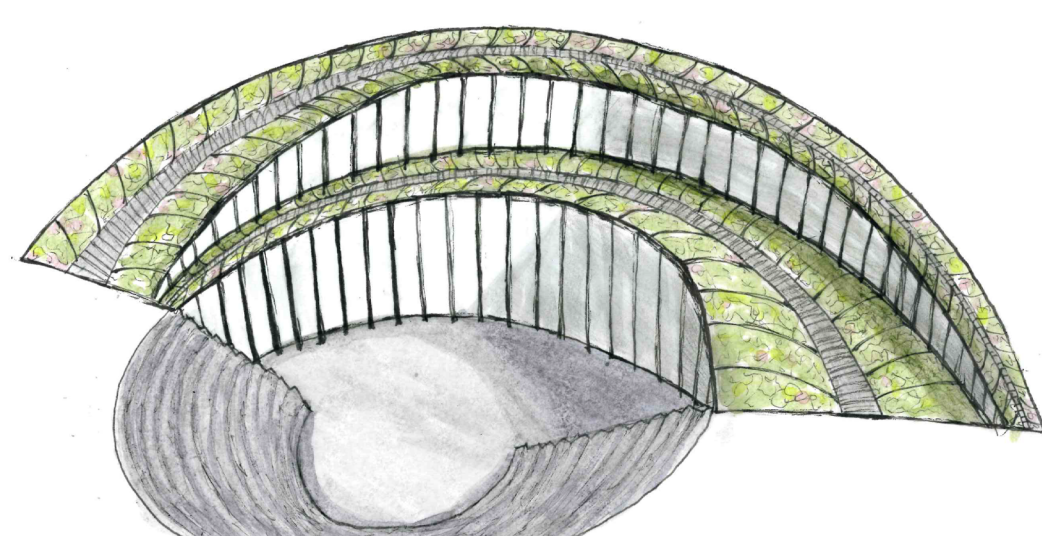
Takstruktur som ett blad



Skiss på absorberande grön vägg



Grönska vid amfiteatern



Inhemska växter på taket med formen av två löv

BYGGNADENS UTFORMNING - SENA ÄNDRINGAR

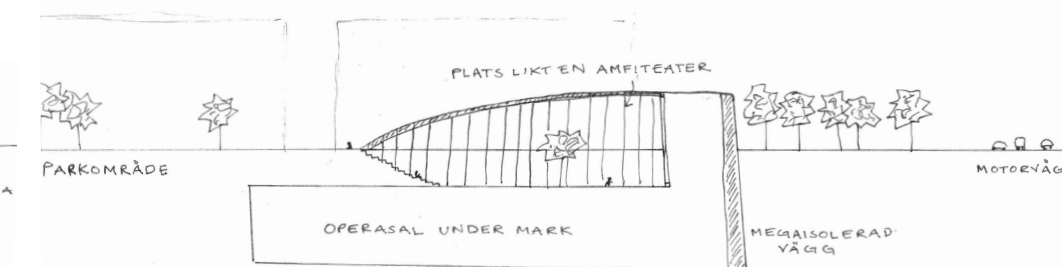
I projektets början fick vi inspiration från såväl det lilla gröna lövet som en dalliknande plats i en skog där ljudet färdades likt i en amfiteater. Det är från denna dal vi kom att skapa byggnadens utsida. Tidigt blev vi intresserade av en amfiteaters och en utescens kvaliteter. Vi tyckte det var en rolig idé att utöver operasalen även skapa en plats för uppträdanden utomhus då vi ansåg att det passade bra in på ett campus. Vår vision var att skapa en knutpunkt på campuset, en härlig plats där folk samlas och spenderar sina raster med förhoppningen om att locka fler personer in i byggnaden. Det resulterade i ett runt torg med en halvcirkelformad sittvänlig trappa. Taket ville vi att man skulle kunna gå och vara på. Vi skapade en halvcirkelformad byggnad med tanken att formen skulle skydda vår amfiteater mot bullret från motorvägen på andra sidan byggnaden. Operasalen tänkte vi oss under torget. För att få fler rum med dagsljusinsläpp skapade vi ytterligare en våning med stora glaspartier. Då vi satte oss med planlösningarna kom vi fram till vår största utmaning under projektet. Vi insåg att vi skapat en väldigt stor byggnad som det var väldigt svårt att placera en operasal i. För att ha en nergrävd opera under vårt torg skulle man behöva färdas nästan 30 meter ner under marken för att komma in i salen. Även med stora hisschakt skulle detta medföra extremt långa avstånd mellan olika funktioner i byggnaden och vi insåg att vi var tvungna att tänka om. Ett pusslande mellan den modellerade operasalen och byggnaden började. Det hela löstes genom att införa ytterligare en våning för att kunna göra byggnaden djupare och på så sätt få in hela operasalen i byggnadsvolymen. Salen blev därmed halvt nedgrävd i stället för helt, vilket medförde mycket smidigare planlösningar och ett bättre flöde i byggnaden. Jag är väldigt nöjd med att vi vågade göra en så pass stor ändring sent under projektets gång då resultatet blev mycket bra. Det medförde en byggnad med mer dagsljusinsläpp, ett bättre flöde och kvaliteten att man redan i lobbyn möts av den stora operasalens spännande form som man följer alla olika vägar in i salen. Jag har med detta lärt mig att det är viktigt att testa sig fram och att det (nästan) aldrig är för sent att göra ändringar. Ju mer man testar desto roligare har man och ju nöjdare blir man med resultatet.



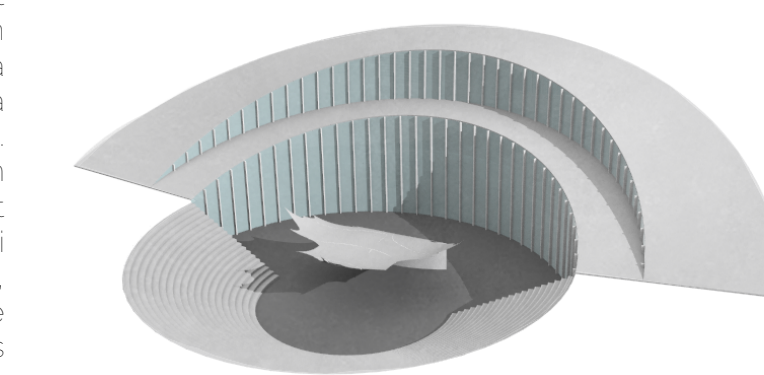
DALEN
- Från vårt ljudfenomen
- Ljudet färdades likt i en amfiteater

999 9999
- delvis nedgrävd byggnad

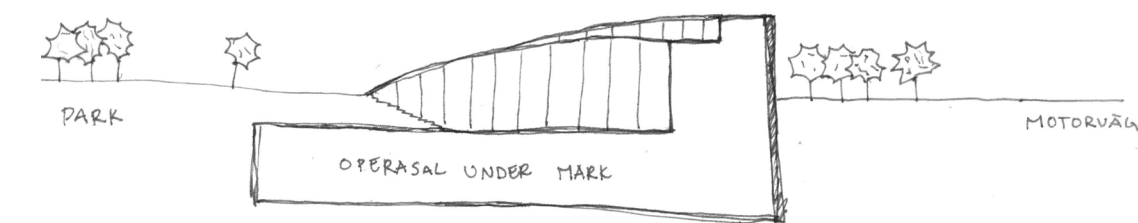
Byggnad med ett glasparti



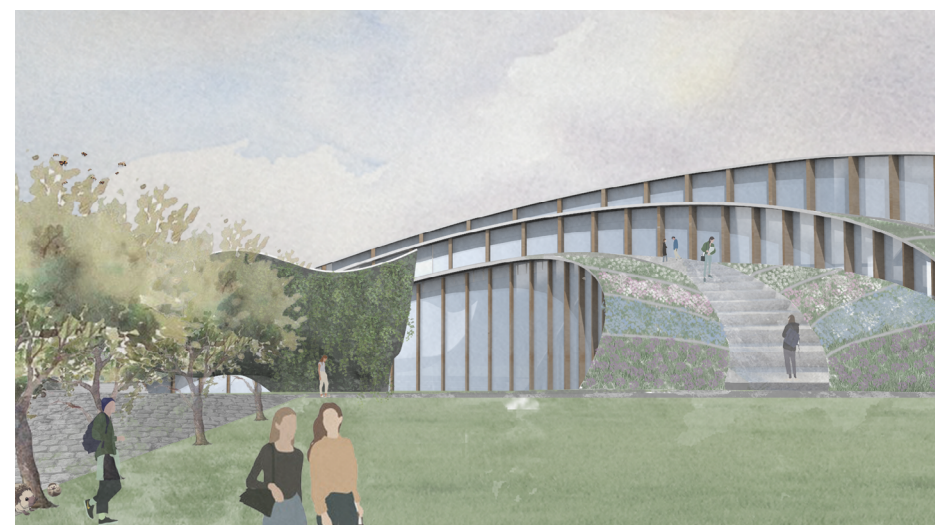
Operasalen under marken



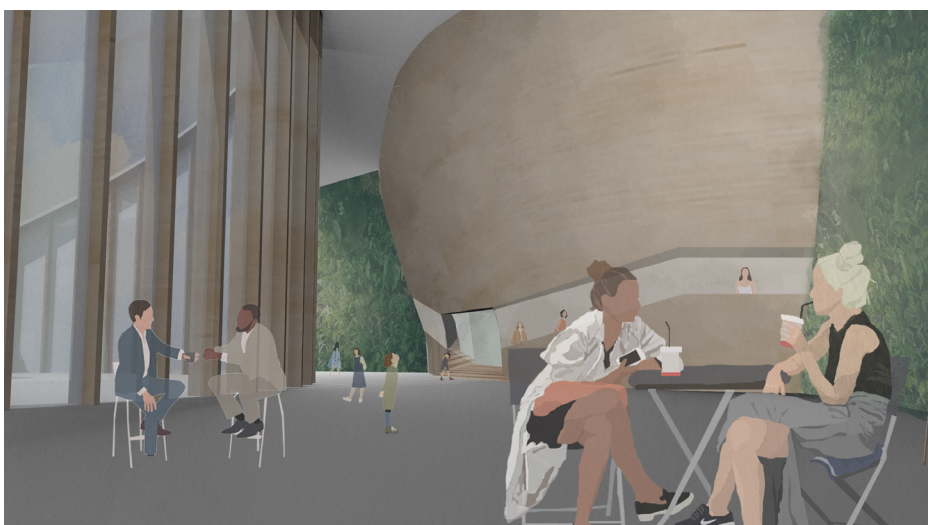
Byggnad med två glaspartier



Operasalen under marken



Slutgiltigt grönt exteriörperspektiv



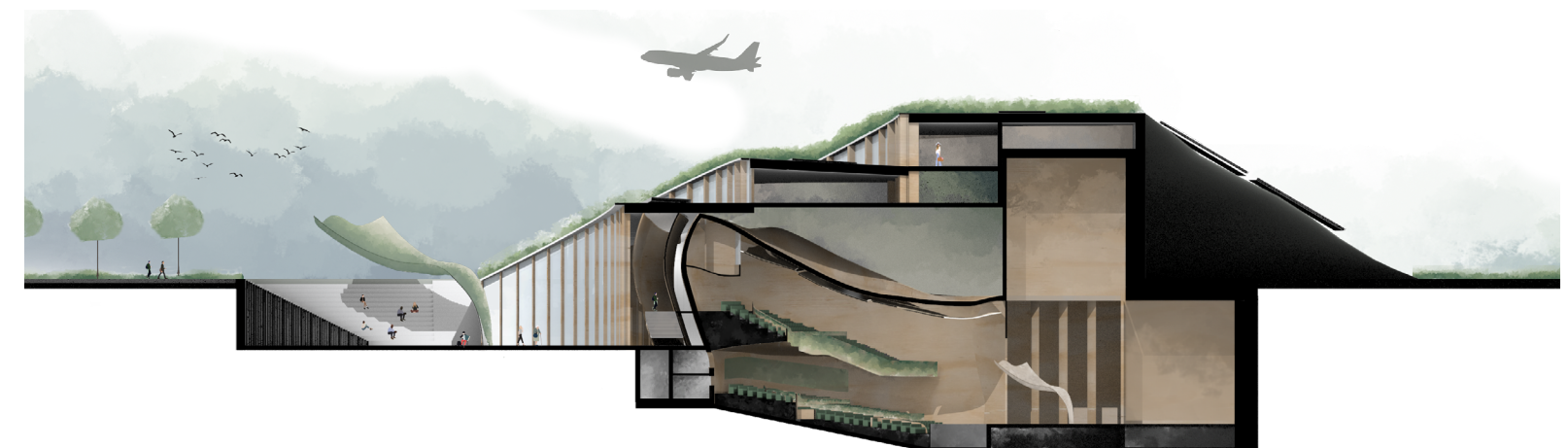
Perspektiv av lobbyn



Den gröna operasalen



Slutgiltigt mycket djupare byggnad med tre glaspartier



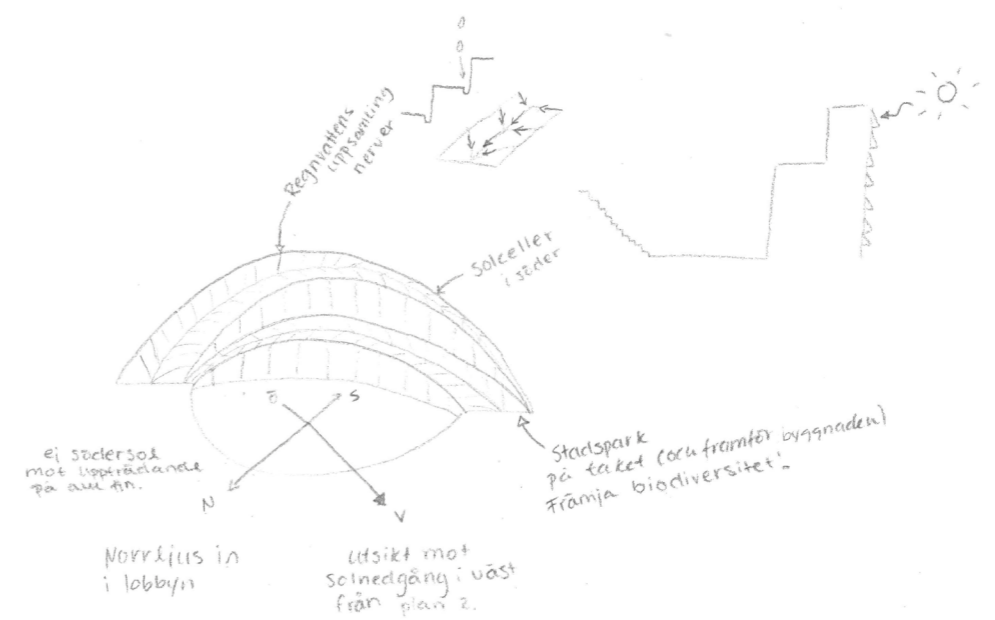
Operasalen halvt nedgrävt och i byggnadsvolymen

LJUS

När planlösningarna utformades tog mycket hänsyn till dagsljusinsläpp, framförallt undersökte vi noggrant i vilka rum dagsljus behövdes och inte. Alla rum där dagsljusinsläpp skulle vara en kvalitet placerades framtill i byggnaden, medan rum där det inte krävs dagsljus placerades baktill i byggnaden mot kullen och motorvägen. Vi tänkte också mycket kring väderstreck vid byggnadens placering. Kullen placering mot söder gjorde att det blev en optimal plats för solceller som kan förse byggnaden med energi medan risken för bländning minskas i lobbyn. Därtill används de stora fönsterkarmarna som extra solavskärmning och därför är karmarna riktade mot väst djupare än de mot norr. Det bidrar också till ett fint skuggspel inne i lobbyn. Jag tycker det är tråkigt att vi på slutet släppte tanken med att tillföra dagsljus in i operasalen då det hade varit en extra kvalitet och varit bra för växterna i operasalen. Det hade stärkt vårt koncept om en grön, naturlig och miljövänlig byggnad.



Skuggspel i lobbyn



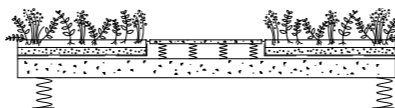
Skiss över kvaliteter i olika väderstreck

AKUSTIK

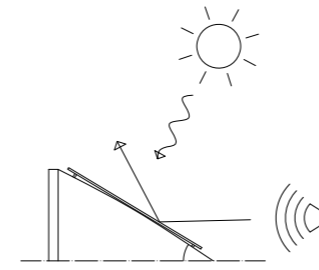
Det har varit väldigt givande att arbeta tillsammans med studenterna från sound and vibration och jag tycker samarbetet har fungerat bra. Vårt projekt kanske inte innehåller de mest spektakulära och tekniskt avancerade akustiska lösningar men jag tycker ändå att vi lyckades bra med akustiska lösningar som passar väl in i vårt koncept. Då vi ville få in mycket grönska har vi använt oss av en grön absorberande vägg på flera ställen i byggnaden och där vi i stället har velat ha reflekterande eller diffuserande ytor har vi klätt dessa med olika typer av vinrankor. Insolationen löses med en stor kulle med jord, dubbelglasade frikopplade fönster samt en fjädrad gång på taket. Många detaljer i projektet har akustiska egenskaper, till exempel så fungerar solcellerna som reflektorer och därmed studsar bullret från motorvägen bort från byggnaden. De olika djupa fönsterkarmarna på det runda torget framför byggnaden sprider ljudet från den som uppträder i amfiteatern såväl som undviker att skapa en fokalpunkt. Det stora konvexa lövliknande skulpturen på torget hjälper till att sprida och förstärka ljudet från den som uppträder till publiken. Inne i operasalen är sittplatserna indelade i sektioner likt bladnerv. Dessa skapar en bra clarity i salen och bidrar till tidiga reflektioner även på utsatta platser i salen. För att skapa en längre efterklangstid i salen har vi lagt till två efterklangskammare. Dessa har vi kallat för våra sneakpeak-rooms då det är rum där hela väggen mot operasalen kan öppnas och gör det möjligt för studenter och personer utan platsbiljett att smyga förbi och tjuvkolla på uppträdanden. Detta är något jag är väldigt nöjd med då jag tycker det förstärker vårt koncept med att byggnaden ska locka dit sig studenter och bli en knutpunkt på campus där det känns naturligt att hänga. Den bakre väggen av rummen har en likadana absorberande grön vägg som lobbyn vilket medför att ljudkvaliteterna i operasalen ej försämras då kamrarna är öppna. Jag hade gärna jobbat vidare på utformningen av dessa rum och planera närmre kring de tekniska lösningarna.



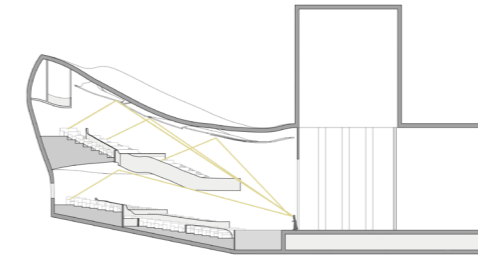
Den absorberande gröna väggen



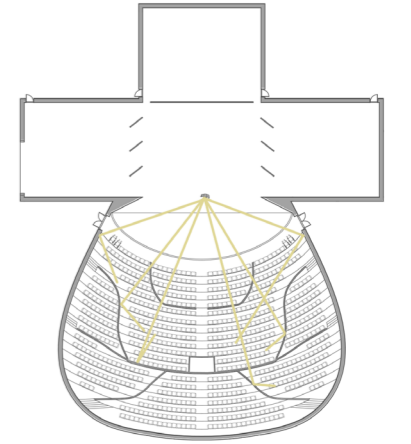
Taket konstruktion



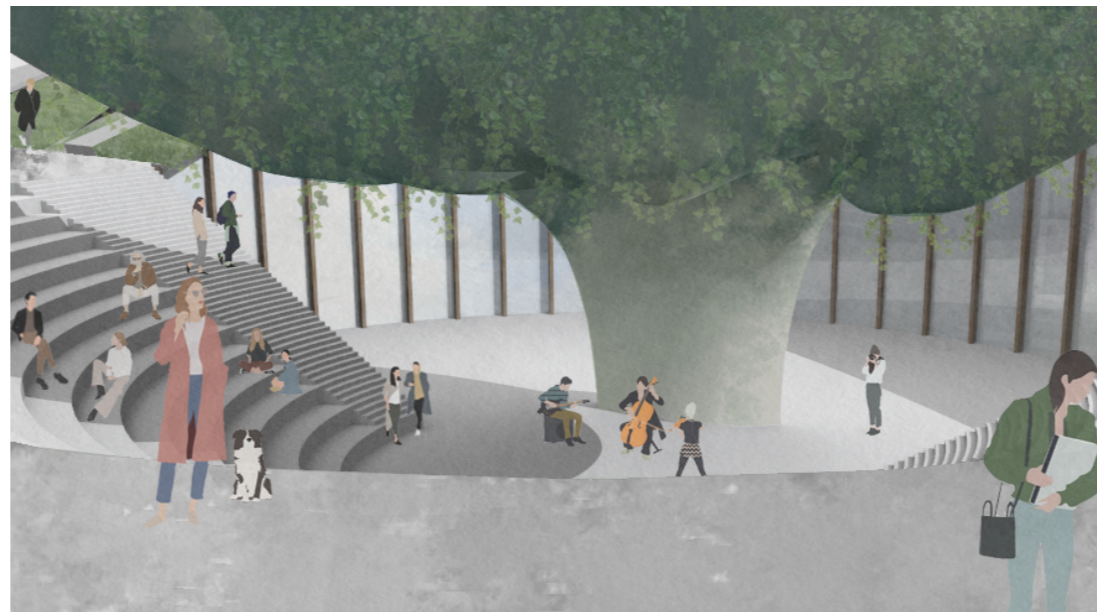
Ljudreflekterande solceller



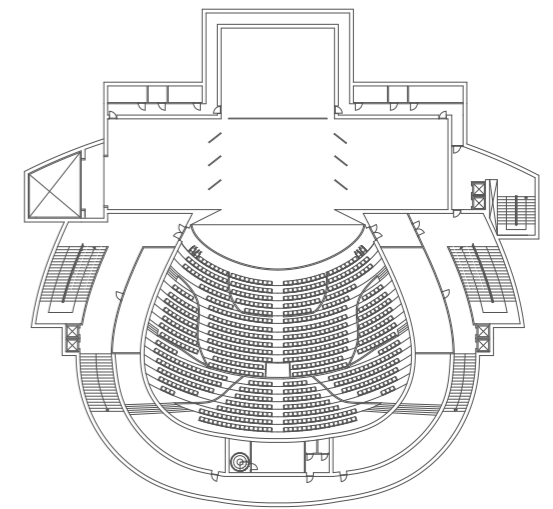
Tidiga reflektioner till utsatta platser



Tidiga reflektioner till utsatta platser



Amfiteatern med det stora reflekterande bladet.



Planlösning där efterklangskamrarna är numrerade som 1 och 2.