

PORTFOLIO | ACEX15 – KANDIDATARBETE I ARKITEKTUR OCH TEKNIK

GESTALTNINGSPROJEKT: OPERAHALL

Som avslutande kandidatarbete i Arkitektur och Teknik vävdes kunskaper om struktur, ljus, klimat och akustik ihop i ett gestaltungsförslag på en ny operahall. Utgångspunkt var årets program från *Acoustical Society of Americas* internationella studenttävling kring akustik och arkitektur.

Projektet utfördes i grupper om tre, med två studenter från Arkitektur och Teknik och en mastersstudent från programmet *Applied Acoustics*. En god förberedelse på yrkeslivets vanligt förekommande arbetsmetoder med nära samarbeten över discipliner och expertområden.



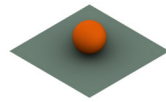
Hear the Sphere

THE SIMPLICITY OF COMPLEXITY

Music is composed by only 12 notes that in different styles, pitch and shapes form a coherent complexity. In a similar manner, the new campus opera hall uses only simple geometrical volumes, together creating a complex compound building. The simplicity of geometry forms a new landmark that shapes the whole campus and strengthens the musical education of the college.

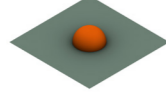
"There is **geometry** in the humming of the strings, there is **music** in the spacing of the spheres"
- Pythagoras -

Except for the hard concrete sphere, all building parts are constructed in wood, colored in a violin-like brown tone. The interplay between the reverberant wooden interior and the contrasting, sound-shaping sphere forms the perception of the inside of a string instrument.



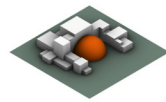
THE SPHERE

The spherical form, nature's ultimate way of protecting from the world outside in all directions, will host the opera hall.



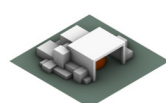
SUBMERGED

By limiting the amount of surface exposed to the outside and through the added mass from the soil, vibrations are reduced.



CUBOID STACKING

The noise coming from the highway and the campus is gradually reduced by cuboids, placed around the sphere.



LOBBY SHELL

A large cuboid around the sphere is attenuating the airplane noise from above, while giving room for a spacious lobby.

THE SITE

Near other important university facilities, the opera marks the end of a long axiality through the whole campus area. Together with the surrounding buildings it creates a park-like open space, perfect for open air performances with the sphere as a majestic backdrop.

ROLLING HILLS

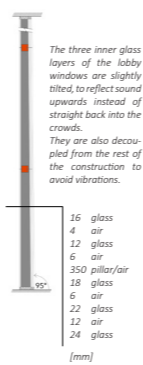
Excess ground mass from the site excavation will be used to form rolling hills, which serve as a natural outer sound barrier in the 60 meter wide space between the highway and the opera.

LOBBY

On top of serving as the entrance to the opera hall, the lobby can also be used for venues like dinners, receptions or even as a student nightclub. It is formed like an atrium with balconies running on the sides, with the sphere as a striking centerpiece dictating the movements on the floor.

All walls and the ceiling are absorbing and the hard concrete surface of the sphere is reflecting. In a crowded room with people providing absorption across the floor, it means you can literally hear the sphere.

RT unoccupied lobby: 0.75 s
RT occupied lobby: 0.60 s



STAGE LEVEL

Generous areas around the stage provide space for different rehearsals and practices. Similarly to the opera hall, the orchestra rehearsal room (24) is a room-in-room construction with thick walls to protect it from the rest of the backstage as well as the highway noise. For further sound-proofing from the outside disturbance it is also placed under ground, bordered by the foot of the rolling hills in the back.

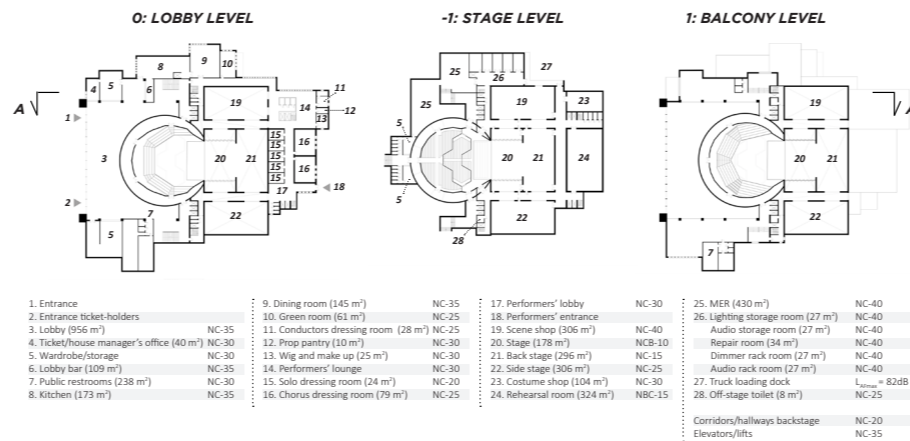
The backstage area is connected by sizeable corridors running around the stage area, to support smooth logistics while also functioning as a noise and vibration reduction.

RT rehearsal room: 0.74 s

DRESSING ROOM AREA

A backstage entrance (18) on ground level provides access for performers. All dressing rooms are protected by walls with high mass per unit area that reduces the noise from the highway.

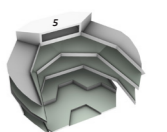
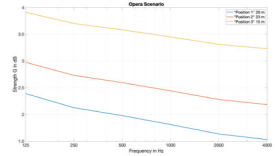
A short walk along a windowed hallway with a view over the rolling hills leads to the green room (10) and the staff dining room (9). The green room is also in close proximity to the public side of the building, for easy arrangement of meetings with the performers.



Hall capacity:	1,296 seats
Volume:	12,500 m ³
Distance to stage:	≤ 28 m
Wall materials:	Wood, gypsum boards, concrete

SHORT DISTANCES

The spherical shape allows short distances between the audience and the stage. All seats are within 28 meters from the front of the stage, which means the strength variation throughout the hall is relatively small.

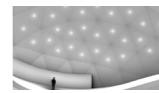


TRIANGULAR CHAMBERS

The surface of the inner sphere is divided into a set of planar triangular surfaces with a rough, diffusing finish. Above the top balcony level, these triangular surfaces can be opened to expose chambers with highly absorbing materials. The hall acoustics can therefore be adjusted by opening up these chambers by different degrees.



Triangular chamber, closed vs open.



Combined light and ventilation pipes in the center of each triangular chamber.

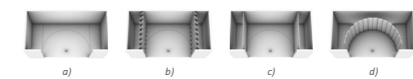
INTIMATE SPACIOUSNESS

In most opera halls, clarity and reverberation time are mutually exclusive. However, the spherical shape combines short distances with a big volume. This leads to a strong direct sound with high clarity, combined with the spaciousness of a long reverberation.

STAGE RAIL SYSTEM

The walls between the stage and the wings on either side are split up in 8 separate parts. These can be slid along a rail system (a) in the floor as well as rotated to either expose an absorbing or a reflective surface into the stage. Thus, the rotation and position of the

walls affect the overall hall acoustics and can be adjusted depending on type of performance. Furthermore, if the surfaces are slid onto the circular part of the rail, together with plates hoisted down from the gridiron, an orchestra shell (d) can be formed.



ANGLED FRONTS

The perpendicular faces of the first and third balcony (angled slightly downwards) give the artists their needed acoustical feedback. Both work together to bring the reflections in a time pattern which results in a homogeneous reverberant reflection rather than a disturbing echo.

NEARBY REFLECTORS

Thanks to the shallow balconies and vineyard-like configuration of the stage level seats, every audience member sits near a reflective surface. This results in a high clarity for the whole audience.

FOCAL POINT REMOVAL

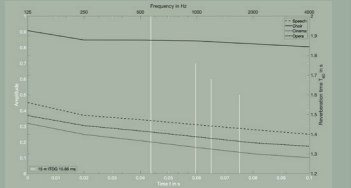
Normally, an issue regarding a spherical volume is the acoustical focal point which is created. However, due to the triangular surfaces and their side length of 4 meters, this effect is avoided for 85 Hz upwards. For low frequencies, the triangles are acoustically invisible due to material thickness. For the remaining frequency range, repeating clusters of six triangles are used to absorb and scatter, thus entirely removing the focal point.

VARIABLE ACOUSTICS

The systems explained above provide several variables for tuning the hall acoustics to fit different types of performances.

The graph to the right gives an example of the hall's flexibility with its 86 triangular chambers and 216 m² of variable stage surfaces.

- Opera** 75 triangular chambers fully open. Stage surfaces absorbing. No panels over stage.
- Choir** 43 triangular chambers fully open. Stage reflective. Panels over stage.
- Speech** 69 triangular chambers fully open. Stage reflective. No panels over stage.
- Cinema** 86 triangular chambers fully open. Stage absorbing. No panels over stage.



02 | ARBETSGÅNG

Inledningen av projektet delades upp i ett antal uppgifter för att börja bereda väg, finna inspirationskällor och få igång de första konceptuella tankarna.

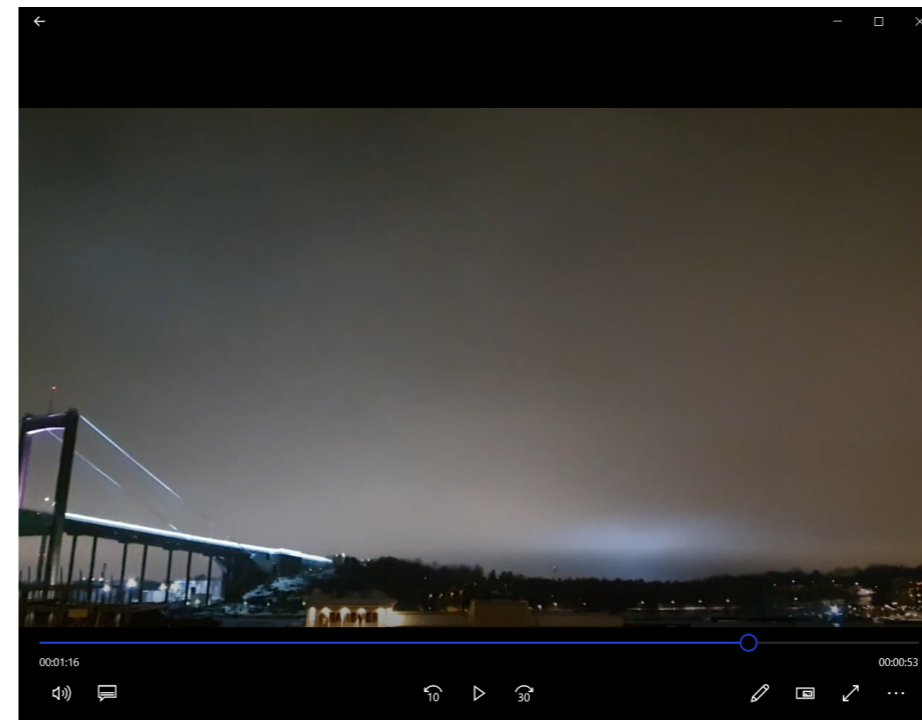
Dessa uppgifter presenteras här i kronologisk ordning med lite kommentarer och sedan övergår diskussionen i reflektion kring metodik och övergripande steg i det fortsatta arbetet fram till slutinlämning.

UPPGIFT 1 - PHENOMENA

I den första uppgiften fick vi ge oss ut i naturen för att studera fyra grundfenomen; ljud, ljus, mikroklimat samt geologiska krafter.

Som redovisning skulle vi sammanställa ett 4x30 sekunders filmklipp där vi studerar vart och ett av dessa fenomen från varsin unik plats i Göteborg.

PLANSCHER | 01
ARBETSGÅNG | 02
REFLEKTION | 03



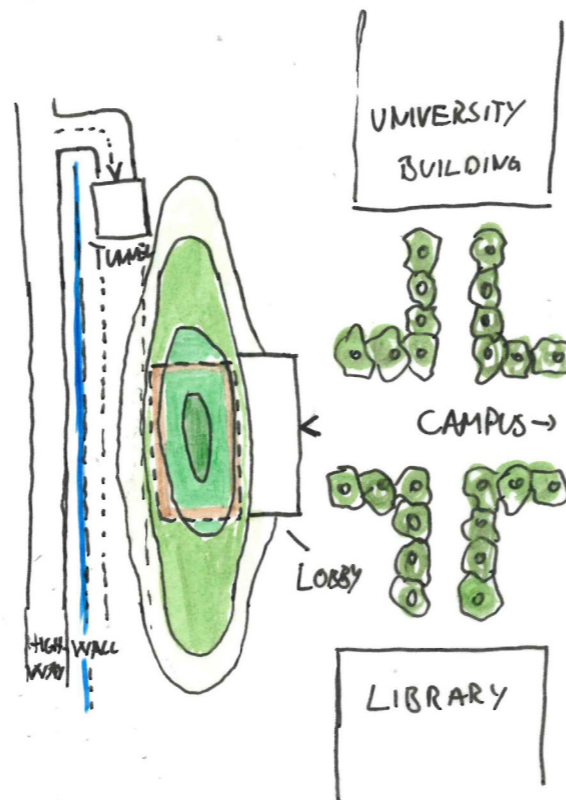
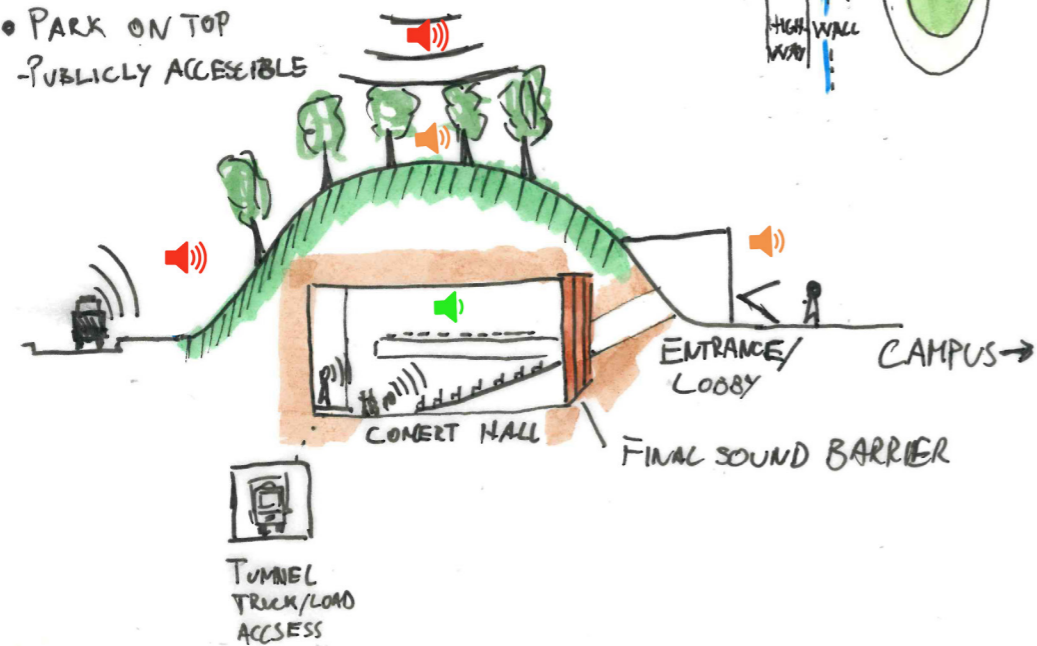
UPPGIFT 2 - SPATIAL ACOUSTIC CONCEPTS

Nästa deluppgift var den första designiterationen av projektet. Vi tog del av tävlingens definitioner och regler och fick därefter i uppgift att ta fram tre övergripande arkitektoniska koncept som relaterar till tävlingens akustiska problemställningar; i huvudsak bullernivåer från en 6-filig motorväg omkring 60 meter bort samt avgående flygplan från en närliggande flygplats.

Dessa tre koncept presenterades sedan för studenterna från *Applied Acoustics* varefter de fick lämna in önskemål om vilken grupp de ville arbeta med.

KONCEPT 1

- HILL
- WALL, GREENERIE
- HOBBIT HOLE
- "NATURAL" SOUND INSULATION
- VISUAL BARRIER FOR HIGHWAY
- PARK ON TOP - PUBLICLY ACCESSIBLE



• CONTRAST OF SOUND/LIGHT
LEVEL LOBBY → HALL

Under täcket av jord gömmer sig en konsertsal skyddad av omvärlden. Likt en mullvad befinner sig salen långt under ytan och påverkas varken av ljus, värme eller störande ljud. Bara en liten ingång tyder på att salen finns där långt under högen av jord. Tjocka lager av blöt mark absorberar alla störande inverkan som kunde påverka den perfekta operaupplevelsen.

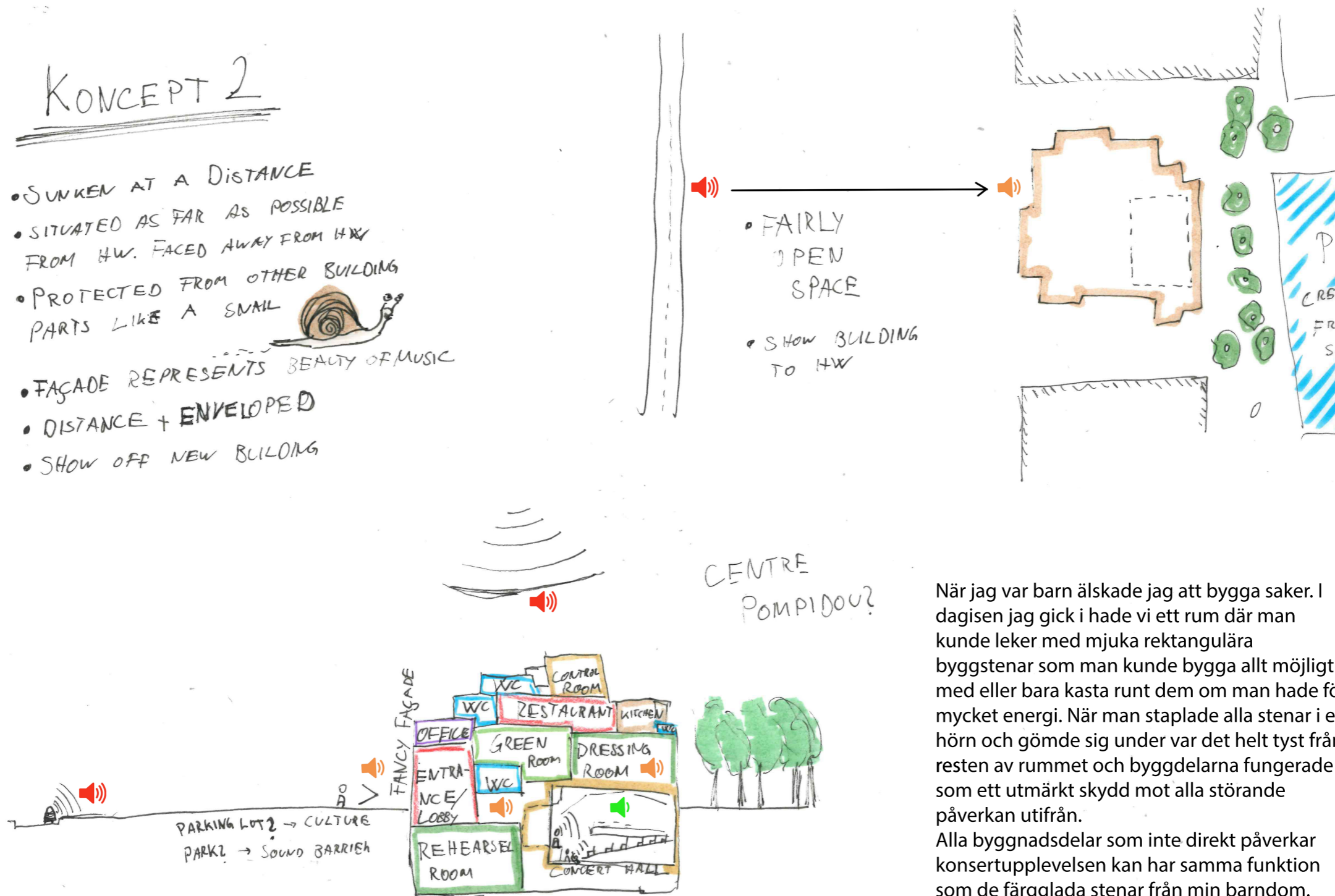
KLASSISK STIL
AXIALITET



UPPGIFT 2 - SPATIAL ACOUSTIC CONCEPTS

Nästa deluppgift var den första designiterationen av projektet. Vi tog del av tävlingens definitioner och regler och fick därefter i uppgift att ta fram tre övergripande arkitektoniska koncept som relaterar till tävlingens akustiska problemställningar; i huvudsak bullernivåer från en 6-filig motorväg omkring 60 meter bort samt avgående flygplan från en närliggande flygplats.

Dessa tre koncept presenterades sedan för studenterna från *Applied Acoustics* varefter de fick lämna in önskemål om vilken grupp de ville arbeta med.

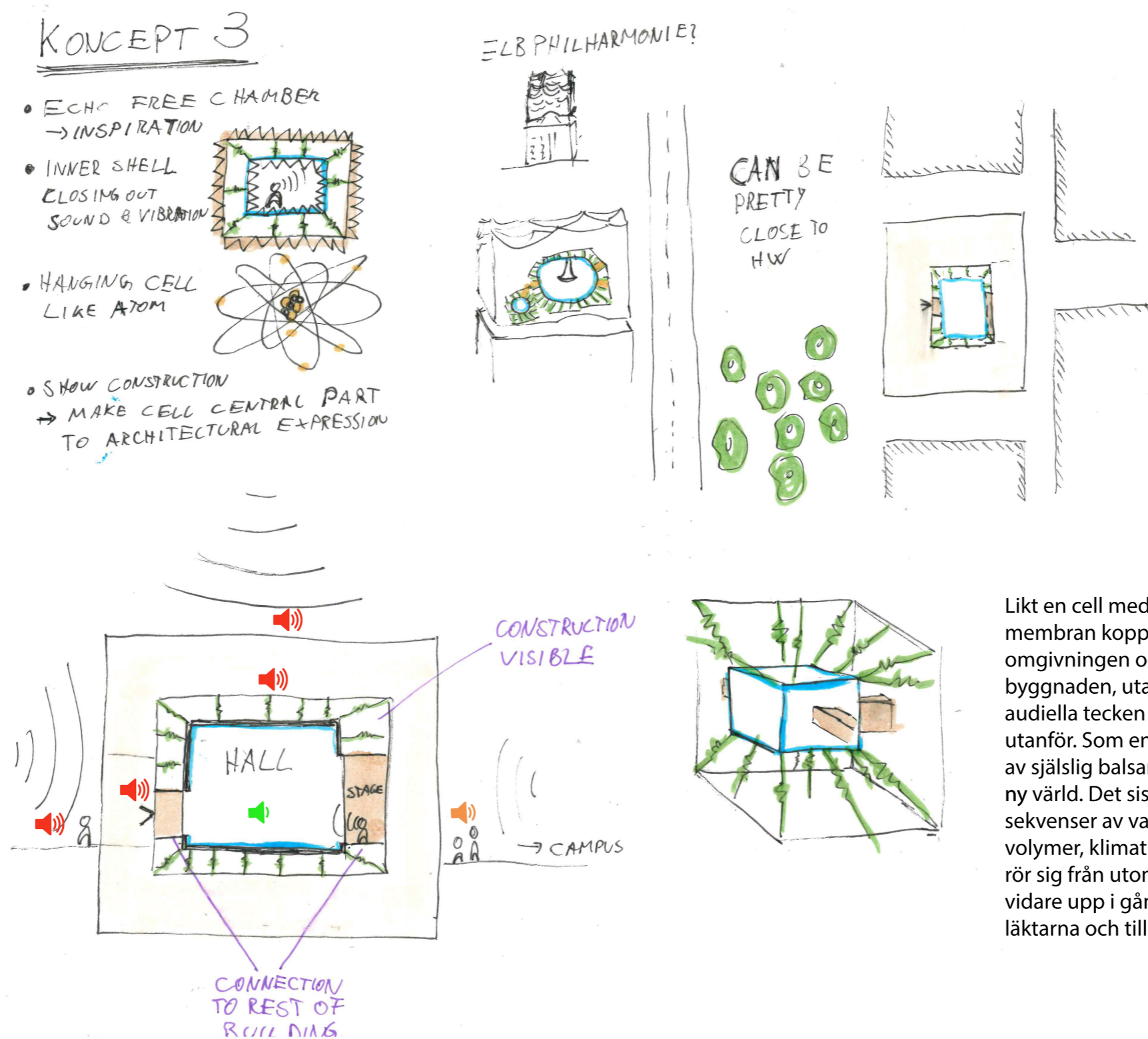


När jag var barn älskade jag att bygga saker. I dagisen jag gick i hade vi ett rum där man kunde leka med mjuka rektangulära byggstenar som man kunde bygga allt möjligt med eller bara kasta runt dem om man hade för mycket energi. När man staplade alla stenar i ett hörn och gömde sig under var det helt tyst från resten av rummet och byggdelarna fungerade som ett utmärkt skydd mot alla störande påverkan utifrån. Alla byggnadsdelar som inte direkt påverkar konsertupplevelsen kan ha samma funktion som de färgglada stenar från min barndom.

UPPGIFT 2 - SPATIAL ACOUSTIC CONCEPTS

Nästa deluppgift var den första designiterationen av projektet. Vi tog del av tävlingens definitioner och regler och fick därefter i uppgift att ta fram tre övergripande arkitektoniska koncept som relaterar till tävlingens akustiska problemställningar; i huvudsak bullernivåer från en 6-filig motorväg omkring 60 meter bort samt avgående flygplan från en närliggande flygplats.

Dessa tre koncept presenterades sedan för studenterna från *Applied Acoustics* varefter de fick lämna in önskemål om vilken grupp de ville arbeta med.



Likt en cell med sitt eget skyddande membran kopplas konsertsalen fri från omgivningen och resten av byggnaden, utan vare sig visuella eller audiella tecken från det som finns utanför. Som en egen entitet. Ett väsen av själslig balsamering. Ett steg in i en ny värld. Det sista steget i en resa av sekvenser av varierande ljus, rumsliga volymer, klimat och ljudbilder när man rör sig från utomhus in till lobbyn, vidare upp i gångarna som förser läktarna och till slut in i konsertsalen.

UPPGIFT 3 - SPATIAL ACOUSTIC PROTOTYPES

Med en akustiker numera del av gruppen påbörjades ytterligare iterationer med utgångspunkt ur de akustiska koncepten från uppgift 2.

Dessutom skulle ett antal akustiska prototyper tas fram. Byggnadsdelar eller del av arkitekturen som på något sätt kombinerade akustisk påverkan/effekt med något annat fenomen såsom ljus, bärning, klimat eller sociala aspekter.

Sfären

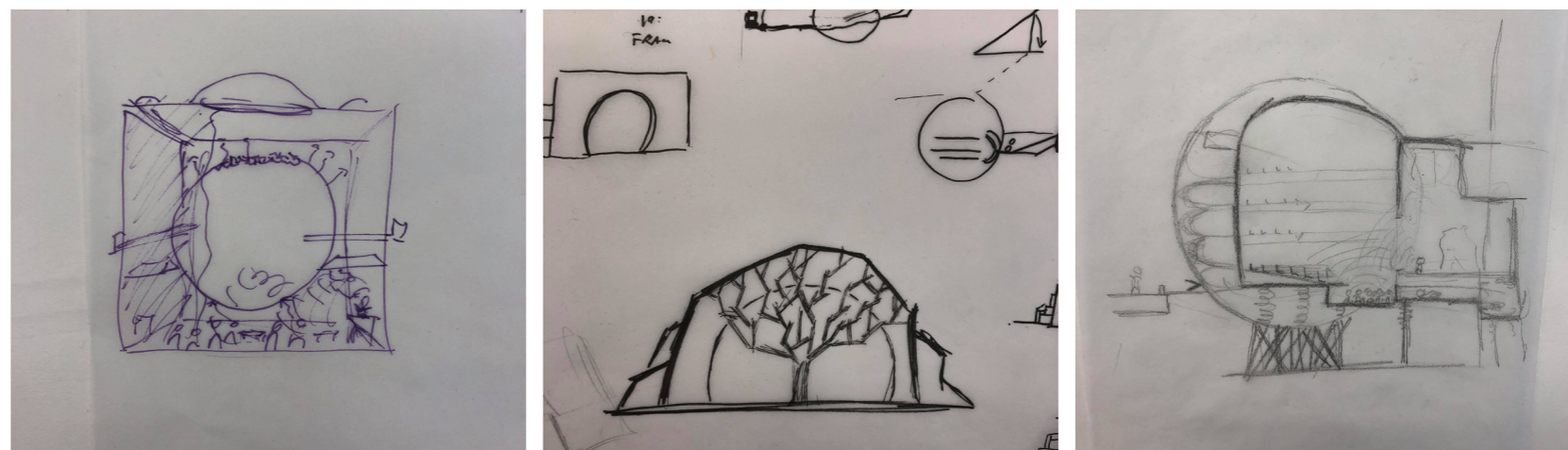
Vi var alla i gruppen överens om att vårt tredje koncept, med själva konserthallen frikopplad från resten av byggnaden och effektivt uppvisad som i ett skyltfönster, var något vi främst ville jobba vidare med. Att med arkitekturen förstärka dess självklara huvudroll i sammanhanget.

Vi fastnade tidigt för den sfäriska formen, dels rent konceptuellt i form av en kärna som på ett optimalt sätt slutit sig och skyddas från omvärlden åt alla riktningar. Men också i egenskap av att vidare kunna befästa hallens centrala roll genom tydlig kontrastering mot resten av byggnaden, som då skulle kunna vara av mer strikt, rätvinklig natur.

Sfärisk akustik - att skapa sig ett problem och lösa det

Vi var dock väl medvetna om att det finns en problematik kring en sfärisk form. Den är inte optimal för ändamålet att skapa en god akustik inuti, då det dels skapas en akustisk fokuspunkt i centrum av volymen, och dels riskerar att uppstå ej önskvärda stående ljudvågor i rummet. Vi såg dock detta som en intressant utmaning och tillfälle för lärorikt undersökande att med hjälp av smarta lösningar ta hand om detta problem och få det att fungera. Vi resonerade vidare att om man skulle kunna övertyga en tävlingsjury om att det här faktiskt fungerar, skulle en sfärisk operahall vara något som verkligen stack ut bland urvalet i en tävling.

På något sätt behövdes den sfäriska ytan brytas upp, utan att tappa den omslutande, intima känslan som en sfärisk form representerar. Här kläcktes idén om att dela upp den i triangulära ytor - en så kallad geodesisk svär. På detta sätt skulle förhoppningsvis en stor del av problematiken kunna mitigeras, då man istället för en rundad sfärisk form får ett stort antal plana ytor. Denna idé utvecklades snart vidare till vår första och absolut mest centrala akustiska prototyp: *triangular chambers*.



Tidigt skissande kring den sfäriska formen.

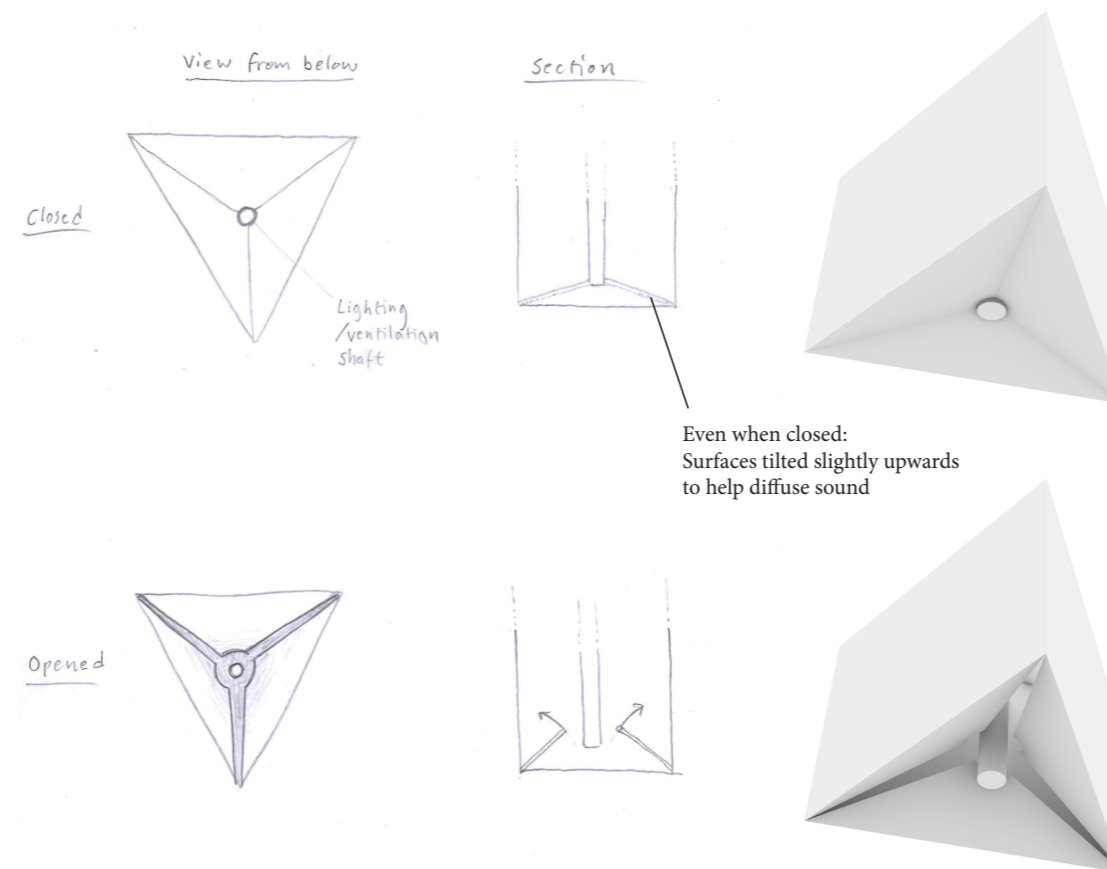


Uppbrytning i triangulära, plana ytor.

Akustisk prototyp: triangular chambers

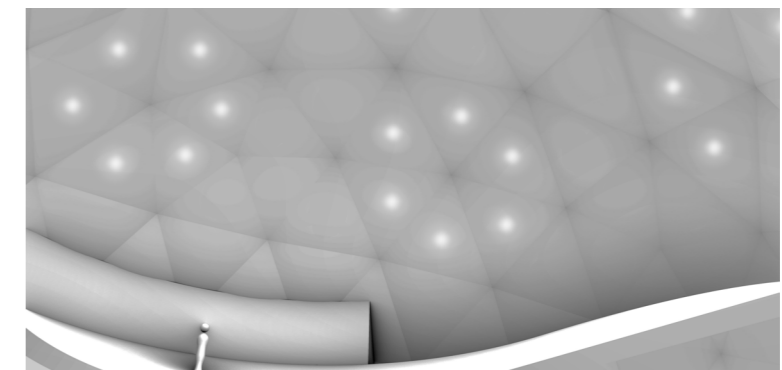
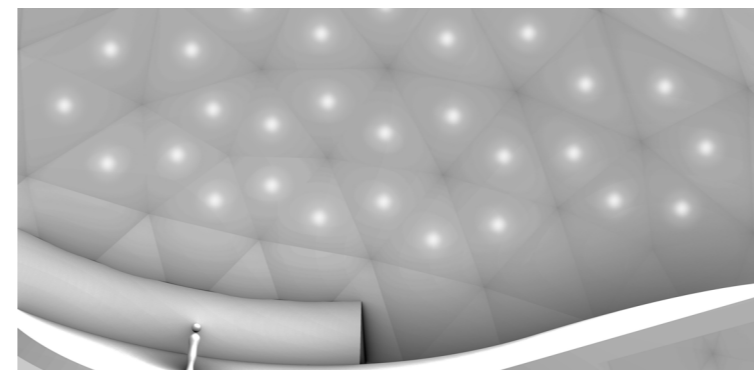
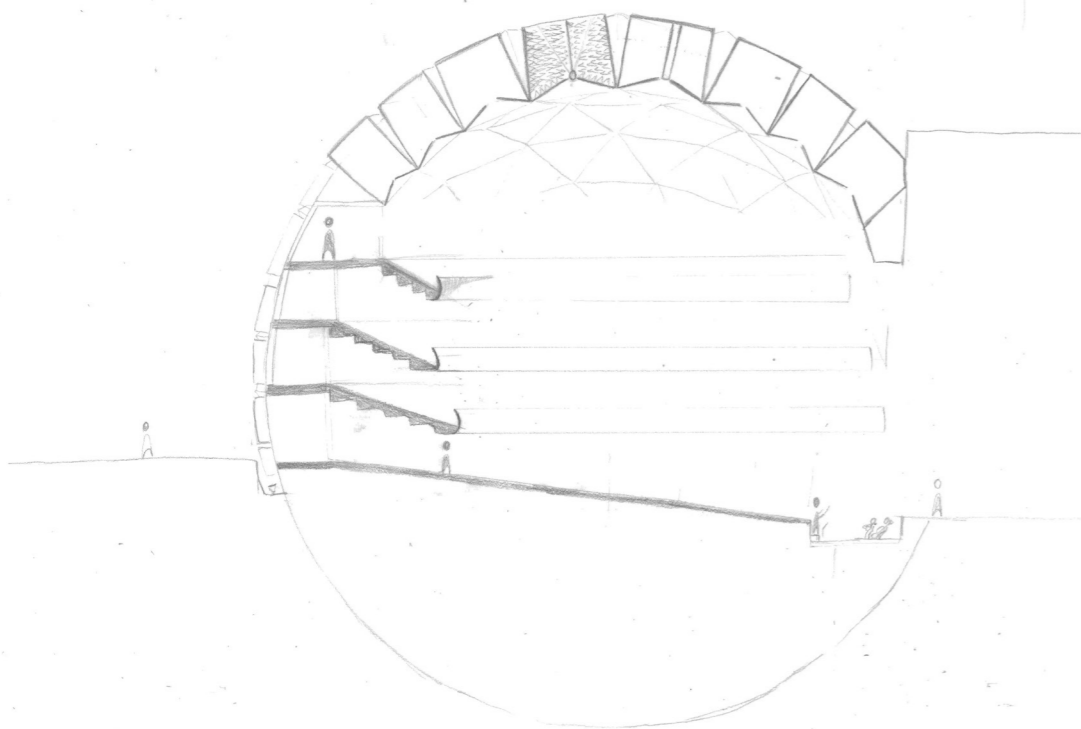
Vi hade tidigare talat om att på något sätt kombinera ett utrymme kring hallen såsom korridorer med att fungera som så kallad reverberation chamber. En volym som kan öppnas upp mot hallen efter behov och på så sätt justera akustiken med avseende på efterklangstid. Med detta som inspiration väcktes idén om att skapa volymer, kammare, bakom våra triangulära plana ytor som skulle kunna öppnas och stängas in mot hallen beroende på hur man vill påverka akustiken.

Vår akustiker hävdade att man i vår sfäriska volym i de flesta scenarion skulle behöva extra absorption snarare än höjd efterklangstid. Därför skulle man kunna fylla ett stort antal av kamrarna med absorberande material och låta detta vara en del av variabiliteten, att öppna ett bestämt antal kammare beroende på vilket typ av framträdande man ska ha på scen.



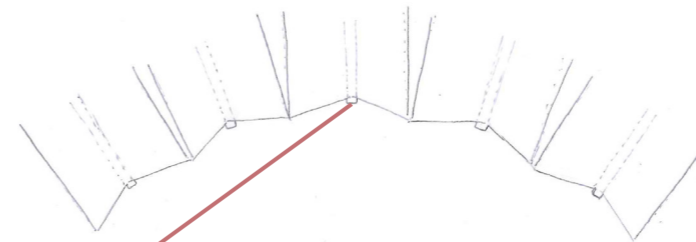
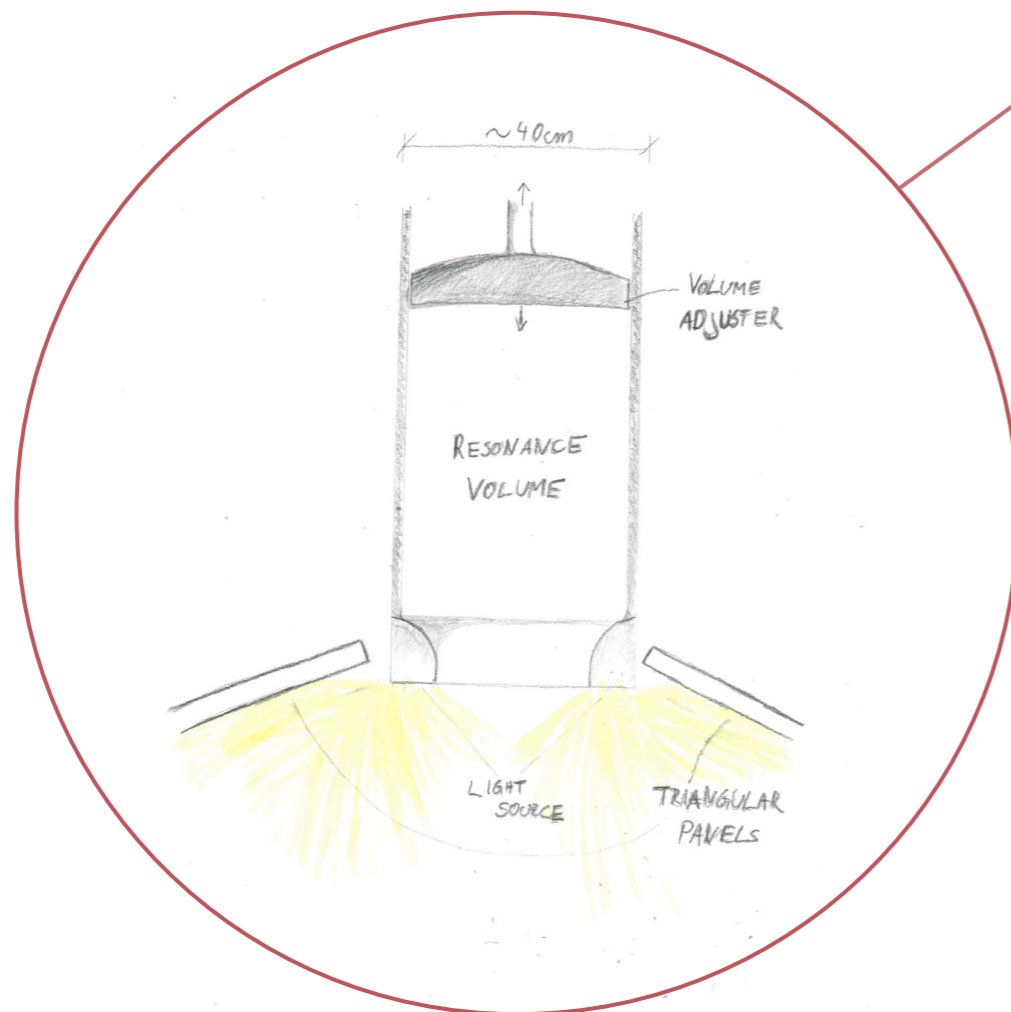
I mitten av kamrarna installeras även ett rör som integrerar de två fenomenen ljus och klimat. En form av ett ventilationsrör kombinerat med en ljuskälla längst ut som står för en effektiv takbelysning i hallen.

Nedan finns några digitala skisser på hur en sådan vy skulle kunna upplevas. Med möjlighet att dessutom skapa olika mönster beroende på antal tända lampor.



Akustisk prototyp: triangular chamber pipes

De kombinerade ventilations- och ljusrören nämnda på föregående sida föreställdes också kunna fungera som en variabel för resonans i hallen. Genom en mekanik som justerar volymen inne i röret påverkas ljudet, likt hur ljudet varieras när man blåser i en PET-flaska vid olika mängder vätska.



Sektionsskiss över de triangulära kamrarna och hur ventilations- och ljusrören tittar ut i underkant, ner mot hallen.



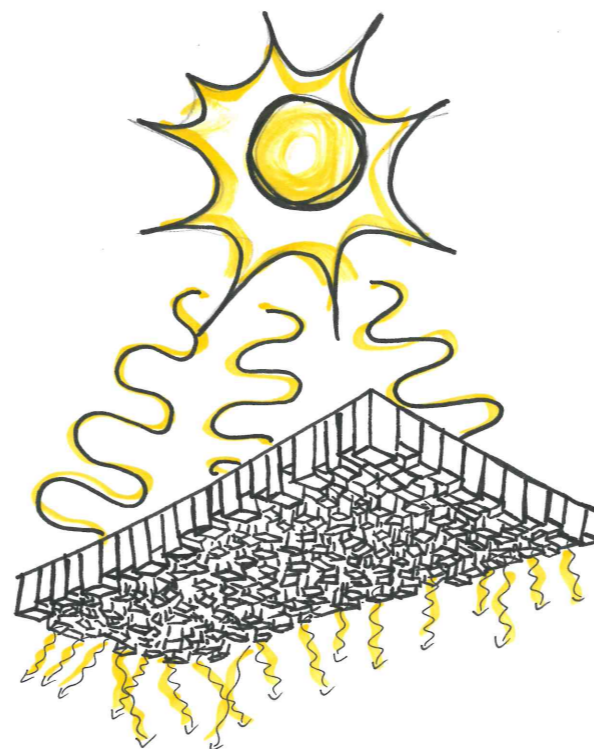
Akustisk prototyp: diffuserande glaspaneler

Ytterligare en kombination av akustik och ljus skissades fram när vi började fundera på någon form av inläpp av naturligt solljus. För exempelvis större föreläsningar eller liknande som hålls under dagen och inte en klassisk operaföreställning med fullt kontrollerat ljusspel.

Med inspiration av diffusionspaneler i trä är tanken att trycka ihop ett antal klossar i glasfiber av olika storlek och former.

Relativt höga klossar bidrar till ljudisoleringen utifrån, medan de ojämna ytorna diffuserar ljudet på insidan. Samtidigt som solljus släpps igenom in i hallen.

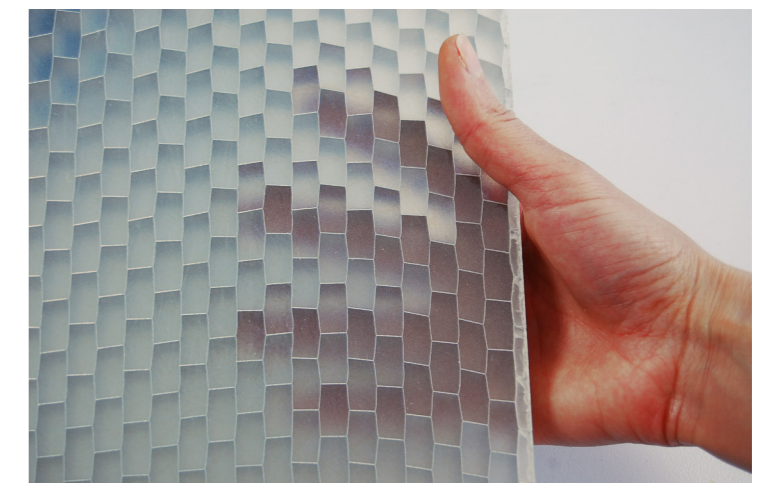
Dessa paneler tänktes dels kunna användas i utbyte mot någon eller några av de triangulära kamrarna i toppen av hallen, men också för ljusinsläppet i lobbyvolymen runt om själva sfäriska hallen, för en effektiv ljussättning också på sfärens utsida.



LIGHT TRANSMITTING
 GLASS FIBER SOUND DIFFUSER PANELS®

- NOISE REDUCTION (OUTSIDE)
- SOUND SCATTERING (INSIDE)
- LIGHT PERMEABLE/TRANSMITTING

Inspiration: wooden sound diffuser



UPPGIFT 4 - PROJEKTDESIGN, PRESENTATION

I det slutgiltiga uppgiften skulle koncepten och prototyperna itereras ihop och så småningom landa i ett färdigt tävlingsförslag. Denna fas delades upp i två större steg; det första för skapandet av själva förslaget och det andra med fokus på utformning av presentationen - skapandet av ett narrativ utifrån tävlingsreglerna.

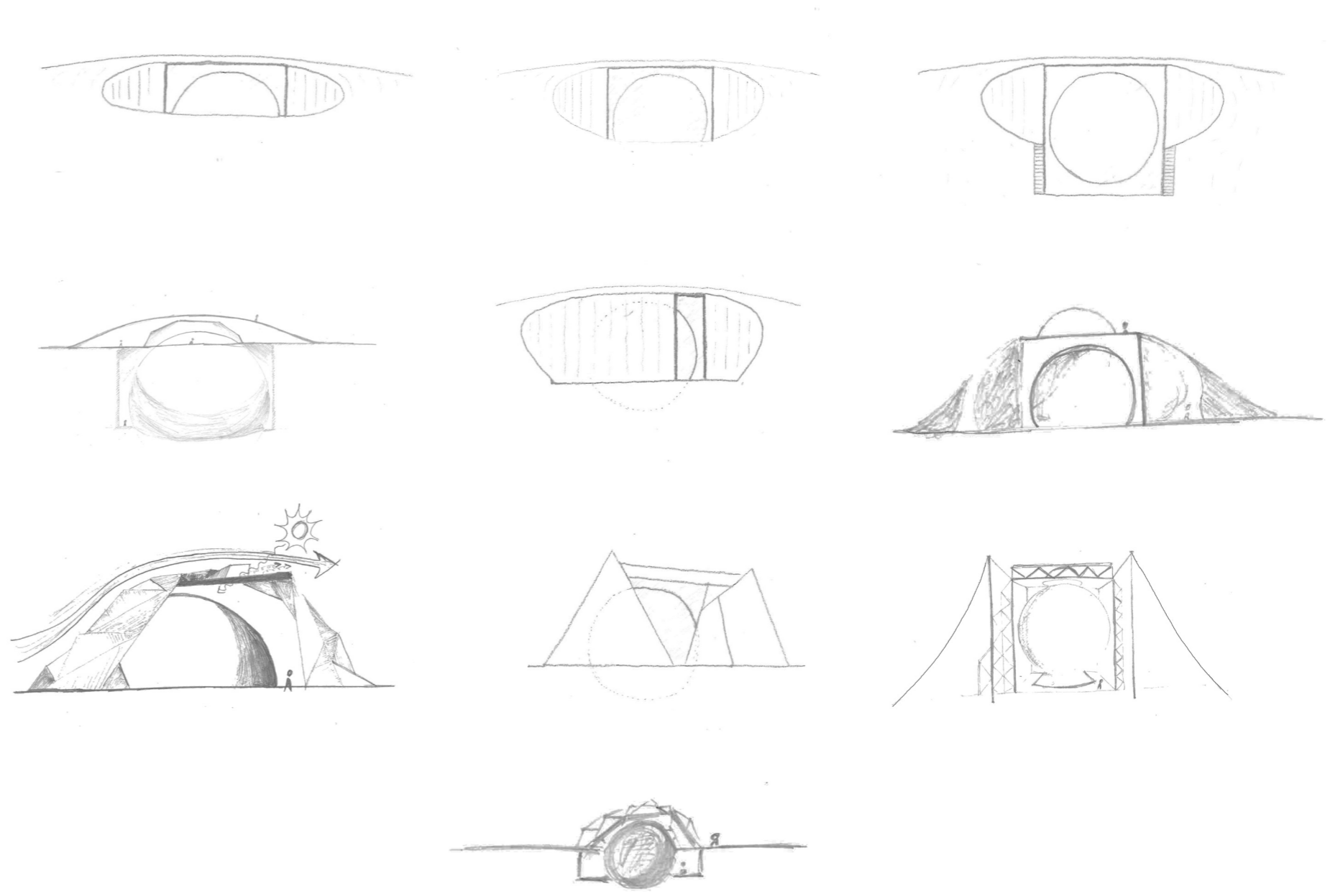
PLANSCHER | 01
ARBETSGÅNG | 02
REFLEKTION | 03

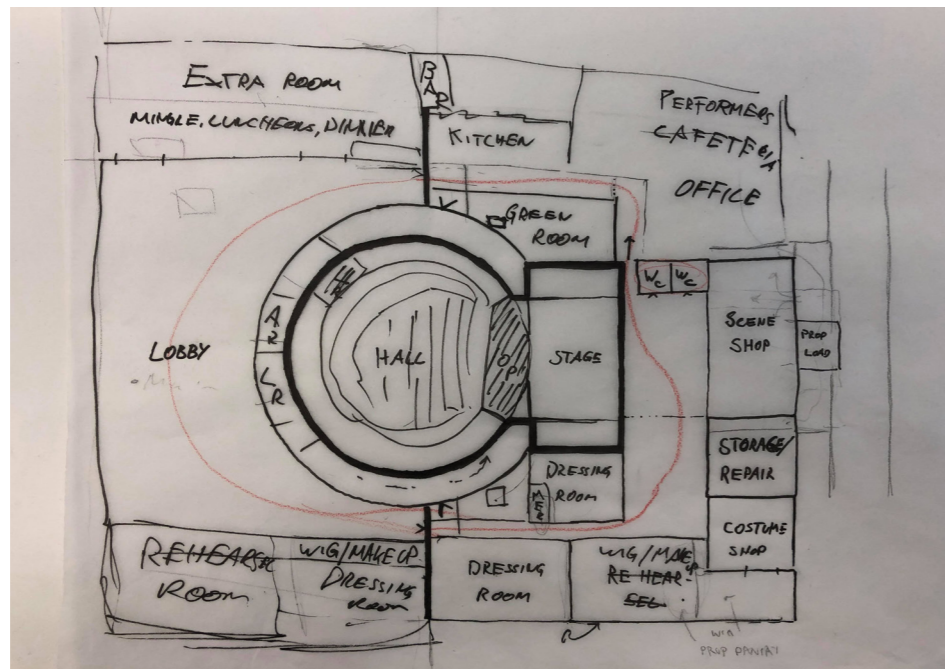
Exteriör

Vi hade i princip låst idén om en sfärisk hall och att vi ville arkitektoniskt tydligt kontrastera den mot resten av byggnaden. Att på något sätt visa upp sfären som ett effektivt monument in mot campus var ett koncept vi alla gillade, men det krävdes relativt mycket skissande och många iterationer innan vi kände att vi hittade rätt.

Vi hade alltså valt det tredje konceptet från uppgift 2, det om frikoppling av själva hallen. Men när vi fick upp den digitala modellen och insåg de stora dimensionerna som skulle krävas, började vi kombinera in även det första konceptet: nergrävning och utnyttjande av en gräsprydd kulle som naturligt bullerskydd. Vi märkte dock att det fortfarande skulle behövas en ganska rejäl kulle, och det kändes lite som en för "enkel" utväg rent arkitektoniskt att bara gömma ner byggnaden.

En försvårande faktor var definitivt att själva platsen var så odefinierad. Med endast motorvägen och en "relativt platt mark" som i stort sett enda omgivning att förhålla sig till enligt tävlingsprogrammet blir nästan friheten för stor. Man vill gärna ha något att kunna anpassa sig efter, detta blev väldigt tydligt i detta projekt.



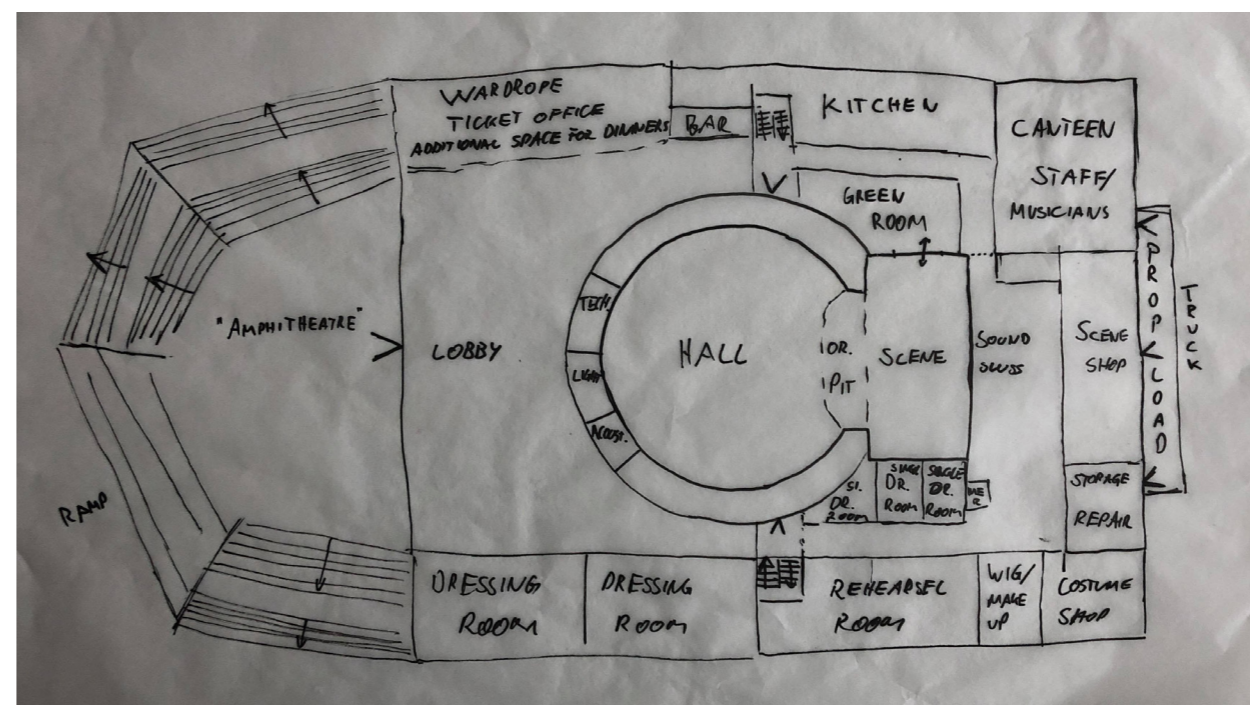
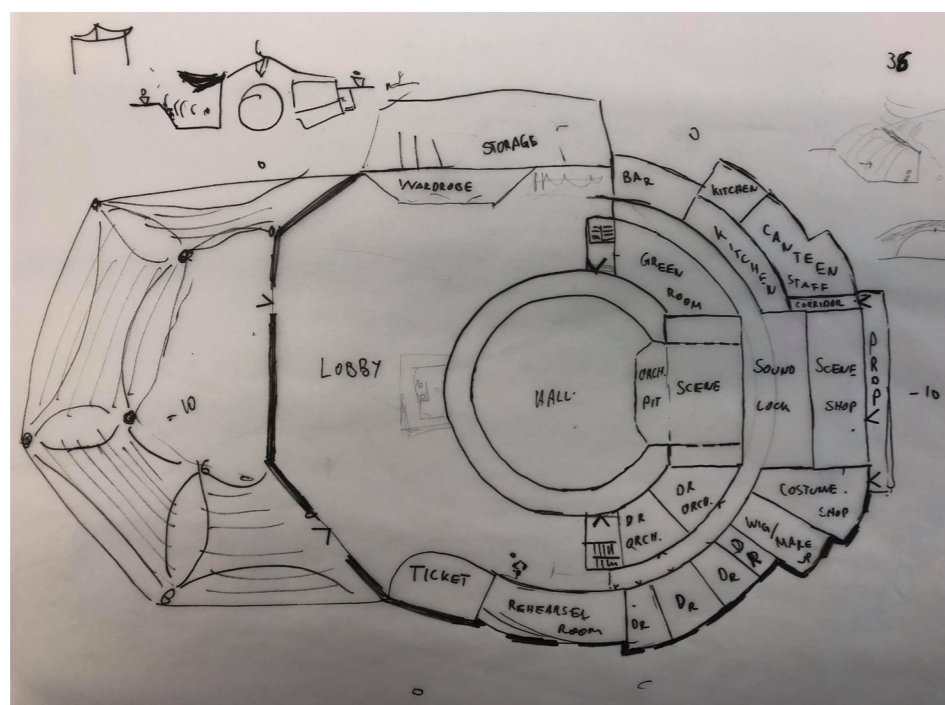


Tidiga iterationer av planlösningar

Parallellt och växelvis med iterationerna av exteriör tittade vi på olika planlösningar och flödesscheman.

I skissen nedan testades en rundad, genomlöpande korridor som följde sfärens form. Den gav ett enkelt flöde genom byggnaden, men blev aningen lång och rimmade inte helt och hållet med vår idé om att tydligt kontrastera sfären mot omringliggande delar.

Som synes på alla tre skisser tänkte vi oss också att sfären bara delvis skulle blottläggas in i lobbyvolymen, och utöver detta också sänkas ner en aning. Lite som om den var i färd med att ta sig upp ur marken och presentera sig för omvärlden.

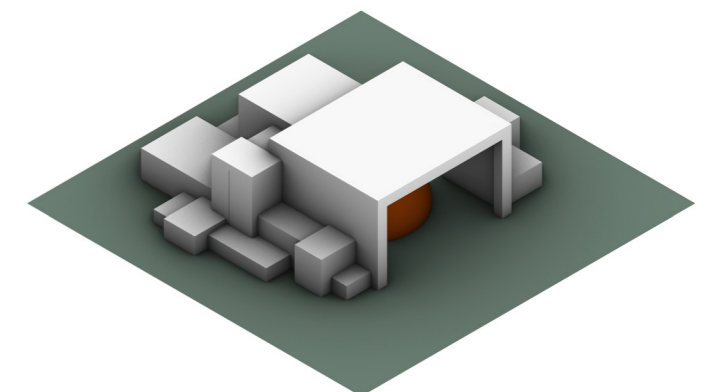
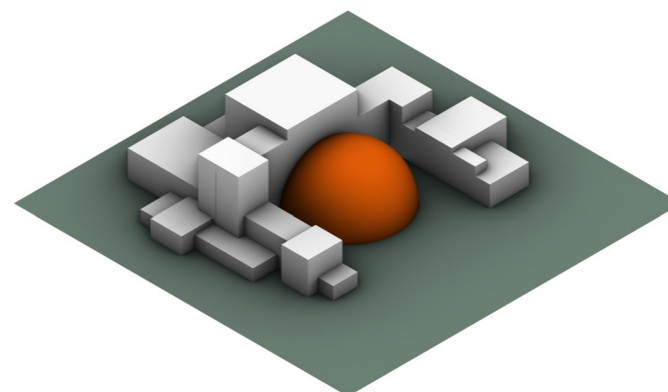
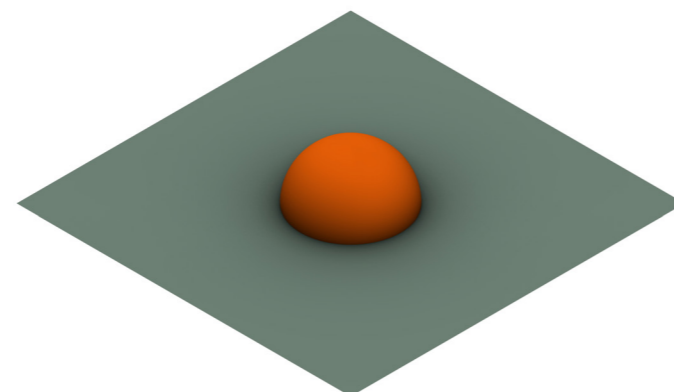
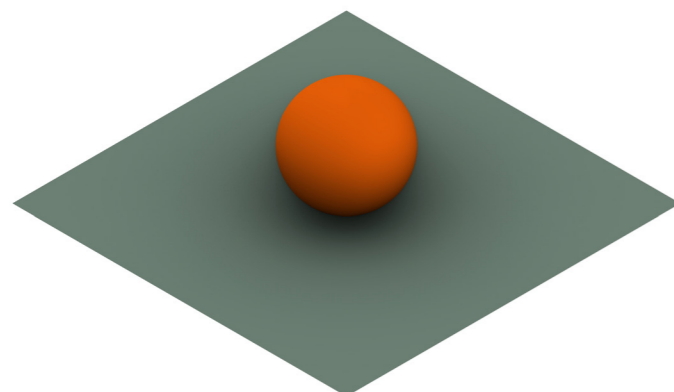
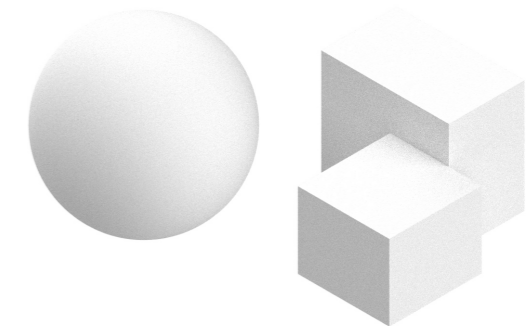
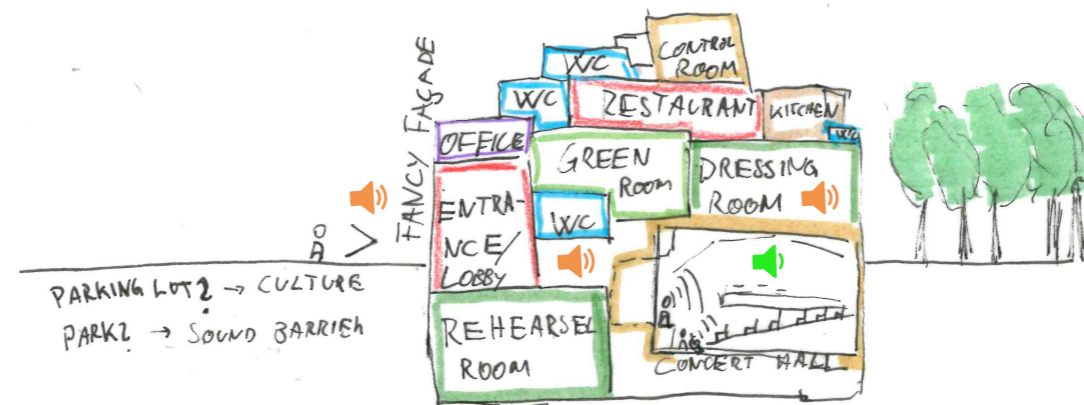


Återupptäckt gav genombrott

Då vi inte riktigt kände att vi hade fått till det exteriört och med projektet som helhet, tog vi ett steg tillbaka och började fundera på övergripande koncept vi egentligen ville uppnå. Vi kände att det krävdes något mer distinkt och slående, något där konceptet verkligen genomsyrar hela byggnaden fullt ut.

Här väcker vi även det andra konceptet från uppgift 2 till liv; det om staplande av kuber och rätblock. Detta blev ett genombrott och den pusselbit vi tidigare hade saknat. Vi beslutade oss här för att verkligen ta kontrasteringen av sfären gentemot resten av byggnaden till det extrema, med alla andra volymer som rätblock och varenda vägg i rät vinkel. Tydlig koppling till vårt mål med kontrastering och dessutom numera mer eller mindre användande av alla våra tre konceptuella idéer avseende bullerskydd från uppgift 2.

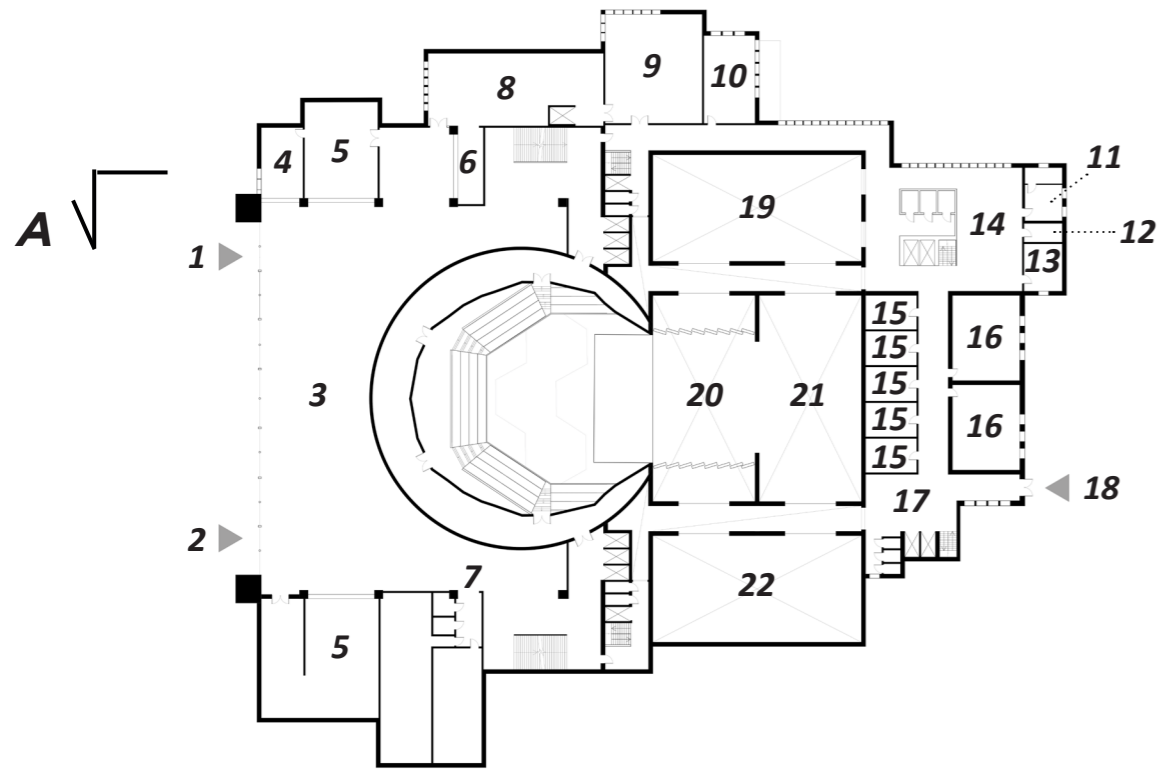
Detta möjliggjorde också ett narrativ om att genomgående använda oss av enkla, geometriska grundformer - sfär, rätblock och trianglar. Med koppling till hur musik faktiskt är uppbyggt enligt liknande premisser; simpla byggstenar i grunden som tillsammans skapar en komplex helhet.



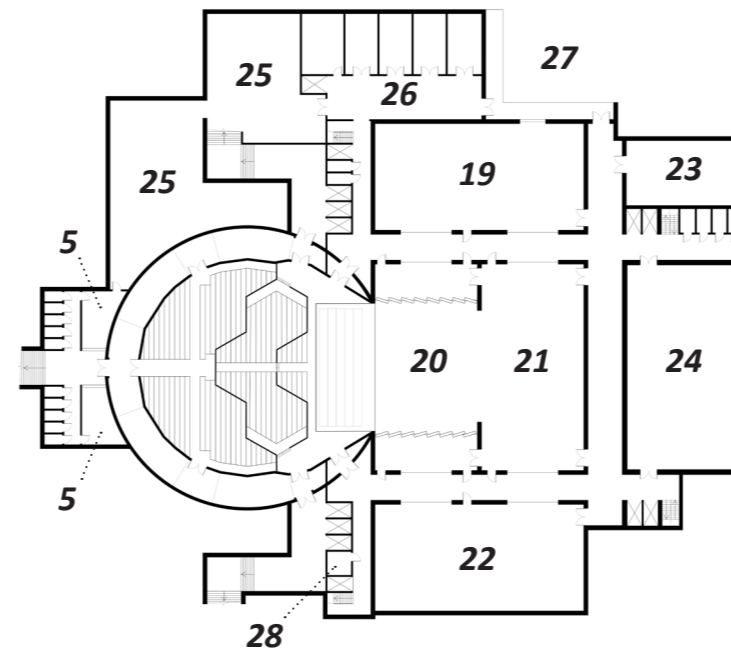
Planlösningar

Med det övergripande konceptet på plats om att använda strikta rätblock av varierande storlekar, påbörjades återigen pusslandet med planlösningen. Det flöt nu på mycket bättre än tidigare när man hade skapat sig tydliga regler att förhålla sig till. Ett formspråk att följa. Särskilt när man ju i detta fall inte hade så mycket att förhålla sig till gällande omgivningen underlättade det stort att ha skapat sig ett eget ramverk.

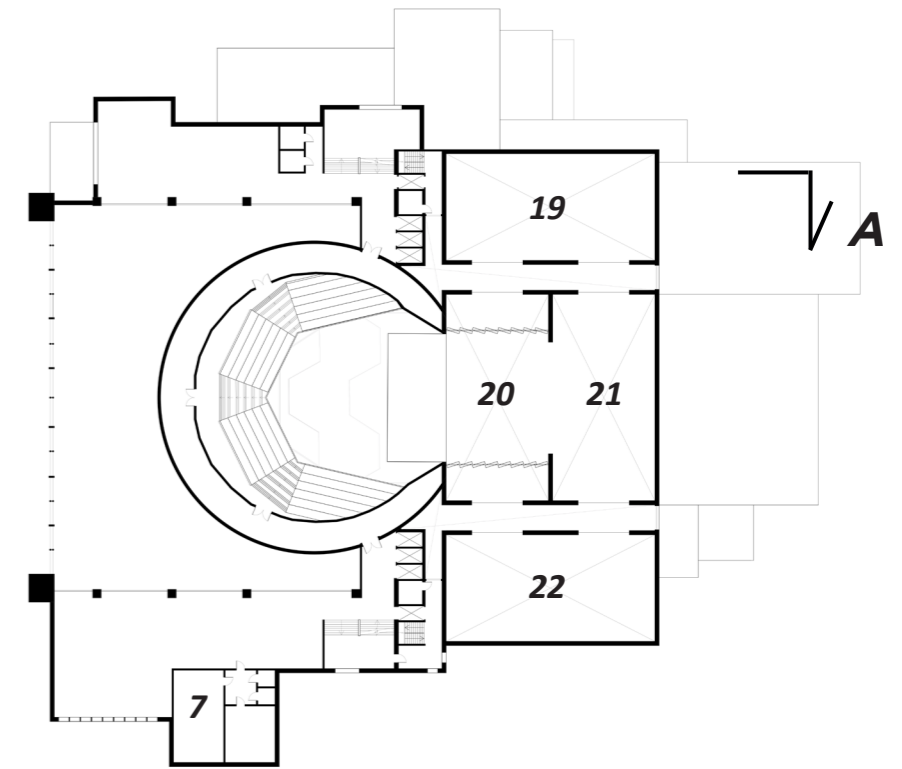
0: LOBBY LEVEL



-1: STAGE LEVEL



1: BALCONY LEVEL



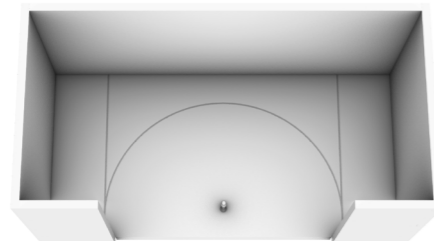
- | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|--|--------|--|---------------------------|
| 1. Entrance | NC-35 | 9. Dining room (145 m ²) | NC-35 | 17. Performers' lobby | NC-30 | 25. MER (430 m ²) | NC-40 |
| 2. Entrance ticket-holders | NC-30 | 10. Green room (61 m ²) | NC-25 | 18. Performers' entrance | NC-40 | 26. Lighting storage room (27 m ²) | NC-40 |
| 3. Lobby (956 m ²) | NC-35 | 11. Conductors dressing room (28 m ²) | NC-25 | 19. Scene shop (306 m ²) | NC-40 | Audio storage room (27 m ²) | NC-40 |
| 4. Ticket/house manager's office (40 m ²) | NC-30 | 12. Prop pantry (10 m ²) | NC-30 | 20. Stage (178 m ²) | NCB-10 | Repair room (34 m ²) | NC-40 |
| 5. Wardrobe/storage | NC-30 | 13. Wig and make up (25 m ²) | NC-30 | 21. Back stage (296 m ²) | NC-15 | Dimmer rack room (27 m ²) | NC-40 |
| 6. Lobby bar (109 m ²) | NC-35 | 14. Performers' lounge | NC-30 | 22. Side stage (306 m ²) | NC-25 | Audio rack room (27 m ²) | NC-40 |
| 7. Public restrooms (238 m ²) | NC-30 | 15. Solo dressing room (24 m ²) | NC-20 | 23. Costume shop (104 m ²) | NC-30 | 27. Truck loading dock | L _{AFmax} = 82dB |
| 8. Kitchen (173 m ²) | NC-35 | 16. Chorus dressing room (79 m ²) | NC-25 | 24. Rehearsal room (324 m ²) | NBC-15 | 28. Off-stage toilet (8 m ²) | NC-25 |
| | | | | | | Corridors/hallways backstage | NC-20 |
| | | | | | | Elevators/lifts | NC-35 |

Akustisk prototyp: stage rail system

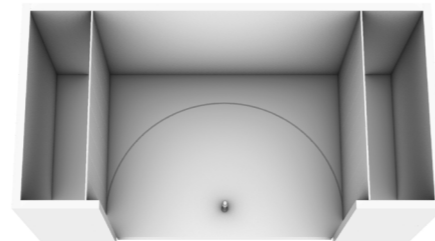
I arbetet med planlösningarna och den kontinuerliga avstämningen gentemot tävlingsreglerna såg vi att ett *orchestra shell* - en sorts portabel avdelning av scenen för mindre ensembler - också var en del av programmet.

Vi hade redan diskuterat roterande ytor som sidoväggar mellan scenen och dess vingar för att kunna justera akustiken och öppna upp smitvägar ut i vingarna. Här kläcktes idén om att utveckla detta system.

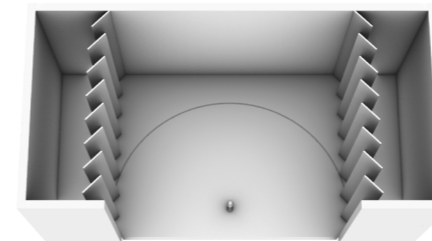
På scengolvet anläggs ett spår enligt första bilden nedan, där de roterande sidoytorna (8 per sida) monteras och kan skjutas längs med spåret. Dras dessa ytor in på den rundande delen av spåret, bildas ett orchestra shell alltså med hjälp av arkitekturen istället för att ha något helt portabelt som förs in på scen.



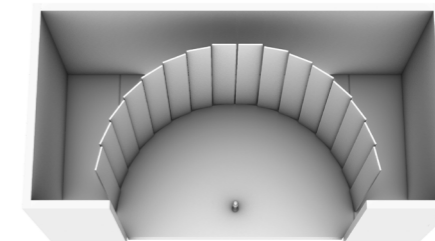
Spårsystem i scengolvet



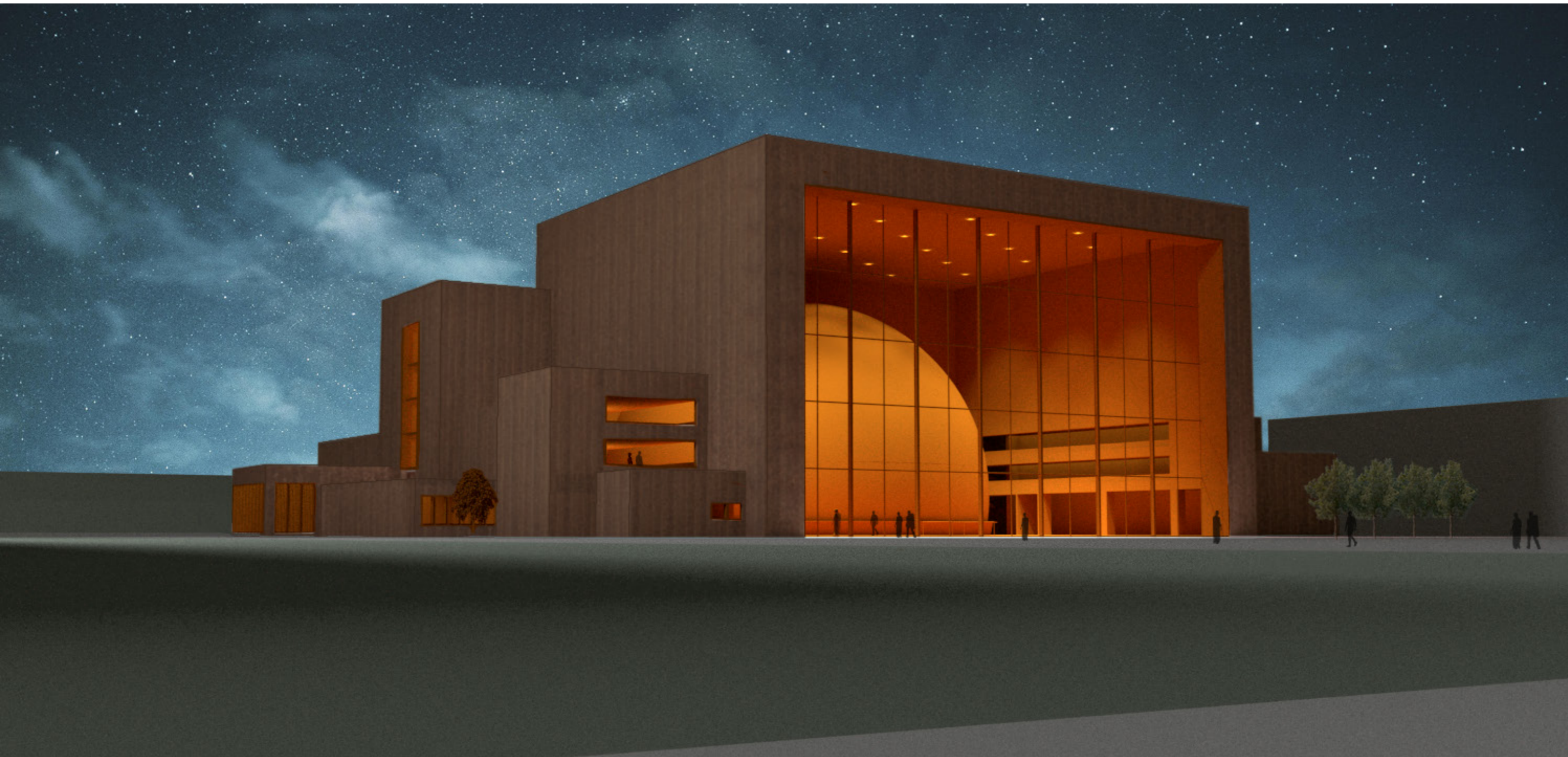
Sidoytorna ställda parallellt med varandra



Sidoytorna lätt roterade



Sidoytorna skapar ett orchestra shell





Hear the Sphere

THE SIMPLICITY OF COMPLEXITY
Music is composed by only 12 notes that in different styles, pitch and shapes form a coherent complexity. In a similar manner, the new campus opera hall uses only simple geometrical volumes, together creating a complex compound building. The simplicity of geometry forms a new landmark that shapes the whole campus and strengthens the musical education of the college.

"There is geometry in the humming of the strings, there is music in the spacing of the spheres"
-Pythagoras-

Except for the hard concrete sphere, all building parts are constructed in wood, colored in a violin-like brown tone. The interplay between the reverberant wooden interior and the contrasting, sound-shaping sphere forms the perception of the inside of a string instrument.

THE SPHERE
The spherical form, nature's ultimate way of protecting from the world outside in all directions, will host the opera hall.

SUBMERGED
By limiting the amount of surface exposed to the outside and through the added mass from the soil, vibrations are reduced.

CUBOID STACKING
The noise coming from the highway and the campus is gradually reduced by cuboids, placed around the sphere.

LOBBY SHELL
A large cuboid around the sphere is attenuating the airplane noise from above, while giving room for a spacious lobby.

THE SITE
Near other important university facilities, the opera marks the end of a long axiality through the whole campus area. Together with the surrounding buildings it creates a park-like open space, perfect for open air performances with the sphere as a majestic backdrop.

ROLLING HILLS
Excess ground mass from the site excavation will be used to form rolling hills, which serve as a natural outer sound barrier in the 60 meter wide space between the highway and the opera.

LOBBY
On top of serving as the entrance to the opera hall, the lobby can also be used for venues like dinners, receptions or even as a student nightclub. It is formed like an atrium with balconies running on the sides, with the sphere as a striking centerpiece dictating the movements on the floor. All walls and the ceiling are absorbing and the hard concrete surface of the sphere is reflecting. In a crowded room with people providing absorption across the floor, it means you can literally hear the sphere.

RT unoccupied lobby: 0.75 s
RT occupied lobby: 0.60 s

STAGE LEVEL
Generous areas around the stage provide space for different rehearsals and practices. Similarly to the opera hall, the orchestra rehearsal room (24) is a room-in-room construction with thick walls to protect it from the rest of the backstage as well as the highway noise. For further sound-proofing from the outside disturbance it is also placed under ground, bordered by the foot of the rolling hills in the back. The backstage area is connected by sizeable corridors running around the stage area, to support smooth logistics while also functioning as a noise and vibration reduction.

RT rehearsal room: 0.74 s

DRESSING ROOM AREA
A backstage entrance (18) on ground level provides access for performers. All dressing rooms are protected by walls with high mass per unit area that reduces the noise from the highway. A short walk along a windowed hallway with a view over the rolling hills leads to the green room (10) and the staff dining room (9). The green room is also in close proximity to the public side of the building, for easy arrangement of meetings with the performers.

The three inner glass layers of the lobby windows are slightly tilted, to reflect sound upwards instead of straight back into the crowds. They are also decoupled from the rest of the construction to avoid vibrations.

36	glass
4	air
12	glass
6	air
350	pillar/air
38	glass
6	air
22	glass
12	air
24	glass

[mm]

0: LOBBY LEVEL **-1: STAGE LEVEL** **1: BALCONY LEVEL**

1. Entrance	9. Dining room (145 m ²)	NC-35	17. Performers' lobby	NC-30	25. MER (430 m ²)	NC-40
2. Entrance ticket-holders	10. Green room (61 m ²)	NC-25	18. Performers' entrance	NC-30	26. Lighting storage room (27 m ²)	NC-40
3. Lobby (956 m ²)	11. Conductors dressing room (28 m ²)	NC-25	19. Scene shop (306 m ²)	NC-40	27. Audio storage room (27 m ²)	NC-40
4. Ticket/house manager's office (40 m ²)	12. Prop pantry (10 m ²)	NC-30	20. Stage (178 m ²)	NCB-10	28. Repair room (34 m ²)	NC-40
5. Wardrobe/storage	13. Wig and make up (25 m ²)	NC-30	21. Back stage (296 m ²)	NC-15	29. Dimmer rack room (27 m ²)	NC-40
6. Lobby bar (109 m ²)	14. Performers' lounge	NC-30	22. Side stage (306 m ²)	NC-25	30. Audio rack room (27 m ²)	NC-40
7. Public restrooms (238 m ²)	15. Solo dressing room (24 m ²)	NC-20	23. Costume shop (104 m ²)	NC-30	31. Truck loading dock	L _{max} = 82dB
8. Kitchen (173 m ²)	16. Chorus dressing room (79 m ²)	NC-25	24. Rehearsal room (324 m ²)	NBC-15	32. Off-stage toilet (8 m ²)	NC-25

Corridors/hallways backstage
Elevators/lifts NC-20 NC-35

Combined noise (worst case): 90.65 dB

SECTION A-A

Hall capacity: 1,296 seats
Volume: 12,500 m³
Distance to stage: ≤ 28 m
Wall materials: Wood, gypsum boards, concrete

SHORT DISTANCES
The spherical shape allows short distances between the audience and the stage. All seats are within 28 meters from the front of the stage, which means the strength variation throughout the hall is relatively small.

TRIANGULAR CHAMBERS
The surface of the inner sphere is divided into a set of planar triangular surfaces with a rough, diffusing finish. Above the top balcony level, these triangular surfaces can be opened to expose chambers with highly absorbing materials. The hall acoustics can therefore be adjusted by opening up these chambers by different degrees.

ANGLED FRONTS
The perpendicular faces of the first and third balcony (angled slightly downwards) give the artists their needed acoustical feedback. Both work together to bring the reflections in a time pattern which results in a homogeneous reverberant reflection rather than a disturbing echo.

NEARBY REFLECTORS
Thanks to the shallow balconies and vineyard-like configuration of the stage level seats, every audience member sits near a reflective surface. This results in a high clarity for the whole audience.

FOCAL POINT REMOVAL
Normally, an issue regarding a spherical volume is the acoustical focal point which is created. However, due to the triangular surfaces and their side length of 4 meters, this effect is avoided for 85 Hz upwards. For low frequencies, the triangles are acoustically invisible due to material thickness. For the remaining frequency range, repeating clusters of six triangles are used to absorb and scatter, thus entirely removing the focal point.

STAGE RAIL SYSTEM
The walls between the stage and the wings on either side are split up in 8 separate parts. These can be slid along a rail system (a) in the floor as well as rotated to either expose an absorbing or a reflective surface into the stage. Thus, the rotation and position of the walls affect the overall hall acoustics and can be adjusted depending on type of performance. Furthermore, if the surfaces are slid onto the circular part of the rail, together with plates hoisted down from the gridiron, an orchestra shell (d) can be formed.

INTIMATE SPACIOUSNESS
In most opera halls, clarity and reverberation time are mutually exclusive. However, the spherical shape combines short distances with a big volume. This leads to a strong direct sound with high clarity, combined with the spaciousness of a long reverberation.

VARIABLE ACOUSTICS
The systems explained above provide several variables for tuning the hall acoustics to fit different types of performances. The graph to the right gives an example of the hall's flexibility with its 86 triangular chambers and 216 m² of variable stage surfaces.

Opera 75 triangular chambers fully open. Stage surfaces absorbing. No panels over stage.
Choir 43 triangular chambers fully open. Stage reflective. Panels over stage.
Speech 69 triangular chambers fully open. Stage reflective. No panels over stage.
Cinema 86 triangular chambers fully open. Stage absorbing. No panels over stage.

Outer sphere
Inner sphere
Lobby level

1. Height-adjustable orchestra pit
2. Stage house
3. Triangular chambers
4. Hexagonal chamber
5. Lighting and stage control room (27 m²)
6. Follow spot booth (22 m²)
7. Projection/title booth (20 m²)
8. In-house audio mix position

Triangular chamber, closed vs open.
Combined light and ventilation pipes in the center of each triangular chamber.

a) b) c) d)

Då presentationen hölls helt och hållet digitalt, och vi aldrig visade de tre sidorna samtidigt i bredd som ovan, lades störst vikt vid att sidorna följde samma grundspråk och mönster med omslutande färgade områden längst upp och längst ner på varje sida. Detta för igenkänning och en sammanhållen känsla även vid åskådning av en plansch i taget.

I linje med hallens självklara huvudroll valdes en tydligt kontrasterande orange kulör i ett försök att förmedla detta grafiskt. Detta blev också en naturlig del av pedagogiken i konceptskemat på första planschen.

Generellt koncept kring upplägget på planscherna var övergripande konceptuella drag på första planschen, byggnaden i helhet på plansch nummer två och sedan fokus på själva operahallen och dess akustik som avslutning.

PLANSCHER		01
ARBETSGÅNG		02
REFLEKTION	 	03

03 | REFLEKTION

REFLEKTION: ARKITEKTUR

Jag gillar det arkitektoniska konceptet med användning av enbart några få olika grundformer och sedan addera ihop dessa till en komplex helhet. Användningen av rätblock staplade på varandra, vilket påminner om barndomens enkla byggnadsklossar, ger en lekfullhet och lättsamhet i uttrycket. Det kanske också bidrar till att tona ner lite av det annars möjligen strikta och monumentala med att visa upp en sfär genom en glasfasad.

Just kontrasteringen mellan former och hur det kan användas till att framhäva olika saker är också något som visuellt attraherar och intresserar mig. I detta förslagets fall både med avseende på volymer, men också i planlösningen där faktiskt varenda vägg med avsikt gjordes rak och rätvinklig för att även här kontrastera mot sfären.

Integration av akustik

En annan aspekt jag var nöjd över var hur de akustiska koncepten blev en så central del i utformningen. Hur egentligen all utformning hade akustiska anledningar i grunden. Dels i alla delar i den övergripande arkitekturen (rätblocken som skyddar mot buller, sfären halvt nedsänkt i marken, luft mellan sfär och lobbyväggar för mindre vibrationer) men också inne i sfären. Att alla de triangulära ytorna med kammare bakom inte var något fristående man enbart applicerade av akustiska skäl, utan att det var en central del av arkitekturen OCH blev den viktigaste prototypen för variabel akustik i form av de öppningsbara triangulära kamrarna.

Jag tycker också att vi fick ihop en bra helhet i hur de olika prototyperna kunde samutnyttjas inne i salen för att justera akustiken. Hur man kan öppna upp ett visst antal kammare, rotera ytorna på scenen (stage rail system) och sänka ner paneler ovanför scenen för att tillsammans skapa en specifik ljudbild beroende på vilket uppträdande som ska hållas.

Integration av ljus

Det här var något jag hade velat ha haft tid att jobba ännu mer med, men var en av de bitar som tvingades lämna plats åt fokuset på akustiken. Vi hade en idé om insläpp av naturligt ljus genom att kombinera ihop de översta triangulära kamrarna till ett lite större ljusinsläpp. Som beskrivet under uppgift 2 om diffuserande glaspaneler.

Dessutom pratade vi om olika sätt att ännu tydligare iscensätta sfären inne i lobbyrummet genom dels ljusinsläpp uppe i taket, men även slitsar av ljus högt uppe på sidoväggarna i lobbyn. Denna idé fick till och med strykas helt både på grund av plats- och tidsbrist.

REFLEKTION: SAMARBETET

Det interdisciplinära samarbetet med en akustiker från *Applied Acoustics* var lärorikt på många sätt. Dels har man lärt sig hur mycket det finns att tänka på avseende akustik inom arkitektur, dels har det varit en bra förberedelse för arbete inom större projektgrupper i arbetslivet. Där sker ju ständig kontakt med experter inom olika discipliner och områden där man måste kompromissa och samköra på olika sätt för att ro ett projekt i hamn.

Att all kommunikation och presentation dessutom blev tvungen att hållas på engelska har varit en mycket bra förberedelse för mastersutbildningen. En god erfarenhet att ha med sig in i årskurs fyra och fem att man har testat på det någon gång tidigare.

Generellt gällande samarbete i grupp har jag märkt att det är av stor vikt att kunna kommunicera väl. Projektet har varit en bra träning i att kunna sätta ord på sina idéer och förmedla dem till resten av gruppen på ett tydligt sätt.

Vi hittade ett bra arbetssätt där vi i princip alltid satt tillsammans men delade upp arbetsuppgifter och ansvarsområden. På så sätt kunde vi båda hela tiden vara med i alla beslut men ändå effektivisera arbetet genom uppdelning.

Vår akustiker satt dessutom med oss fysiskt och deltog flertalet gånger i skissande och kontinuerliga diskussioner, vilket var väldigt givande. Framförallt muntligt men också genom enkla skisser på tavla och skisspapper kunde vi hitta olika sätt att brygga broar mellan arkitektur och akustik. Det nära samarbetet med honom hade exempelvis en stor del i utvecklingen av de akustiska prototyperna inne i hallen.

Hade vi en idé om något konceptuellt kunde vi snabbt och enkelt rådfråga honom om det faktiskt fungerar, vilket hela tiden gav oss självförtroendet som behövdes för att gå vidare. Speciellt steget att få bekräftat att våra koncept faktiskt gjorde att den sfäriska formen skulle fungera akustiskt var ett viktigt avstamp för att kunna gå vidare mot färdigställning och en slutprodukt. Här fanns innan dess såklart fortfarande en osäkerhet kring projektet.



Hear the Sphere

THE SIMPLICITY OF COMPLEXITY
Music is composed by only 12 notes that in different styles, pitch and shapes form a coherent complexity. In a similar manner, the new campus opera hall uses only simple geometrical volumes, together creating a complex compound building. The simplicity of geometry forms a new landmark that shapes the whole campus and strengthens the musical education of the college.

"There is geometry in the humming of the strings, there is music in the spacing of the spheres"
-Pythagoras

Except for the hard concrete sphere, all building parts are constructed in wood, colored in a violin-like brown tone. The interplay between the reverberant wooden interior and the contrasting, sound-shaping sphere forms the perception of the inside of a string instrument.

THE SPHERE
The spherical form, nature's ultimate way of protecting from the world outside in all directions, will host the opera hall.

SUBMERGED
By limiting the amount of surface exposed to the outside and through the added mass from the soil, vibrations are reduced.

CUBOID STACKING
The noise coming from the highway and the campus is gradually reduced by cuboids, placed around the sphere.

LOBBY SHELL
A large cuboid around the sphere is attenuating the airplane noise from above, while giving room for a spacious lobby.

THE SITE
Near other important university facilities, the opera marks the end of a long axis through the whole campus area. Together with the surrounding buildings it creates a park-like open space, perfect for open air performances with the sphere as a majestic backdrop.

ROLLING HILLS
Excess ground mass from the site excavation will be used to form rolling hills, which serve as a natural outer sound barrier in the 60 meter wide space between the highway and the opera.

LOBBY
On top of serving as the entrance to the opera hall, the lobby can also be used for venues like dinners, receptions or even as a student nightclub. It is formed like an atrium with balconies running on the sides, with the sphere as a striking centerpiece dictating the movements on the floor. All walls and the ceiling are absorbing and the hard concrete surface of the sphere is reflecting. In a crowded room with people providing absorption across the floor, it means you can literally hear the sphere.

The three inner glass layers of the lobby windows are slightly tilted to reflect sound upwards instead of straight back into the crowd. They are also decoupled from the rest of the construction to avoid vibrations.

RT unoccupied lobby: 0.75 s
RT occupied lobby: 0.60 s

STAGE LEVEL
Generous areas around the stage provide space for different rehearsals and practices. Similarly to the opera hall, the orchestra rehearsal room (24) is a room-in-room construction with thick walls to protect it from the rest of the backstage as well as the highway noise. For further sound-proofing from the outside disturbance it is also placed under ground, bordered by the foot of the rolling hills in the back. The backstage area is connected by sizeable corridors running around the stage area, to support smooth logistics while also functioning as a noise and vibration reduction.

RT rehearsal room: 0.74 s

DRESSING ROOM AREA
A backstage entrance (18) on ground level provides access for performers. All dressing rooms are protected by walls with high mass per unit area that reduces the noise from the highway. A short walk along a windowed hallway with a view over the rolling hills leads to the green room (10) and the staff dining room (9). The green room is also in close proximity to the public side of the building, for easy arrangement of meetings with the performers.

0: LOBBY LEVEL **-1: STAGE LEVEL** **1: BALCONY LEVEL**

1. Entrance	9. Dining room (145 m ²)	NC-35	17. Performer's lobby	NC-30	25. MEI (430 m ²)	NC-40
2. Entrance ticket holders	10. Green room (81 m ²)	NC-25	18. Performer's entrance	NC-40	26. Lighting storage room (27 m ²)	NC-40
3. Lobby (356 m ²)	11. Conductor's dressing room (28 m ²)	NC-25	19. Service shop (206 m ²)	NC-40	27. Stage house	NC-40
4. Ticket/box manager's office (40 m ²)	12. Prop storage (30 m ²)	NC-30	20. Stage (178 m ²)	NCB-30	28. Off-stage toilet (4 m ²)	NC-35
5. Warehouse/storage	13. Wig and make up (25 m ²)	NC-30	21. Back stage (276 m ²)	NC-15	29. Dinner rack room (27 m ²)	NC-40
6. Lobby bar (228 m ²)	14. Performer's lounge	NC-30	22. Side stage (106 m ²)	NC-25	30. Audio rack room (27 m ²)	NC-40
7. Public restrooms (238 m ²)	15. Solo dressing room (24 m ²)	NC-20	23. Costume shop (104 m ²)	NC-30	31. Truck loading dock	NC-30
8. Kitchen (173 m ²)	16. Choir dressing room (79 m ²)	NC-25	24. Rehearsal room (244 m ²)	NCB-30	32. Off-stage toilet (4 m ²)	NC-35

Corridors/hallways backstage: NC-30
Elevators/lifts: NC-35

SECTION A-A

Hall capacity: 1,200 seats
Volume: 22,500 m³
Distance to stage: ≤ 28 m
Wall materials: Wood, gypsum boards, concrete

SHORT DISTANCES
The spherical shape allows short distances between the audience and the stage. All seats are within 28 meters from the front of the stage, which means the strength variation throughout the hall is relatively small.

TRIANGULAR CHAMBERS
The surface of the inner sphere is divided into a set of planar triangular surfaces with a rough, diffusing finish. Above the top balcony level, these triangular surfaces can be opened to expose chambers with highly absorbing materials. The hall acoustics can therefore be adjusted by opening up these chambers by different degrees.

ANGLED FRONTS
The perpendicular faces of the first and third balcony (angled slightly downwards) give the artists their needed acoustical feedback. Both work together to bring the reflections in a time pattern which results in a homogeneous reverberant reflection rather than a disturbing echo.

NEARBY REFLECTORS
Thanks to the shallow balconies and vineyard-like configuration of the stage level seats, every audience member sits near a reflective surface. This results in a high clarity for the whole audience.

FOCAL POINT REMOVAL
Normally, an issue regarding a spherical volume is the acoustical focal point which is created. However, due to the triangular surfaces and their side length of 4 meters, this effect is avoided for 85 Hz upwards. For low frequencies, the triangles are acoustically invisible due to material thickness. For the remaining frequency range, repeating clusters of six triangles are used to absorb and scatter, thus entirely removing the focal point.

STAGE RAIL SYSTEM
The walls between the stage and the wings on either side are split up in 8 separate parts. These can be slid along a rail system (a) in the floor as well as rotated to either expose an absorbing or a reflective surface into the stage. Thus, the rotation and position of the walls affect the overall hall acoustics and can be adjusted depending on type of performance. Furthermore, if the surfaces are slid onto the circular part of the rail, together with plates hoisted down from the gridiron, an orchestra shell (d) can be formed.

INTIMATE SPACIOUSNESS
In most opera halls, clarity and reverberation time are mutually exclusive. However, the spherical shape combines short distances with a big volume. This leads to a strong direct sound with high clarity, combined with the spaciousness of a long reverberation.

VARIABLE ACOUSTICS
The systems explained above provide several variables for tuning the hall acoustics to fit different types of performances. The graph to the right gives an example of the hall's flexibility with its 86 triangular chambers and 216 m² of variable stage surfaces.

Opera 75 triangular chambers fully open. Stage surfaces absorbing. No panels over stage.
Choir 43 triangular chambers fully open. Stage reflective. Panels over stage.
Speech 69 triangular chambers fully open. Stage reflective. No panels over stage.
Cinema 86 triangular chambers fully open. Stage absorbing. No panels over stage.

REFLEKTION: PRESENTATIONEN

Arbetet med sammanställning av de tre planschererna blev en mycket bra träning i att verkligen tänka efter vad man vill förmedla och hur det görs på kortast möjliga vis utan att tappa i slagkraft. Speciellt sista sidan där vi förklarar de akustiska koncepten kring insidan av hallen var en utmaning att banta ner till en lagom nivå, givet tillåten textstorlek och storlek på plansch.

Platsbrist i kombination med tidsbrist medförde också att vi valde bort en rendering av hallens insida. Detta hade varit nästa del på tur som vi hade velat ha med för att förmedla rätt känsla till läsaren/åhöraren.

Sista veckorna innan deadline blir alltid mer eller mindre stressiga i ett projekt och man hittar nästan alltid förbättringsmöjligheter i efterhand. Det är nu när man inte är inne i stressen längre som man på riktigt kan få en distans till det hela och exempelvis inse hur

man skulle ha kunnat presentera projektet på ett bättre sätt. När man ser på det i efterhand vet jag exempelvis inte om vi tryckte tillräckligt tydligt på de fördelar en sfärisk form faktiskt ger rent akustiskt;

- korta distanser

I vårt fall endast max 28 meter från scen till sittplats. Det är inte ovanligt med upp till 40 meter i hallar med kapacitet på 1200 sittplatser vilket gör att man tappar ljudstyrka.

- kombinationen av korta distanser med relativt stor volym

Normalt sett brukar man inte kunna kombinera lång efterklang med hög klarhet, de utesluter oftast varandra. Med den sfäriska formen får vi bra ljudstyrka och klarhet pga korta distanser och närliggande ytor PLUS den spatiösa/rymliga känslan från en lång efterklangstid.

Då vi mer eller mindre hade skapat oss själva ett problem med valet av en sfärisk form rent akustiskt kändes det som att vi fick problem med att få med all relevant information för att övertyga om att det verkligen fungerar, när nu utrymmet var så begränsat och det var mycket annat tävlingsrelaterat som behövde komma med.

Det är sammanfattningsvis en viktig lärdom att ta med sig, att verkligen försöka få till en distans till projektet innan förberedelserna för en presentation sätter igång. Med denna distansering kan man se projektet från andra vinklar och märka saker man inte gör när man är mitt inne i det. Eller på ett bättre sätt identifiera projektets svagheter och framförallt styrkor.