



# MYCO

MYCELIUM CONSTRUCTION PAVILION  
THE CIRCULAR LAB // ROSKILDE FESTIVAL 24

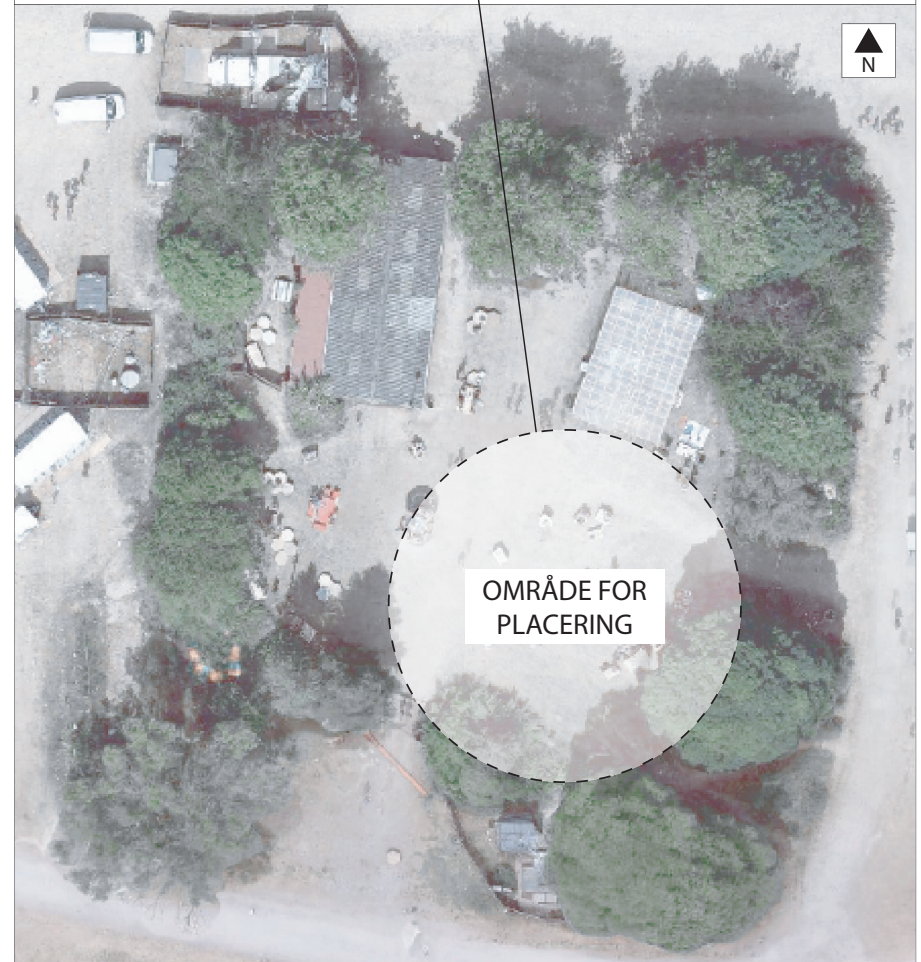


# A temporary city

150.000 inhabitants



## PLACERING

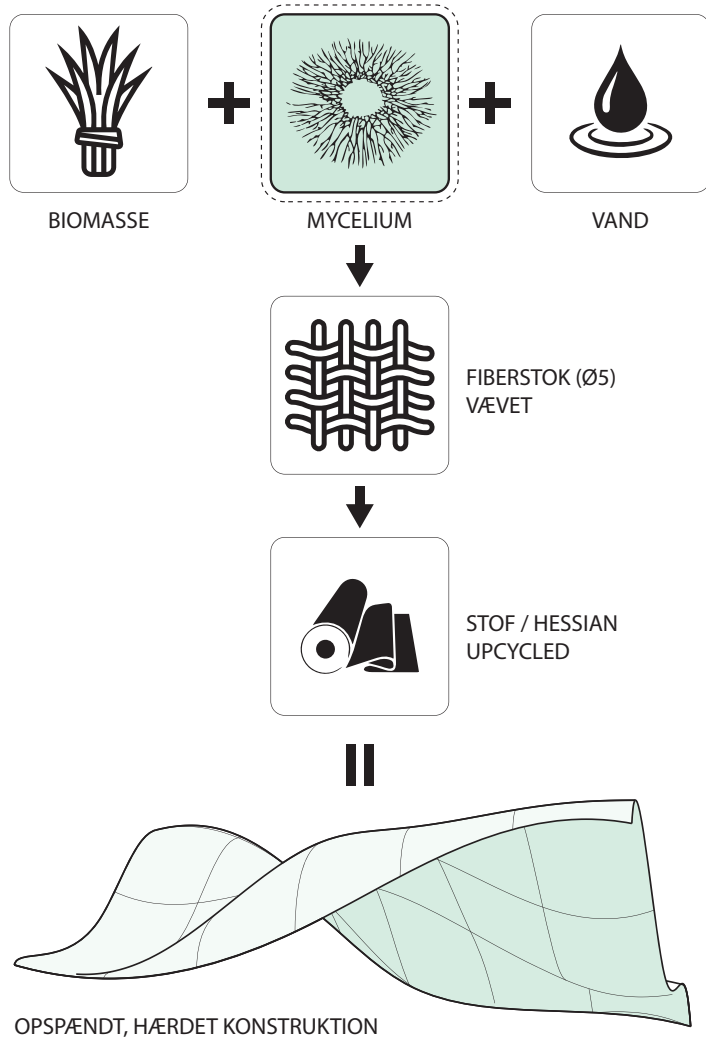




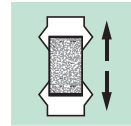
# MYCELIUM PAVILION

MYCO

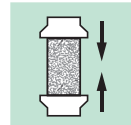
## MATERIALEBESKRIVELSE - SVAMPEBETON



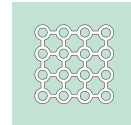
## MEKANISKE EGENSKABER



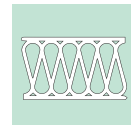
trækstyrke:  
0.25 n/mm<sup>2</sup>



trykstyrke:  
6 kPa



Densitet  
(efter tørring):  
100 kg/m<sup>3</sup>



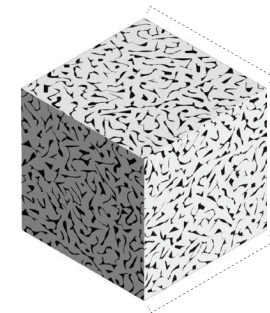
Isoleringsværdi  
(efter tørring):  
0,04-0,05 W/m<sup>2</sup>K



Sammenlignelig med  
**trykfast isolering**  
(MD PU-skum).



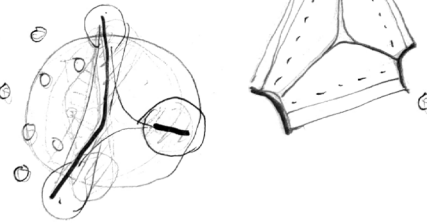
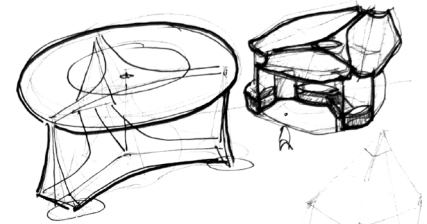
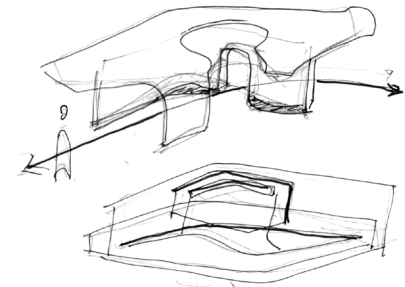
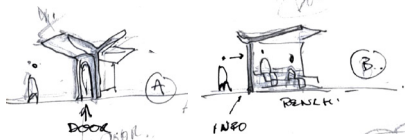
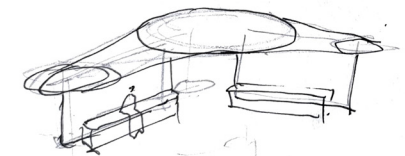
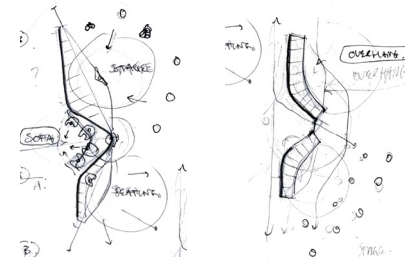
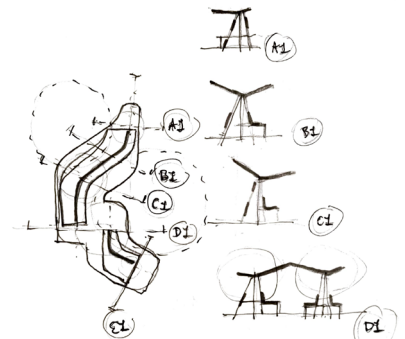
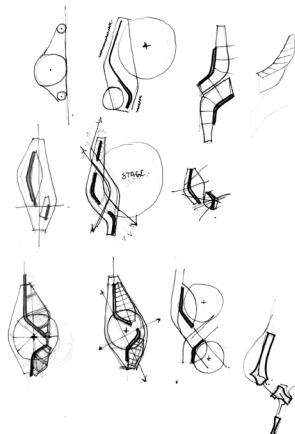
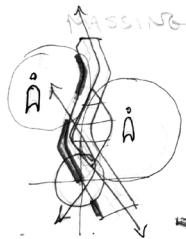
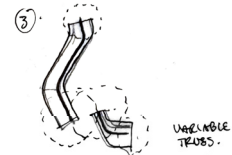
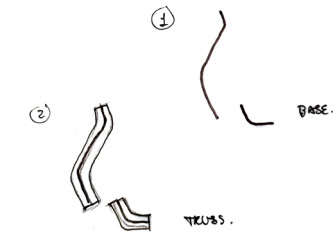
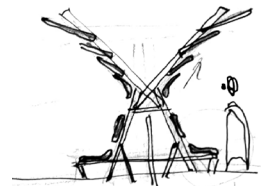
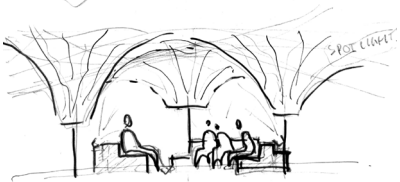
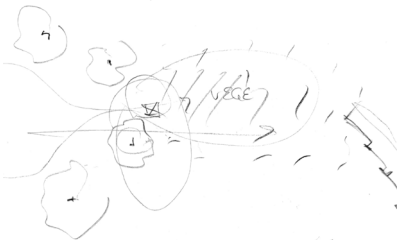
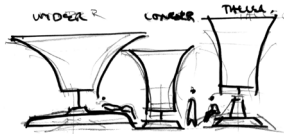
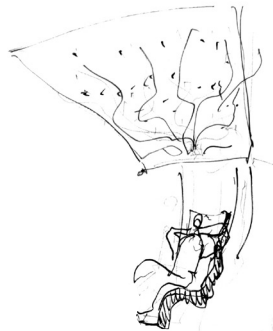
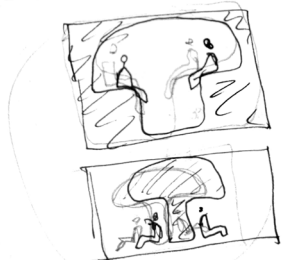
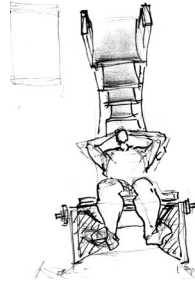
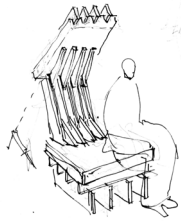
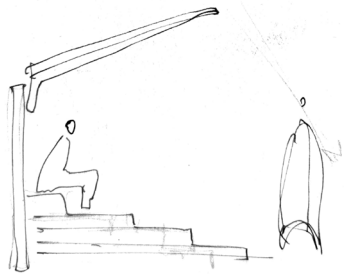
**Akustik klasse C**  
(0,6 vægтет lydæmpning)



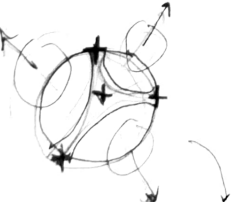
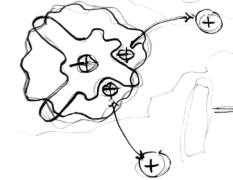
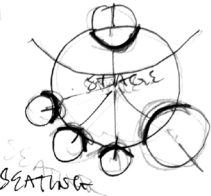
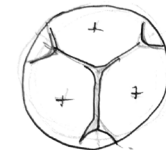
## KOMPOSITION:

Mycelium (Reishi):  
10% af vægt

Substrat:  
90% af vægt  
80% Hampeskærver  
20% Savsmuld



"REPEATING"

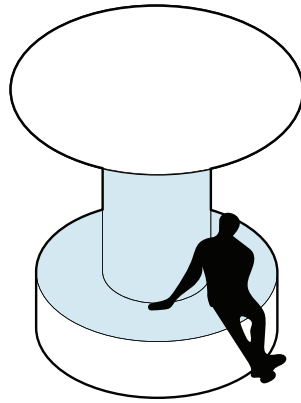




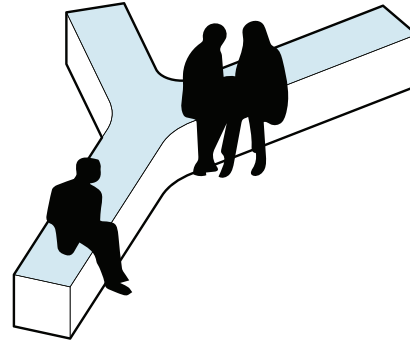




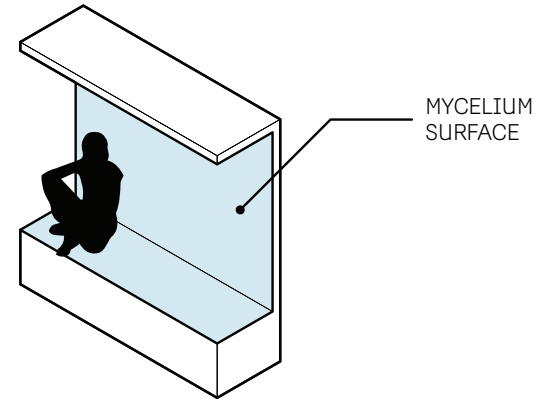
# TYOLOGIES



RADIAL

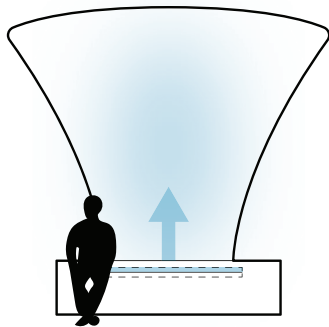


NETWORK



BACKDROP

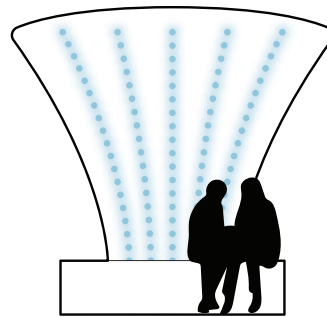
# LIGHTING



INDIRECT

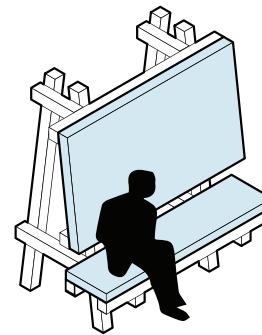


PRESSURE  
ACTIVATED

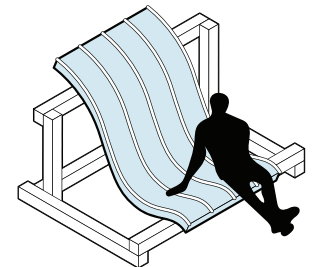


LED STRIPS

# ELEMENTS

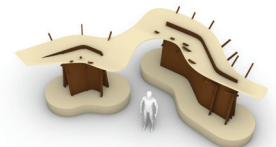
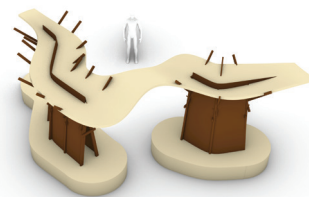
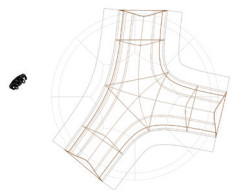
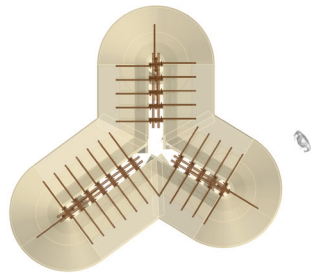
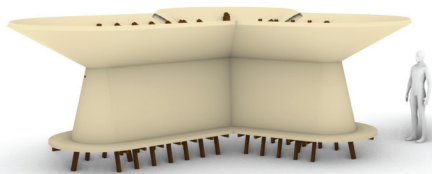
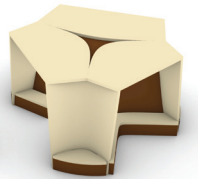
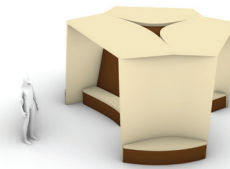
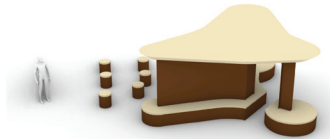
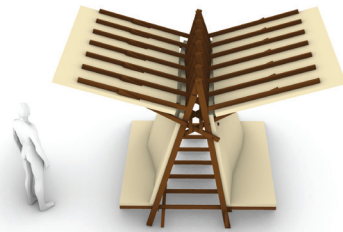
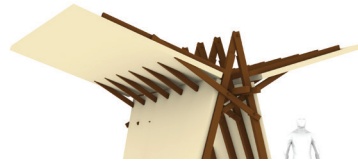
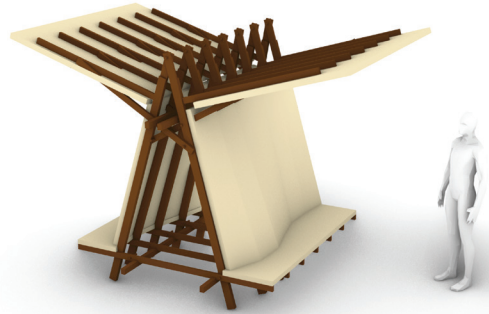
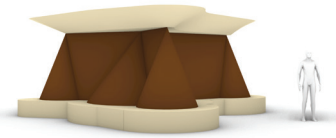
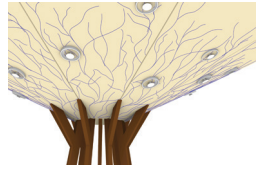
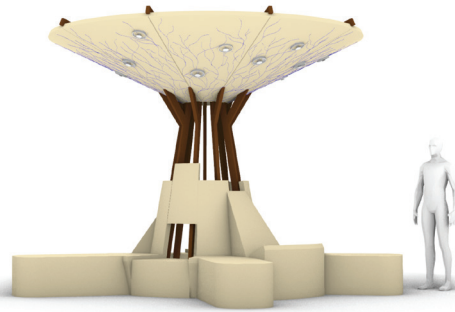


STANDARD



BESPOKE







# MYCELIUM PAVILION

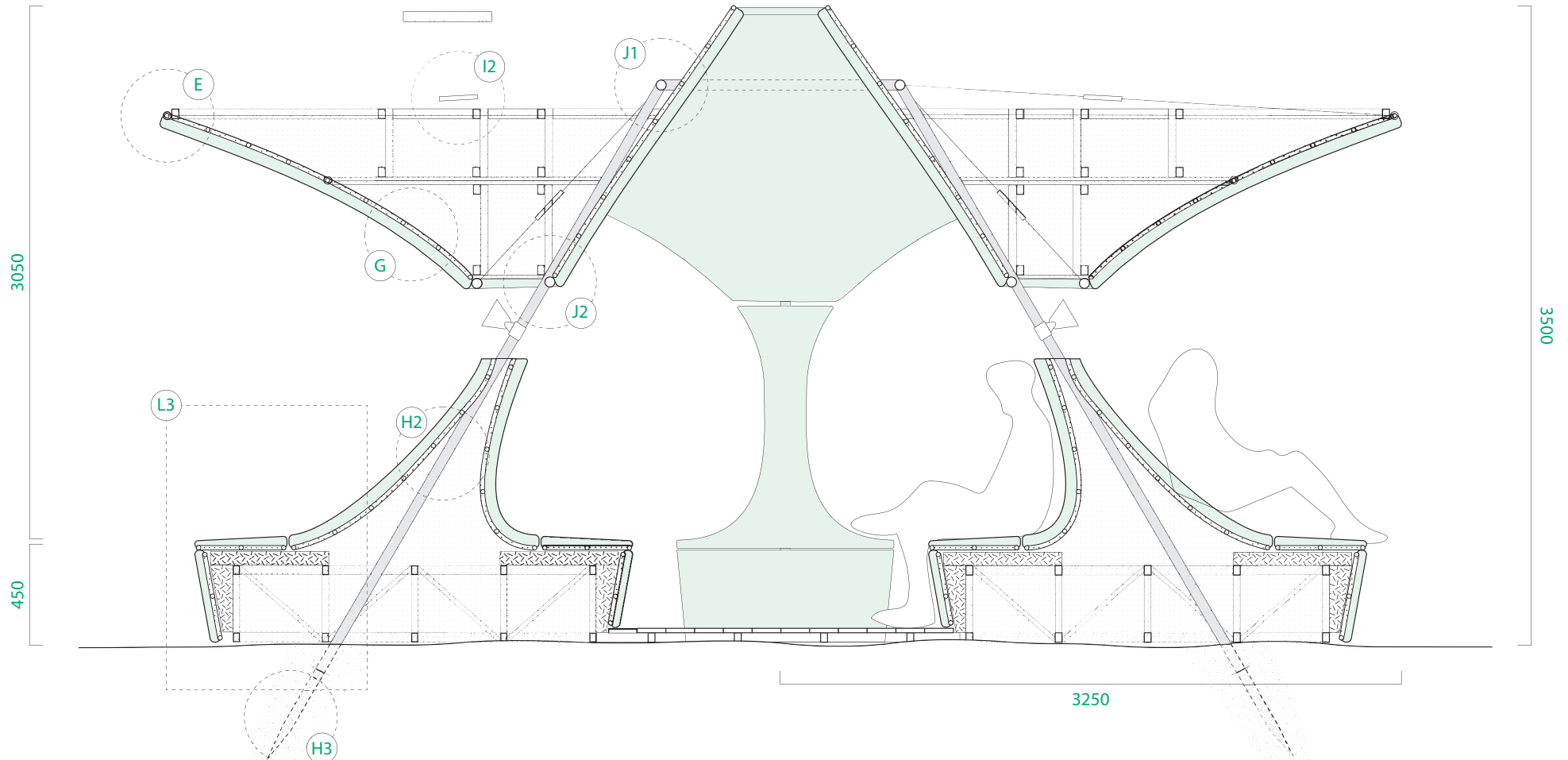
AREAL  
CA. 20 M<sup>2</sup>

KONSTRUKTIONSTID  
7 DAGE

PROJEKTETS VARIGHED  
8 FESTIVAL DAGE

# MYCO

LÆNGDESNIIT



FLAMINGOBLOKKE

JUTE TEKSTIL

MYCELIUM KOMPOSIT

STÅL

TRÆLÆGTER



# MYCELIUM PAVILION

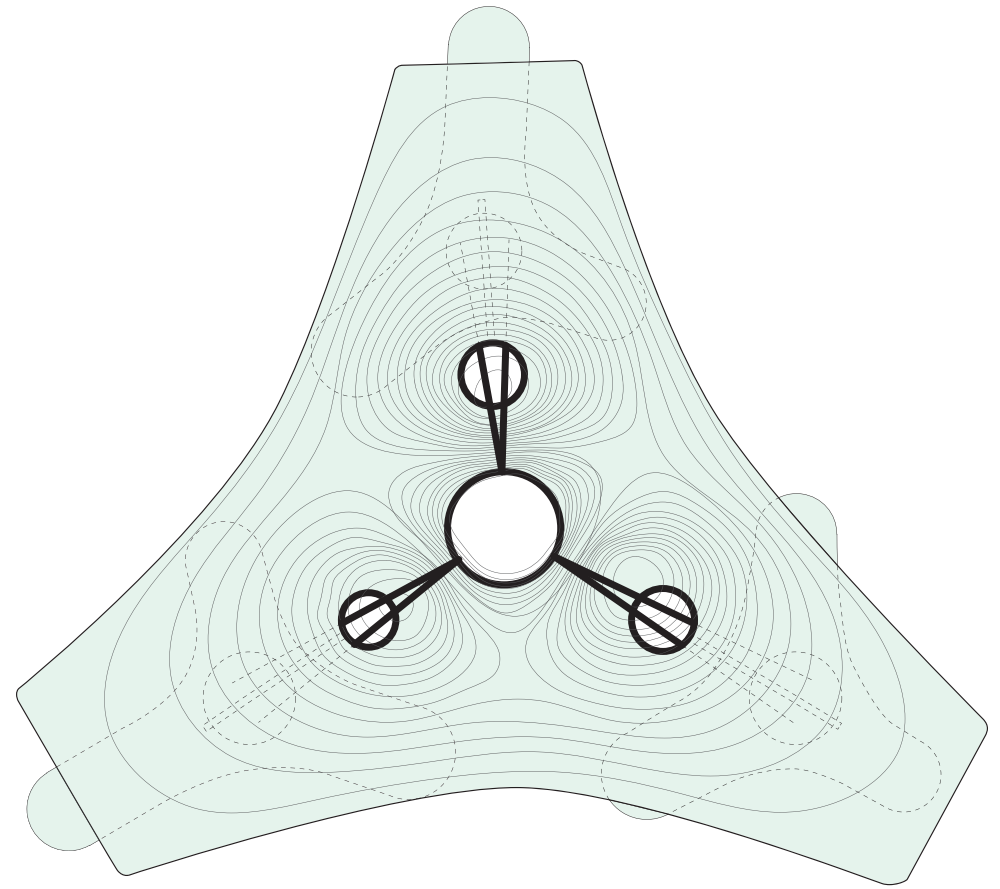
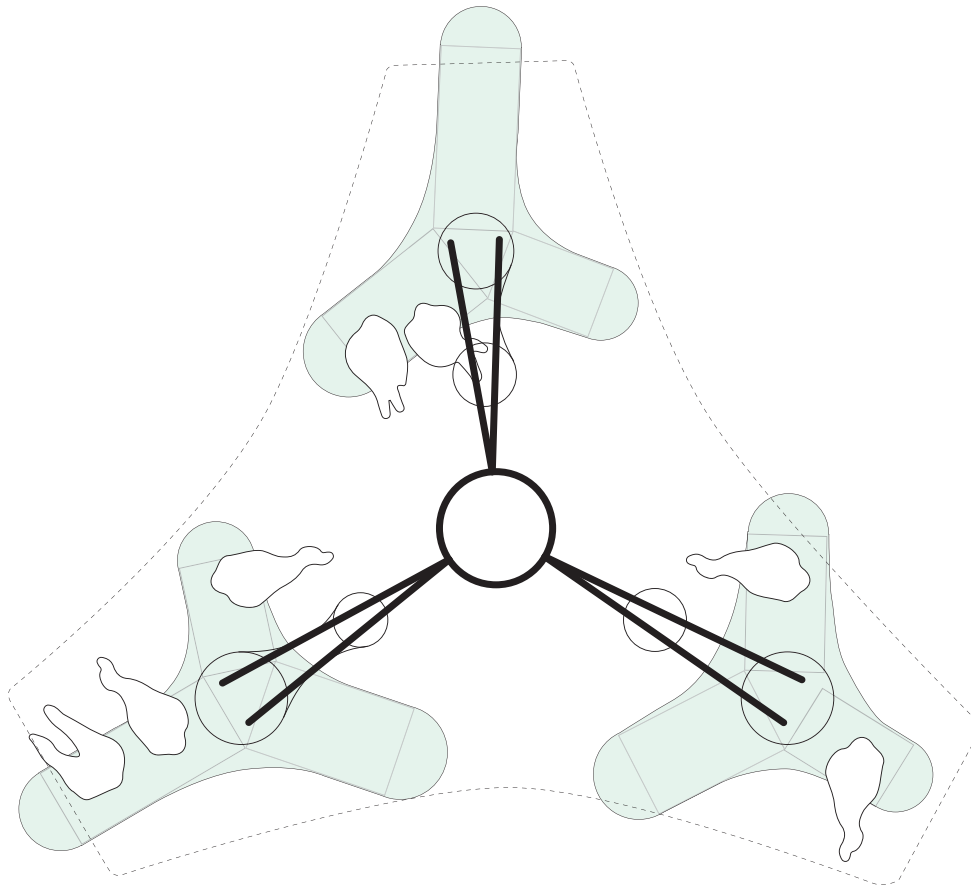
AREAL  
CA. 20 M<sup>2</sup>

KONSTRUKTIONSTID  
7 DAGE

PROJEKTETS VARIGHED  
8 FESTIVAL DAGE

MYCO

PLAN



C

# MYCELIUM PAVILION

AREAL  
CA. 20 M<sup>2</sup>

KONSTRUKTIONSTID  
7 DAGE

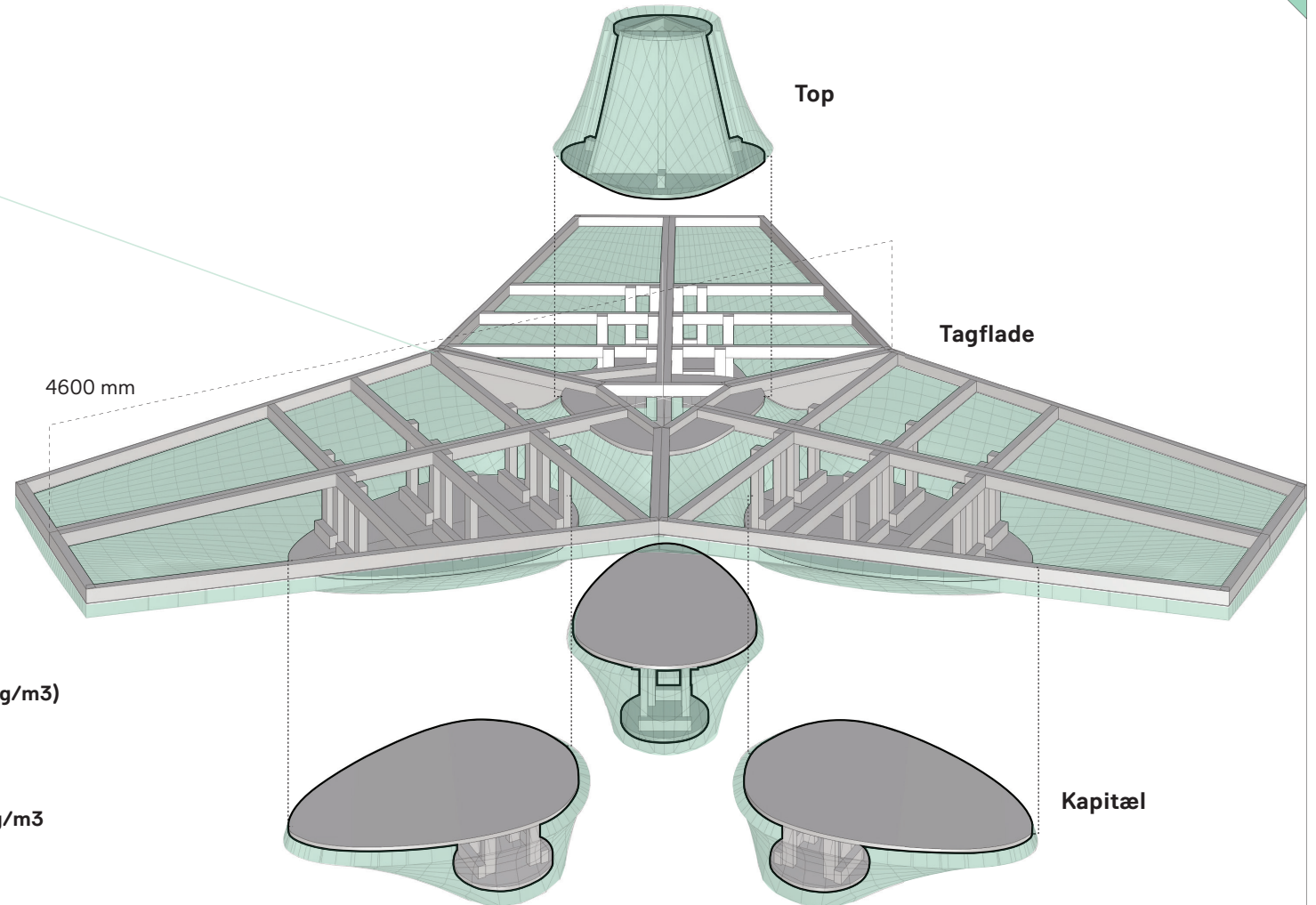
PROJEKTETS VARIGHED  
8 FESTIVAL DAGE

MYCO

## TAGKONSTRUKTION - OVERSIGT

Mycelium skallen er groet ovenpå jutestof, som er udspændt på 6 trærammer. Mycelium skallen vil være selvbærende, mens formværkets træramme, som afstiver jute-stof membranen under mycelium vækstfasen, er bibeholdt i den endelige pavilionstruktur, for at sikre konstruktionens stabilitet under festivalen af hensyn til sikkerhed.

Trærammerne samles til den endelige tagkonstruktion når pavilionen rejses på festivalpladsen. Den samlede tagkonstruktion bliver løftet op, og søjle af stålør monteres. Til sidst samles bænke rundt om pavilionens søjler.



### VÆGT OVERBLIK:

**200 kg**

TRÆ	cad volume (m <sup>3</sup> )	Densitet (430 kg/m <sup>3</sup> )
Top	0.015 m <sup>3</sup>	6.38 kg
Tagflade	0.21 m <sup>3</sup>	89.25 kg
Kapitæl	0.04 m <sup>3</sup>	16.12 kg

MYCELIUM	Volumen m <sup>3</sup>	Densitet 100 kg/m <sup>3</sup>
Top	0.18 m <sup>3</sup>	18.49 kg
Tagflade	0.61 m <sup>3</sup>	60.65 kg
Kapitæl	0.08 m <sup>3</sup>	7.98 kg



# MYCELIUM PAVILION

AREAL  
CA. 20 M<sup>2</sup>

KONSTRUKTIONSTID  
7 DAGE

PROJEKTETS VARIGHED  
8 FESTIVAL DAGE

# MYCO

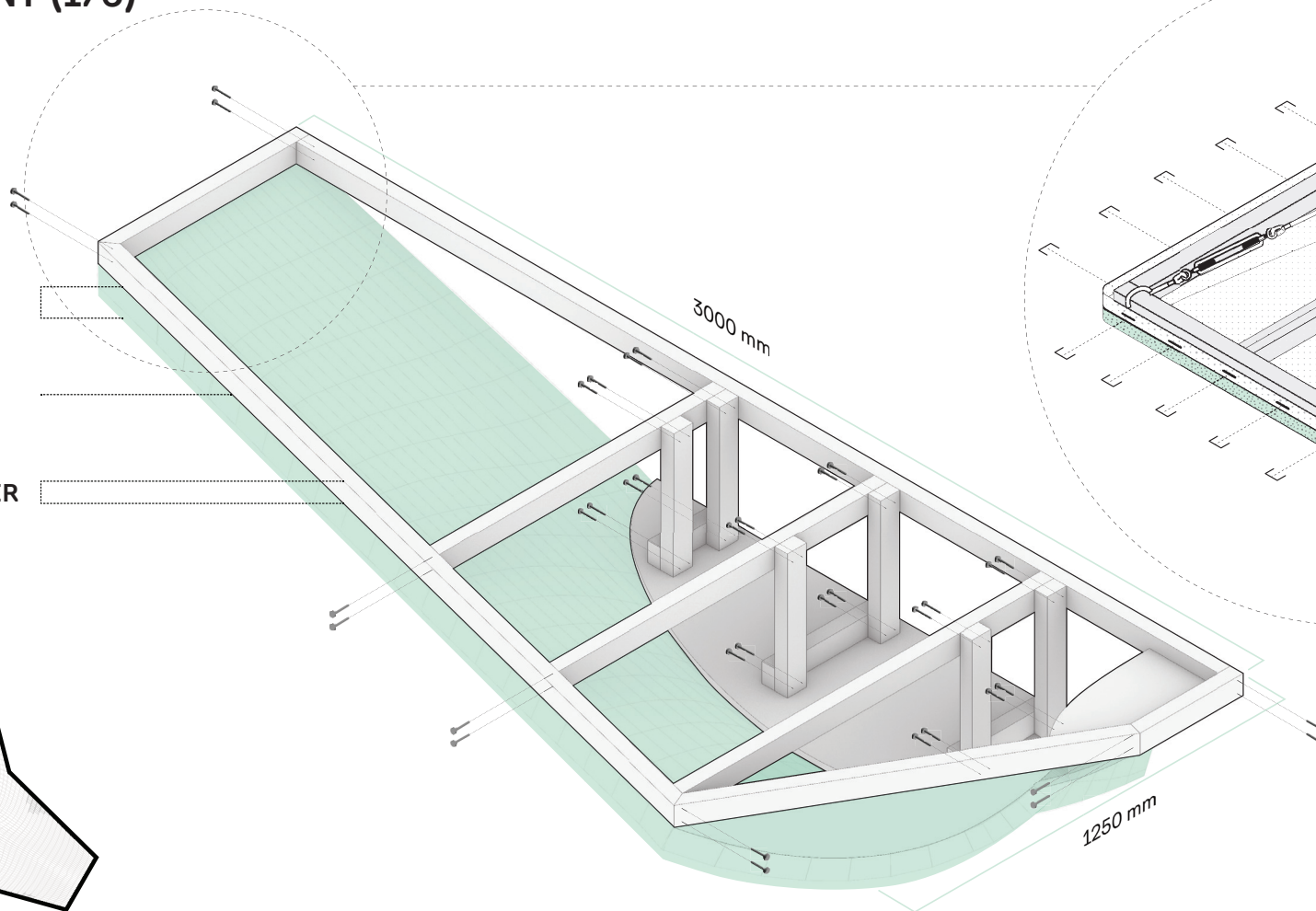
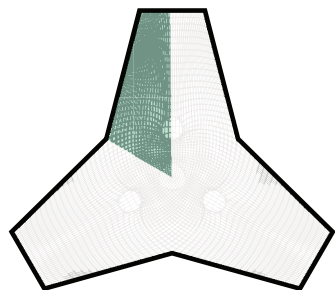
FORMVÆRK TIL TAGKONSTRUKTION

## TAGELEMENT (1/6)

MYCELIUM SKAL  
60mm tykkelse

JUTE-STOF VÆV  
1mm

FYRTRÆS LÆGTER  
20x40mm



Mycelium komposit sammengroet med jute-stof tekstil.

Jute-stof hæftet til træramme med hæfteklammer.

Tagelementet er vendt om under mycelium-komposit massens vækstfase.

# MYCELIUM PAVILION

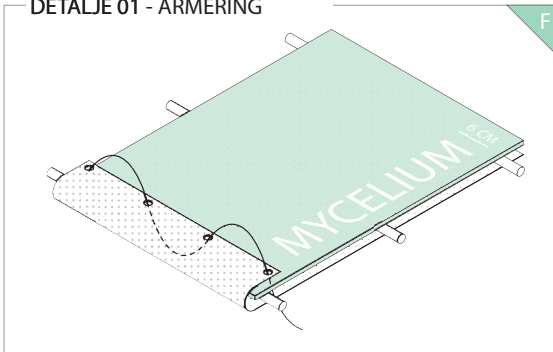
AREAL  
CA. 20 M<sup>2</sup>

KONSTRUKTIONSTID  
7 DAGE

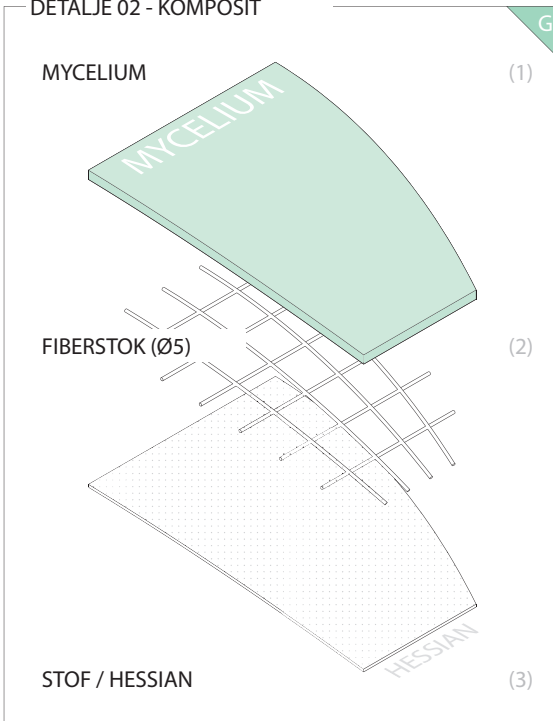
PROJEKTETS VARIGHED  
8 FESTIVAL DAGE

# MYCO

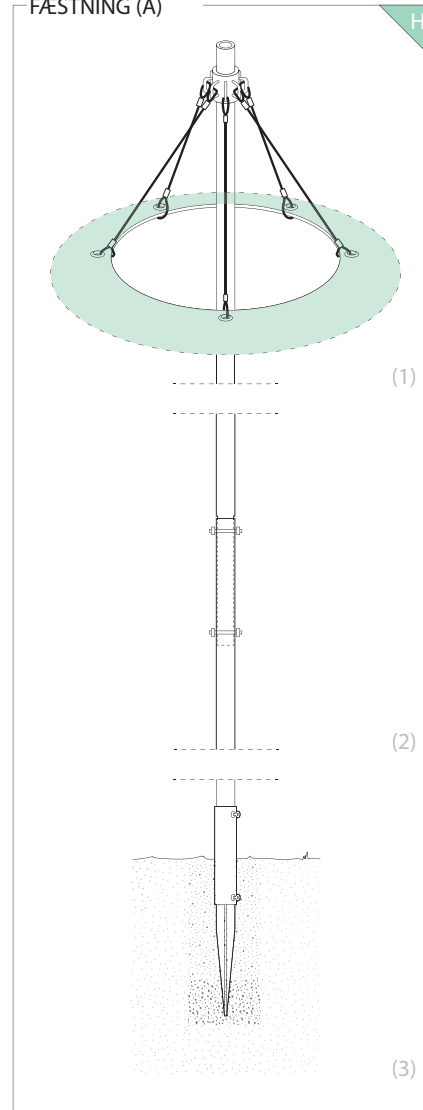
### DETALJE 01 - ARMERING



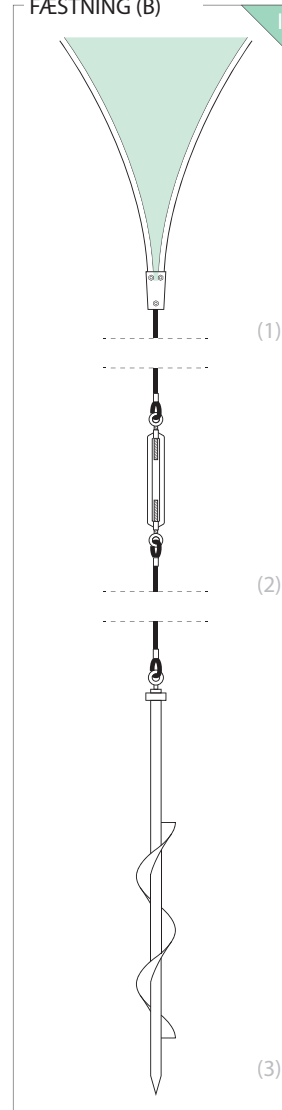
### DETALJE 02 - KOMPOSIT



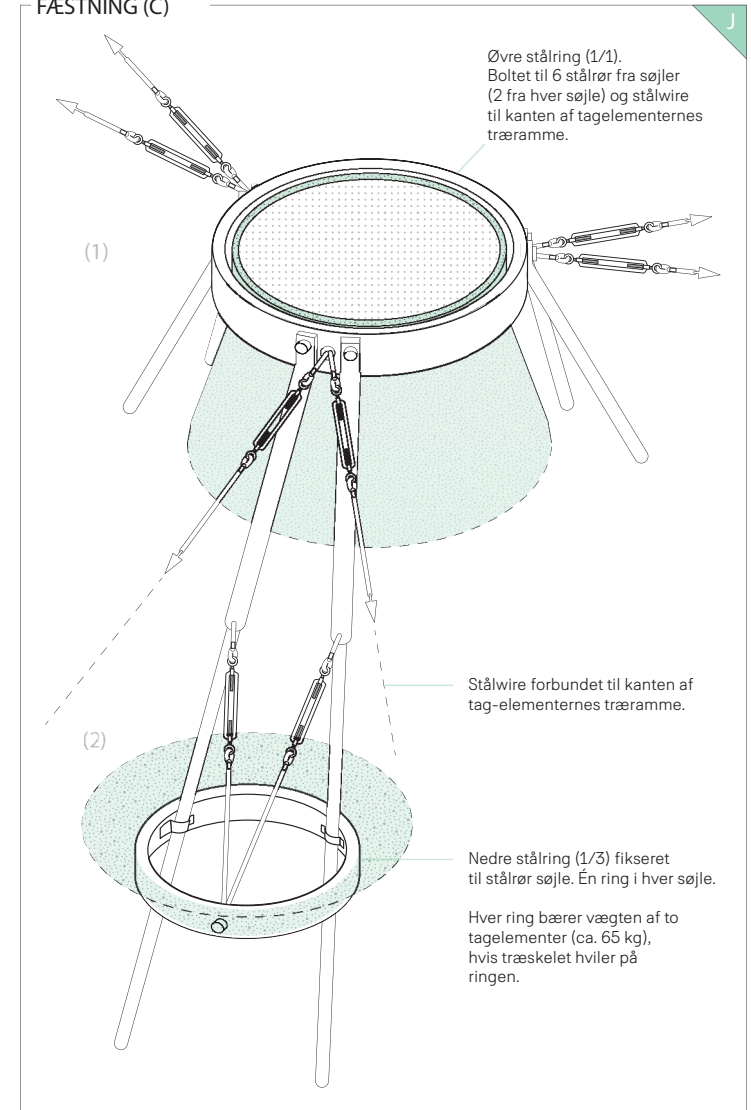
### FÆSTNING (A)



### FÆSTNING (B)



### FÆSTNING (C)



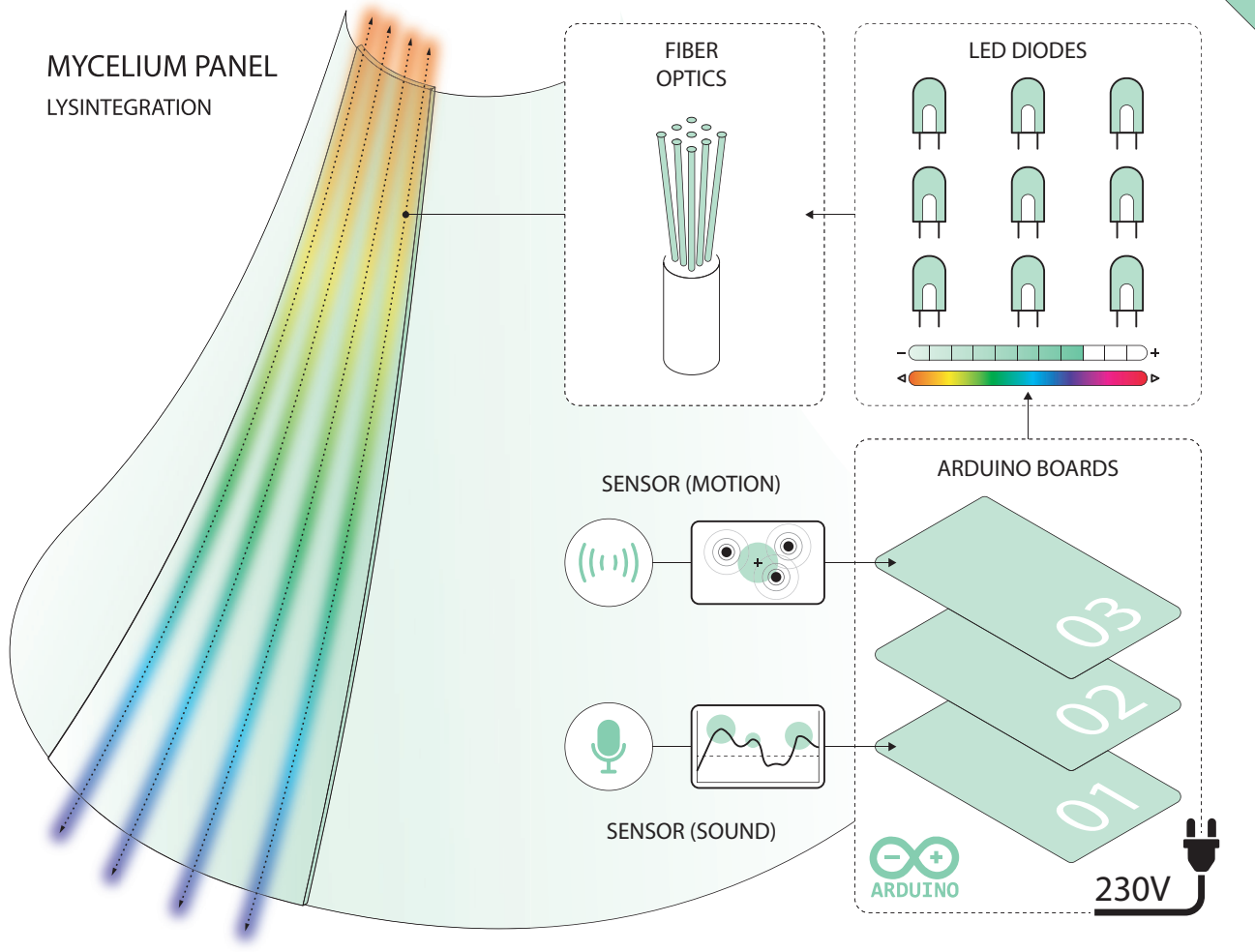


# MYCELIUM PAVILION



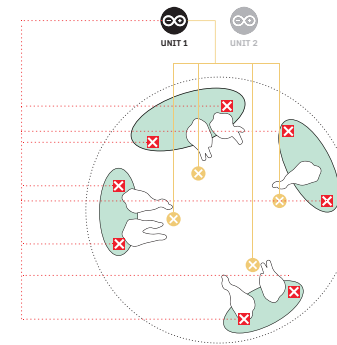
## ELEKTRONIK - BELYSNING

K



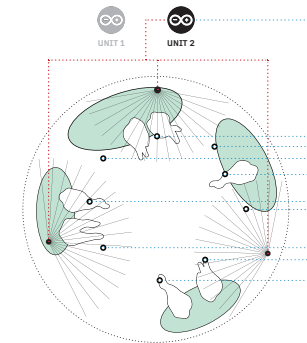
## ELEKTRONIK - INTERAKTIVITET

M



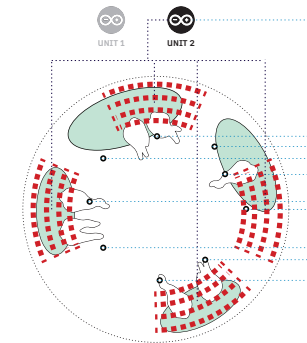
**LIGHTING 1**  
IR controlled ambient fill lighting spots.

- ARDUINO / ESP-32
- IR sensor
- ambient spotlight



**LIGHTING 2**  
voice-regulated LED-Fiber Optic Cables

- ARDUINO / ESP-32
- microphone network
- LED + fiberoptic cables



**LIGHTING 3**  
voice-regulated RGB LED strip.

- ARDUINO / ESP-32
- microphone network
- RGB LED strip





FRAME CONSTRUCTION



FRAME ASSEMBLY





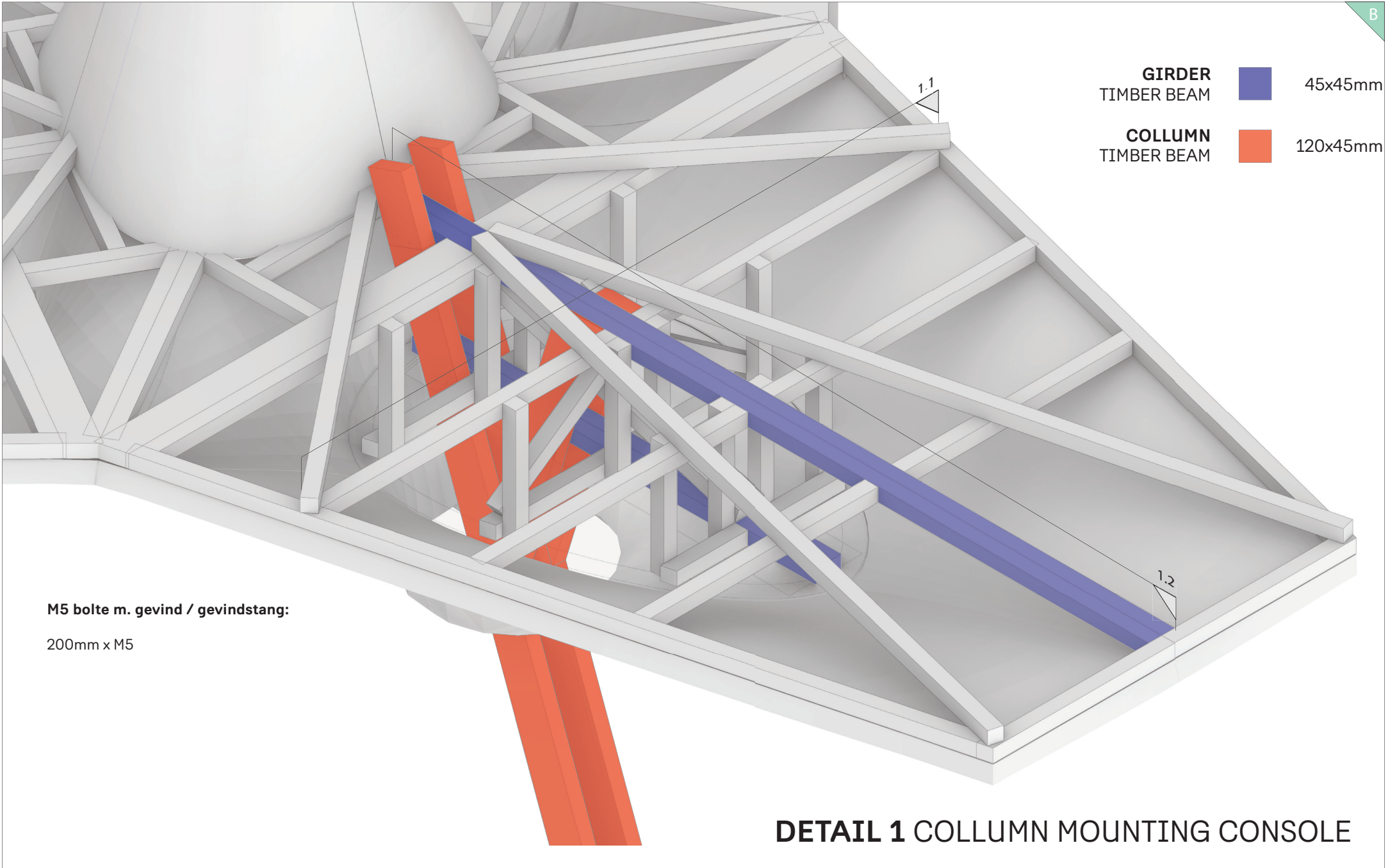
**JUTE FABRIC DRAPING**

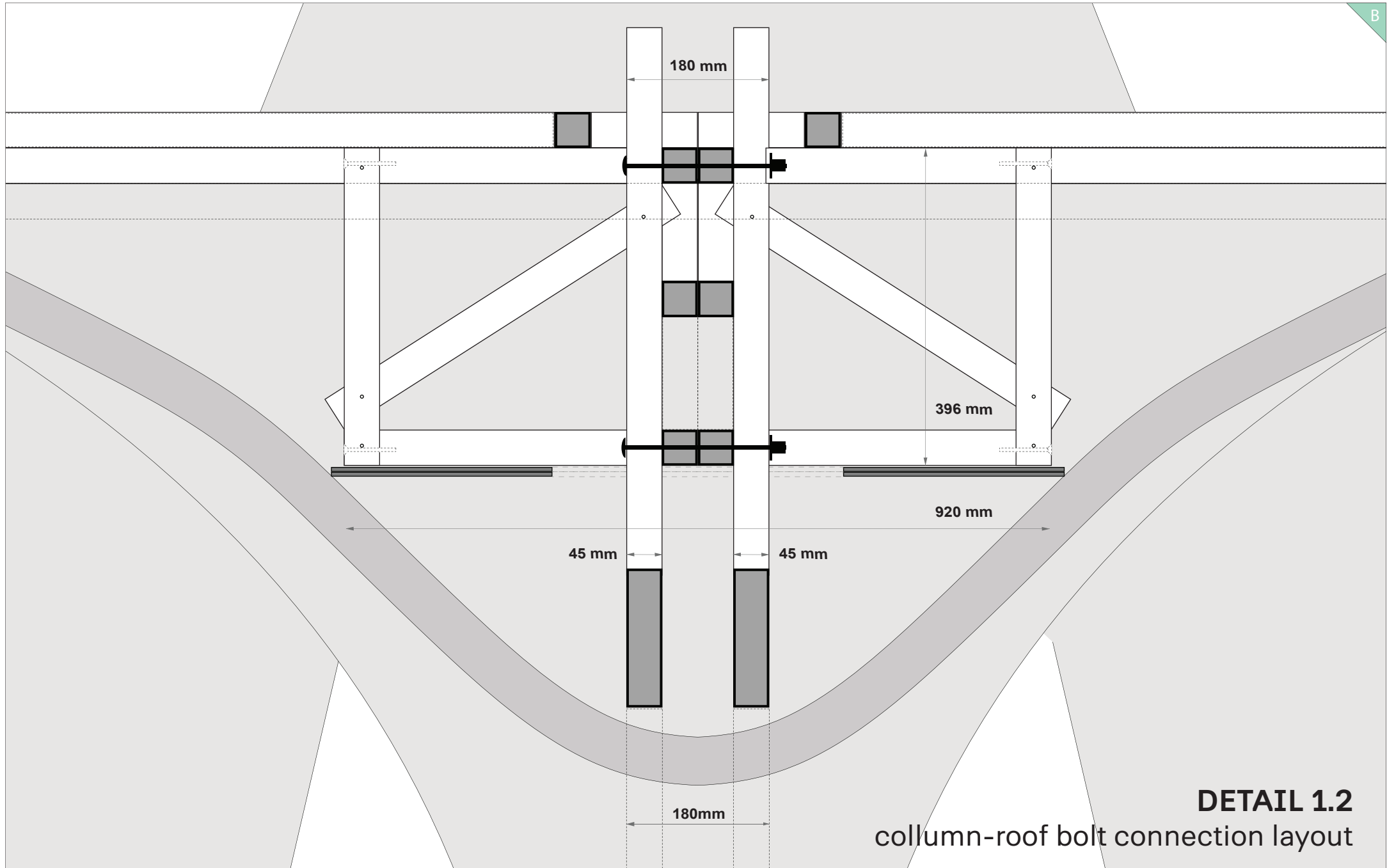
**MOLDING INOCULATED SUBSTRATE**

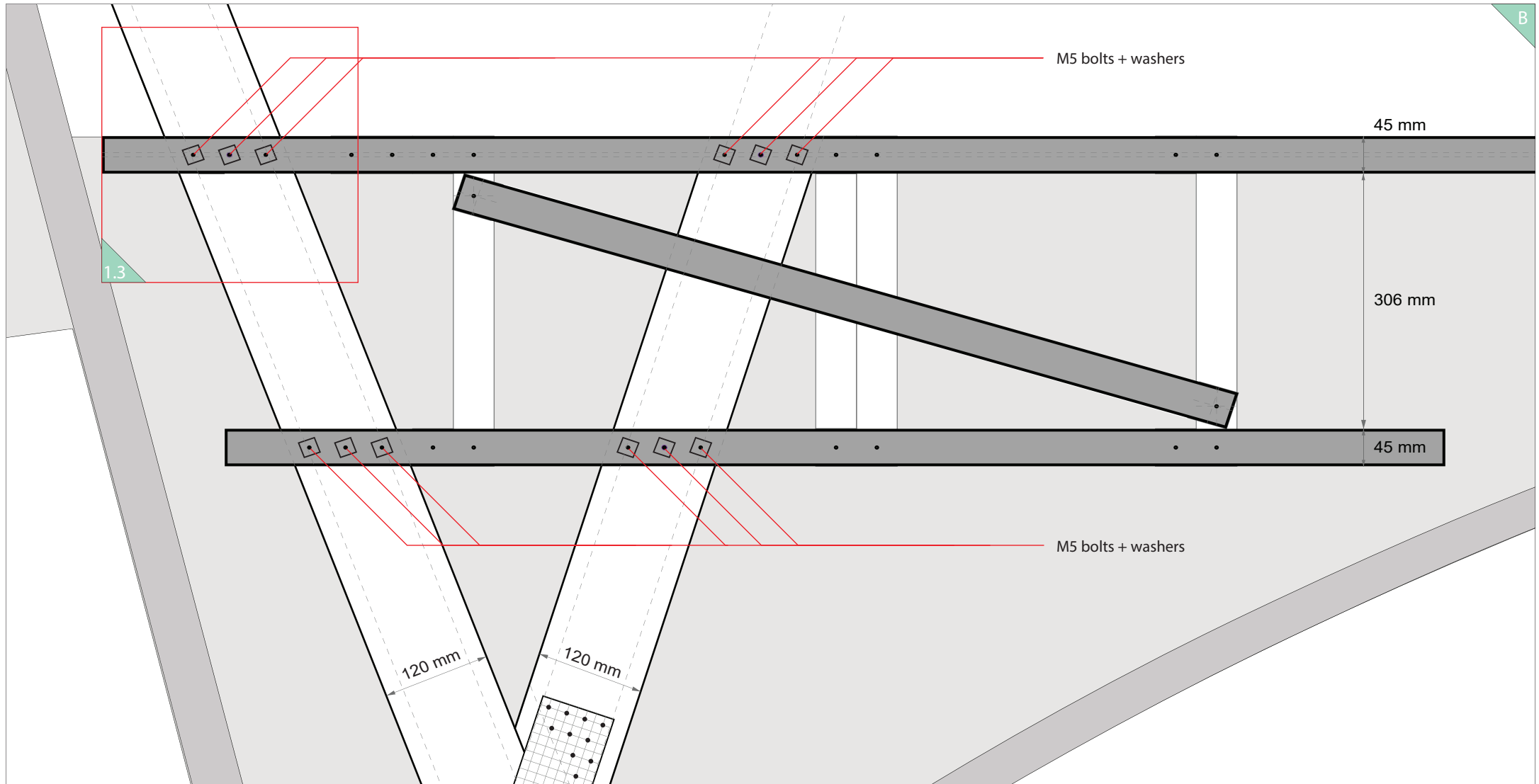


SUPPLERENDE DOKUMENTATION  
**DETALJERING**



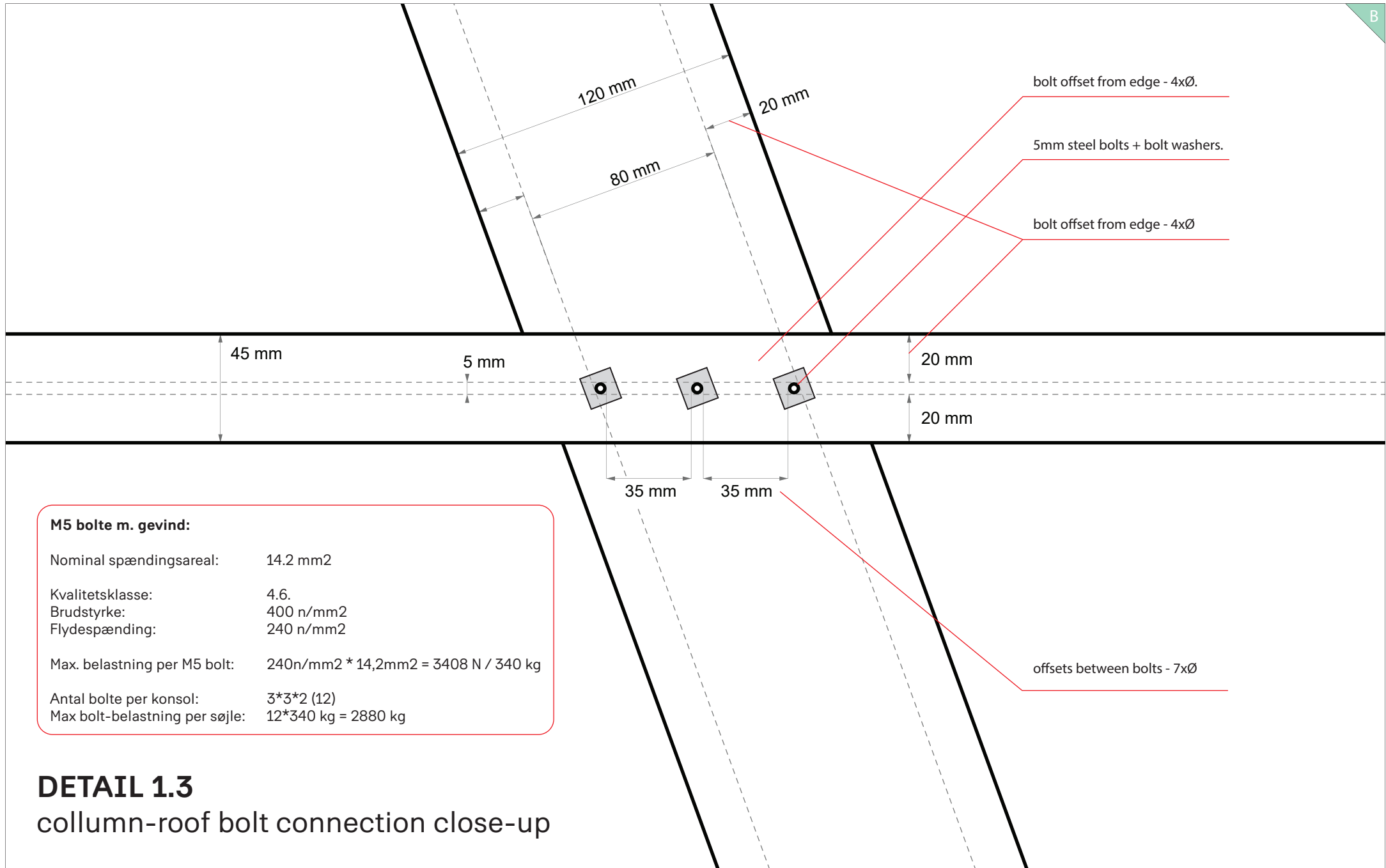






**DETAIL 1.1**  
column-roof bolt connection layout





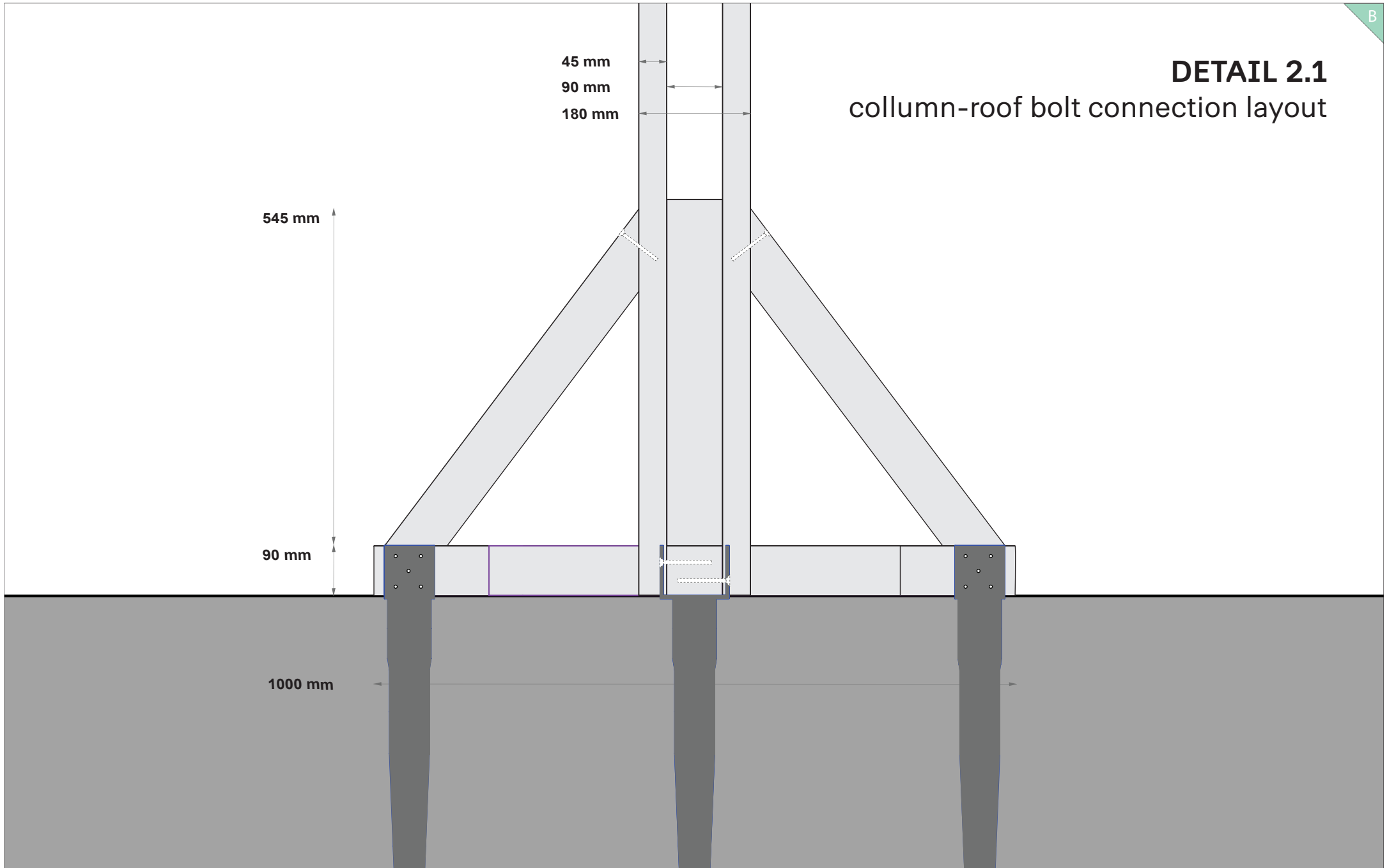
**M5 bolte m. gevind:**

Nominal spændingsareal:	14.2 mm <sup>2</sup>
Kvalitetsklasse:	4.6.
Brudstyrke:	400 n/mm <sup>2</sup>
Flydespænding:	240 n/mm <sup>2</sup>
Max. belastning per M5 bolt:	$240\text{n/mm}^2 * 14,2\text{mm}^2 = 3408\text{ N} / 340\text{ kg}$
Antal bolte per konsol:	3*3*2 (12)
Max bolt-belastning per søjle:	12*340 kg = 2880 kg

**DETAIL 1.3**  
column-roof bolt connection close-up

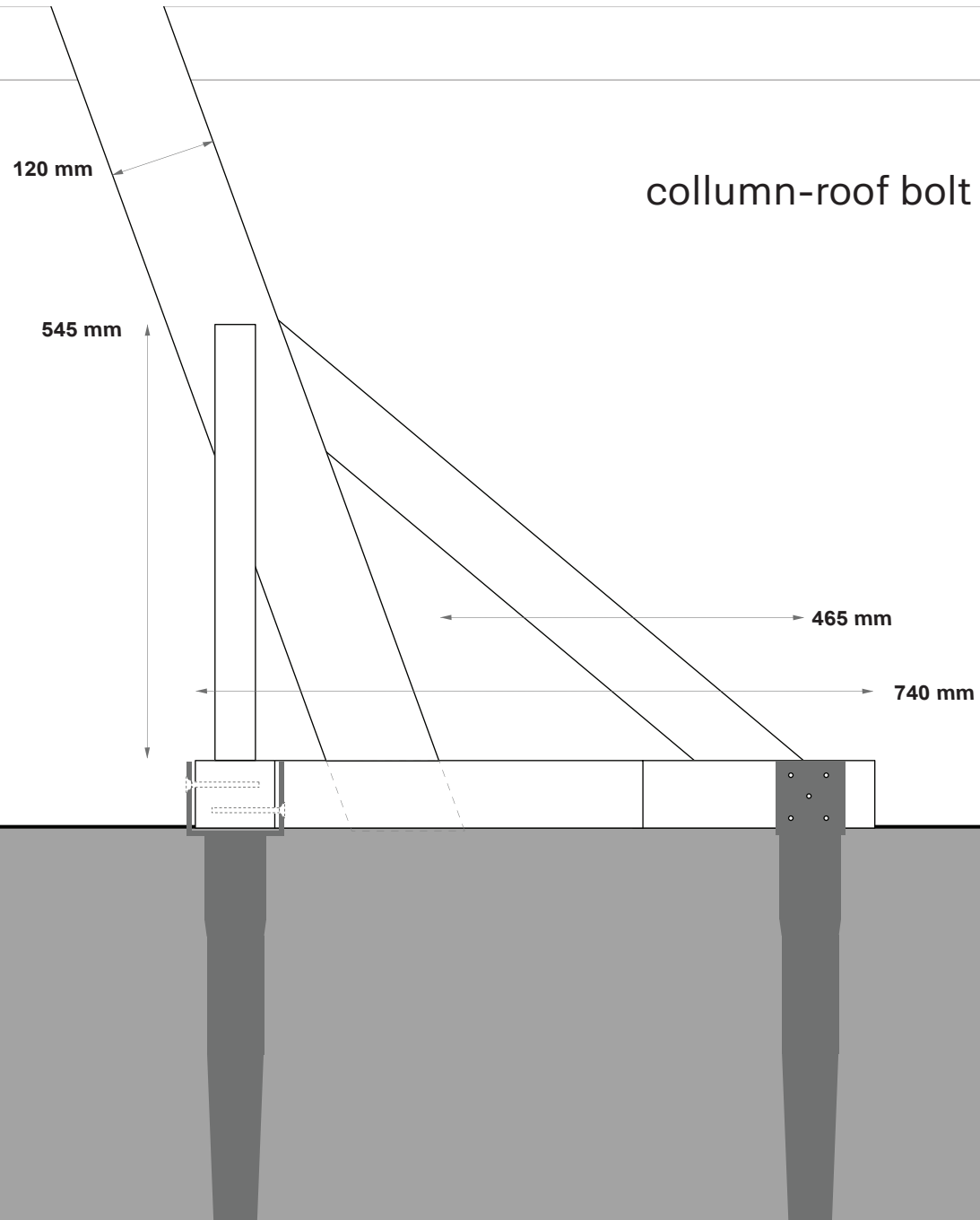


**DETAIL 2** COLUMN FOOT





**DETAIL 1.1**  
column-roof bolt connection layout



SUPPLERENDE DOKUMENTATION  
**VEJLEDENDE STATISKE BEREGNINGER**



## Grundlæggende statiske beregninger af Mycelium Pavilion

Følgende er grundlæggende statiske beregninger af de skrå søjler der skal bærer pavilionens tagkonstruktion. Beregningsmetode samt eventuelle antagelser fremføres, resulterende i en dimensionering af de skrå søjler. Paviljonen har 3 søjler, hver bestående af 2 parallel trælægter. Udregningerne simplificeres ved at kigge på en tredjedel af konstruktionen, da der er symmetri i konstruktionen. Figure 1 til Figure 3 viser principtegninger af plan, snit og tagkonstruktion.

Det foreslås at bruge 2x 120mmx50mm konstrukstræ, i styrkeklasse C18, som søjler i konstruktionen.

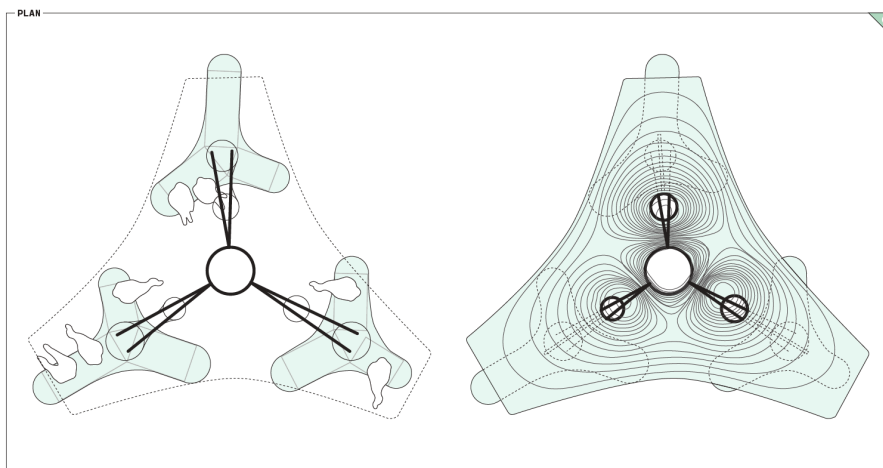


Figure 1 Princip plantegning af Mycelium Paviljonen.

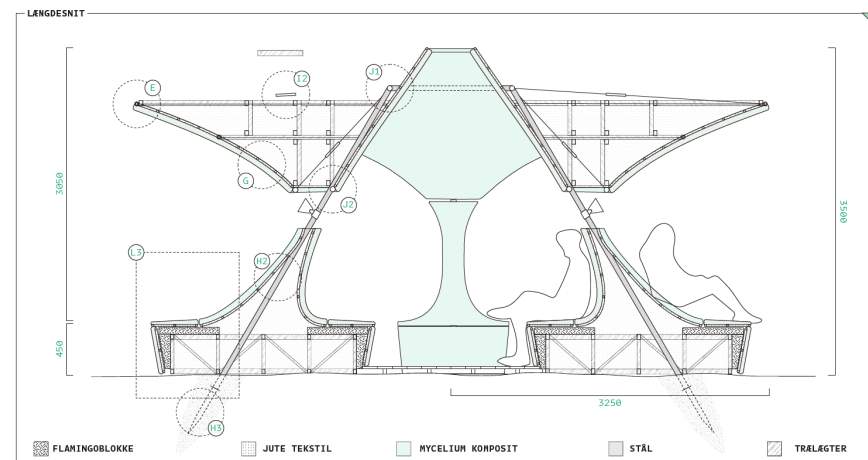


Figure 2 Princip længdesnit af Mycelium Paviljonen.

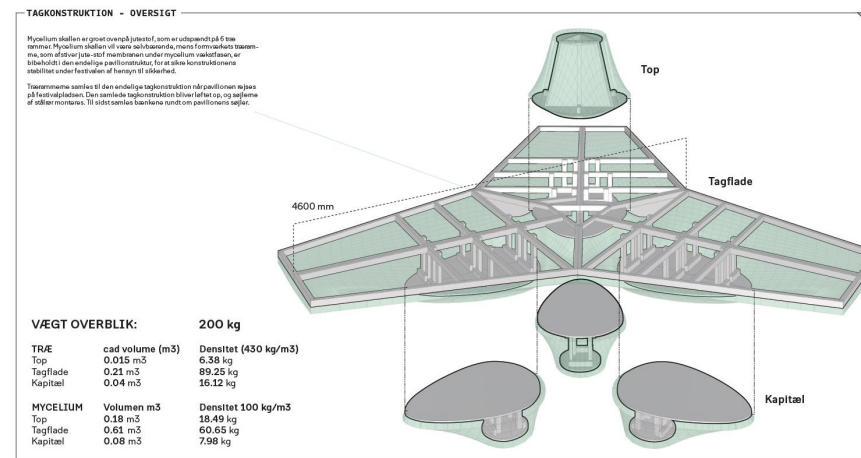


Figure 3 Princip oversigt af tagkonstruktion på Mycelium Paviljonen.

## Last fra tagkonstruktionen

Tagkonstruktionens anses som en indspændt udkraget bjælke med en varierende last. Se Figure 4, baseret på Teknisk Ståbi, 24. udgave, fig (2.16). Tagkonstruktionen påfører pavilionens søjle med et moment,  $M_c$ , og en reaktionskraft,  $R_c$ .

Længden  $L$  er angivet i Figure 2 som 3.250 m, vægten af den totale tagkonstruktion er angivet i Figure 3 som 200 kg.

Længden  $L$  er dog til midten af pavilionen, og ikke til søjlen. Længden til søjlen svarer til 2.6 m.

Vægten på 400 kg er for hele taget, og da én søjle kun bærer 1/3 af taget, svarer vægten til 133 kg, eller 1.31 kN. En partialkoefficient på 1.1 påføres lasten, således at lasten ender på 1.44 kN.

I de følgende udregninger benyttes en længde  $L$  på 2.75 m og en last på 1.44 kN for at sikre et konservativt design.

$R_c$  findes ved lodret ligevægt:

$$R_c - 1.44 \text{ kN} = 0 \Rightarrow R_c = 1.44 \text{ kN}$$

$M_c$  findes ved at tage moment om C:

$$1.44 \text{ kN} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2.75 \text{ m} + M_c = 0 \Rightarrow M_c = -1.32 \text{ kNm}$$

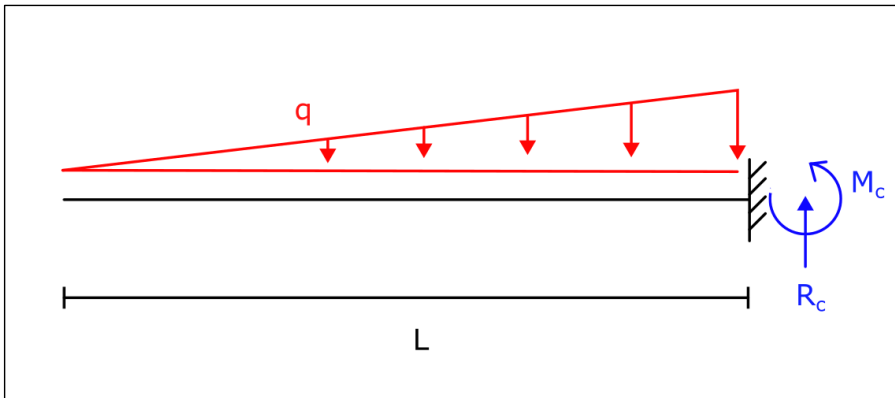


Figure 4 Statisk system af tagkonstruktionen. Blå kræfter er reaktions kræfter. Rød angiver egenvægt.

## Vindlast

Konstruktionen regnes som terrænkategori I, "Søer eller fladt og vandret område uden væsentlig vegetation og uden forhindringer". **Bemærk at det anses for konservative at benytte den pågældende terrænkategori.**

Dette medfører en ruhedslængde,  $z_0 = 0.01 \text{ m}$ , og en terrænfaktor som følge:

$$k_r = 0.19 \left( \frac{0.01 \text{ m}}{0.05 \text{ m}} \right)^{0.07} = 0.17$$

Hastighedstrykket fra vinden kan nu regnes i 3 meters højde, baseret på en basisvindhastighed på 18 m/s. Se Teknisk Ståbi 4.7.1.

$$q(z) = \left( 1 + \frac{7}{\ln\left(\frac{z}{0.01 \text{ m}}\right)} \right) \frac{1}{2} \rho (v_b k_r \ln\left(\frac{z}{0.01 \text{ m}}\right))^2$$

$$q(3 \text{ m}) = \left( 1 + \frac{7}{\ln\left(\frac{3 \text{ m}}{0.01 \text{ m}}\right)} \right) \frac{1}{2} 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left( 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} 0.17 \ln\left(\frac{3 \text{ m}}{0.01 \text{ m}}\right) \right)^2 = 0.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

I det værste tilfælde rammer vinden pavilionen, hvor bredden på tværs af vinden er 5m. (Se Figure 5.)

Højden på pavilionen er 3 m, hvilket giver en total last fra vinden på:

$$Q_{vind} = 0.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 5 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 6.4 \text{ kN}$$

I den pågældende vindretning antages det at 75 % af lasten absorberes i den bagerste søjle (nederst til højre i Figure 5.). Den regningsmæssige vindlast er altså anset som værende:

$$Q_{vind} = 6.4 \text{ kN} \cdot 0.75 = 4.8 \text{ kN}$$

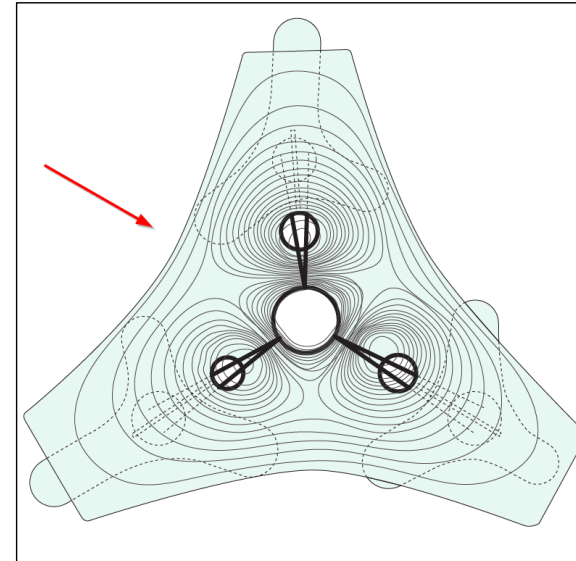


Figure 5 Mycelium pavilionen udsat for det dimensionsgivende tilfælde.

## Søjleudregninger

Det statiske system er skitseret i Figure 6 med laster og reaktionskræfter. I det følgende findes det største moment i systemet, og bæreevnen eftervises.

Som et udkast regnes søjlen med at være konstrueret af 2x 120x50 mm savskåret træ (se teknisk ståbi Tabel 7.6). Træ i styrkeklasse C18 (se Teknisk Ståbi Tabel 7.1) påtænkes med en karakteristisk densitet på 380 kg/m<sup>3</sup> og en bøjningsstyrke på 18 MPa.

Højden af pavilionen er 3.5 m. Søjlen har en vinkel fra vandret på 60°, svarende til en total søjlelængde, L, på 4 m. Den samlede last fra søjlen findes til:

$$q = 1.1 \cdot \left( 2 \cdot (100\text{mm} \cdot 50\text{mm}) \cdot 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 37.3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Også svarende til følgende ækvivalente enkeltlast:

$$Q = 37.3 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} = 149.1 \text{ N}$$

Højden h<sub>c</sub> er estimeret til 2.9 m, og beskriver længden fra jorden til toppen af tagkonstruktionen.

## Reaktionskræfter

Reaktionskræfterne i Figure 6 findes. Først laves lodret ligevægt:

$$Q + P_c - R_A = 0 \Rightarrow R_A = 149.1 \text{ N} + 1.44 \text{ kN} = 1.59 \text{ kN}$$

Reaktionskræften R'<sub>B</sub> findes ved at tage moment om A.

$$\sum \circlearrowleft : R'_B L \sin \beta - Q \frac{1}{2} L \cos \beta - M_c - P_c \frac{h_c}{\tan \beta} + Q_{vind} \cdot \frac{h_c}{2} = 0$$

$$\Rightarrow R'_B = \left( Q \frac{1}{2} L \cos \beta + M_c + P_c \frac{h_c}{\tan \beta} - Q_{vind} \cdot \frac{h_c}{2} \right) / L \sin \beta$$

$$R'_B = \frac{149.1 \text{ N} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} \cos 60^\circ + (-1.32 \text{ kNm}) + 1.44 \text{ kN} \frac{2.9 \text{ m}}{\tan 60^\circ} - 4.8 \text{ kN} \cdot \frac{2.9 \text{ m}}{2}}{4 \text{ m} \sin 60^\circ} = -1.65 \text{ kN}$$

Reaktionskræften R'<sub>A</sub> findes ved vandret ligevægt:

$$R'_A - R'_B - Q_{vind} = 0 \Rightarrow R'_A = -1.65 \text{ kN} + 4.8 \text{ kN} = 3.15 \text{ kN}$$

## Moment ved samling mellem last og søjle

Momentet er nul i punkterne A og B. Der snittes og tages momentligevægt lige før og efter lasterne M<sub>c</sub> og P<sub>c</sub>, for at finde det største moment.

Snit på højre side af lasterne M<sub>c</sub> og P<sub>c</sub> og tag momentet ligevægt:

$$M - R'_B(L \sin \beta - h_c) + q \left( L - \frac{h_c}{\sin \beta} \right) \cdot \frac{1}{2} \left( L \cos \beta - \frac{h_c}{\tan \beta} \right) = 0$$

$$M = R'_B(L \sin \beta - h_c) - q \left( L - \frac{h_c}{\sin \beta} \right) \cdot \frac{1}{2} \left( L \cos \beta - \frac{h_c}{\tan \beta} \right) = -0.9 \text{ kNm}$$

Snit på venstre side af lasterne M<sub>c</sub> og P<sub>c</sub> og tag momentligevægt:

$$M - R'_B(L \sin \beta - h_c) + q \left( L - \frac{h_c}{\sin \beta} \right) \cdot \frac{1}{2} \left( L \cos \beta - \frac{h_c}{\tan \beta} \right) - M_c = 0$$

$$M = R'_B(L \sin \beta - h_c) - q \left( L - \frac{h_c}{\sin \beta} \right) \cdot \frac{1}{2} \left( L \cos \beta - \frac{h_c}{\tan \beta} \right) + M_c = -2.3 \text{ kNm}$$

Spændingen i søjlen fra momentet findes ved:

$$\sigma = \frac{M}{I_z} \cdot z$$

Her er M det netop fundne moment på -2.3 kNm, I<sub>z</sub> er inertimomentet af et kvadratisk tværsnit ( $\frac{1}{12}bh^3$ ), og z er afstanden til neutralaksen, hvilket er i midten på et kvadratisk tværsnit. Altså er spændingen i søjlen:

$$\sigma = -\frac{-2.3 \text{ kNm}}{2 \cdot \left( \frac{1}{12} 50 \text{ mm} \cdot 120^3 \text{ mm} \right)} \cdot \frac{120 \text{ mm}}{2} = -9.6 \text{ MPa}$$

Det vurderes at der er tilstrækkelig bæreevne i de foreslåede 120 mm x 50 mm elementer.

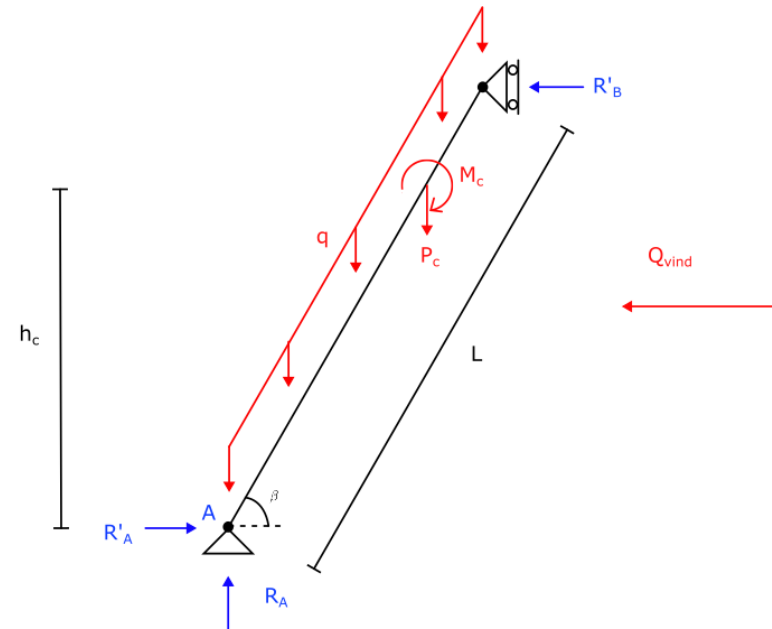


Figure 6

Statisk system af søjle. Blå kræfter er reaktions kræfter. Rød angiver laster fra tag (M<sub>c</sub> og P<sub>c</sub>) og egenvægt (q)