

Vedlegg 1: Artikkel

Kostnads- og klimaeffektive bygg

Forfattere: Stian Iversen, Rudi Bråthen Pedersen, Willy Li Saxhaug

10.05.2022

Dagens byggebransje står ovenfor et grønt skifte der bærekraft er sentralt. Materialvalg og klimavennlige prosjekteringsløsninger vil ha stor betydning for klimagassutslipp og kostnader. En gruppe ved NTNU har våren 2022 gjennomført en sammenligningsstudie som undersøker forskjeller i pris og klimagassregnskap, dersom massivtre byttes ut med stål og klimavennlige optimaliseringer.

Fremtidens skole i Sør-Odal

Rapporten skrives med Backe Romerike som ekstern veileder. De var totalentreprenør for Fremtidens skole i Sør-Odal som ble bygget i massivtre og ferdigstilt i 2019. Backe Romerike har gitt bachelorgruppen tilgang til prosjektmaterialet fra prosjektet. Flerbrukshallen i massivtre ble bygget som en del av prosjektet og brukes som referansebygg i bacheloroppgaven.



Illustrasjonsbilde fra prosjektarbeidet.

Sammenligningsstudie

For å belyse effektene materialvalg og optimaliseringsløsninger har på totalkostnaden og klimagassutslippene av byggene, har gruppen tegnet et nytt bygningsalternativ med ramme i stål og sandwichelementer. Målet med det omprosjekterte bygget er at det skal oppfylle de samme funksjonene som referansebygget, samtidig som det beholder massivtrebyggets estetiske uttrykk.

Resultater

Selv med kutt i materialmengder og bruk av klimavennlige materialvalg, slipper referansebygget i massivtre ut færre CO₂-ekvivalenter enn det omprosjekterte bygget i stål. Forskjellen er på 136,77 CO₂-ekvivalenter. Derimot er det omprosjekterte bygget i stål 5 310 313 kr billigere enn referansebygget i massivtre.

Optimaliseringer

Omprosjekteringen fra massivtre til stål og sandwichelementer resulterer blant annet i at byggets vekt reduseres. Dette medfører videre at fundamentets bærende flate kunne reduseres, noe som igjen gir mulighet for en mindre mengde betong. Kostnadsbesparelsen dette gir, veier opp for merkostnaden av et bytte fra vanlig betong til lavkarbonbetong klasse A. På grunn av betongoptimaliseringene blir både kostnaden og klimagassutslippene fra betongen redusert. I motsetning til trevirke er stål et materiale som vanligvis er forbundet med store klimagassutslipp. Selv om stål brukes i det omprosjekterte byggets ramme, har bachelorgruppen lagt vekt på å redusere bruken av det forurensende materialet. Dette er gjort ved å redusere antall bjelker og søyler i bygget, samtidig som dimensjonene holdes så slanke som mulig. Slike tiltak har vært helt nødvendig for å kutte utslipp, men det har også vist seg at mange av tiltakene samtidig er kostnadsbesparende.

Klima eller kostnad

Funnene i studien viser at massivtre i dette tilfellet gir et mer klimavennlig bygg, enn et tilsvarende bygg med bæring i stål. Studien er ikke bred nok til å gi et definitivt svar for alle bygg, men den gir en indikasjon for klimagassutslipp og kostnad for andre bygg med tilsvarende mål og funksjoner. Studien har vist at det er mange små og store valg i hvert prosjekt, som kan gi store utslag på resultatene. Det vil derfor være interessant å bruke samme fremgangsmåte i andre prosjekt med lignende dilemmaer.

Vedlegg 2: Poster

Intern veileder: Robert Storm Mortensen
Ekstern kontakt: Backe Romeriket AS v/ Jens Olav Kjærstad
Prosjektnummer: 2022-12

Stian Iversen
Rudi Bråthen Pedersen
Willy Li Saxhaug

Kostnader og klimagassregnskap: massivtre sammenlignet med stål og sandwichpanel i en flerbrukshall

Costs and carbon accounting: CLT compared to steel and sandwich panels in a multi-purpose sports hall

Pris referansebygg = 16 720 406 kr

Referansebygg: GWP=350,83 tonn CO₂-ekvivalenter

Pris omprosjektert bygg = 11 410 093 kr

Omprosjektert bygg: GWP=487,60 tonn CO₂-ekvivalenter

Prisforskjell = 5 310 313 kr

Forskjell GWP=136,77 tonn CO₂-ekvivalenter

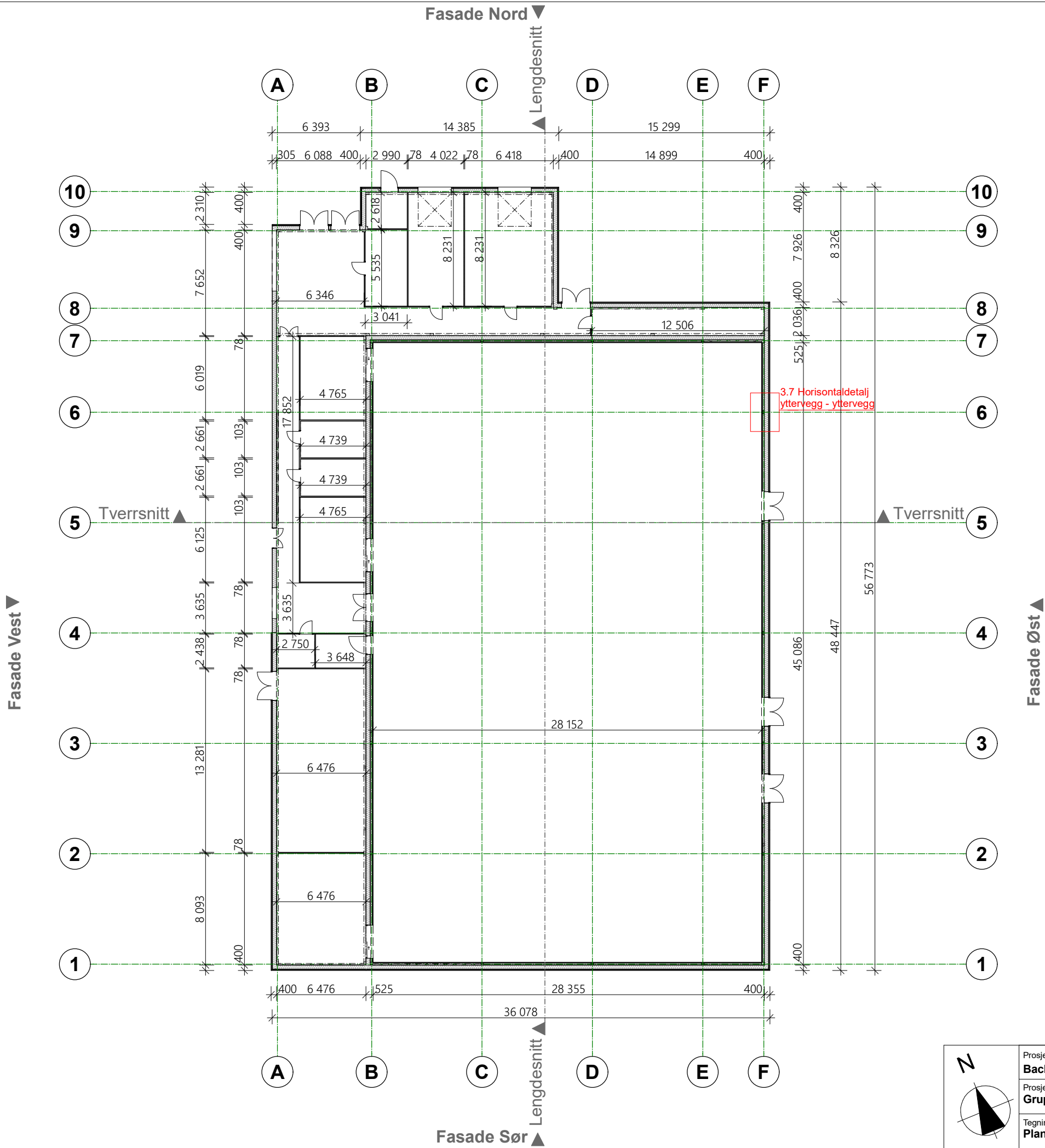
Dette ble undersøkt ved å:

- Produsere modell og tegninger av det omprosjekterte bygget
- Kun beregnet omprosjekterte elementer
- Klimagassberegninger av referansebygget og det omprosjekterte bygget
- Kostnads kalkyle av referansebygget og det omprosjekterte bygget

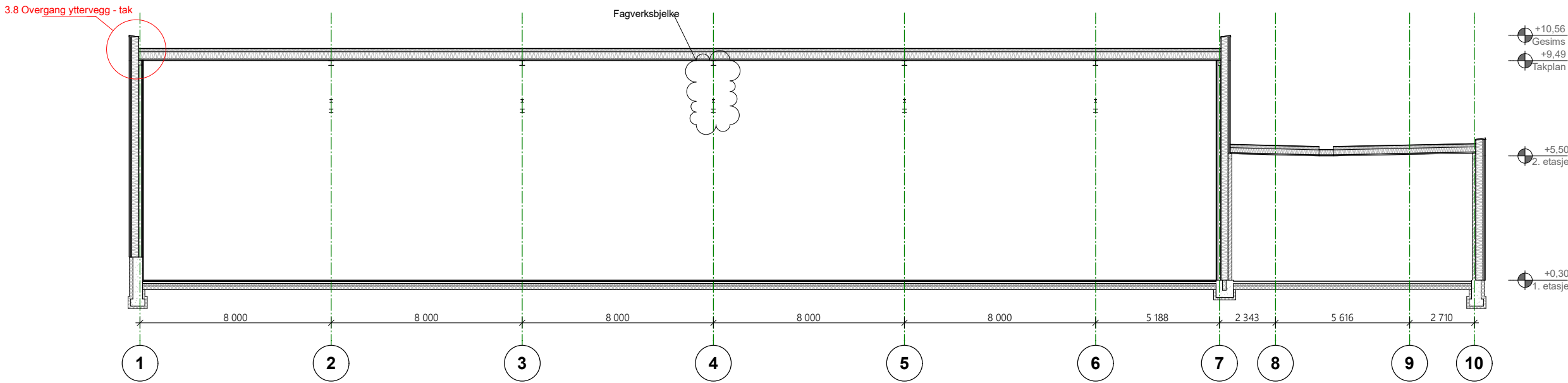
Dette er funnene:

- Referansebygget har lavere klimagassutslipp
- Det omprosjekterte bygget har lavere kostnad
- Kan redusere klimagassutslippet og kostnadene tilknyttet omprosjekterte bygget ved ytterlige optimaliseringer

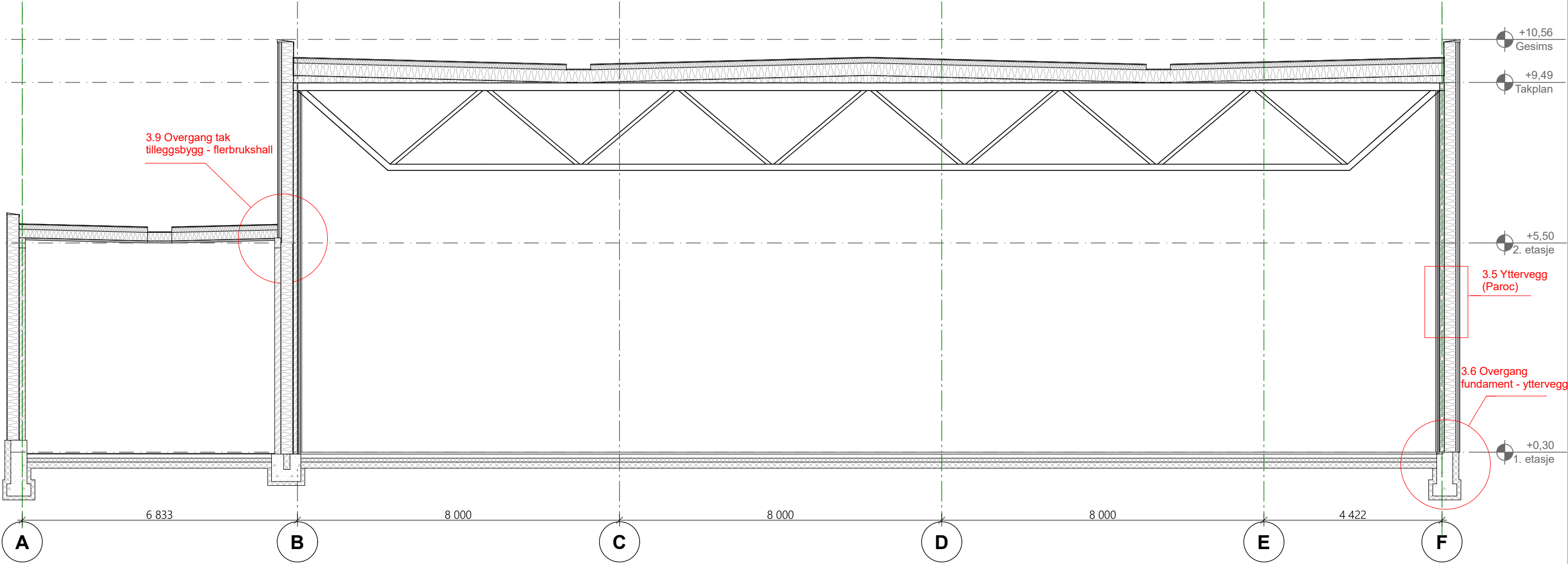
Vedlegg 3: Tegninger



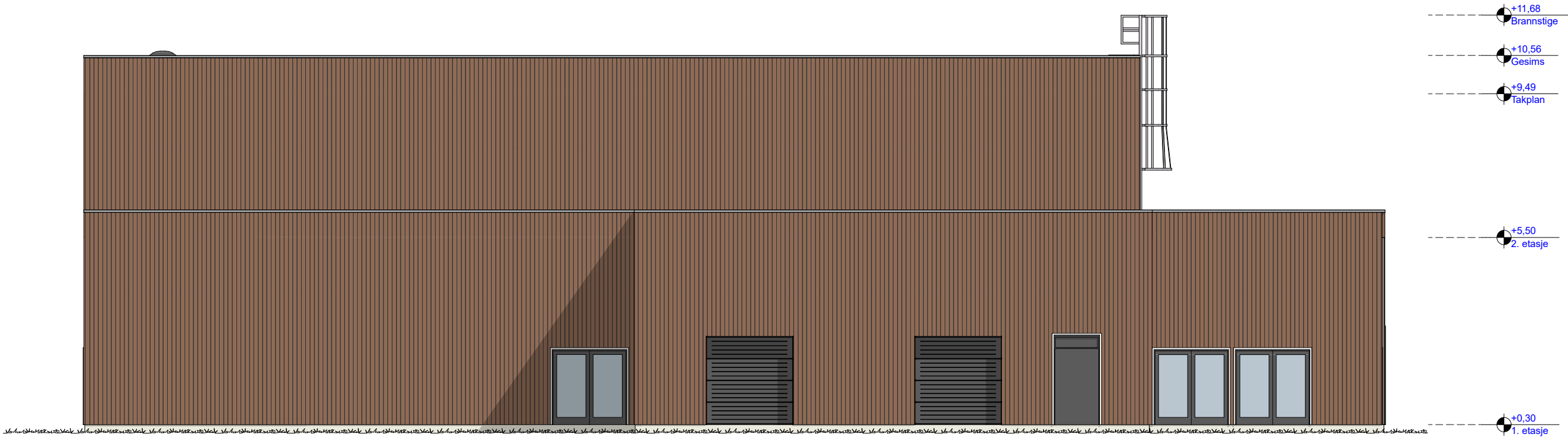
	Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 09.05.2022
	Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:300
	Tegning: Plantegning	Tegningsnr.: 3.1



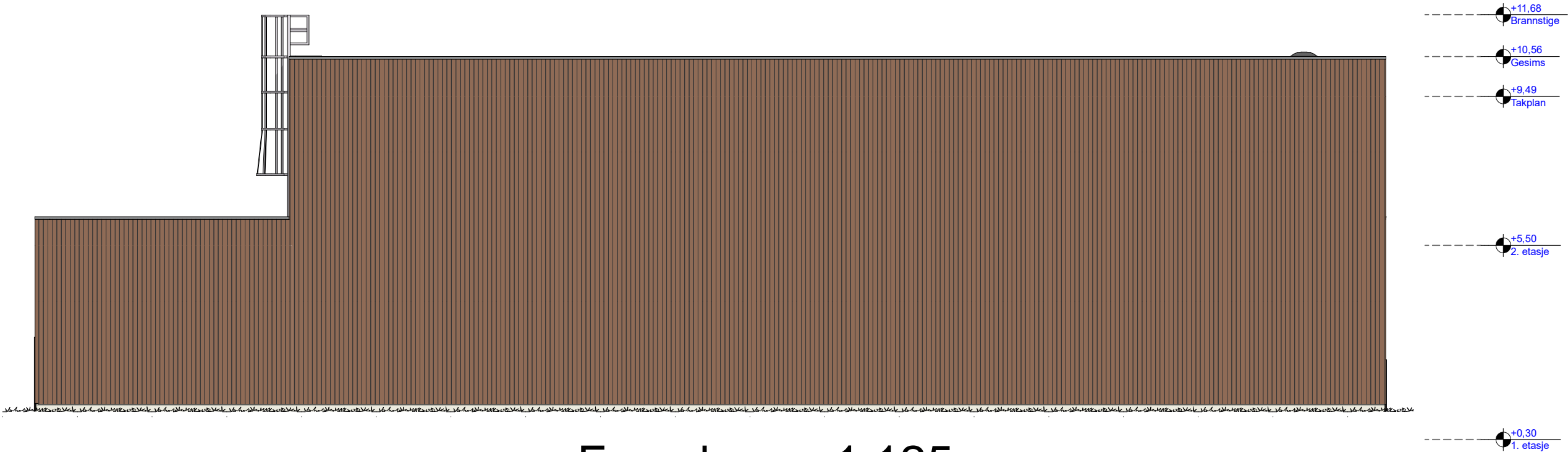
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:200
Tegning: Lengdesnitt	Tegningsnr.: 3.2



Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 09.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:100
Tegning: Tverrsnitt	Tegningsnr.: 3.3

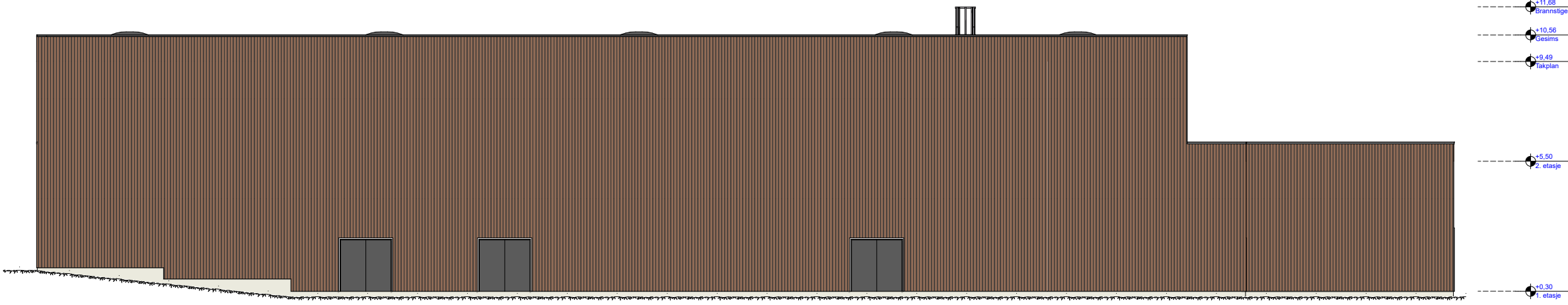


Fasade nord 1:125

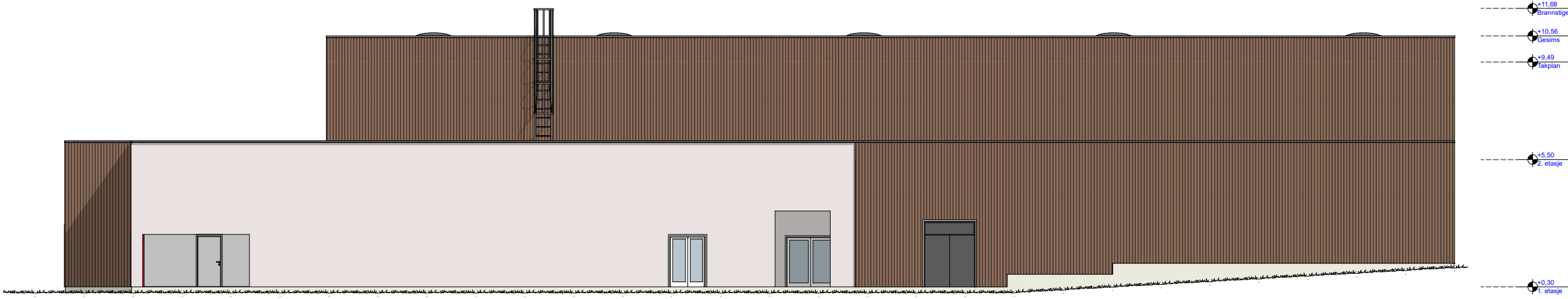


Fasade sør 1:125

Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:125
Tegning: Fasader Kortside	Tegningsnr.: 3.4.1

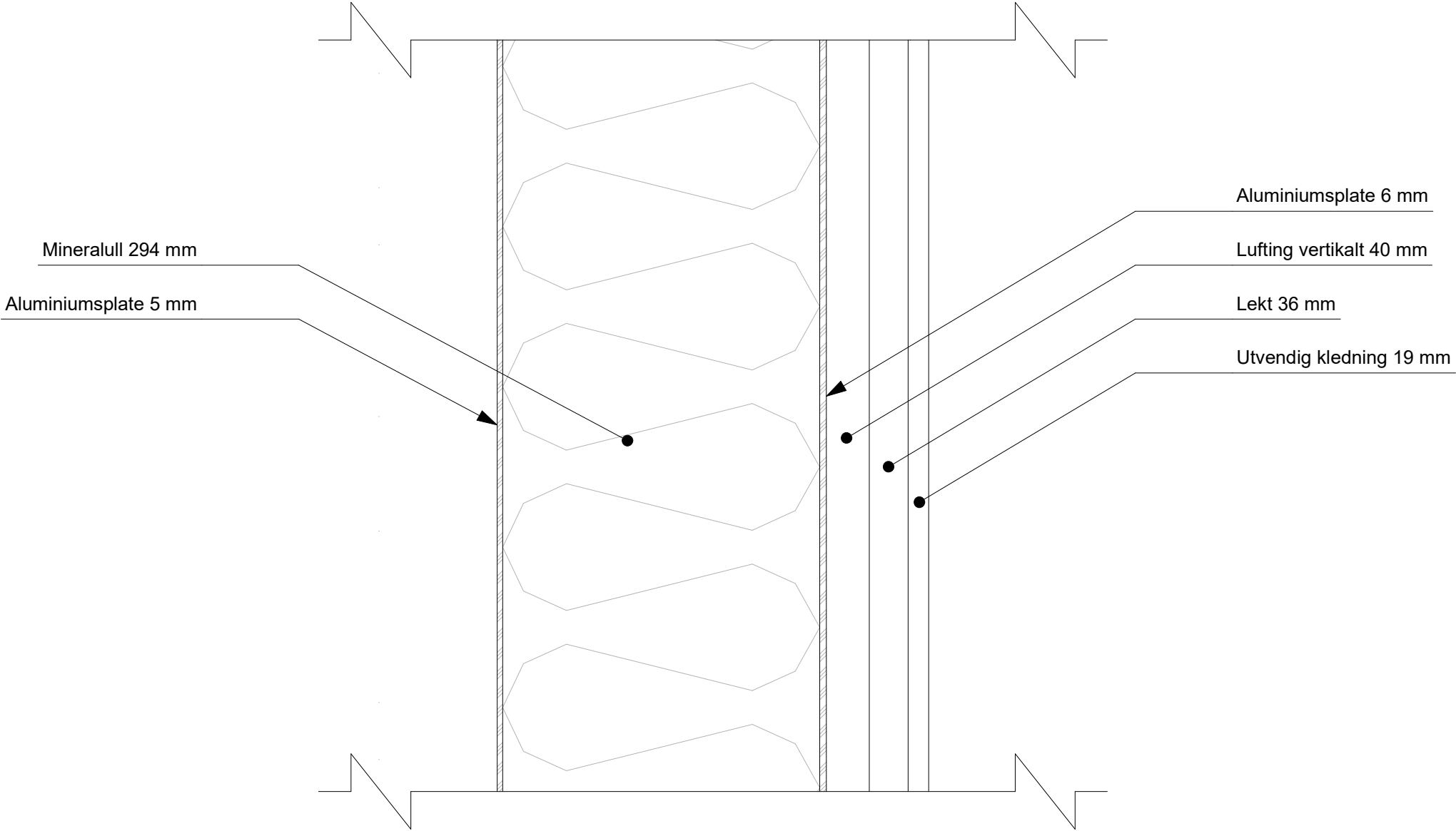


Fasade øst 1:200

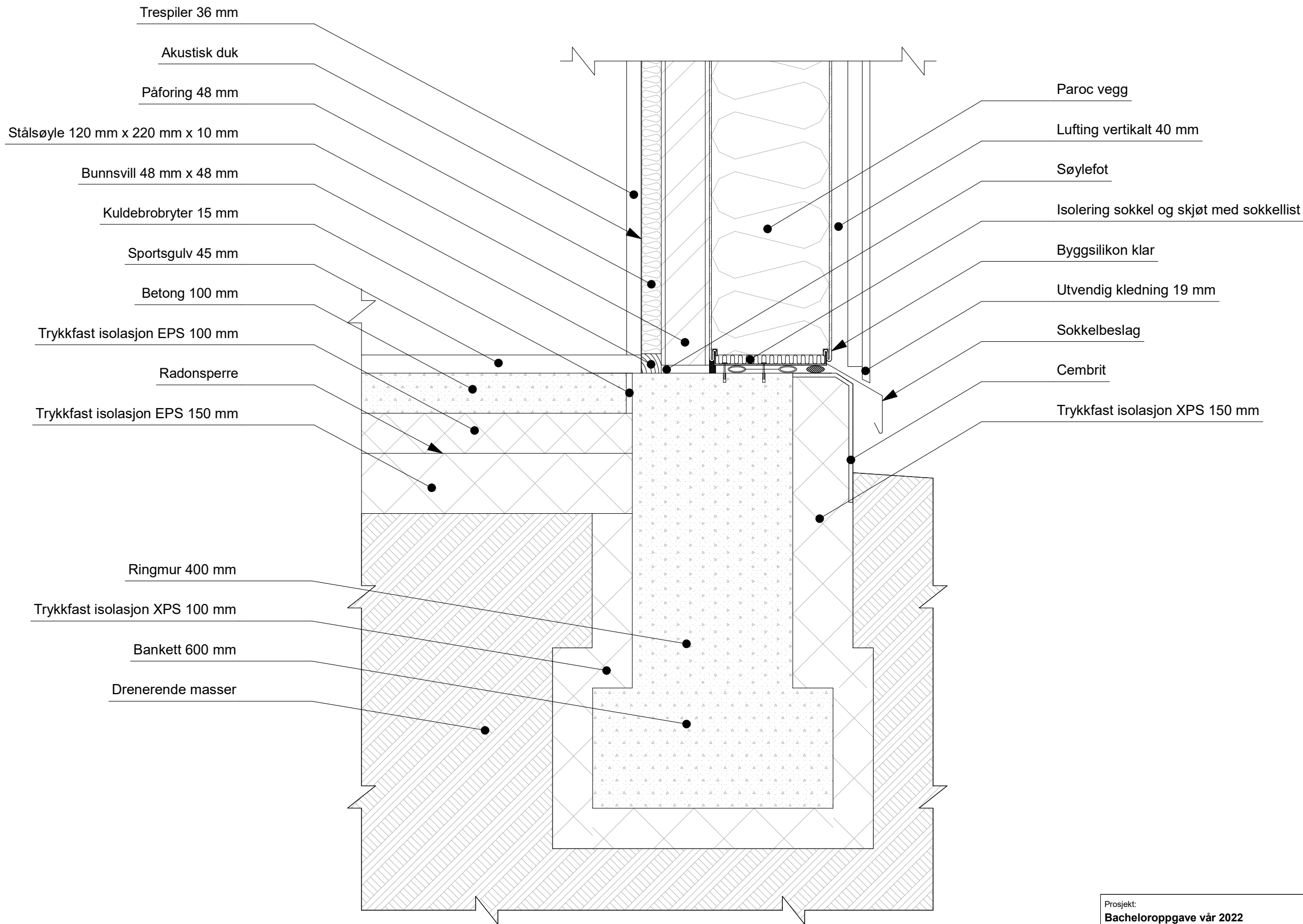


Fasade vest 1:200

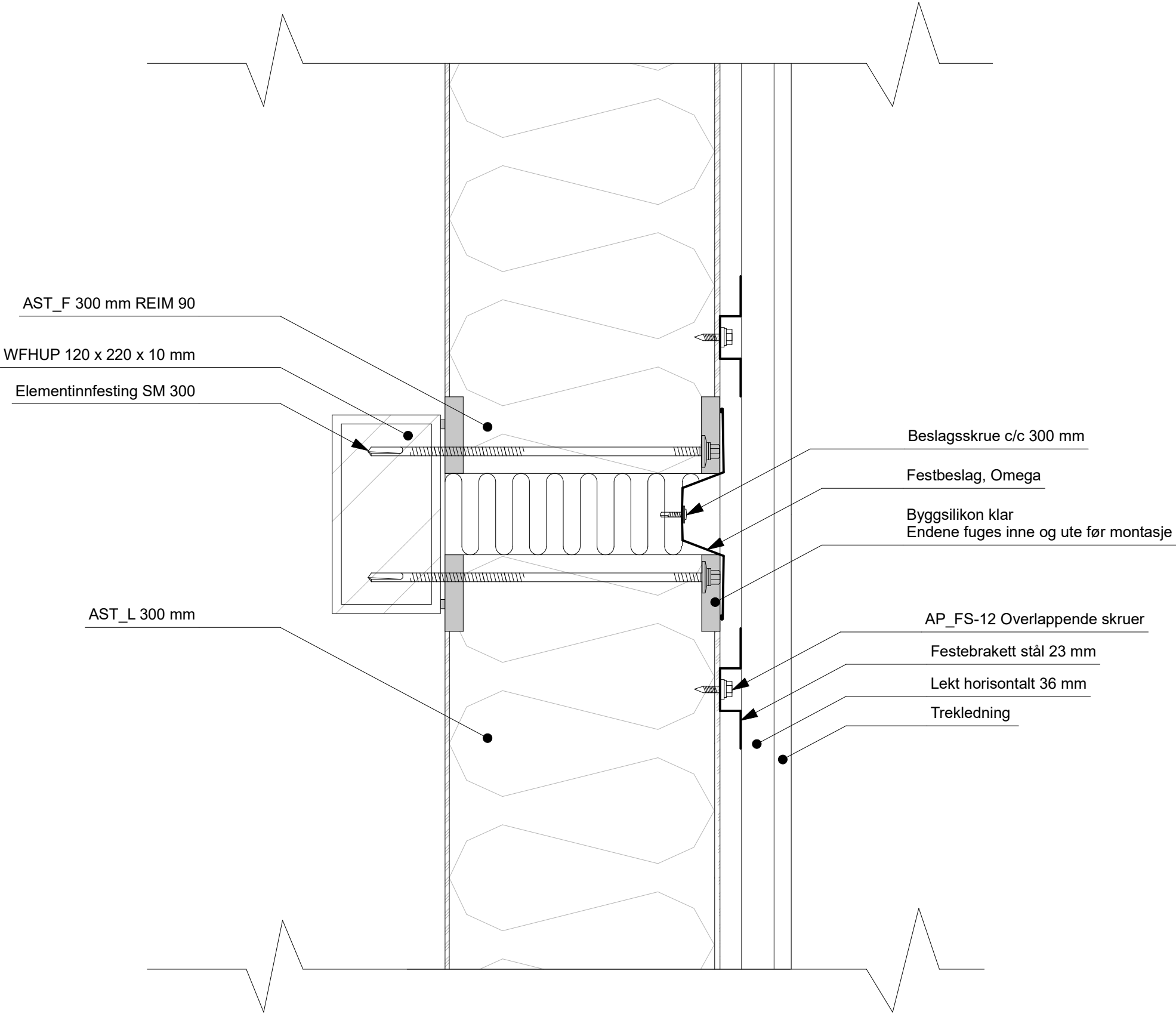
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:200
Tegning: Fasader Langside	Tegningsnr.: 3.4.2



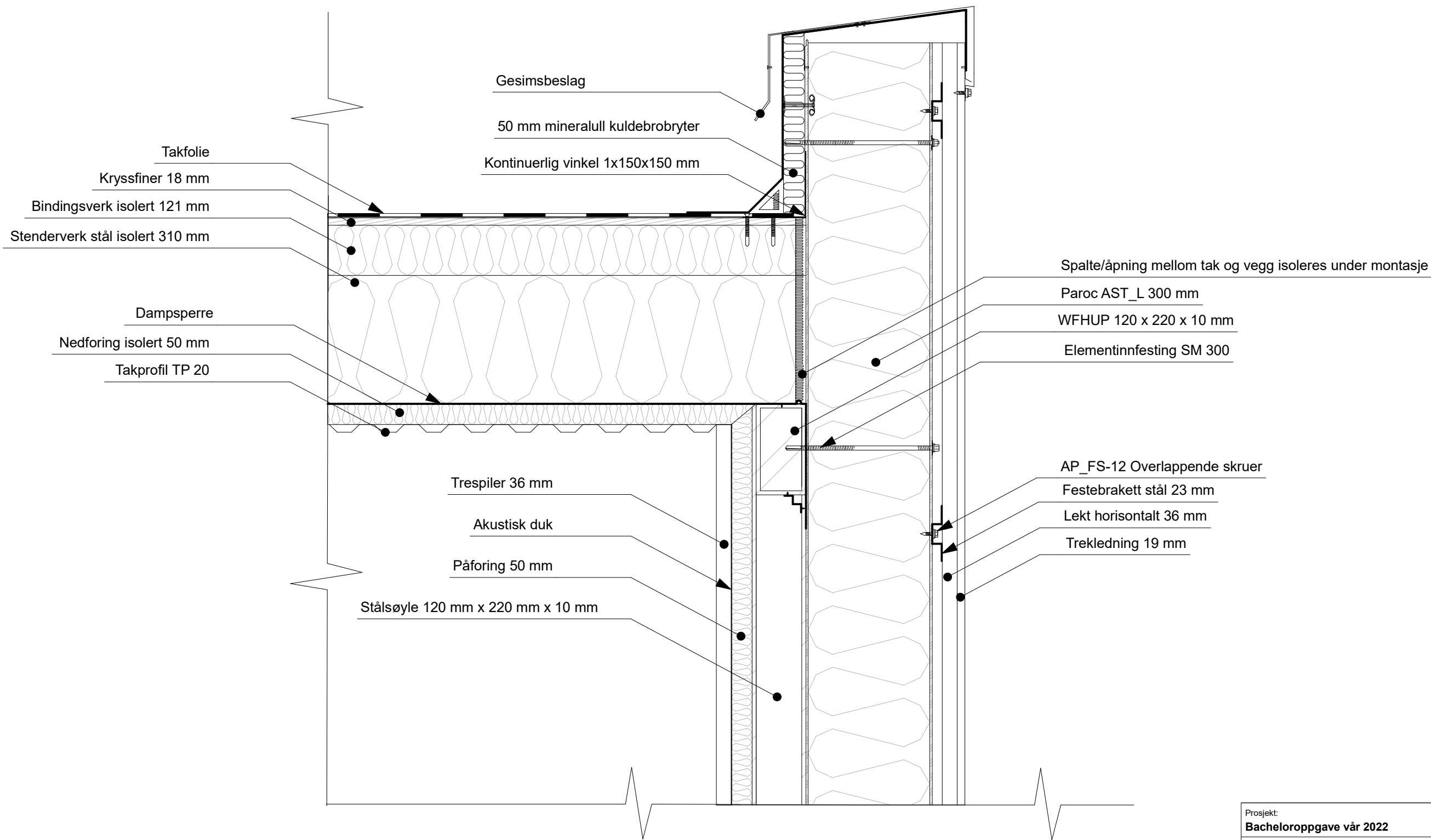
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:5
Tegning: Yttervegg (Paroc)	Tegningsnr.: 3.5



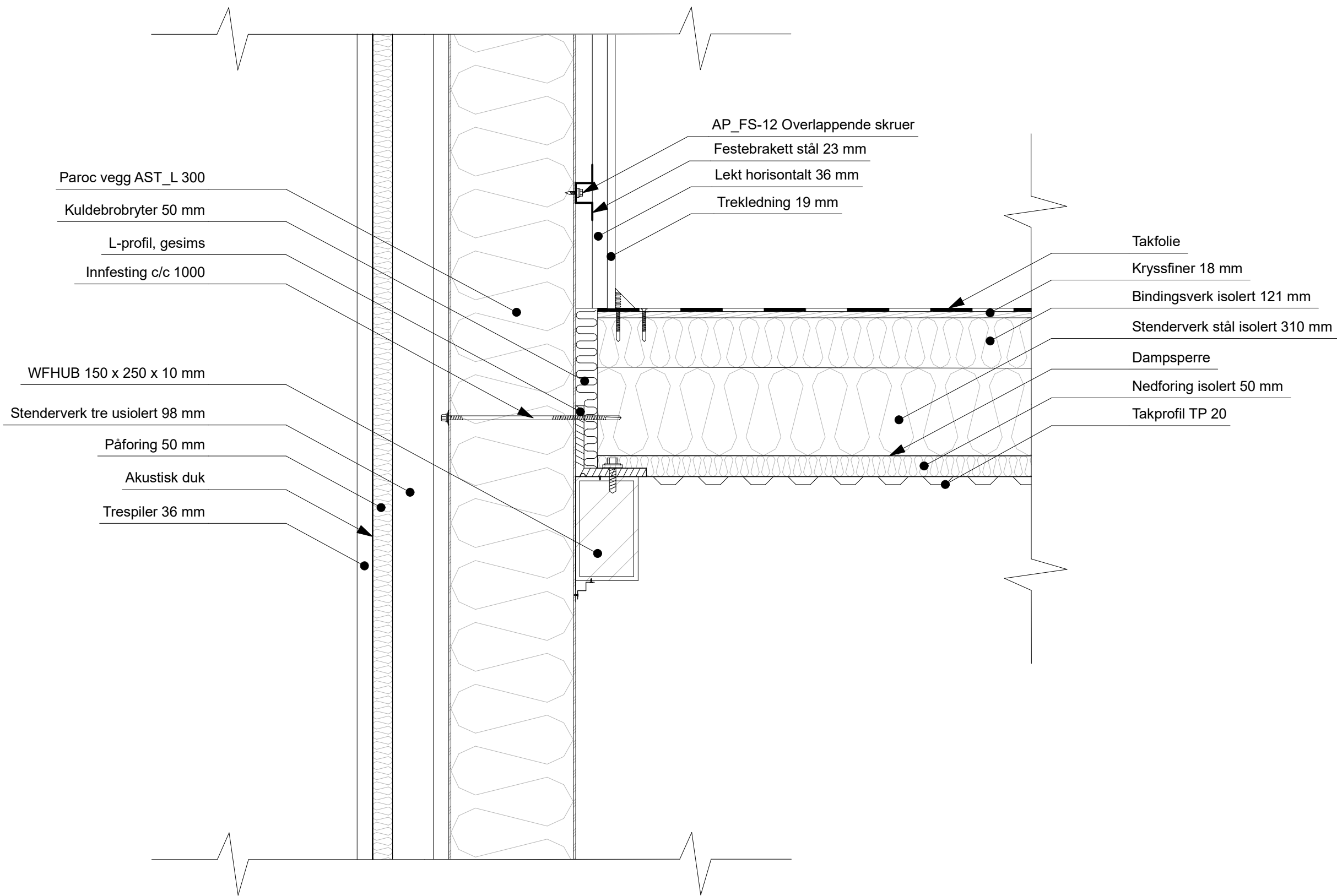
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 12.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:10
Tegning: Overgang fundament - yttervegg	Tegningsnr.: 3.6



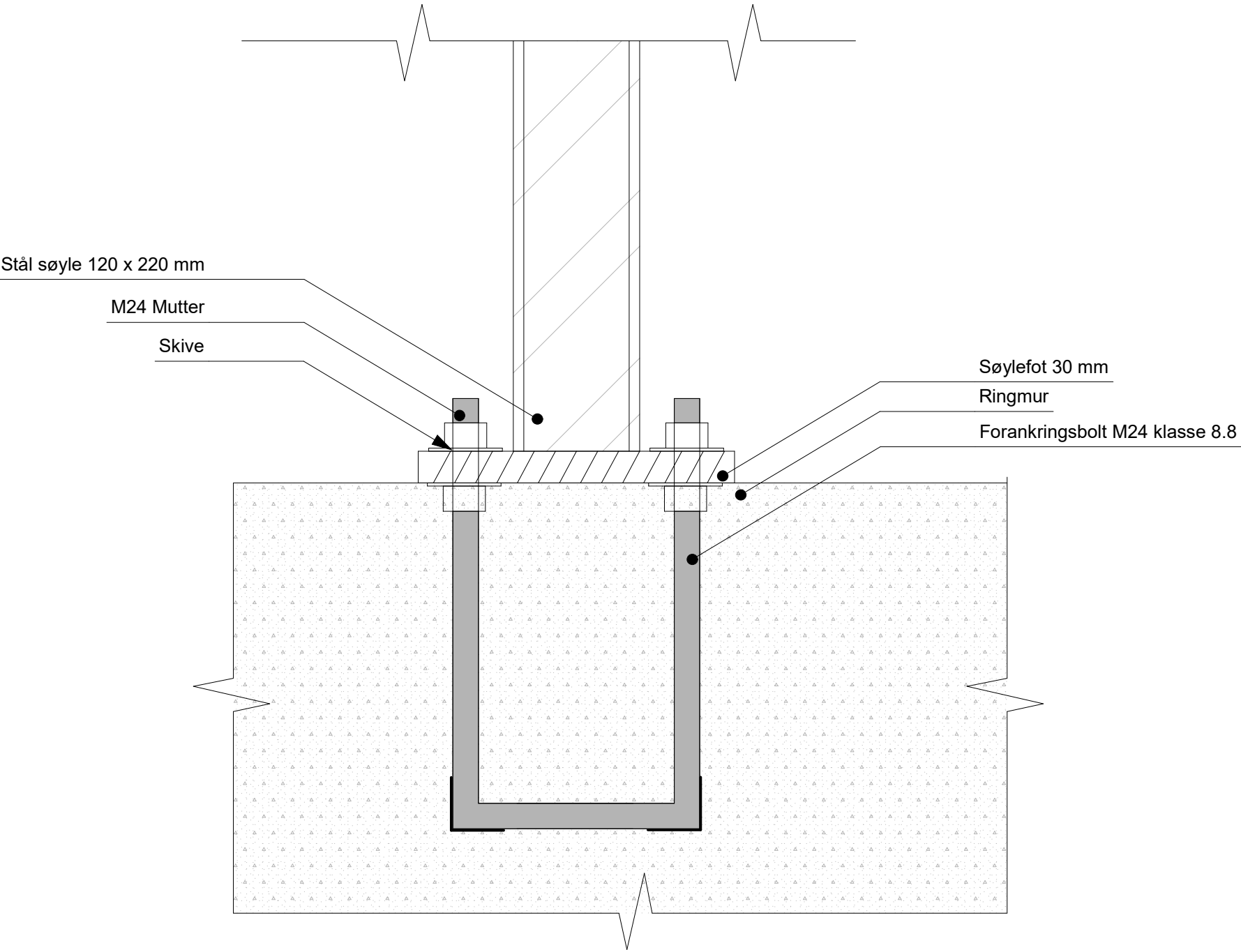
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:5
Tegning: Horisontaldetalj yttervegg - yttervegg	Tegningsnr.: 3.7



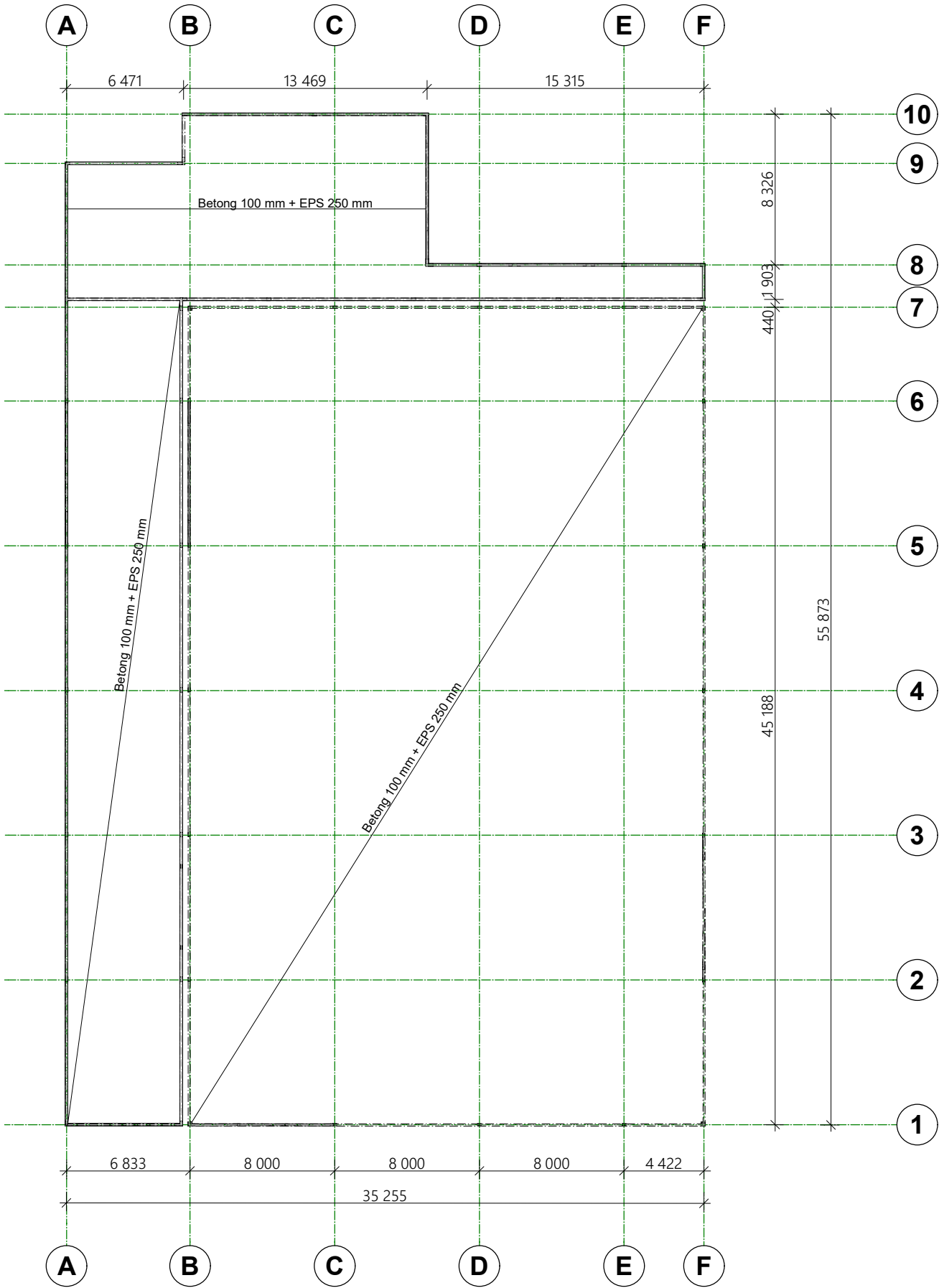
Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:10
Tegning: Overgang yttervegg - tak	Tegningsnr.: 3.8



Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 10.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:10
Tegning: Overgang tak tilleggsbygg - flerbrukshall	Tegningsnr.: 3.9



Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 12.05.2022
Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk 1:5
Tegning: Konstruksjonsdetalj søyle-fundament	Tegningsnr.: 3.10



	Prosjekt: Bacheloroppgave vår 2022	Dato: 09.05.2022
	Prosjekterende: Gruppe 12	Målestokk: 1:300
	Tegning: Konstruksjonsplan	Tegningsnr.: 3.11

Vedlegg 4: Beregninger

Vindlaster. NS-EN 1991-1-4:2005

$$V_{b,0} = 22 \text{ m/s} \quad (\text{Sør - Odal})$$

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{alt} \cdot C_{prob} \cdot V_{b,0} \\ = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 22 \text{ m/s} = V_b = 22 \text{ m/s}$$

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b = 0,7553 \cdot 1 \cdot 22 \text{ m/s} = \underline{16,6166 \text{ m/s}}$$

$$C_r(z) = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,11}} \right)^{0,07} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} \cdot \ln \left(\frac{10}{0,3} \right) = \underline{0,7553}$$

$$k_p = 3,5$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_o(z) \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln \left(\frac{10}{0,3} \right)} = \underline{0,2852}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = 0,5 \rho \cdot V_m^2(z) [1 + 2 k_p \cdot I_v(z)]$$

$$q_p(z) = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 16,6166^2 [1 + 2 \cdot 3,5 \cdot 0,2852] = \underline{517,09 \text{ N/m}^2}$$

Kilde: Standard Norge (2009) Eurokode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-4: Allmenne laster
Vindlaster. Oslo: Standard Norge.

Snølaster

Beregningene er gjort etter anvisninger i boka: «Konstruksjonslære: grunnlag for dimensjonering: last og sikkerhet: en innføring i beregningsprinsipper og lastberegning etter Norsk Standard/ Eurokoder» av John Eie

Snølast på mark: $S_K = S_{K,0} + n \cdot \Delta S_K$

$$n = \frac{(H - H_g)}{100} \quad \text{inntill oppgitt } S_{K, \text{ maks}}$$

$$\begin{aligned} H_g &= 250 \text{ m} && (\text{Hentet fra tabell NA.4.1}) \\ \Delta S_K &= 1,0 && (\text{Hentet fra tabell NA.4.1}) \\ S_{K,0} &= 3,5 && (\text{Hentet fra tabell NA.4.1}) \\ S_{K, \text{ maks}} &= 6,5 && (\text{Hentet fra tabell NA.4.1}) \end{aligned}$$

$$H = \text{Høyde på tømten} = 138,6 \quad (\text{Hentet fra norgeskart})$$

$$n = \frac{(138,6 - 250)}{100} = -1,11 \quad < S_{K, \text{ maks}}$$

$$n \text{ avrundes til nærmeste heltall} = -1$$

$$\underline{S_K} = 3,5 + (-1,0) \cdot 1,0 = \underline{2,5}$$

Dimensjonerende snølast på tak: $S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_K$

$$\begin{aligned} C_e &= 1,0 \\ C_t &= 1,0 \\ S_K &= 2,5 \\ \mu_i &= 0,8 \quad (\text{fra fig 23a Byggeforskrift 471.041}) \end{aligned}$$

$$\underline{S} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = \underline{\underline{2 \text{ kN/m}}}$$

Spennlengde sandwichpanel

Har fra beregninger i vedlegg 4.1 at karakteristisk vindlast = 517,09 N/m².

Deler opp i soner og beregner vindsug/ trykk, etter instruksjonene i Paroc Panels - Teknisk Håndbok side 31.

- AST L 300mm % $U\text{-verdi} = 0,12$, $E/180$ $C_{pi} = 0,2$ (overtrykk)
 $C_{pi} = -0,3$ (undertrykk)
 $\gamma_d = 1,5$

- sone A % $C_{pe,10} = 1,2$ (sug) $C_{pa} = 1,2 + 0,2 = \underline{1,4}$ (sug)
- sone B % $C_{pe,10} = 0,8$ (sug) $C_{pb} = 0,8 + 0,2 = \underline{1,0}$ (sug)
- sone C % $C_{pe,10} = 0,5$ (sug) $C_{pc} = 0,5 + 0,2 = \underline{0,7}$ (sug)
- sone D % $C_{pe,10} = -0,7$ (trykk) $C_{pd} = -0,7 - 0,3 = -1,0$ (trykk)
- sone E % $C_{pe,10} = 0,3$ (sug) $C_{pe} = 0,3 + 0,2 = 0,2$ (sug)

- Dim. vindtrykk % sone D.

$$W_{d,D} = \gamma (C_{pd} \cdot q_p) = 1,5 (1,0 \cdot 0,51709 \text{ kN/m}^2) \approx 0,7756 \text{ kN/m}^2$$

- Dim. vindsug % sone A.

$$W_{d,A} = \gamma (C_{pa} \cdot q_p) = 1,5 (-1,4 \cdot 0,51709 \text{ kN/m}^2) \approx -1,0859 \text{ kN/m}^2$$

⇒ AST L 300 mm Velges akseavstand 8 m.

• Bæreegne vindtrykk bestemmes av ytterplate, $t = 0,6 \text{ mm}$:

$$R_{d,0,6} = 1,50 \text{ kN/m}^2 > W_{d,d} \approx 0,7756 \text{ kN/m}^2$$

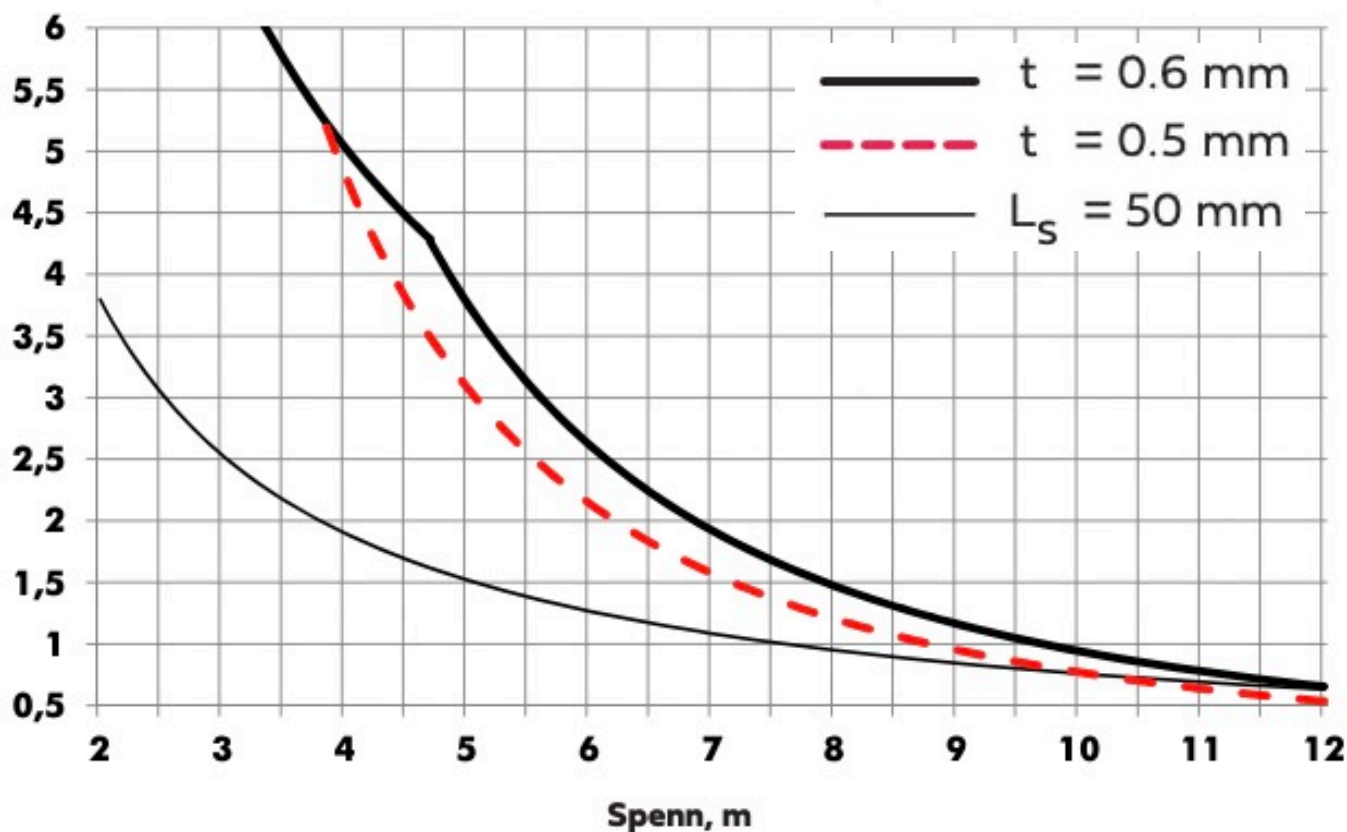
• Bæreegne vindsug bestemmes av innerplate, $t = 0,5 \text{ mm}$:

$$R_{d,0,5} = 1,25 \text{ kN/m}^2 > W_{d,d} \approx |-1,0859 \text{ kN/m}^2|$$

⇒ Ser at bæreegne $>$ vindlastes. AST L 300 mm med akseavstand = 8 m er derfor OK.

Elementtype AST® L 300 mm

Bæreegne R_d , kN/m^2



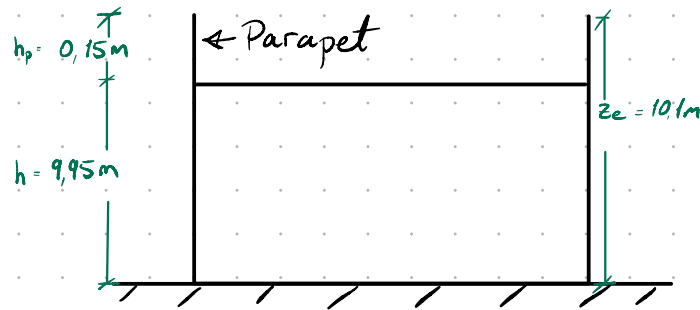
Utklipp hentet fra: Paroc Panels - Teknisk Håndbok side 22. Figuren viser: Spenn for yttervegg, enkeltspenn med temperaturgradient, elementtykkelse 300 mm.

Beregninger av laster til dimensjonering av bæring i hall

De to neste sidene viser beregninger av laster som opptrer på hallens takbjelker.
Vindlastberegningene gjøres for to lasttilfeller, der begge ble sjekket i Focus Konstruksjon.

Laster

- Egenlast tak = $G_{tk} = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Snølast = $S_{gk} = 2 \text{ kN/m}^2 \cdot 8 \text{ m} = 16 \text{ kN/m}$
- Vindlast = F_{wk}



$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,15}{9,95} \approx 0,015 \Rightarrow \text{Bruker } C_{pe} \text{ for skarp takavslutning.}$$

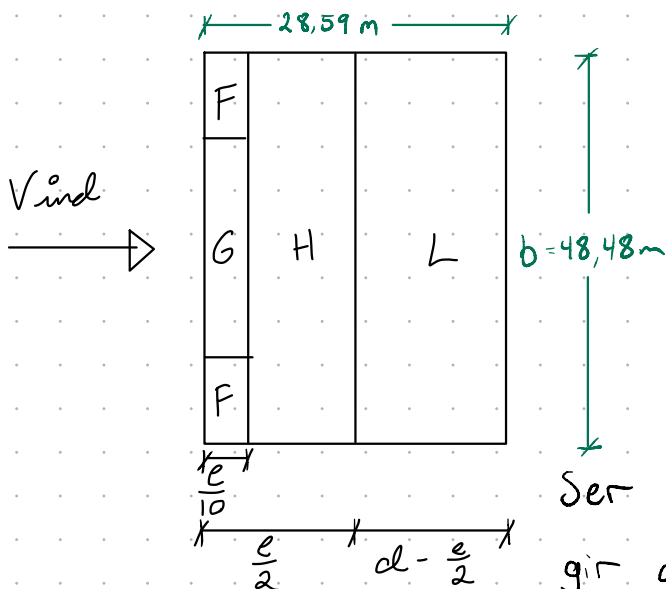
Sone

	F	G	H	L
$C_{pe,10}$	-1,8	-1,2	-0,7	+0,2 / -0,2

$$F_w = C_{pe,10} \cdot q_{pe} = C_{pe,10} \cdot 517,09 \text{ N/m}^2$$

	F	G	H	L
$F_w [\text{N/m}^2]$	-930,76	-620,51	-361,96	103,41 / -103,41

- Vind på langside



$$\frac{e}{10} = \frac{20,2}{10} = 2,02$$

$$\frac{e}{2} = \frac{20,2}{2} = 10,1$$

Ser bort fra sone G, fordi F, H og L gir den mest ugunstige lastkombinasjonen.

$$L = 28,59 \text{ m} - \frac{20,2}{2} = 18,49 \text{ m}$$

$$F = G = \frac{20,2 \text{ m}}{10} = 2,02 \text{ m}$$

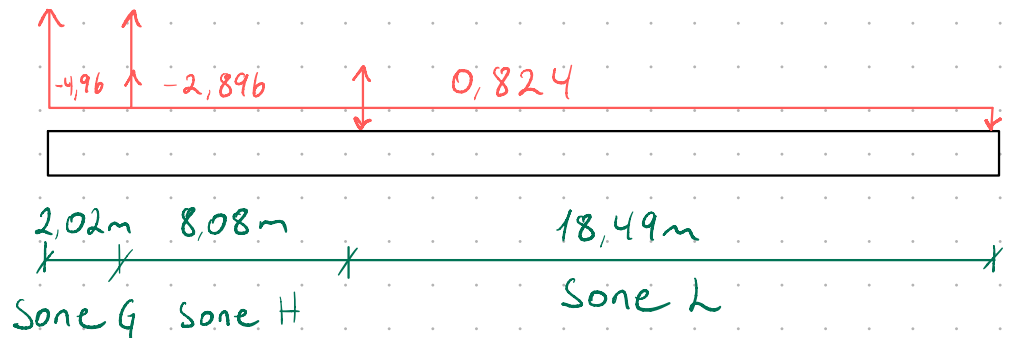
$$H = 28,59 \text{ m} - \frac{20,2 \text{ m}}{2} - \frac{20,2}{10} = 8,08 \text{ m}$$

Tilfelle 1:

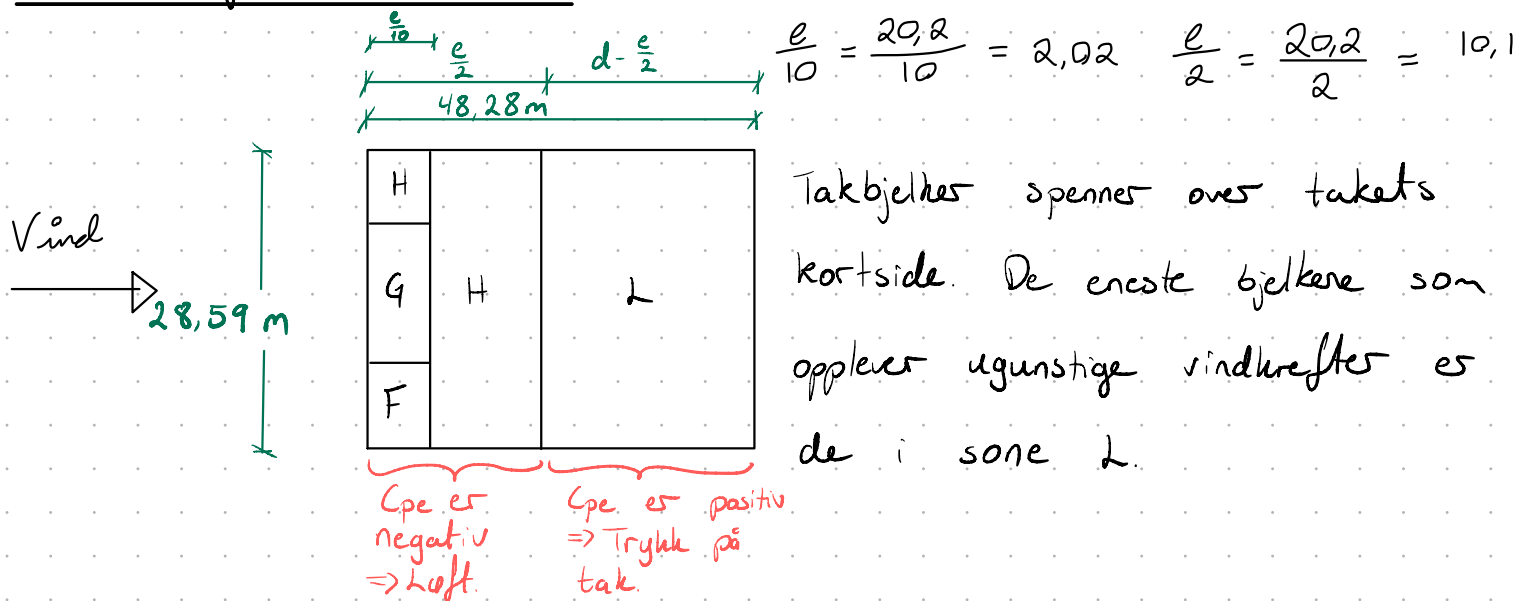
Sone G: $-0,621 \text{ kN/m}^2 \cdot 8\text{m} = -4,968 \text{ kN/m}$

Sone H: $-0,362 \text{ kN/m}^2 \cdot 8\text{m} = -2,896 \text{ kN/m}$

Sone F: $0,103 \text{ kN/m}^2 \cdot 8\text{m} = 0,824 \text{ kN/m}$

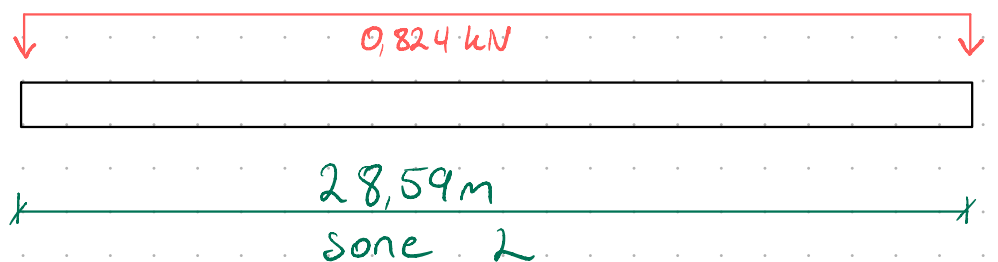


• Vind på kortside:



Takbjelker spenner over takets kortside. De eneste bjelkene som opplever ugunstige vindkrefter er de i sone L.

Tilfelle 2:



• Egenlaster

$G_{th} = 0,5 \text{ kN/m}^2$ (vekten av taket). Hver bjelke bærer 8m tak i bredden.

Fordelt last på tak = $0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 8\text{m} = 4 \text{ kN/m}$

Lastkombinasjoner

Brukes tabell NA.A1.2(B) i NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016

Følgende lastkombinasjoner brukes for dimensjoneringen. Ligning 6.10a og 6.10b legges inn i Focus Konstruksjon.

Vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner	Permanente laster		Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster (*)
	Ugunstig	Gunstig		
(Ligning 6.10a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Ligning 6.10b)	$\xi_j \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Variable laster er de som er oppført i tabell NA.A1.1

MERKNAD 1 Det brukes følgende sett med γ - og ξ -verdier ved bruk av uttrykk 6.10a og 6.10b:

$\gamma_{G,j,sup} = 1,35$;
 $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$;
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$ hvis ugunstig (0 hvis gunstig);
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$ hvis ugunstig (0 hvis gunstig);
 $\xi = 0,89$;
 (I Norge brukes 6.10a og 6.10b, slik at $\xi \gamma_G = 0,89 \times 1,35 = 1,20$).

Se også NS-EN 1991 til NS-EN 1999 for γ -verdier som skal brukes for påførte deformasjoner.

MERKNAD 3 De karakteristiske verdiene for alle permanente laster fra ett opphav multipliseres med $\gamma_{G,sup}$ hvis resultatet i form av den totale lastvirkningen er ugunstig, og med $\gamma_{G,inf}$ hvis resultatet i form av den totale lastvirkningen er gunstig. F.eks. kan alle laster med opprinnelse i konstruksjonens egenvekt anses å komme fra én kilde; dette gjelder også om forskjellige materialer er brukt.

MERKNAD 4 For spesielle påvisninger kan verdiene for γ_G og γ_Q igjen deles inn i verdiene γ_S og γ_T og modellens usikkerhetsfaktor γ_{sd} . En verdi for γ_{sd} som ligger mellom 1,05 til 1,15, kan brukes i de fleste vanlige tilfeller.

Tabell NA.A1.1:

• Kategori C (forsamlingslokaler)

$$\psi_0 = 0,7 \quad \psi_1 = 0,7 \quad \psi_2 = 0,6$$

• Snølaster

$$\psi_0 = 0,7 \quad \psi_1 = 0,5 \quad \psi_2 = 0,2$$

• Vindlaster

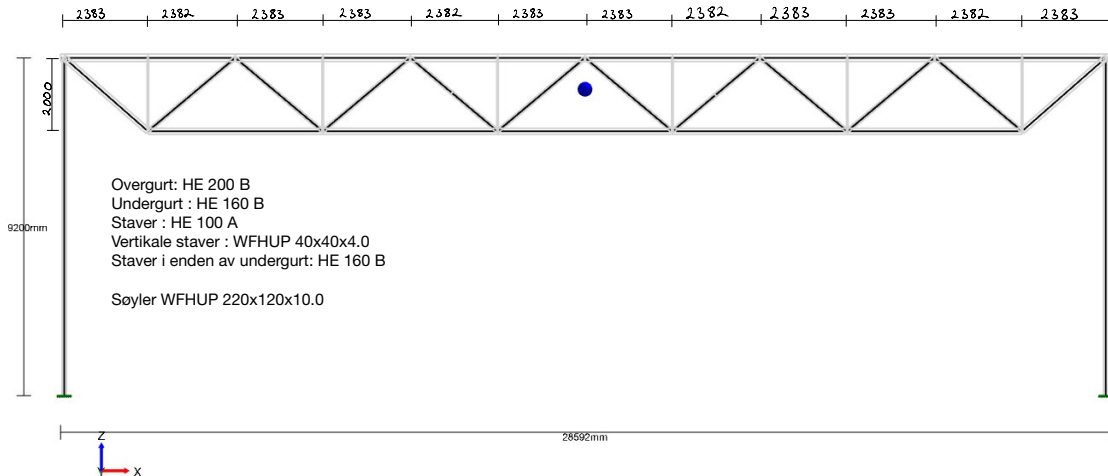
$$\psi_0 = 0,6 \quad \psi_1 = 0,2 \quad \psi_2 = 0$$

$$(6.10a) \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

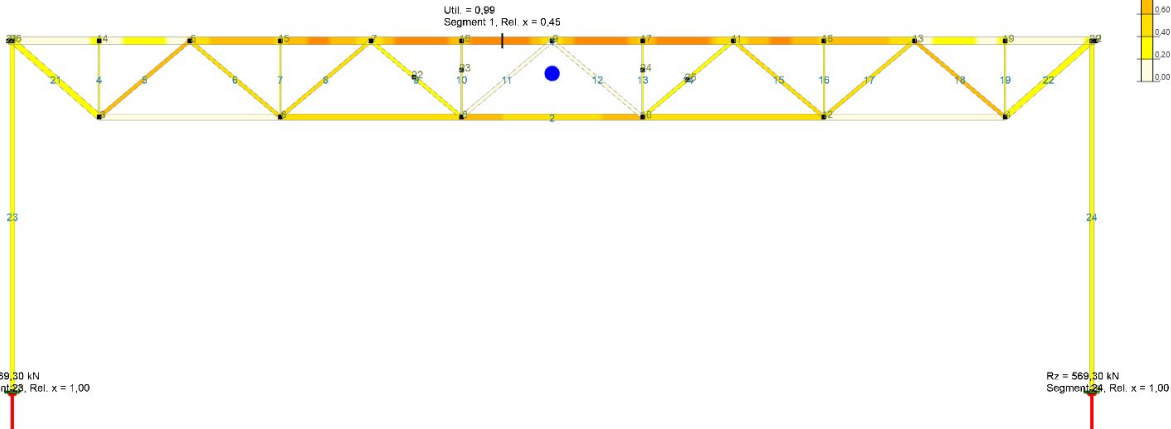
$$(6.10b) \sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Mål i mm

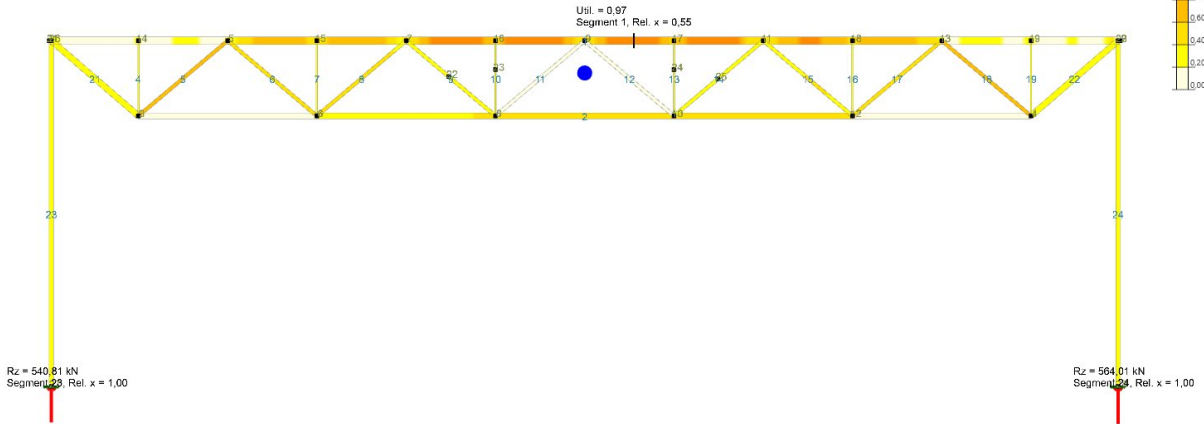
Dimensjoner av fagverksbjelke og søyler i hall.



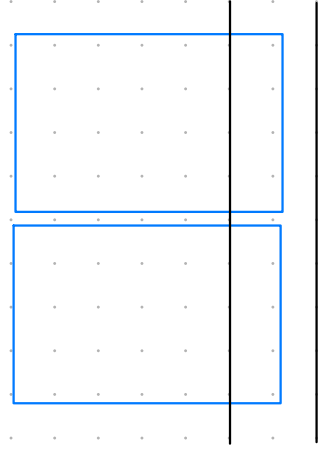
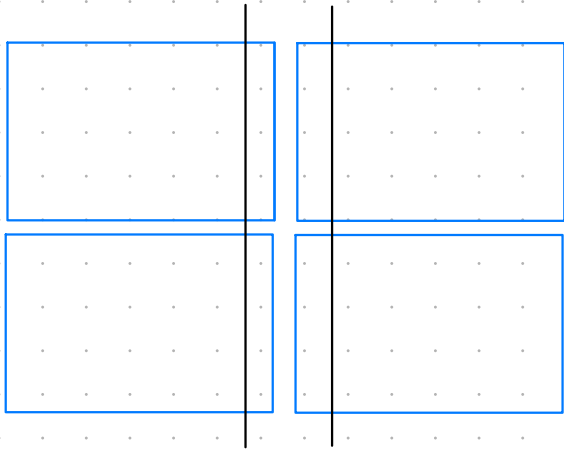
Kapasitetskontroll. Kun trykk fra vindlast. OK.



Kapasitetskontroll. Trykk og løft fra vindlast. OK.

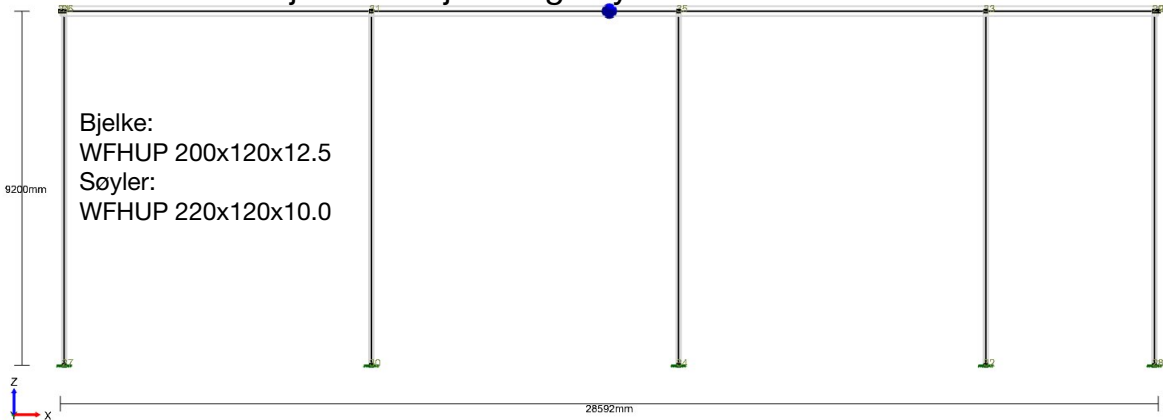


I hovedsak bæres takelementene i hallen av fagverksbjelker. Langs hallens kortsider er det ikke nødvendig med fagverksbjelker. Dette skyldes at takbjelkene i hallens kortender har flere opplagere. I tillegg er takbjelkene i kortendene av hallen opplagere for en rad med takelementer. Fagverksbjelkene bærer to rader med takelementer. Figurene under viser en prinsippet. Figuren til venstre: fagverksbjelke (svart) og takelementer i blått. Figuren til høyre: bjelke (svart) og takelementer (blått).

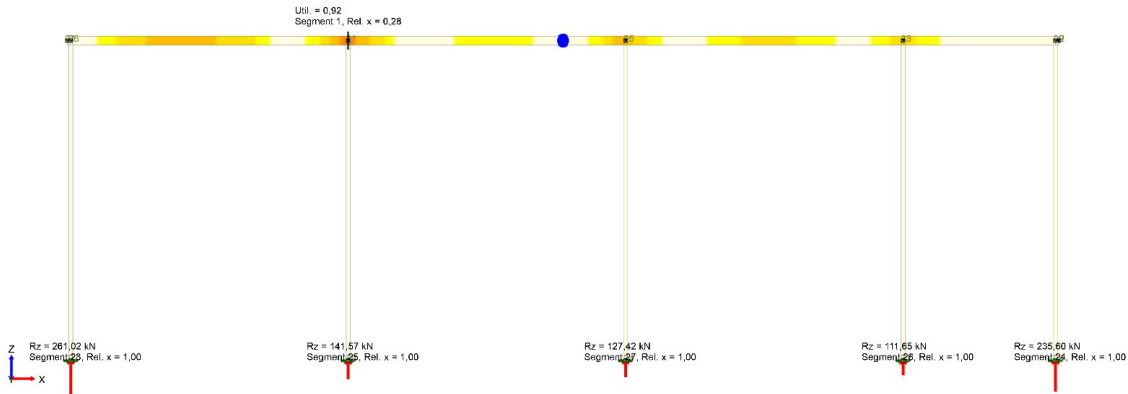


Kapasitetskontrollen av bjelkene og søylene på hallens kortsider ble utført med halvparten av lastene som virker på hallens fagverksbjelker. Ser at søylene er overdimensjonert. Dette er et resultat av at ytterveggenes sandwichpaneler krever en oppleggsbredde på 220 mm.

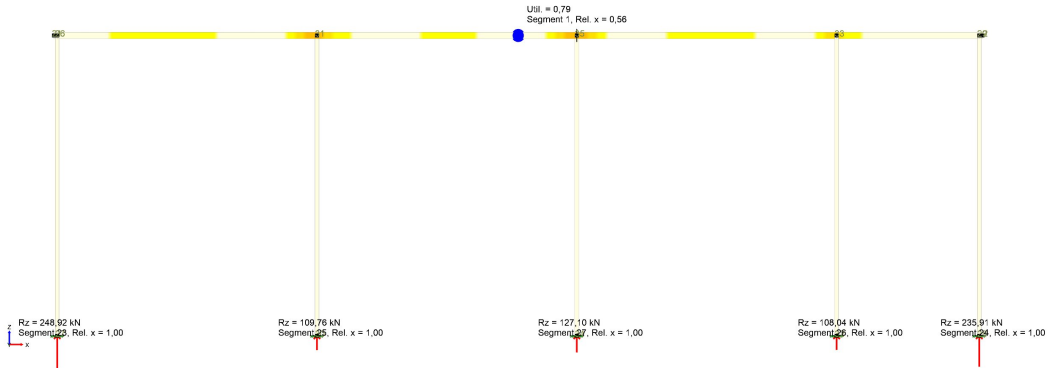
Dimensjoner av bjelke og søyler i kortende av hall



Kapasitetskontroll. Kun trykk fra vindlast. OK

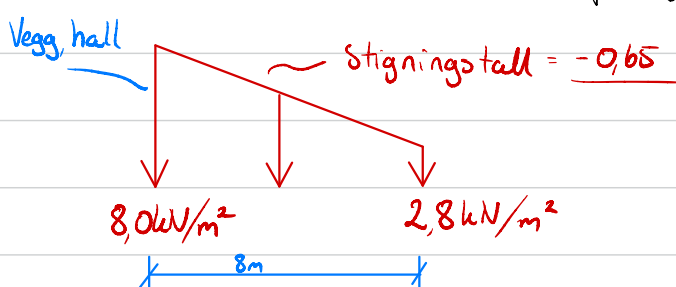


Kapasitetskontroll. Trykk og løft fra vindlast. OK

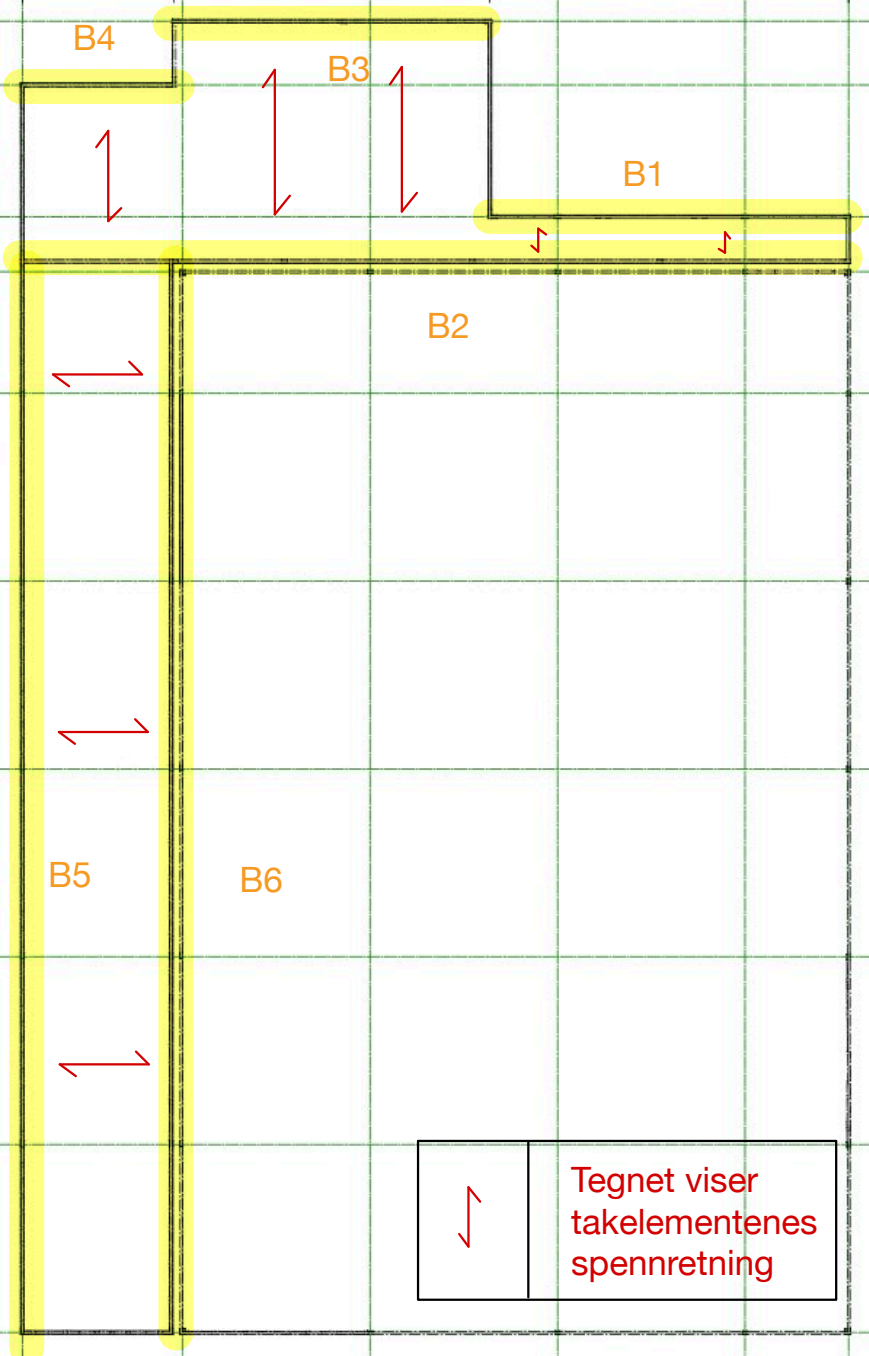


Beregninger av laster til dimensjonering av bæring i tilleggsbygg

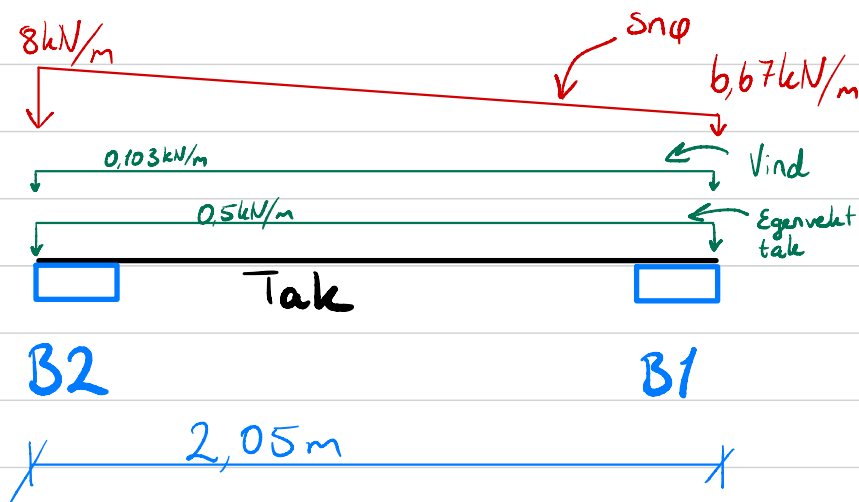
- Søyledimensjoner velges ut fra oppleggsbredden veggelementene krever.
- Tegningen under viser bjelkene som skal bære takelementene.
- Rød pil viser takelementenes orientering.
- Taket vil belastes for fonnelast. Bruker verdiene som ble brukt i prosjekteringen av referansebygget:



- Bruker vindlaster sone 2 fra hallberegninger.
 $\Rightarrow F_w = 0,103 \text{ kN/m}^2$
- Bruker Focus Konstruksjon for å regne ut opplagerkrefter med ligning 6.10 a og 6.10 b. Ligningene vises i kapittel 3.2.4.



Laster på B1 og B2.



Snølast: $8 \text{ kN/m} + (-0,65 \text{ kN/m}) \cdot 2,05$
 $\approx 6,67 \text{ kN/m}$

Regner last per meter:

$$8 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 8 \text{ kN/m}$$

$$6,67 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 6,67 \text{ kN/m}$$

$$0,103 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 0,103 \text{ kN/m}$$

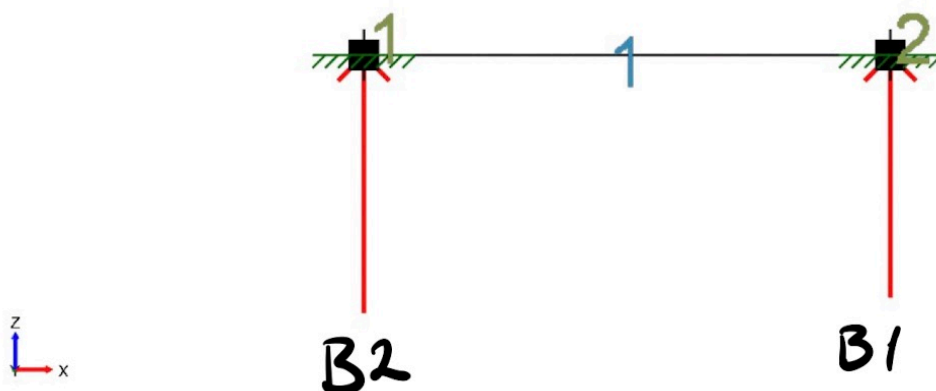
$$0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 0,5 \text{ kN/m}$$

Gjør tilsvarende beregninger for alle bjelker.

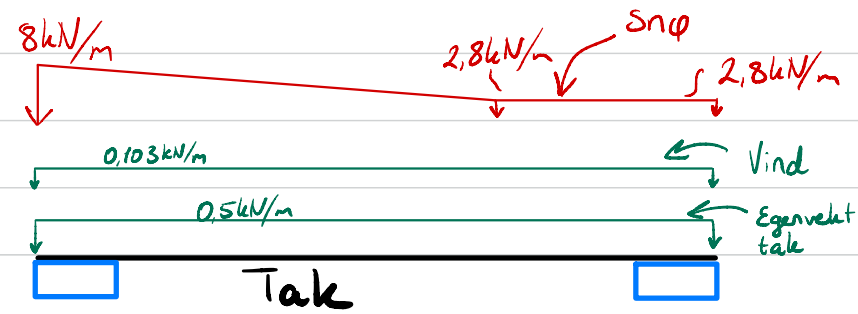
Opplagerkrefter B1 og B2

$$R_z = 8,50 \text{ kN} \quad R_z = 7,99 \text{ kN}$$

$$\text{Segment 1, Rel. Segment 1, Rel. } x = 1,00$$



Laster på B2 og B3



Regner laster per meter.

B2

B3

8,00 m

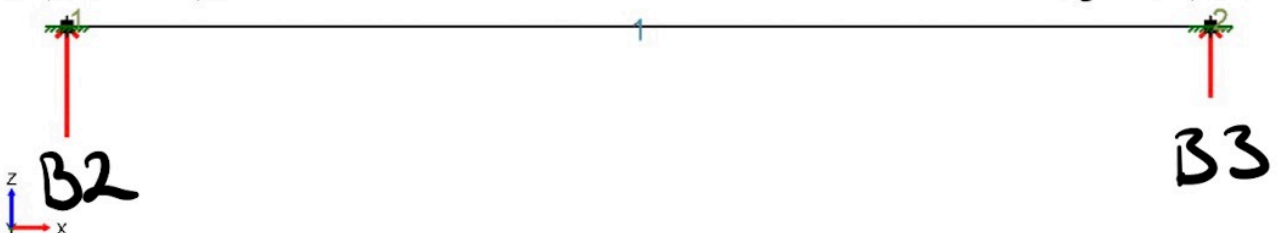
2,38 m

10,38 m

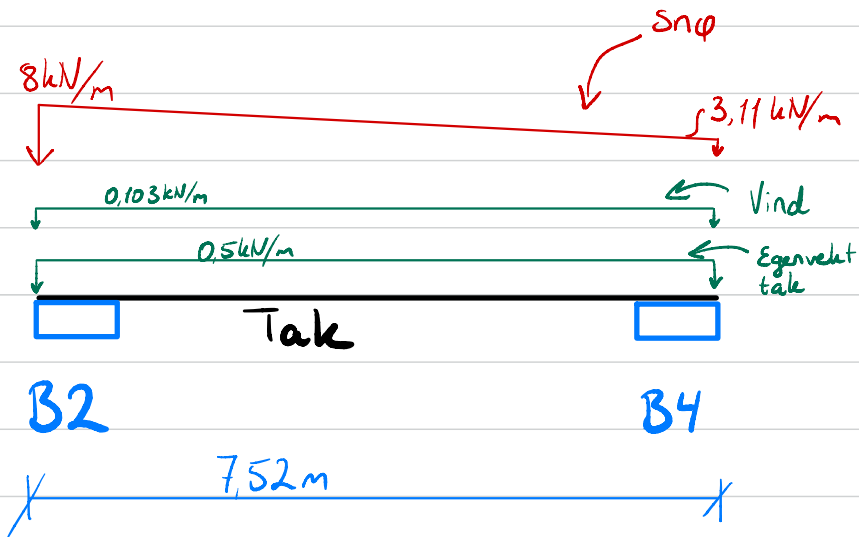
Opplageskrefter B2 og B3

$R_z = 34,49 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. $x = 0,00$

$R_z = 22,25 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. $x = 1,00$



Laster på B2 og B4



$$\text{Snølast} = 8 \text{ kN/m} + (-0,65 \text{ kN/m}) \cdot 7,52 \\ \approx 3,11 \text{ kN/m}$$

Regner laster per meter.

Opplageskrefter B2 og B4

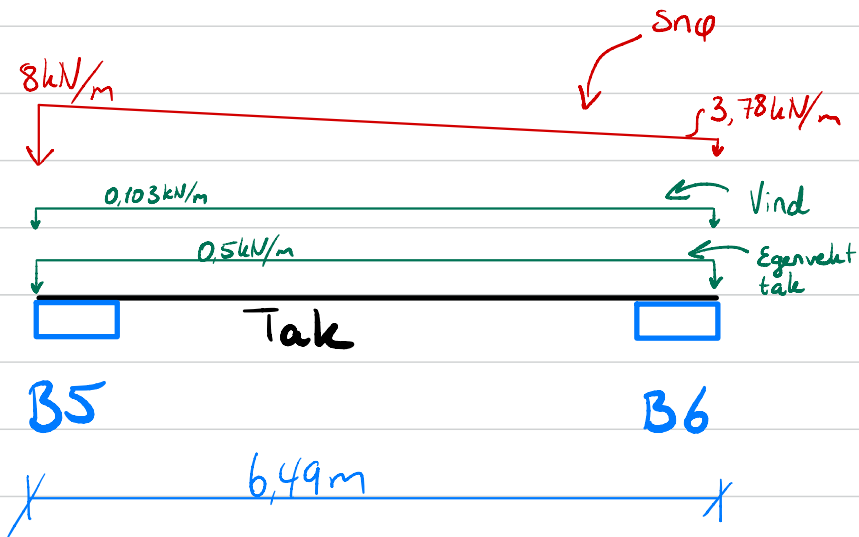
$R_z = 27,05 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. x = 0,00

B2

$R_z = 19,70 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. x = 1,00

B4

Laster på B5 og B6



$$\text{Snølast: } 8 \text{ kN/m} + (-0,65 \text{ kN/m}) \cdot 6,49 \approx 3,78 \text{ kN/m}$$

Regner laster per meter.

Opplageskrefter B5 og B6

$R_z = 24,00 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. x = 0,00



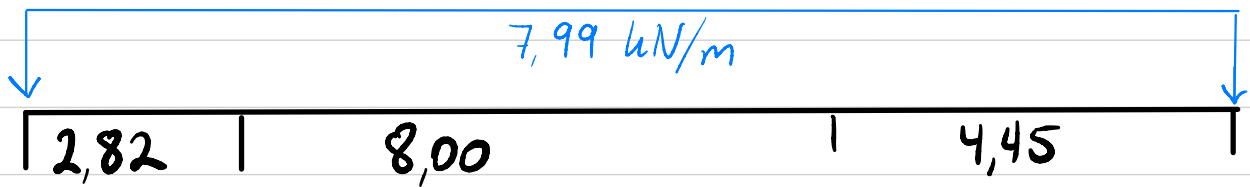
$R_z = 18,53 \text{ kN}$
Segment 1, Rel. x = 1,00



Kapasitetsberegning bjelker

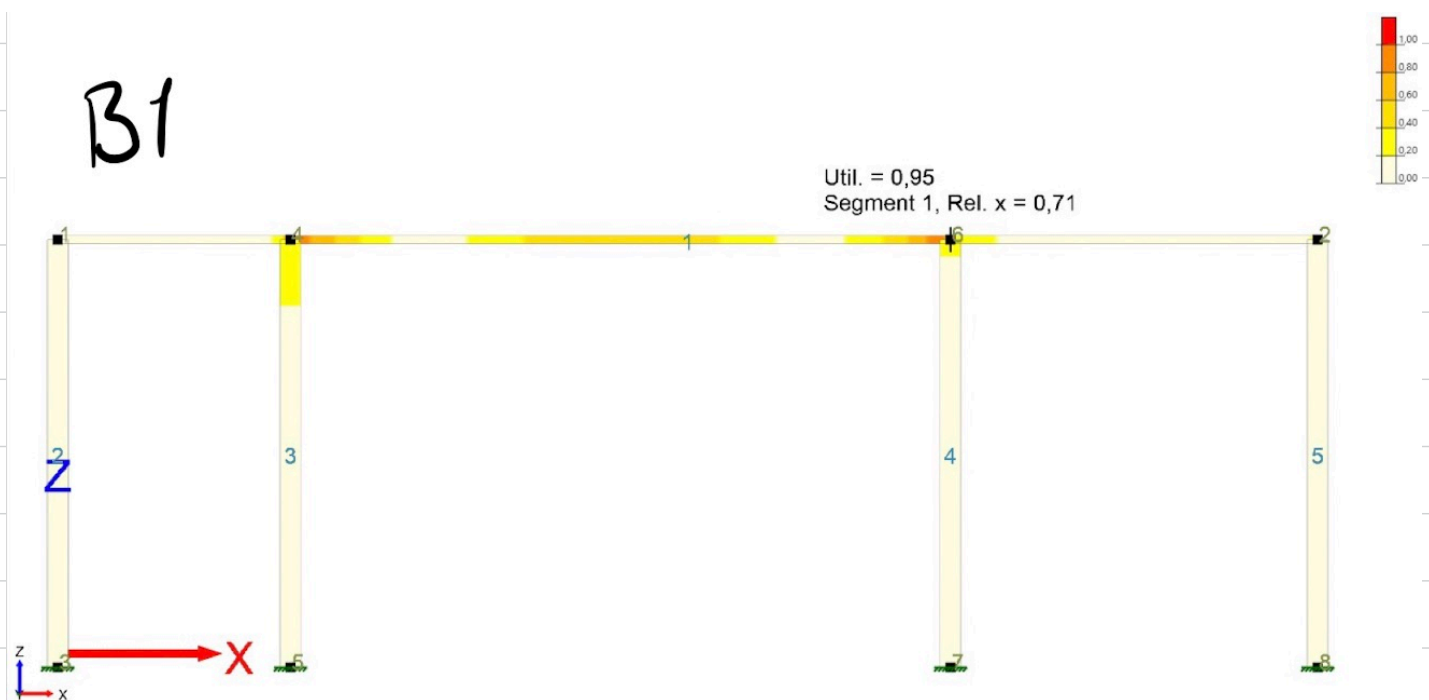
- Tegner bjelkene i Focus og påfører kreftene ovenfor som linjelaster.
- Bruker ligning 6.10a og 6.10b i kontrollene.

B1

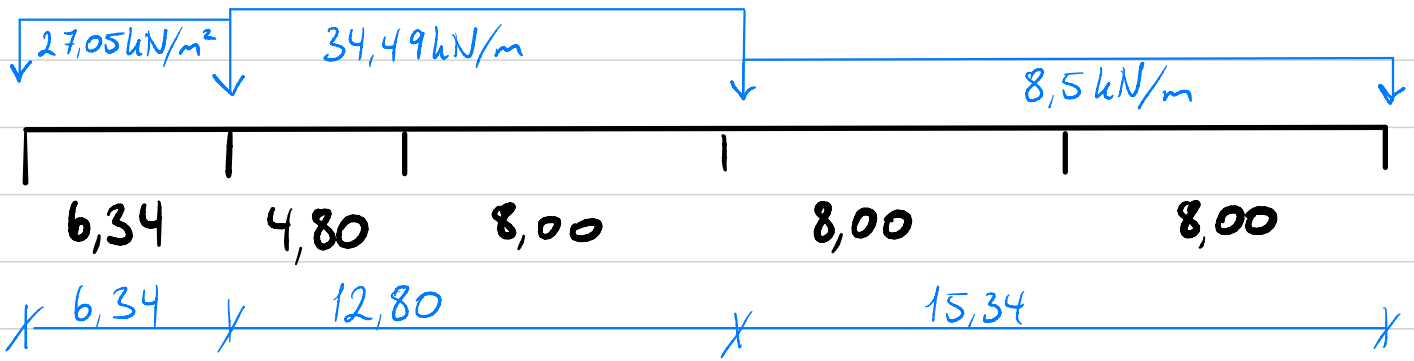


Bjelke: WFHUP $150 \times 100 \times 8,0$ (liggende)

Søjler: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$



B2



Bjelke: WFHUP 250 x 150 x 8,0

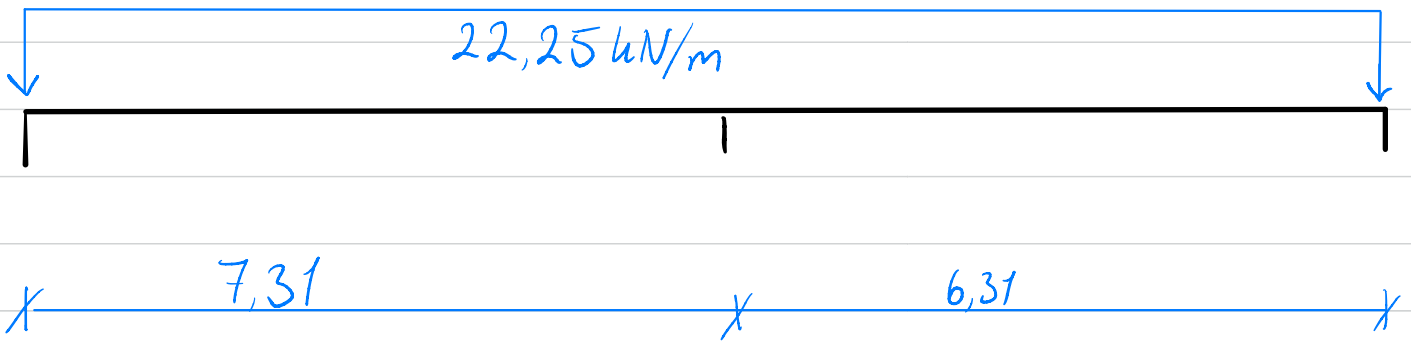
Søjler: WFHUP 250 x 150 x 6,3

B2

Util. = 0,88
Segment 1, Rel. x = 0,18



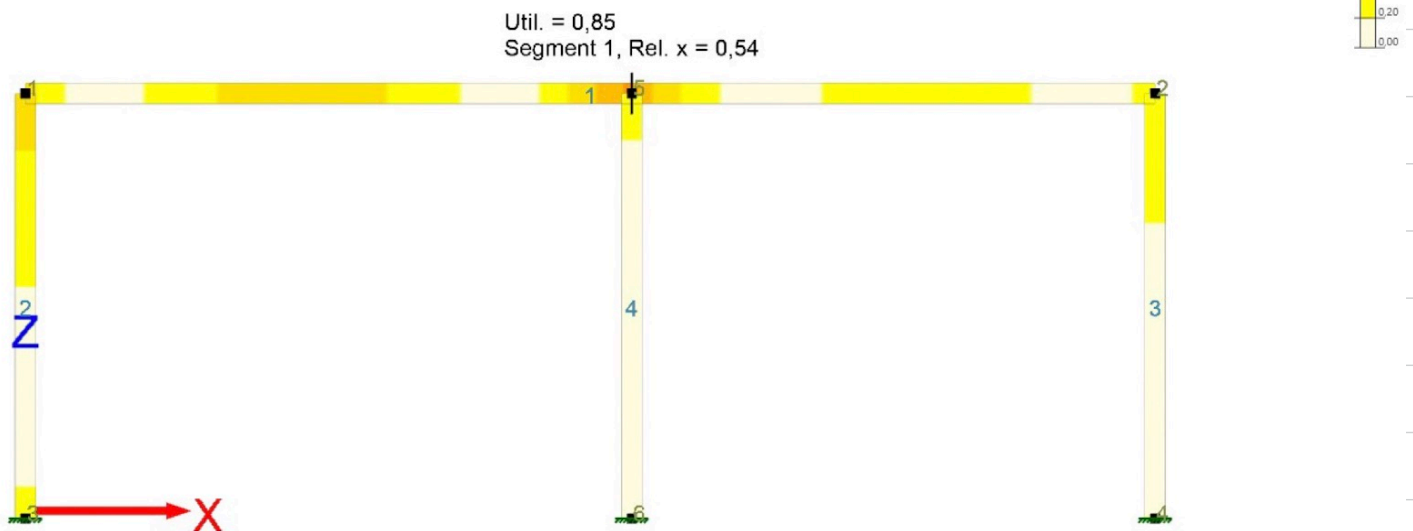
B3



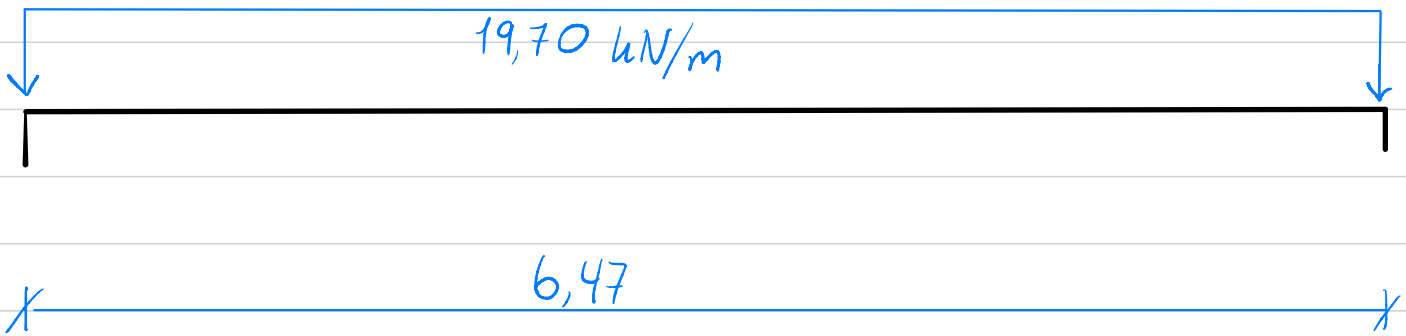
Bjelke: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

Søjler: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

B3



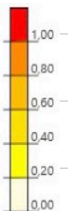
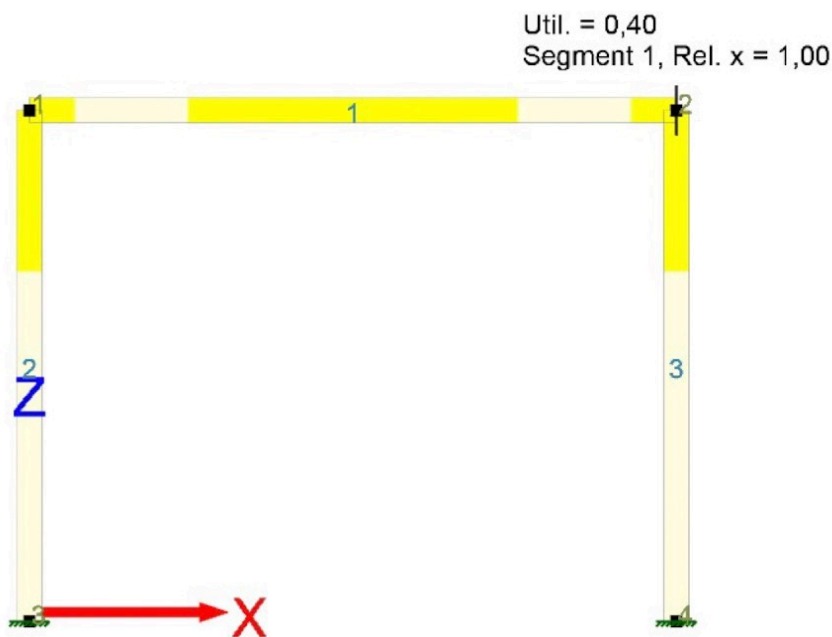
B4



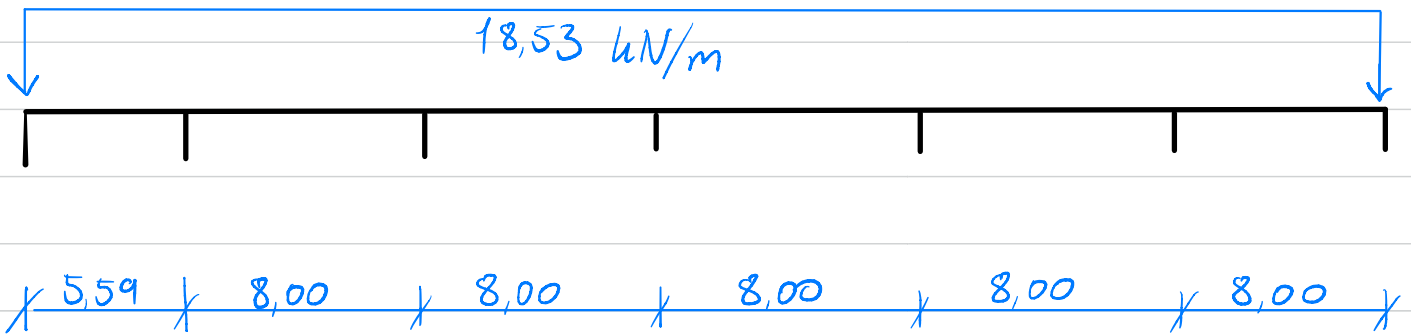
Bjelke: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

Søjler: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

B4



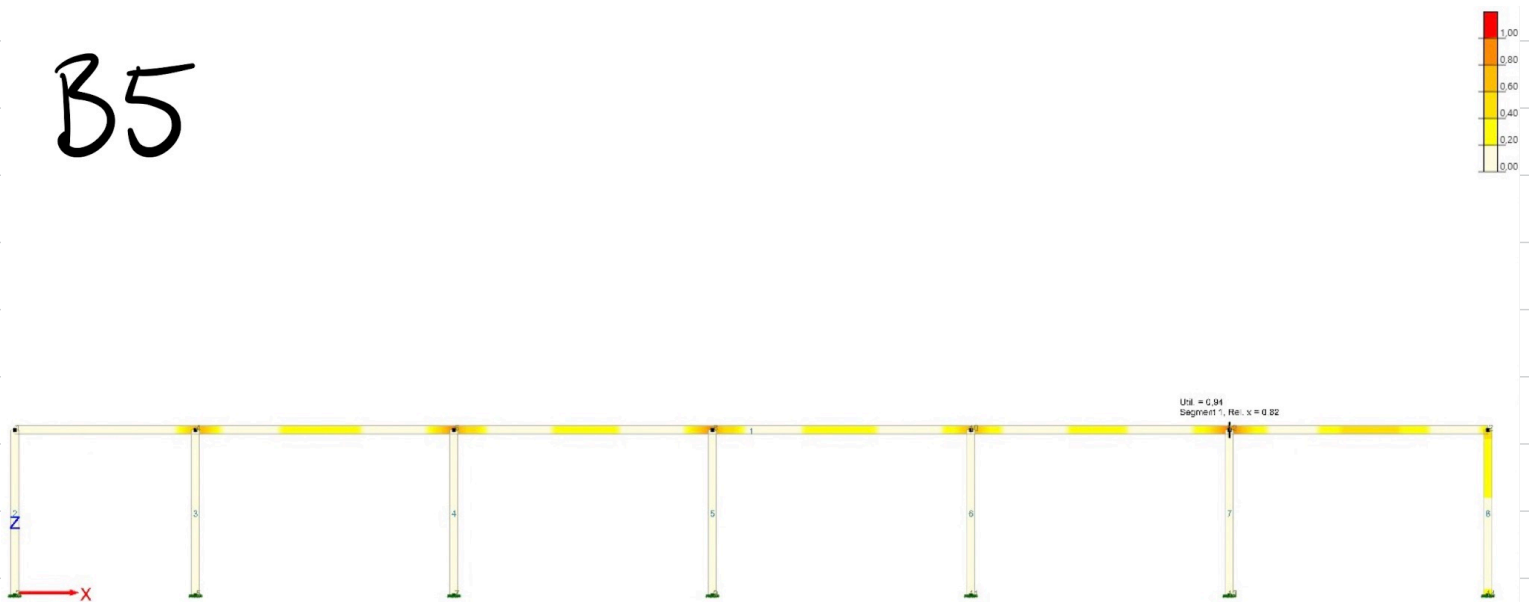
B5



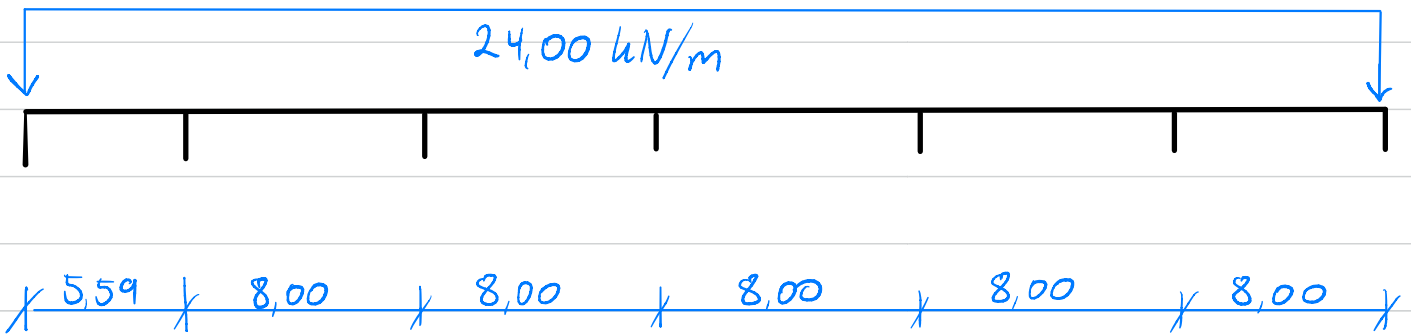
Bjelke: WFHUP $250 \times 150 \times 10,0$

Søjler: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

B5



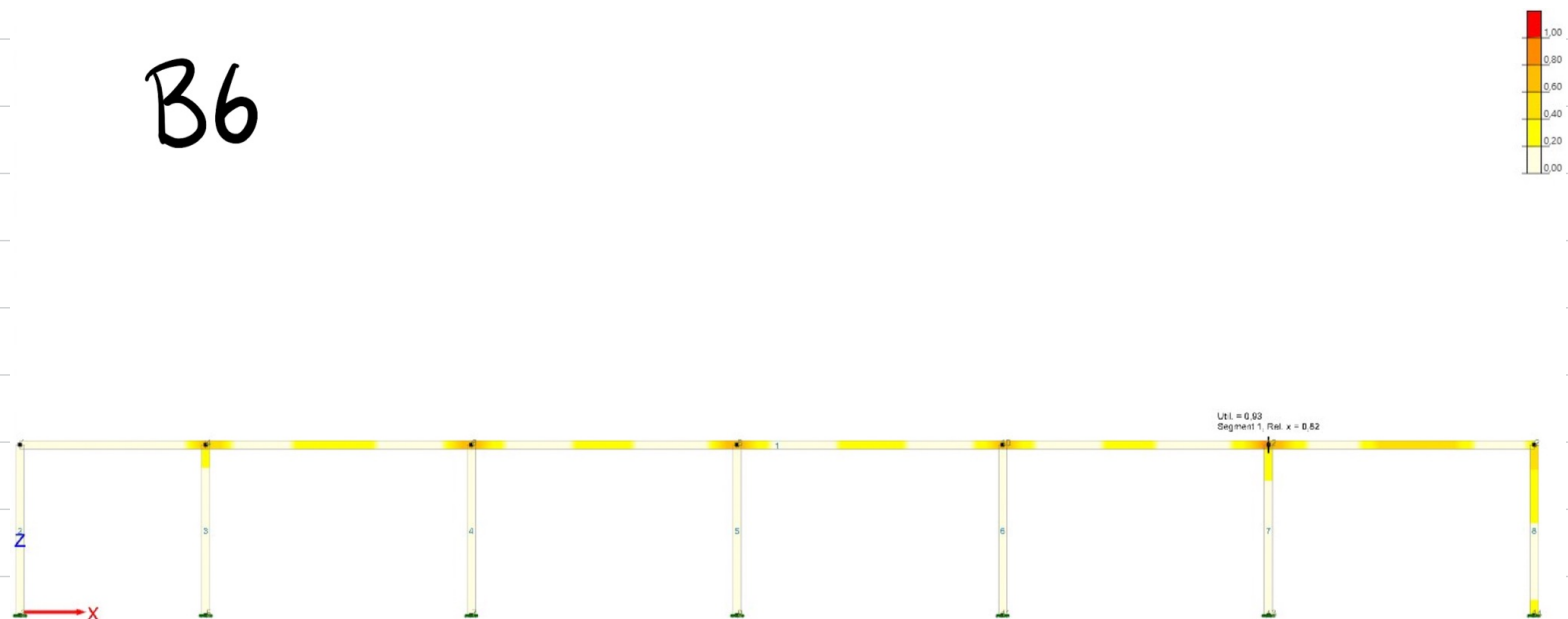
B6



Bjelke: WFHUP $250 \times 150 \times 14,2$

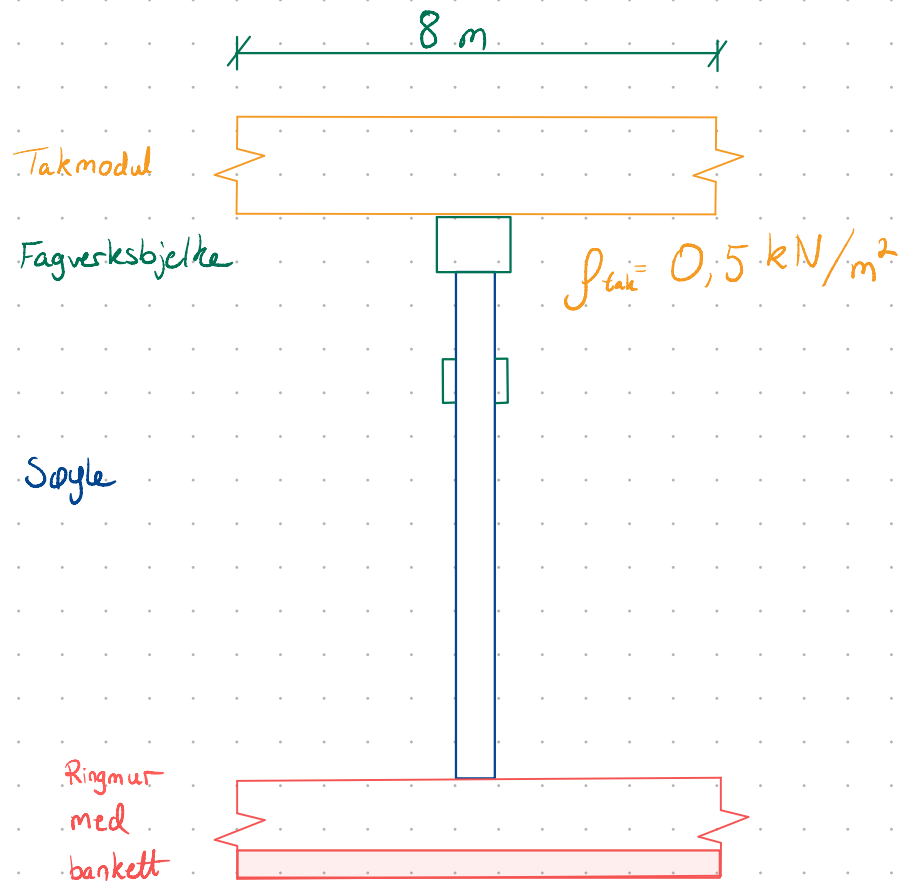
Søjler: WFHUP $250 \times 150 \times 6,3$

B6



Beregninger av bankettbredde

Beregner laster som virker på banketter i hallen, fordi disse opplever mest last.

Armering %

• Søylefundament %

$$5 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,11 \approx 6,277 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$5 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,11 \approx 6,277 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$8 \cdot \pi \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \approx 1,608 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

• Sæle %

$$16 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \approx 1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$5 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2,3 \approx 1,301 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$5 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,8 \approx 1,018 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

• Ringmur

$$10 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \approx 1,131 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$5 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,38 \approx 7,804 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$10 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,8 \approx 2,036 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{armering}} \approx 0,01094 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$\rho_{\text{stål}} = 7800 \text{ kg/m}^3 = 7800 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 10^{-3} \text{ kN/N} = 76,518 \text{ kN/m}^3$$

$$G_{\text{stål}} = V_{\text{armering}} \cdot \rho_{\text{stål}} = 0,01094 \text{ m}^3/\text{m} \cdot 76,518 \text{ kN/m}^3 \approx 0,8371 \text{ kN/m}$$

$$\text{Egenvekt stål } 8\text{m} = 0,8371 \text{ kN/m} \cdot 8\text{m} = \underline{6,697 \text{ kN}}$$

Betong:

$$V_{\text{betong}} = (0,25\text{ m} \cdot 1,75\text{ m} + 0,30\text{ m} \cdot 0,60\text{ m}) \cdot 1\text{ m}$$

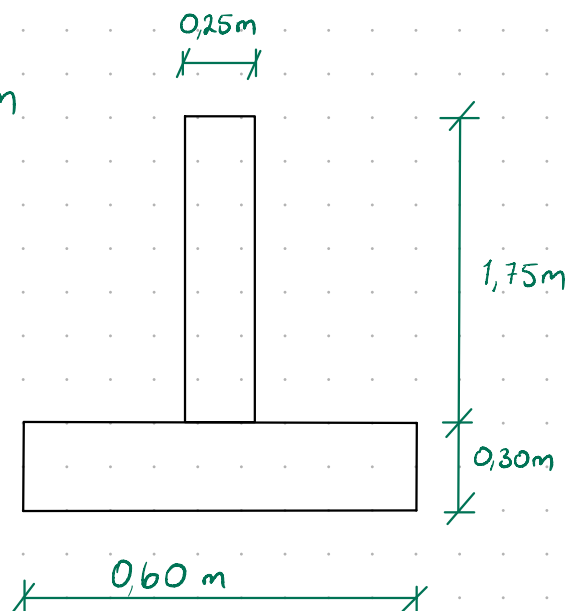
$$V_{\text{betong}} = \underline{0,6175\text{ m}^3}$$

$$\rho_{\text{betong}} = 2400\text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{ N/kg} \cdot 10^{-3}\text{ kN/N}$$

$$\rho_{\text{betong}} = \underline{23,544\text{ kN/m}^3}$$

$$G_{\text{betong}} = 0,6175\text{ m}^3 \cdot 23,544\text{ kN/m}^3 \approx \underline{14,54\text{ kN}}$$

$$\text{Egenvekt betong } 8\text{ m} \cdot 14,54\text{ kN} = \underline{116,32\text{ kN}}$$



Vegger:

Døp for AST-L oppgir at 300mm AST-L veier 31 kg/m^2

Modell: Vegg høyde = 10,10 m

$$\rho_{\text{vegg}} = 31\text{ kg/m}^2 \cdot 9,81\text{ N/kg} \cdot 10^{-3} \approx 0,304\text{ kN/m}^2$$

$$G_{\text{vegg},8} = 0,304\text{ kN/m}^2 \cdot 10,10\text{ m} \cdot 8\text{ m} \approx \underline{24,563\text{ kN}}$$

Kledning: 19mm kledning, 23mm hatteprofil og 36mm lekter

$$19\text{ mm trekledning: } 19\text{ mm} \cdot 10^{-3} \cdot 8\text{ m} \cdot 10,10\text{ m} = \underline{1,5352\text{ m}^3}$$

$$36\text{ mm} \times 36\text{ mm lekter: } 36\text{ mm} \cdot 36\text{ mm} \cdot 10^{-6} = 1,296 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2$$

18 rader ned lekter og 8 m vegg

$$1,296 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2 \cdot 18 \cdot 8\text{ m} \approx 0,186624\text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{tre}} = 5,0\text{ kN/m}^3$$

$$\text{Egenvekt tre } 8\text{ m} = (1,5352 + 0,1866)\text{ m}^3 \cdot 5,0\text{ kN/m}^3 \approx \underline{8,609\text{ kN}}$$

$$23\text{ mm hatteprofil veier } 0,49\text{ kg/m. } 0,49\text{ kg/m} \cdot 9,81\text{ N/kg} \cdot 10^{-3} \approx 4,807 \cdot 10^{-3}\text{ kN/m}$$

$$15\text{ rader på } 8\text{ m} \Rightarrow \text{Egenvekt hatteprofil } 8\text{ m} = 4,807 \cdot 10^{-3}\text{ kN/m} \cdot 15 \cdot 8\text{ m} \approx \underline{0,577\text{ kN}}$$

• Egenvekt fundament

$$G_{\text{stål},8} + G_{\text{betong},8} = 6,697 \text{ kN} + 116,32 \text{ kN} = \underline{123,017 \text{ kN}}$$

• Egenvekt vegg

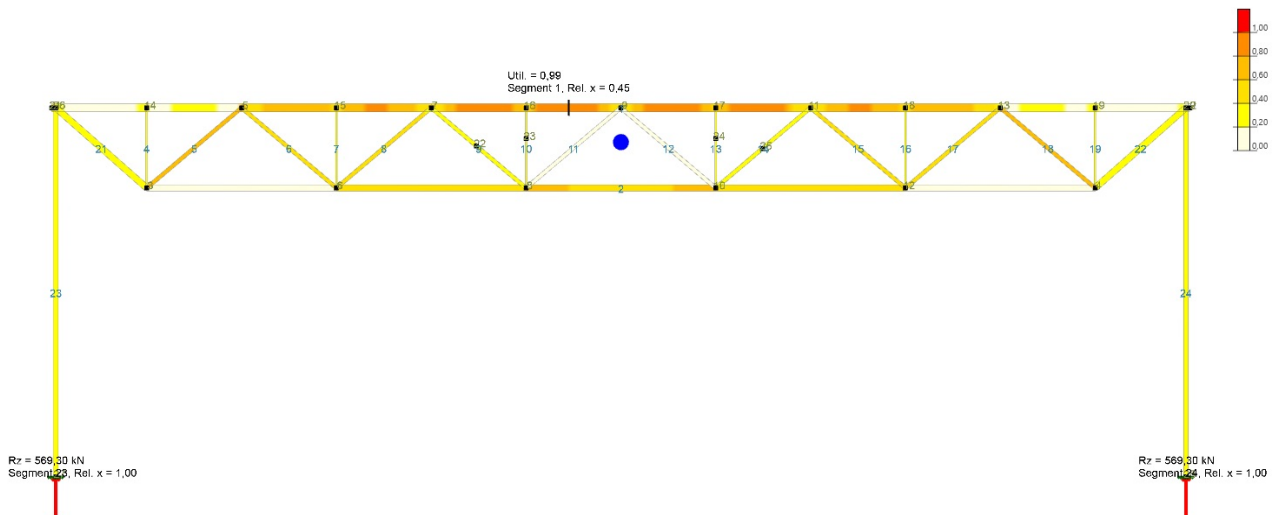
$$G_{\text{vegg},8} + G_{\text{kledning},8} + G_{\text{lekter},8} + G_{\text{hetteprofil},8} \\ = 24,563 \text{ kN} + 8,609 \text{ kN} + 0,577 \text{ kN} = \underline{33,749 \text{ kN}}$$

Last fordelt over 9,2 m søyle.

$$\frac{33,749 \text{ kN}}{9,2 \text{ m}} \approx \underline{3,668 \text{ kN/m}}$$

⇒ legger lastene inn i Focus Konstruksjon.

Ser at maks opplagskraft er 569,30 kN. Kraftene virker over 8m. $\frac{569,30 \text{ kN}}{8 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}} \approx \underline{118,60 \text{ kN/m}^2}$

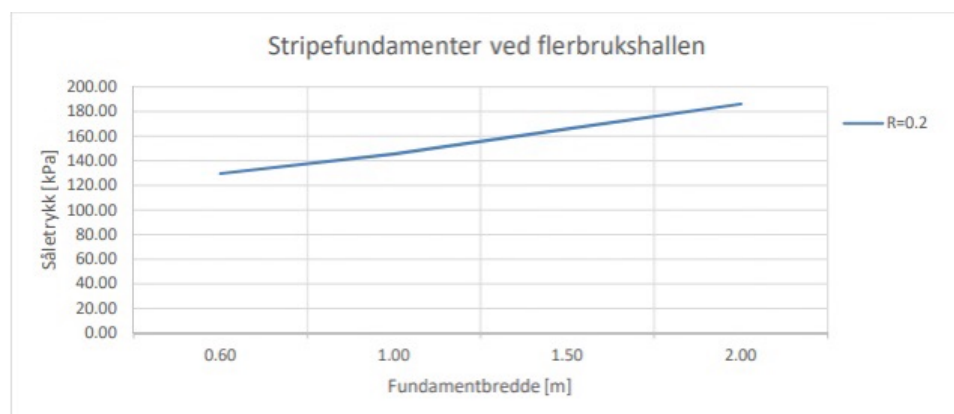


Ser at maks såletrykk for 0,6 m bred bankett er 130 kPa
 $= 130 \text{ kN/m}^2$

$$118,60 \text{ kN/m}^2 < 130 \text{ kN/m}^2$$

⇒ OK med

0,6 m bred bankett



Utklipp hentet fra Geotekniske prosjekteringsforutsetninger - Glommasvingen skole. Internt dokument.

Vedlegg 5: Mengdeberegninger

Vedlegg 5.1: Forskiell i mengder av fundament

Fundament

Referansebygg		
Fundament		
Golv volum	178,051	m3
Volum ringmur yttervegg	42,435	m3
Lengde ringmur inne i bygget	153,390	m
Bredde ringmur inne i bygget	0,180	m
Volum ringmur inne i bygget	27,610	m2
Omkrets ringmur	185,660	m
Tverrsnitt bankett	0,600	m2
Volum bankett	111,396	m3
Volum bankett inne i bygget	61,745	m3
EPS i grunn	476,612	m3
XPS bankett tverrsnitt	0,505	m2
XPS bankett volum	93,758	m3
Totalvekt armering	17138,550	m3
Totalt volum betong	421,237	m3
Armering: Besparelse armering kommer fra breddereduksjon av bankett. P500: 8 x ø12 i hver av bankettene faller bort = $9,05 \cdot 10^{-4}$ m2 per meter bankett. P503: Går fra 4260 mm til 1460 mm per bøyler. Antar at like mange bøyler trengs. -->66% reduksjon.		
Midtre bankett skal bære en bredere ringmur, på grunn av søyler i både hall og tilbygg. P500: 2 x ø12 i hele lengden må legges til = $2,26 \cdot 10^{-4}$ m2 per meter		

Alternativt bygg			
Fundament			
Golv volum	183,458	m3	
Areal ringmur	207,000	m2	
Tykkelse ringmur	0,205	m	
Volum ringmur yttervegg	42,435	m3	
Lengde ringmur inne i bygget	153,390	m	
Bredde ringmur inne i bygget	0,180	m	
Volum ringmur inne i bygget	27,610	m2	
Omkrets ringmur	185,660	m	
Ekstra volum midtre ringmur	6,710	m2	
Tverrsnitt bankett	0,180	m2	
Lengde bankett rundt bygg	165,232	m	
Volum bankett	33,419	m3	
Volum bankett inne i bygget	27,610	m3	
EPS i grunn	476,612	m3	
Ekstra EPS	17,273	m3	
Besparelse XPS bankett	36,204	m3	
XPS bankett volum	57,555	m3	
P500 besparelse	1166,373	kg	
P503 besparelse	151,005	kg	
P500 tillegg ringmur	43,400	kg	
Totalvekt bespart armering	1273,978	kg	
Totalt volum betong	321,242	m3	
	<div>Betong: Midtre bankett skal bære en bredere ringmur. Dette resulterer i at ringmuren blir 390 mm bredere enn ringmuren i referansebygget. Ringmuren er 380 mm høy og 45,24 m lang. Dette gir et ekstra volum på 6,71 m3 betong. Blir også et tillegg på 2,67 m3 EPS på grunn av endringen ovenfor.</div>		

Vedlegg 5.2: Mengder av massivtre, referansebygg

Mengder av massivtre						
Massivtreelementer antall						
Tak						
Lengde [m]	Bredde [m]	Høyde [m]	Antall	Totalt areal [m2]	Volum [m3]	Kommentar
9,990	1,250	0,120	22	274,725	32,967	
4,890	1,250	0,120	22	134,475	16,137	
10,200	1,250	0,120	66	841,500	100,980	
14,420	1,250	0,240	2	36,050	8,652	
10,480	1,250	0,240	14	183,400	44,016	
6,850	1,250	0,240	36	308,250	73,980	
Totalt areal takelementer				1778,400		
Vegg øst						
Lengde [m]	Bredde [m]	Tykkelse [m]	Antall	Totalt areal [m2]	Volum [m3]	Kommentar
4,650	1,250	0,100	7	40,688	4,069	Liggende elementer
4,650	1,250	0,140	7	40,688	5,696	Liggende elementer
4,810	1,250	0,100	35	210,438	21,044	Liggende elementer
4,810	1,250	0,140	7	42,088	5,892	Liggende elementer
Vegg nord (inkl. tilbygg)						
Høyde [m]	Bredde [m]	Tykkelse [m]	Antall	Totalt areal [m2]	Volum [m3]	Kommentar
4,180	1,250	0,140	4	20,900	2,341	Stående elementer
4,180	1,250	0,100	92	480,700	38,456	Stående elementer
4,670	1,250	0,100	23	134,263	10,741	Stående elementer
2,510	1,250	0,100	10	31,375	2,510	Liggende elementer
Vegg vest (inkl. tilbygg)						
Høyde [m]	Bredde [m]	Tykkelse [m]	Antall	Totalt areal [m2]	Volum [m3]	Kommentar
4,180	1,250	0,100	34	177,650	17,765	Stående elementer
9,990	1,250	0,100	16	199,800	19,980	Liggende elementer
5,100	1,250	0,100	8	51,000	5,100	Liggende elementer
10,200	1,250	0,100	16	204,000	20,400	Liggende elementer
4,160	1,250	0,100	54	280,800	28,080	Stående elementer
3,800	1,130	0,100	3	12,882	1,288	Liggende elementer
2,510	0,790	0,100	4	7,932	0,793	Liggende elementer
Vegg sør						
Høyde [m]	Bredde [m]	Tykkelse [m]	Antall	Totalt areal [m2]	Volum [m3]	Kommentar
4,670	1,250	0,100	21	122,588	12,259	Stående elementer
3,210	1,250	0,100	21	84,263	8,426	Stående elementer
8,120	1,250	0,100	3	30,450	3,045	Stående elementer
Totalt volum massivtre					484,617	m3
Totalt areal massivtrevegger					2172,501	m2

Limtre antall						
Bjelker						
Lengde [m]	Bredde [m]	Høyde [m]	Antall		Volum [m3]	Kommentar
28,900	0,280	2,000	8		129,472	GL28c
2,310	0,320	0,180	12		1,597	GL24c
Søyler						
Lengde [m]	Bredde [m]	Høyde [m]	Antall		Volum [m3]	Kommentar
1,100	0,280	7,110	8		15,926	GI24h
0,500	0,280	7,110	8		15,926	GI24h

Totalt volum limtre	162,921	m3
Lm bjelker	258,920	m
Lm søyler	113,760	m

Vedlegg 5.3: Mengder av stål, omprosjektert bygg

Mengder stål. Omprosjektert bygg.

Fagverk						
Type	kg/m	Lengde [m]	Vekt [kg]	Antall	Totalvekt [kg]	Plassering
Fagverk	148,87	28,59	4256,46	5	21282,31	Hall

Bjelker						
Type	kg/m	Lengde [m]	Vekt [kg]	Antall	Totalvekt [kg]	Plassering
WFHUP 200x120x12.5	56,60	28,47	1611,52	2	3223,03	Hall, kortside
WFHUP 200x120x6,3	30,30	90,41	2739,36	1	2739,36	Resterende bjelker hall
WFHUP 150x100x8.0	23,80	15,27	363,43	1	363,43	B1
WFHUP 250x150x8.0	49,00	35,14	1721,86	1	1721,86	B2
WFHUP 250x150x6.3	39,00	13,62	531,18	1	531,18	B3
WFHUP 250x150x6.3	39,00	6,47	252,33	1	252,33	B4
WFHUP 250x150x10.0	60,50	45,59	2758,20	1	2758,20	B5
WFHUP 250x150x14.2	80,90	45,59	3688,23	1	3688,23	B6
WFHUP 150x100x5.0	19,10	20,58	393,15	1	393,15	Resterende bjelker tilbygg

Søyler						
Type	kg/m	Lengde [m]	Vekt [kg]	Antall	Totalvekt [kg]	Plassering
WFHUP 220x120x10.0	49,40	9,17	453,10	10	4530,97	Bæring fagverksbjelker
WFHUP 220x120x10.0	49,40	9,17	453,10	8	3624,77	Bæring bjelker hall kortside
WFHUP 200x200x10.0	60,50	9,17	554,91	4	2219,62	Bæring bjelker hall kortside
WFHUP 250x150x6.3	39,00	5,20	202,80	29	5881,20	Samtlige søyler i tilbygg

Avstivning						
Type	kg/m	Lengde [m]	Vekt [kg]	Antall	Totalvekt [kg]	Plassering
WFHUP 100x100x4.0	12,20	11,76	143,50	6	860,98	Vindfagverk hall
WFHUP 100x100x4.0	12,20	9,70	118,36	2	236,73	Vindfagverk hall
WFHUP 100x100x4.0	12,20	9,24	112,73	4	450,91	Vindfagverk tilbygg
WFHUP 100x100x4.0	12,20	8,34	101,75	2	203,50	Vindfagverk tilbygg
WFHUP 100x100x4.0	12,20	9,44	115,14	2	230,29	Vindfagverk tilbygg
WFHUP 100x100x4.0	12,20	9,29	113,30	2	226,60	Vindfagverk tilbygg

Knutepunkter						
Type	Volum [m3]	Egenvekt stål	Vekt [kg]	Antall	Totalvekt [kg]	Plassering
300x250x30	0,00	7800,00	17,55	22	386,10	Fotplater hall
300x250x30	0,00	7800,00	17,55	29	508,95	Fotplater tilbygg
32x200	0,00	7800,00	1,25	204	255,81	Armeringstål til fotplater

Vedlegg 5.4: Mengder av innervegger og yttervegger, omprosjektert bygg

Yttervegger				Innervegger		
Bygningdel	Areal [m2]	Materiale		Veggtype	Areal [m2]	Plassering
Parapet	187,830	AST-L 300 mm		IV EI60, 0 Lydkrav	431,540	Tilleggsbygg
Yttervegg hall	870,370	AST-L 300 mm		Gipsplate brann 15 mm	431,540	
Innervegg hall	365,380	AST-S 300 mm		Bindingsverk 48 mm uten isolasjon	431,540	
Yttervegg tilbygg	483,220	AST-L 300 mm		Gipsplate brann 15 mm	431,540	
Yttervegg brann	115,420	AST-F 300 mm		IV EI 60 37 dB	100,720	Tilleggsbygg
Totalt AST-L	1906,800			Gipsplate brann 15 mm	100,720	
Totalt AST-F	115,420			Bindingsverk 73 mm isolert	100,720	
				Gipsplate brann 15 mm	100,720	
Kledning yttervegg	1404,510			Spilekledning i hall	895,850	Hall

Stenderverk innervegger	m2	m3	m3 * 8%	Totalt m3
Bindingsverk 48 mm uten isolasjon	431,540	20,714	1,657	19,473
Bindingsverk 73 mm isolert	100,720	7,353	0,588	
Bindingsverk 98 mm uisolert hall	895,850	130,794	10,464	
Isolasjon 73 mm isolert	100,720	7,353	6,764	
Lekter og sløyfer (til kledning)	1506,800	94,928	7,594	

Vedlegg 5.5: Mengder av yttervegger og innervegger, referansebygg

Mengder av yttervegger og innervegger, referansebygg	
Veggtype	Areal [m2]
YV F04.2_300+100+H 496	100,28
13 mm habito	100,28
IV 119.2_13+100+15-15 143	9,98
15 mm gipsplate - brann x 2	19,96
13 mm habito	9,98
IV 119_100+15+15 130	73,41
15 mm gipsplate - brann x 2	146,82
IV 100.88_B+100+B 130	15,63
15 mm gipsplate - brann x 2	31,26
IV 119_100+15+15 130	217,18
15 mm gipsplate - brann x 2	434,36
IV 163.4_100+15+15+F 136	19,11
6 mm flis på membran	19,11
15 mm gipsplate - brann x 2	38,22
IV 164_100+15+15+123+H 266	23,14
13 mm habito	23,14
213 mm stenderverk tre - isolert	23,14
15 mm gipsplate - brann x 2	46,28
IV 165.4_100+15+15+73+15+13+F 237	41,26
6 mm flis på membran	41,26
13 mm gipsplate	41,26
15 mm OSB	41,26
73 mm stenderverk tre - isolert	41,26
15 mm gipsplate - brann x 2	82,52
IV 211.22_H+13+100+13+H 150	8,68
13 mm habito	8,68
13 mm gipsplate	8,68
98 mm stenderverk tre - isolert	8,68
13 mm gipsplate	8,68
13 mm habito	8,68
IV 214.44_F+13+15+98+15+13+F 166	19,90
6 mm flis på membran	19,90
13 mm gipsplate	19,90
15 mm OSB	19,90
98 mm stenderverk tre - isolert	19,90
13 mm gipsplate	19,90
6 mm flis på membran	19,90
IV 143.6_15+15+140+S 254	92,53
48 mm stenderverk - isolert	92,53
15 mm gipsplate - brann x 2	185,06
IV 143_140+15+15 170	168,22
15 mm gipsplate - brann x 2	336,44
IV 144.4_140+15+15+F 176	25,10
15 mm gipsplate - brann x 2	50,20
IV 119_100+15+15 130	85,01
15 mm gipsplate - brann x 2	170,02
IV 119.3_100+15-15+T 149	3,12
15 mm gipsplate - brann x 2	6,24
IV 161.4_15+15+100+73+15+13+F 237	7,86
13 mm gipsplate	7,86
15 mm OSB	7,86
73 mm stenderverk tre - isolert	7,86
15 mm gipsplate - brann x 2	15,72

Oppsummering av materialene i veggtypene over.	
Materialer	Areal [m2]
15 mm gipsplate - brann	1563,10
13 mm habito	150,76
13 mm gipsplate	106,28
223 mm stenderverk tre - isolert	23,14
73 mm stenderverk tre - isolert	49,12
98 mm stenderverk tre - isolert	28,58
48 mm stenderverk - isolert	92,53
15 mm OSB	69,02

Mengder av bæring, isolasjon, lekter og sløyfer.				
Stenderverk	m2	m3	m3 * 8%	Totalt m3
Spilekledning	1208,09			
223 mm stenderverk tre - isolert	23,14	5,16	0,41	31,14
73 mm stenderverk tre - isolert	49,12	3,59	0,29	
98 mm stenderverk tre - isolert	28,58	2,80	0,22	
48 mm stenderverk - isolert	92,53	4,44	0,36	
200 mm stenderverk tre - isolert (hall)	1208,09	239,20	19,14	
48 mm stenderverk - isolert (hall)	1208,09	57,99	4,64	
Lekter og sløyfer (til kledning)	1208,09	76,11	6,09	
Isolasjon m3 totalt		288,12		

Mengde utvendig kledning	1374,12	m2
--------------------------	---------	----

Mengder av tak, omprosjektert bygg

Hall	Mengde	Enhet
Stål	906,989	kg
Finer	23,323	m2
Trerekke	0,602	m3
Isolasjon	558,446	m3
Dampsperre	2,591	m3
50 mm tungplate	64,785	m3
TRP 20	1295,699	m2
Takpapp	1295,699	m2

Totalt	Mengde	Enhet
Stål	1266,089	kg
Finer	32,557	m2
Trerekke	0,840	m3
Isolasjon	728,249	m3
Dampsperre	3,617	m3
50 mm tungplate	90,435	m3
TRP 20	7234,795	kg
Takpapp	1808,699	m2

Lav del	Mengde	Enhet
Stål	359,100	kg
Finer	9,234	m2
Trerekke	0,238	m3
Isolasjon	169,803	m3
Dampsperre	1,026	m3
50 mm tungplate	25,650	m3
TRP 20	513,000	m2
Takpapp	513,000	m2

Areal lav del	513,000	1808,699
Areal hall	1295,699	

Mengder av de forskjellige materialene brukes kun for LCA-bergninger.

Mengder av tak, referansebygg

Tak hall		
Type	Areal [m2]	Totalt volum [m3]
Isolasjon trykkfast 110 mm takrenner	54,190	5,180
Isolasjon trykkfast 290 mm	1236,580	353,220
Takpapp to lag	2581,540	
Tak tilleggsbygg		
Type	Areal [m2]	Totalt volum [m3]
Isolasjon trykkfast 335 mm	435,780	145,950
Isolasjon trykkfast 150 mm	39,510	5,720
Takpapp to lag	950,580	
Totalt		
Type	Areal [m2]	Totalt volum [m3]
Isolasjon trykkfast	1766,060	510,070
Takpapp to lag	3532,120	

Vedlegg 6: Kostnadsalkyler

Kalkyle Fremtidens skole, referansebygg

Linje	Beskrivelse	Enhetspris	Mengde	Enhet	Totalpris aug. 2018	Totalpris januar 2022	Kommentar
Fundament							
02.1.6.0310	Armering av fundament under ringmur	kr 19,82	1273,98	kg	kr 25 250,24	kr 27 320,76	Armering i bankett. Mengden er diff. mellom referansebygg og omprosjektert.
Pris fra Betong Øst	Betong B30 i bankett, ringmur og golv.	kr 1 642,00	421,24	m3		kr 691 676,08	Pris pr 01.01.2022. Kjøring er iberegnet prisen
02.1.6.0810	Isolasjon under fundamenter, XPS, t=100mm	kr 250,00	57,55	m2	kr 14 388,65	kr 15 568,52	
Innvendig kledning hall							
02.4.H.010	Spilekledning på vegg, lydabsorberende	kr 1 548,00	1208,09	m2	kr 1 870 123,32	kr 2 023 473,43	Endring KPI august 2018 til januar 2022: 8,2%.
02.3.2.1.0165	Bindingsverk av tre, justert C24, 48mm x 198 mm, c/c 600 mm	kr 374,00	1208,09	m2	kr 451 825,66	kr 488 875,36	
02.3.2.1.0200	Bindingsverk av tre, 48 mm x 48 mm, c/c 600 mm	kr 190,00	1208,09	m2	kr 229 537,10	kr 248 359,14	
Innvendig kledning tilbygg							
02.4.6.3.0160	Gipsplate, ett lag på innervegg, brannplate, t=15mm	kr 229,00	1563,10	m2	kr 357 949,90	kr 387 301,79	
02.4.6.3.0100	Gipsplate, på innervegg, t=13 mm	kr 172,00	106,28	m2	kr 18 280,16	kr 19 779,13	
02.4.6.3.0140	Gipsplate type Robust, på innervegg, t=13 mm	kr 203,00	150,76	m2	kr 30 604,28	kr 33 113,83	Habito i mengdeuttak
02.3.2.1.0160	Bindingsverk av tre, justert C24, 48mm x 223 mm, c/c 600 mm	kr 400,00	23,14	m2	kr 9 256,00	kr 10 014,99	
02.3.2.1.0250	Bindingsverk av tre, justert C18, 48mm x 73 mm, c/c 600 mm	kr 218,00	49,12	m2	kr 10 708,16	kr 11 586,23	
02.3.2.1.0190	Bindingsverk av tre, justert C24, 48mm x 98 mm, c/c 600 mm	kr 217,00	28,58	m2	kr 6 201,86	kr 6 710,41	
02.3.2.1.0200	Bindingsverk av tre, 48 mm x 48 mm, c/c 600 mm	kr 190,00	92,53	m2	kr 17 580,70	kr 19 022,32	
02.4.2.1.0550	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=2x100mm, 0,037W/mK	kr 249,00	23,14	m2	kr 5 761,86	kr 6 234,33	
02.4.2.1.0520	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=70mm, 0,037W/mK	kr 108,00	49,12	m2	kr 5 304,96	kr 5 739,97	
02.4.2.1.0530	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=100mm, 0,037W/mK	kr 130,00	28,58	m2	kr 3 715,40	kr 4 020,06	
02.4.2.1.0510	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=50mm, 0,037W/mK	kr 86,88	92,53	m2	kr 8 039,01	kr 8 698,20	
02.3.5.5.0400	Platekledning, OSB, 18 mm, underlag for feste av kontinuerlig isolasjon	kr 223,00	69,02	m2	kr 15 391,46	kr 16 653,56	
Utvendig kledning							
02.3.H.001	Stående trekledning lektepanel, overflatebehandlet	kr 1 116,00	1374,12	m2	kr 1 533 517,92	kr 1 659 266,39	
02.3.1.7.0420	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=250 mm, 0,037 W/mK	kr 984,60	1374,12	m2		kr 1 352 958,55	RedAir isolasjon: 915,60 kr/m2. Byttet ut materialprisen med prisen for REDAir. Priser for 2022.
Bæring							
Forespørsel	Splitcon: KLT	kr 11 000,00	484,62	m3		kr 5 330 820,00	
Forespørsel	Splitcon: limtre	kr 12 000,00	162,92	m3		kr 1 955 040,00	
Forespørsel	Splitcon: frakt limtre og massivtre	kr 12 500,00	16,00	stk		kr 200 000,00	
02.2.3.5.0270	Limtrebjelke bxxh = 140 x 585 mm	kr 117,00	258,92	m	kr 30 293,64	kr 32 777,72	Kun arbeid medregnet
02.2.2.0350	Limtresøyle, bxd = 140 x 405 mm	kr 87,58	113,76	m	kr 9 963,10	kr 10 780,08	Kun arbeid medregnet
02.3.5.5.0500	Massive treelementer, t = 240 mm	kr 117,00	1778,40	m2	kr 208 072,80	kr 225 134,77	Kun arbeid medregnet
02.1.4.0810	Massivtre, bærende takelementer, t = 200	kr 87,58	2172,50	m2	kr 190 267,55	kr 205 869,49	Kun arbeid medregnet
Tak							
02.6.2.1.0100	Tekking med bitumen takbelegg, 1-lags. T = 4,2 mm	kr 238,00	3532,12	m2	kr 840 644,56	kr 909 577,41	
02.6.1.50140	Isolasjon på tak, EPS, skrå, gj.sn. T = 350 mm, S80, 0,038 W/mK	kr 426,00	1766,06	m2	kr 752 341,56	kr 814 033,57	
Totalpris alle linjer, januar 2022						kr 16 720 406,11	

Kalkyle Fremtidens skole, omprosjektert bygg

Linje	Beskrivelse	Enhetspris	Mengde	Enhet	Totalpris aug. 2018	Totalpris januar 2022	Kommentar
Fundament							
Pris fra Betong Øst	Lavkarbonbetong klasse A B30, i bankett, ringmur og golv	kr 1 717,00	321,24	m3		kr 551 572,86	Bredere ringmur østre vegg hall. Kjøring iberegnet prisen. Lavkarbon tillegg = 75 kr/m3.
02.1.6.0660	Isolasjonsplater, EPS, som underlag for fundament og innvendig ringmuresisolasjon, t=50 mm	kr 84,00	17,24	m2	kr 1 447,92	kr 1 566,65	
Innvendig kledning hall							
02.4.H.010	Spilekledning på vegg, lydabsorberende	kr 1 548,00	895,85	m2	kr 1 386 775,80	kr 1 500 491,42	
02.3.2.1.0190	Bindingsverk av tre, justert C24, 48mm x 98 mm, c/c 600 mm	kr 217,00	895,85	m2	kr 194 399,45	kr 210 340,20	
Innvendig kledning tilbygg							
02.3.2.1.0200	Bindingsverk av tre, 48 mm x 48 mm, c/c 600 mm	kr 190,00	431,54	m2	kr 81 992,60	kr 88 715,99	
02.3.2.1.0250	Bindingsverk av tre, justert C18, 48 mm x 73 mm, c/c 600 mm	kr 218,00	100,72	m2	kr 21 956,96	kr 23 757,43	
02.4.2.1.0520	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=70mm, 0,037W/mK	kr 108,00	100,72	m2	kr 10 877,76	kr 11 769,74	
02.4.6.3.0160	Gipsplate, ett lag på innervegg, brannplate, t=15mm	kr 229,00	1064,52	m2	kr 243 775,08	kr 263 764,64	(D15+D13)*2
Utvendig kledning							
02.3.H.001	Stående trekledning lektepanel, overflatebehandlet	kr 1 116,00	1404,51	m2	kr 1 567 429,41	kr 1 695 958,62	
Bæring							
Forespørsel	Søyler hall	kr 14 316,14	10,00	stk		kr 143 161,40	Kun søyler til fagverkesbjelkene.
Forespørsel	Takbjelker fagverk hall	kr 109 919,86	5,00	stk		kr 549 599,30	
Forespørsel	Montering søyler hall	kr 2 272,50	10,00	stk		kr 22 725,00	
Forespørsel	Montering fagverk hall	kr 3 348,60	5,00	stk		kr 16 743,00	
Forespørsel	Transport bjelker og søyler hall	kr 18 500,00	1,00	stk		kr 18 500,00	En tur à 10 mil
Forespørsel	Søyler tilbygg	kr 7 149,39	41,00	stk		kr 293 124,99	Inkluderer også søylene på kortveggene i hallen.
Forespørsel	Takbjelker tilbygg	kr 18 654,76	21,00	stk		kr 391 749,96	
Forespørsel	Avstivning hall og tilbygg	kr 3 068,06	18,00	stk		kr 55 225,08	
Forespørsel	Fotplater hall og tilbygg	kr 614,22	51,00	stk		kr 31 325,22	
Forespørsel	Transport bjelker og søyler tilbygg					kr 37 000,00	To turer à 10 mil.
Forespørsel	Montering søyler og takbjelker tilbygg, inkl. kran og lift.					kr 243 992,00	
Forespørsel	Sandwich AST-L 300 mm	kr 800,00	1906,80	m2		kr 1 525 440,00	
Forespørsel	Sandwich AST-F 300 mm impact med tilbehørspakke	kr 1 500,00	115,42	m2		kr 173 130,00	
Forespørsel	Transport Sandwich	Inkludert					
Tak							
Forespørsel	Lett-Tak hall	kr 1 960,00	1295,70	m2		kr 2 539 569,65	Inkludert montering
Forespørsel	Lett-Tak tilbygg	kr 1 990,00	513,00	m2		kr 1 020 870,00	Inkludert montering
Forespørsel	Frakt Lett-Tak	Inkludert				kr 0,00	
Totalpris alle linjer, januar 2022						kr 11 410 093,15	

Endring KPI august 2018 til januar 2022: 8,2%.

Vedlegg 7: LCA-beregninger

Vedlegg 7.1 Tabell over utslipp brukt i LCA-beregningene

Utslippsdata brukt i rapporten				
One Click LCA henter utslippsdata fra produsenters EPD-rapporter. Tabellen under viser hvilke utslippsdata som er brukt i rapporten.				
Materiale	Utslipp	Måleenhet	EPD-nummer	Plassering
Kamstål til bruk i betong	3085,05	kg CO2e / m3	NEPD-2375-1108-NO	Fundament
XPS Jackofoam 300	118,35	kg CO2e / m3	NEPD-2390-1113-NO	Fundament/ tak
EPS-isolasjon 10-2400 mm	70,97	kg CO2e / m3	NEPD-1236-244-EN	Gulv
Betong B30	270,00	kg CO2e / m3	Ikke oppgitt	Fundament/ gulv, referansebygg
Betong B30, lavkarbonbetong klasse A	200,00	kg CO2e / m3	Ikke oppgitt	Fundament/ gulv, omprosjektet bygg
Heltrepanel av bartre til innvendig bruk, bartre	55,71	kg CO2e / m2	NEPD-309-179-EN	Spiler
Høvellast, bartre	53,00	kg CO2e / m3	NEPD-308-179-EN	Stenderverk
Glass wool insulation, L = 0.038 W/mK	9,68	kg CO2e / m3	NEPD-1696-683-EN	Lydabsorbent
Gipsplate 12,5 mm	168,00	kg CO2e / m3	NEPD00113E	Innervegg
Gipsplate, brannsikker 15 mm	218,00	kg CO2e / m3	NEPD-2140-966-EN	Innervegg
Forsterket gipsplate 12,5 mm	216,00	kg CO2e / m3	NEPD-110-177-EN	Innervegg
Bygningsplater i tre	518,18	kg CO2e / m3	NEPD00296N	Yttervegg
Redair steinull L = 0.033 W/mK	87,45	kg CO2e / m3	NEPD-1762-735-EN	Yttervegg
Klening Malmfuru, behandles med jernvitrol	75,00	kg CO2e / m3	NEPD-1691-682-NO	Utvendig kledning
Dampspærre i plast 0,15 mm	0,31	kg CO2e / m2	NEPD-341-230-NO	Vegg / tak
Trelast, bartre	43,00	kg CO2e / m3	NEPD-307-179-EN	Lekter/ sløyfer/ tak
Sandwichpanel	227,33	kg CO2e / m3	RTS_171_22	Yttervegg
Massivtre krysslimt	90,30	kg CO2e / m3	NEPD-2042-902-NO	Vegg/ tak
Limtre	43,44	kg CO2e / m3	NEPD115E	Ramme
Kaldformede hulprofiler	21195,00	kg CO2e / m3	NEPD-2662-1369-NO	Ramme
Bitumenpolymer membrantekking, 1-lags, 3,8 mm	2,62	kg CO2e / m2	NEPD-2597-1318-EN	Tak
Stålprofiler	21509,00	kg CO2e / m3	NEPD 00078ERev1	Tak
Vanntett kryssfiner panel	1231,30	kg CO2e / m3	NEPD-1292-416-EN	Tak
Glass wool insulation, L = 0.033 W/mK	25,80	kg CO2e / m3	NEPD-1696-683-EN	Tak
Steinull L = 0,037 W/mK	146,05	kg CO2e / m3	NEPD-1762-735-EN	Tak
Varmgalvaniserte stålplater og coil	15386,00	kg CO2e / m3	NEPD-2584-1310-NO	Tak

Vedlegg 8: Beregninger byggningsfysikk

Vedlegg 8.1 Passivhusevaluering



SIMIEN

Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering
Tid/dato simulering: 10:33 2/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 29.03.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Resultater av evalueringen	
Evalueringsmot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiutslipp
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller ikke minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller ikke alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,10
Varmetapstall tak	0,10
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,08
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,04
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,40
Krav varmetapstall	0,45

Energiytelse	
Beskrivelse	Verdi Krav
Netto oppvarmingsbehov	22,5 kWh/m² 23,9 kWh/m²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m² 5,7 kWh/m²
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m² 5,5 W/m²

Minstekrav enkeltkomponenter	
Beskrivelse	Verdi Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	1,05 0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,03 0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	100 80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	1,45 1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,30 0,60



Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 10:33 2/5-2022

Programversjon: 6.015

Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 29.03.2022.smi

Prosjekt: Flerbrukshall

Sone: FS idrettshall;

Passivhusstandarden og byggeforskrifter

Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK).

Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger.

Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

Energibudsjett (NS 3701)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	36744 kWh	20,4 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	3876 kWh	2,1 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	90962 kWh	50,4 kWh/m ²
3a Vifter	22339 kWh	12,4 kWh/m ²
3b Pumper	205 kWh	0,1 kWh/m ²
4 Belysning	19146 kWh	10,6 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	4787 kWh	2,7 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	178059 kWh	98,6 kWh/m ²

Lvert energi til bygningen (NS 3701)

Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	90962 kWh	50,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	105748 kWh	58,6 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt lvert energi, sum 1-7	196710 kWh	109,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto lvert energi	196710 kWh	109,0 kWh/m ²



Simuleringsnavn: Passivhusevaluering
Tid/dato simulering: 10:33 2/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 29.03.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Krav til energibehov belysning

Minst 60 % av installert effekt skal være underlagt dynamisk dagslys- og konstantlysstyring.
Alle rom skal ha dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse. Store rom skal ha minst en styringssone per 30 m².
Energibehovet skal dokumenteres etter NS-EN 15193 basert på prosjektert eller installert effekt og styringssystemets innvirkning på energibehovet.
All belysning skal minst tilfredsstille kvalitetskravene for belysning gitt i NS-EN 12464-1.

Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3701:2012 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	1550	
Areal tak [m ²]:	1894	
Areal gulv [m ²]:	1900	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	67	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	1805	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10000	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,12	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,05	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	3,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	5	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,30	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	100	



Simuleringsnavn: Passivhusevaluering
Tid/dato simulering: 10:33 2/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 29.03.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	100,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	1,45	
Luftmengde i driftstiden [m³/hm²]	9,65	
Luftmengde utenfor driftstiden [m³/hm²]	2,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,94	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m²]:	156	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	18,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,40	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,23	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m²]	4,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m²]	4,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m²]	1,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m²]	1,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m²]	9,50	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m²]	10,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,92	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



SIMIEN

Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 10:33 2/5-2022

Programversjon: 6.015

Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 29.03.2022.smi

Prosjekt: Flerbrukshall

Sone: FS idrettshall;

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Idrettsbygg
Simuleringsansvarlig	Rudi Pedersen
Kommentar	Flerbrukshall i tilknytning til "fremtidens skole" i Sør-Odal kommune.

Vedlegg 8.2 TEK10 evaluering



SIMIEN

Evaluering Energiregler 2010

Simuleringsnavn: TEK10
Tid/dato simulering: 12:38 4/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 04.05.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i §14-3 (1)
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-3 (3)
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-4
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-5
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Bygningen tilfredsstiller krav til energiforsyning i §14-7
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Energiltak (§14-3 (1))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	3,7	20,0
U-verdi yttervegger [W/m²K]	0,12	0,18
U-verdi tak [W/m²K]	0,10	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m²K]	0,08	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m²K]	1,0	1,2
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,03	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,3	1,5
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	81	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	1,45	2

Omfordeling energiltak (§14-3 (3), varmetapstall)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Varmetapstall yttervegger	0,10	0,13
Varmetapstall tak	0,10	0,14
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,08	0,16
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,04	0,24
Varmetapstall kuldebroer	0,03	0,06
Totalt varmetapstall	0,36	0,72



Simuleringsnavn: TEK10
Tid/dato simulering: 12:38 4/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 04.05.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Energiramme (§14-4, samlet netto energibehov)		
Beskrivelse	Verdi	
1a Beregnet energibehov romoppvarming	12,0 kWh/m ²	
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	16,3 kWh/m ²	
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	50,4 kWh/m ²	
3a Beregnet energibehov vifter	12,4 kWh/m ²	
3b Beregnet energibehov pumper	0,1 kWh/m ²	
4 Beregnet energibehov belysning	21,2 kWh/m ²	
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	2,7 kWh/m ²	
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²	
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0 kWh/m ²	
Levert avtrekksvarmepumpe ihht. tillegg N	-35,4 kWh/m ²	
Energibruk til drift av avtrekksvarmepumpe	12,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov inkl. avtrekksvarmepumpe	91,7 kWh/m ²	
Forskriftskrav netto energibehov	170,0 kWh/m ²	

Minstekrav (§14-5)			
Beskrivelse	Verdi		
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,12	0,22	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	0,18	
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,08	0,18	
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,1	1,6	
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,3	3,0	
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,04	0,24	

Krav til solfaktor for solutsatte fasader

Kravet til total solfaktor for vinduer/solskjerming på solutsatte fasader er ikke en del av evalueringen i SIMIEN. Der dette er aktuelt må det dokumenteres separat.



Simuleringsnavn: TEK10
Tid/dato simulering: 12:38 4/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 04.05.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Energiforsyning (§14-7)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Andel av varmebehovet som dekkes av annet enn direkte el. og fossile brensler	100 %	60 %
Oljekjel som grunnlast	Nei	Nei

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	1550	
Areal tak [m ²]:	1894	
Areal gulv [m ²]:	1900	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	67	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	1805	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10000	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,12	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,05	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	3,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	17	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,30	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	



Simuleringsnavn: TEK10
Tid/dato simulering: 12:38 4/5-2022
Programversjon: 6.015
Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 04.05.2022.smi
Prosjekt: Flerbrukshall
Sone: FS idrettshall;

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	81,5	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,45	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	9,65	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,58	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	55	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	18,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,40	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	9,50	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	10,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,92	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



SIMIEN

Evaluering Energiregler 2010

Simuleringsnavn: TEK10

Tid/dato simulering: 12:38 4/5-2022

Programversjon: 6.015

Simuleringsansvarlig: Rudi Pedersen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\simien fremtidens skole 04.05.2022.smi

Prosjekt: Flerbrukshall

Sone: FS idrettshall;

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Idrettsbygg
Simuleringsansvarlig	Rudi Pedersen
Kommentar	Flerbrukshall i tilknytning til "fremtidens skole" i Sør-Odal kommune.