

# ***Forskaling - laster***



- Forskalingskonstruksjoner er midlertidige konstruksjoner som skal bære laster fra støpetrykk, eventuelt ferdig herdet betong samt egenlast og nyttelaster på konstruksjonen før, under og etter støpeprosessen.
- Støpetrykket kommer fra fersk uherdet betong. Dette er å betrakte som en flytende væske. Lastene virker derfor vinkelrett på overflaten.

- Last fra flytende uherdet betong er angitt i NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008 i Tillegg A, Tabell A.1

Tabell A.1 – Byggematerialer – betong og mørtel

Materialer	Tyngdetetthet $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>betong</b> (se NS-EN 206)	
lettvektsbetong	
tyngdetetthetsklasse LC 1,0	9,0 til 10,0 <sup>1)2)</sup>
tyngdetetthetsklasse LC 1,2	10,0 til 12,0 <sup>1)2)</sup>
tyngdetetthetsklasse LC 1,4	12,0 til 14,0 <sup>1)2)</sup>
tyngdetetthetsklasse LC 1,6	14,0 til 16,0 <sup>1)2)</sup>
tyngdetetthetsklasse LC 1,8	16,0 til 18,0 <sup>1)2)</sup>
tyngdetetthetsklasse LC 2,0	18,0 til 20,0 <sup>1)2)</sup>
normalbetong	24,0 <sup>1)2)</sup>
tungbetong	> <sup>1)2)</sup>
<b>mørtel</b>	
sementmørtel	19,0 til 23,0
gipsmørtel	12,0 til 18,0
kalksementmørtel	18,0 til 20,0
kalkmørtel	12,0 til 18,0
<sup>1)</sup> Økes med 1kN/m <sup>3</sup> for normal prosent av stål i armering og i spennbetong. <sup>2)</sup> Økes med 1kN/m <sup>3</sup> for uherdet betong.	
MERKNAD Se punkt 4.	

- Vi regner med en tyngdetetthet på 26 kN/m<sup>3</sup>.

- Støpetrykket virker da vinkelrett på overflaten.
- Vi ser på noen figurer som illustrerer støpetrykket. Tyngdetettheten er  $26 \text{ kN/m}^3$ . Lastbildet er tegnet med lastmålestokk 1:100. Et mål på 260 tilsvarer  $(260 \cdot 100) = 26\,000 \text{ N/m}^2 = 26 \text{ kN/m}^2$ .

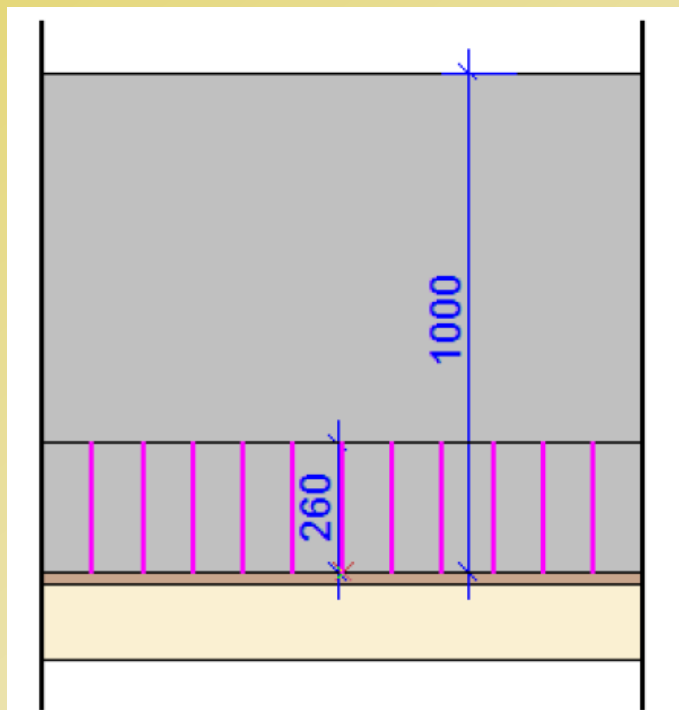


Fig. 1 - Trykk på horisontale flater

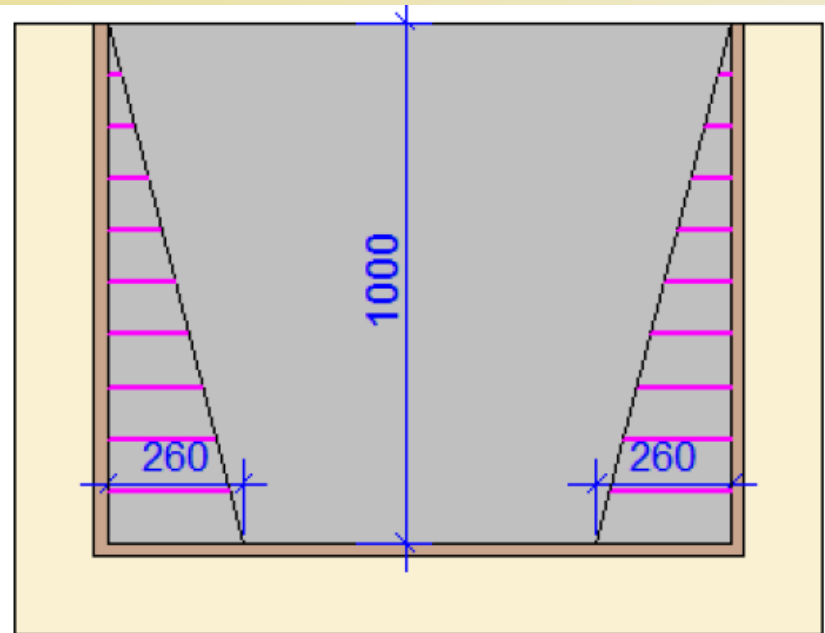


Fig. 2 - Trykk på vertikale flater

- Støpetrykket virker da vinkelrett på overflaten.

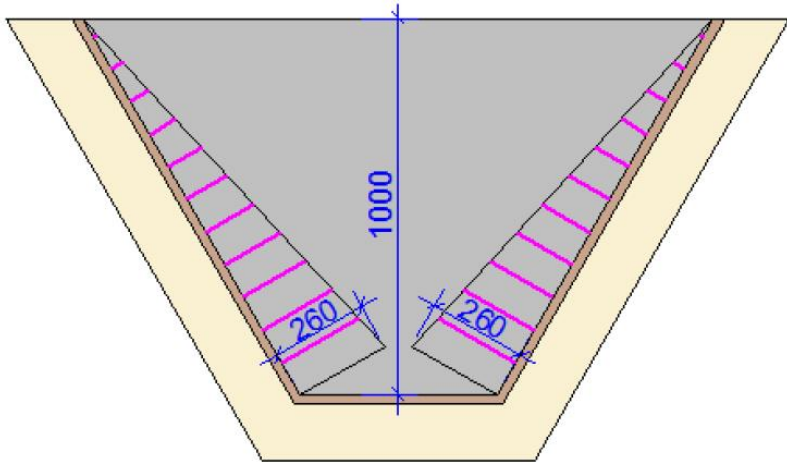


Fig. 3 - Trykk på skrå flater

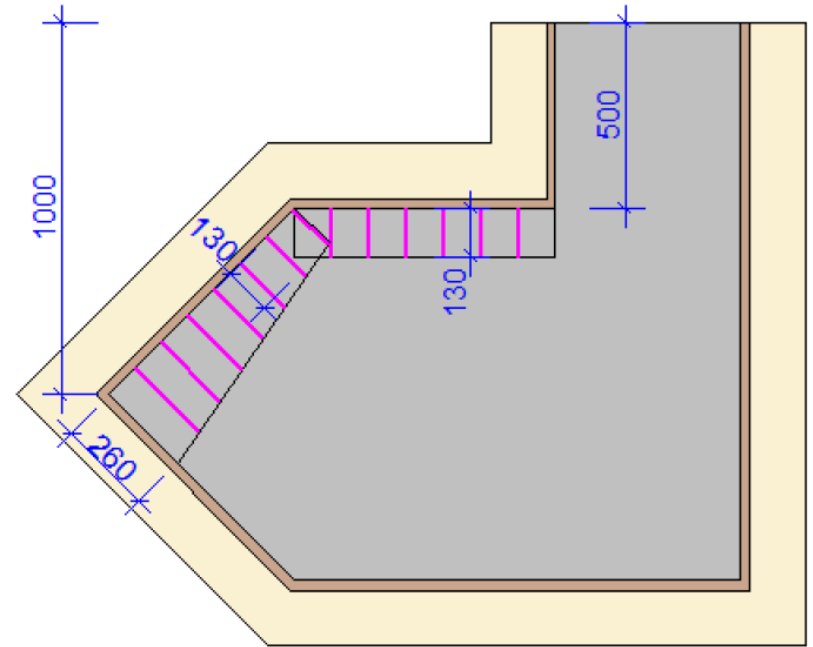


Fig. 4 - Trykk på overliggende flater

- Når vi har høye konstruksjoner vil støpetrykket bli enormt hvis man forutsetter fersk betong fra overflaten til bunnen av forskalingen.
- Det er da svært viktig å ha en dialog med entreprenøren slik at man får en avklaring av hvilke laster det skal dimensjoneres for.
- Det er også viktig at dette blir skrevet ned som en forutsetning for beregningene slik at det ikke gis rom for misforståelser.

- Støpetrykket legges inn som nyttelast med lastvarighetsklasse korttidslast – dvs. lastvarighet < 1 uke)
- Valg av pålitelighetsklasse 1 eller 2 ?
  - Pålitelighetsklasse 1:  $k_{Fi} = 0,9$
  - $\rightarrow \gamma_F \cdot k_{Fi} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35$
  - Pålitelighetsklasse 2:  $k_{Fi} = 1,0$ 
    - $\rightarrow \gamma_F = 1,5$  (ingen reduksjon)
- Vær oppmerksom på at å plassere en konstruksjon i pålitelighetsklasse 2 formelt krever sidemannskontroll av konstruksjonen.

- Klimaklasse
  - Vi må forutsette at forskalingskonstruksjonen oppbevares tildekket slik at klimaklasse 2 kan forutsettes på konstruksjonen. Dette blir en informasjon som er viktig å videreformidle ut til kunde / entreprenør.
    - $65\% \leq RF \leq 85\% \rightarrow 12\% \leq \omega \leq 20\%$
- Lastfordelingsfaktor.
  - «*Forutsatt at det kontinuerlige lastfordelingssystemet kan overføre lastene fra én konstruksjonsdel til den neste, settes faktoren  $k_{sys} = 1,1$ .*» I dette tilfelle er det forhudningen som er lastfordelingssystemet og vi må i de fleste tilfeller kunne forutsette at vi har lastfordeling.

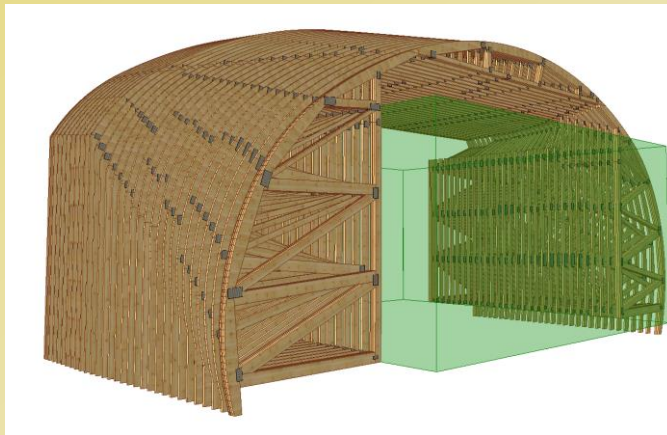


- Materialbredde
  - For en forskalingskonstruksjon bør man tilstrebe å **unngå avstivninger** på diagonalstaver etc. så langt det er mulig. Manglende avstivninger her kan få katastrofale følger.
  - På grunn av store laster samt at det skal monteres på en forhudning gjør at det ofte ender opp med 48 mm virke på slike konstruksjoner.
- Senteravstand
  - Her er det gjerne forhudningen som bestemmer senteravstanden på forskalingskonstruksjonen og på grunn av lastene er denne ofte  $< 600$  mm.

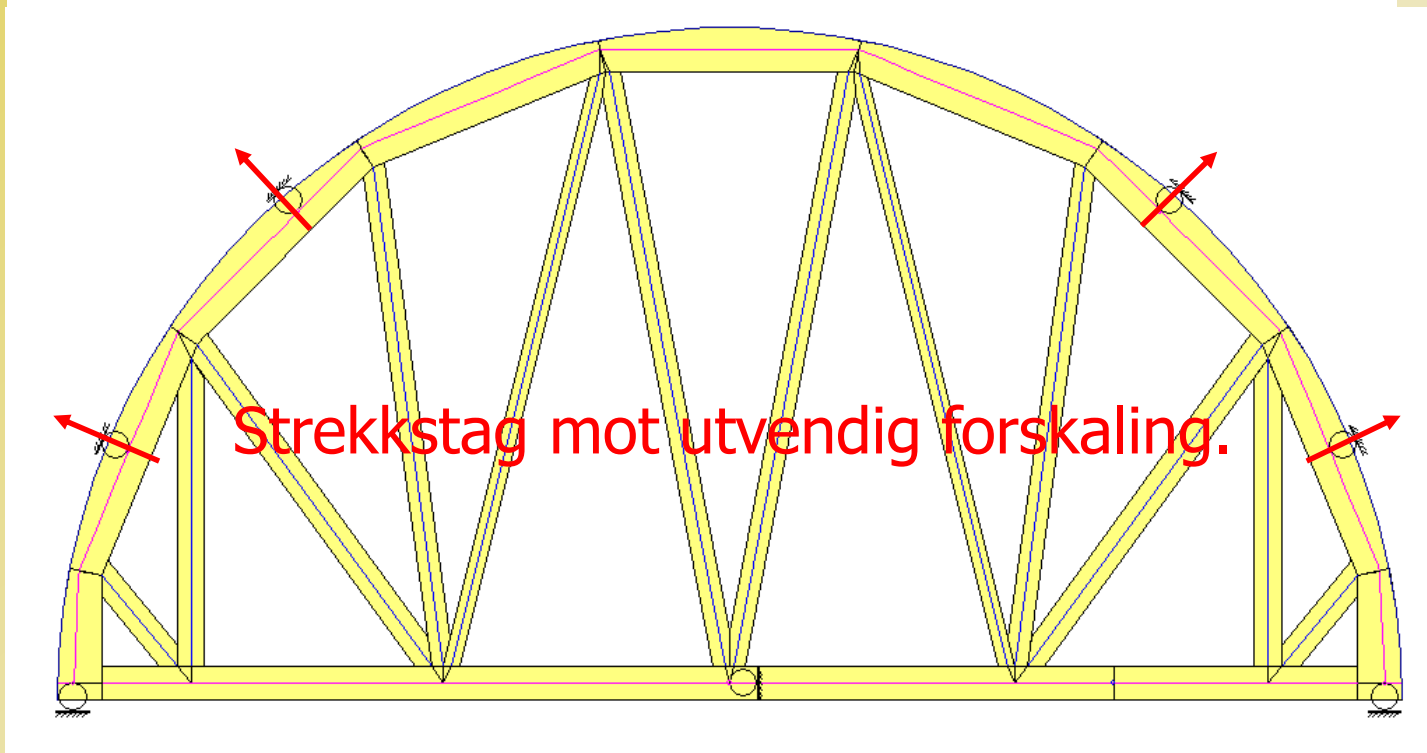
- Ved dimensjonering av disse konstruksjonene fungerer ikke standard lastkombinasjoner fra en takstol som er dimensjonert for egenlast, snølast, nyttelast og vindlast, men vi må bygge opp egne lastkombinasjoner.

- Hvilke typer forskalingskonstruksjoner har vi:
  - Bruforskalinger
  - Tunnelforskalinger
  - Tunnelåpninger
  - Kraftanlegg
  - ...

- Blir formen som skal skapes komplisert så øker sannsynligheten for at en takstolprodusent får jobben.

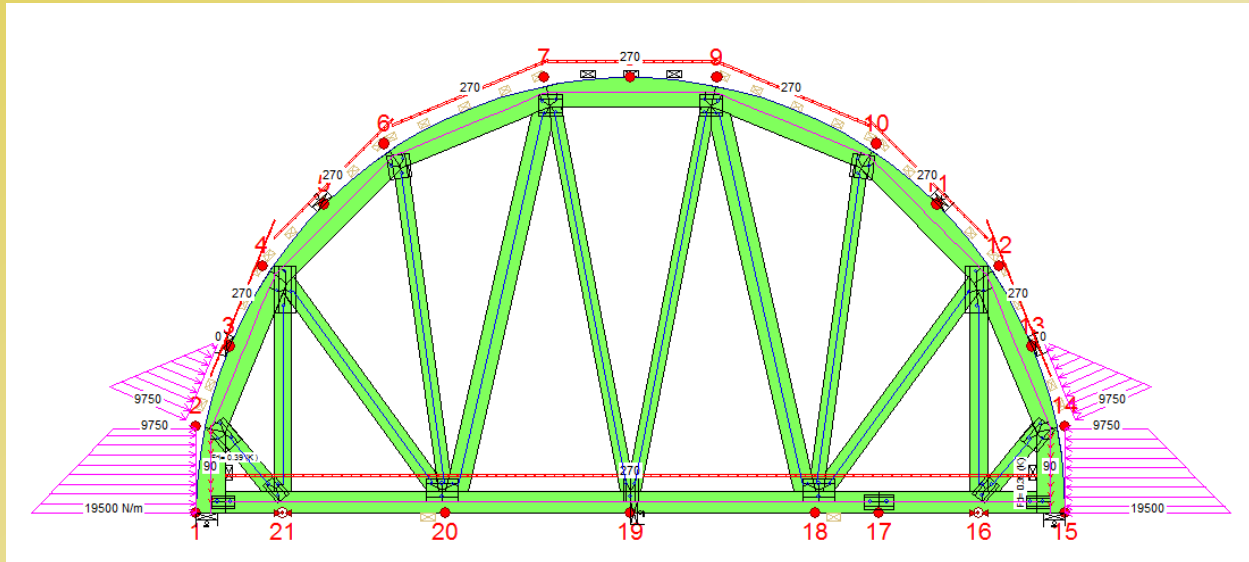


- Opplegg og randbetingelser

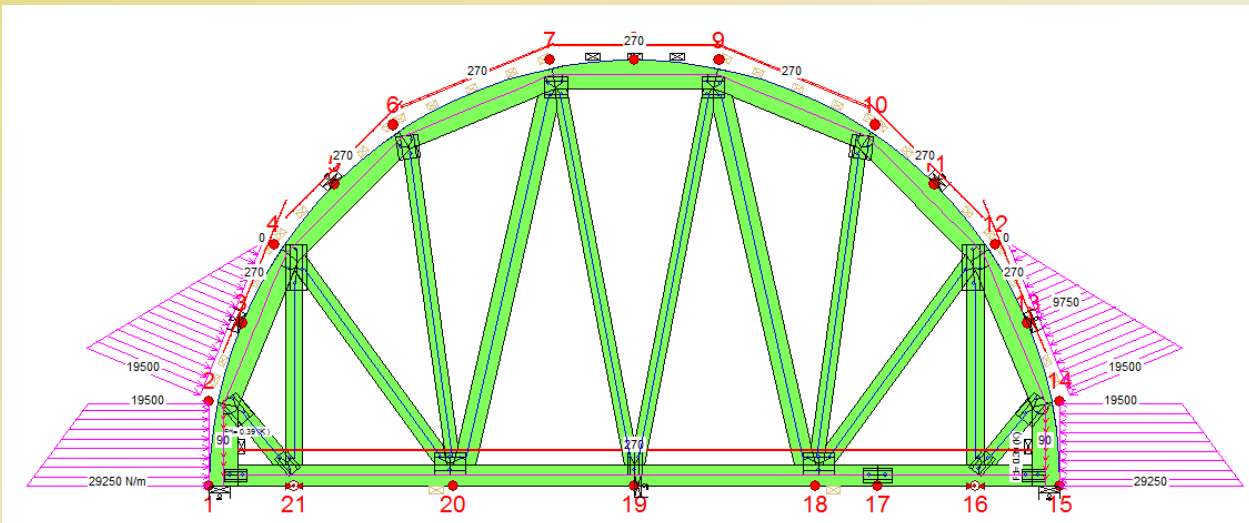


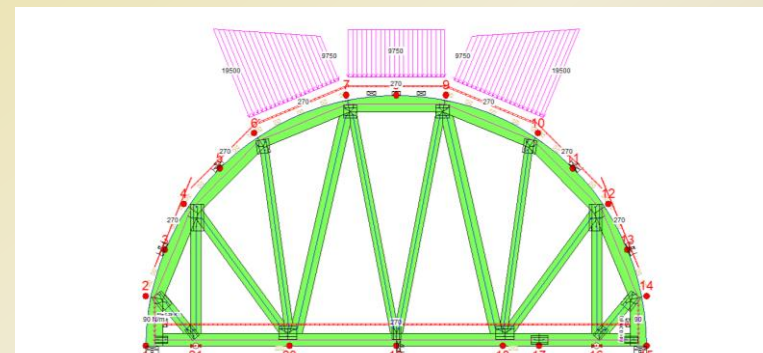
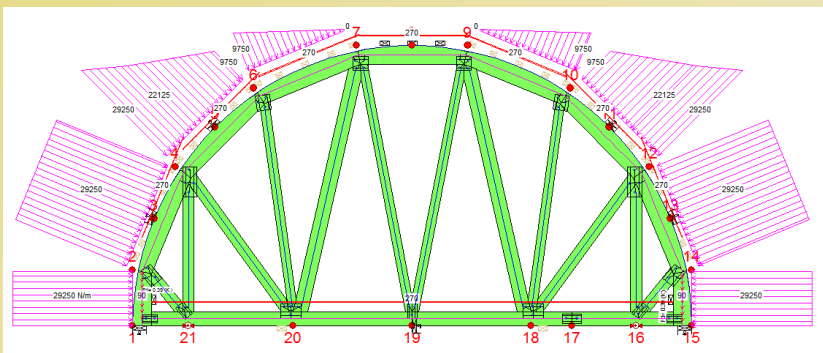
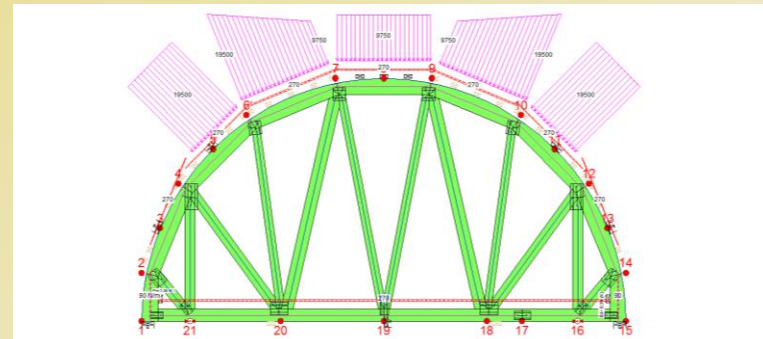
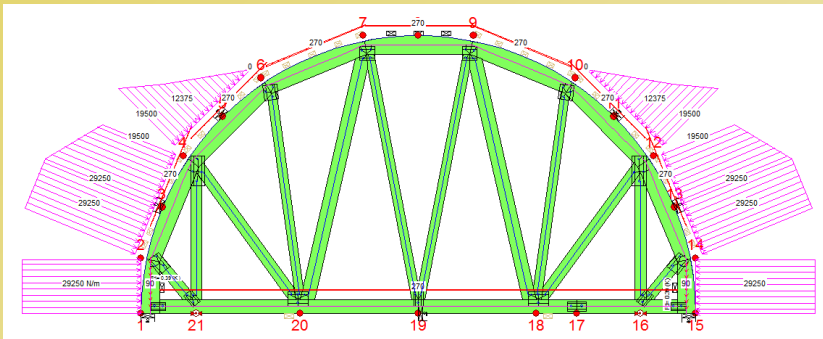
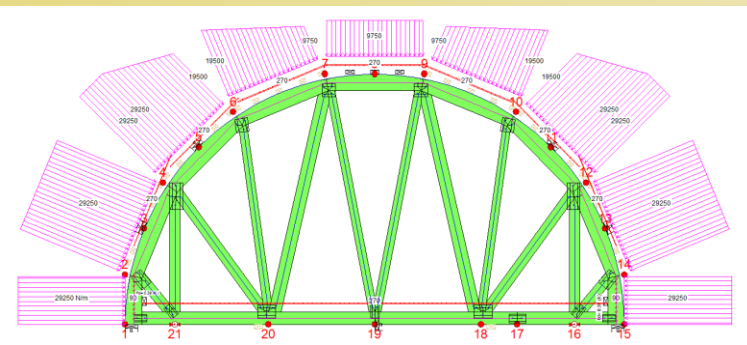
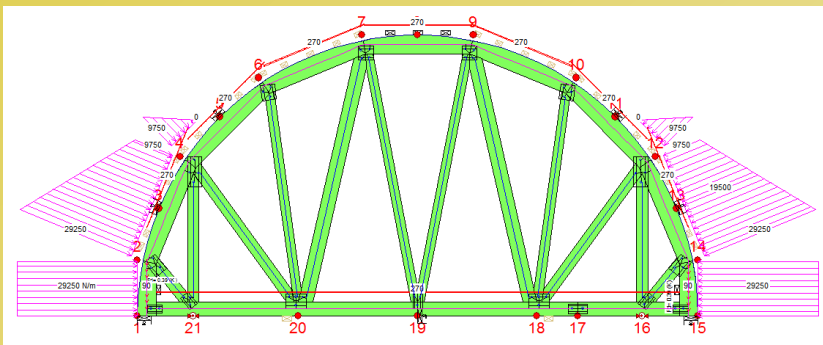
- Laster og lastkombinasjoner
  - c/c 500 mm = 0,5 m
  - Maksimal høyde for flytende betong forutsettes i dette eksempelet 1,5 meter.
  - Bruddgrense 1,5 m støpetrykk og lastfakt. 1,5
    - Brudd:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,5 = 29,25 \text{ kN/m} = 29250 \text{ N/m}$
    - Bruks:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 19,50 \text{ kN/m} = 19500 \text{ N/m}$
  - Bruddgrense 1,0 m støpetrykk
    - Brudd:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 19,50 \text{ kN/m} = 19500 \text{ N/m}$
    - Bruks:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 13,00 \text{ kN/m} = 13000 \text{ N/m}$
  - Bruddgrense 0,5 m støpetrykk
    - Brudd:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 9,75 \text{ kN/m} = 9750 \text{ N/m}$
    - Bruks:  $26 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 6,50 \text{ kN/m} = 6500 \text{ N/m}$

- Lastkombinasjoner - bruddgrense



Hvilken viktig forutsetning er det jeg har gjort med lastene her i forhold til hvordan de må støpe?

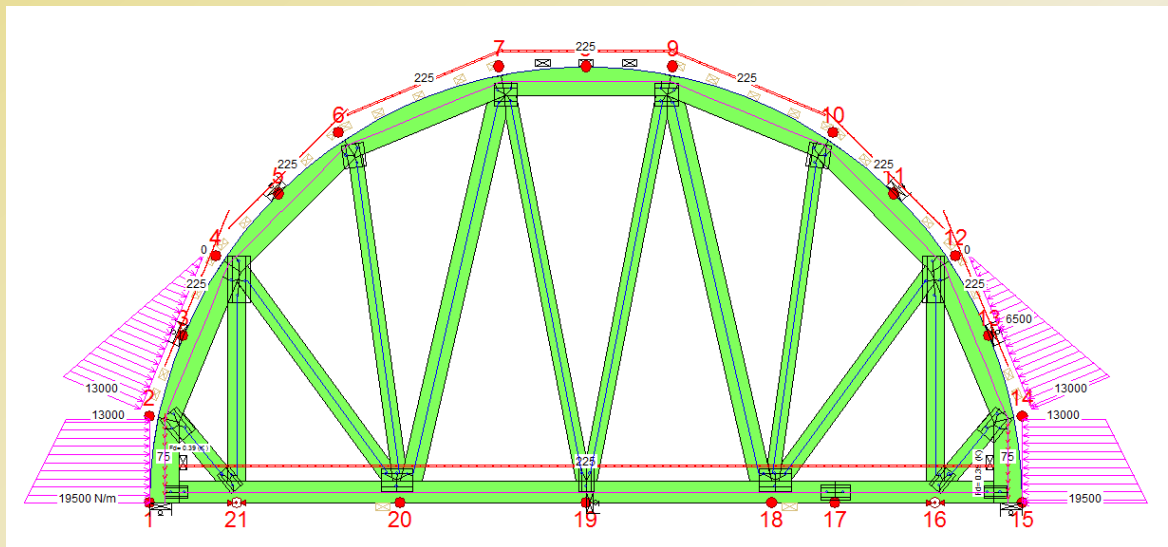
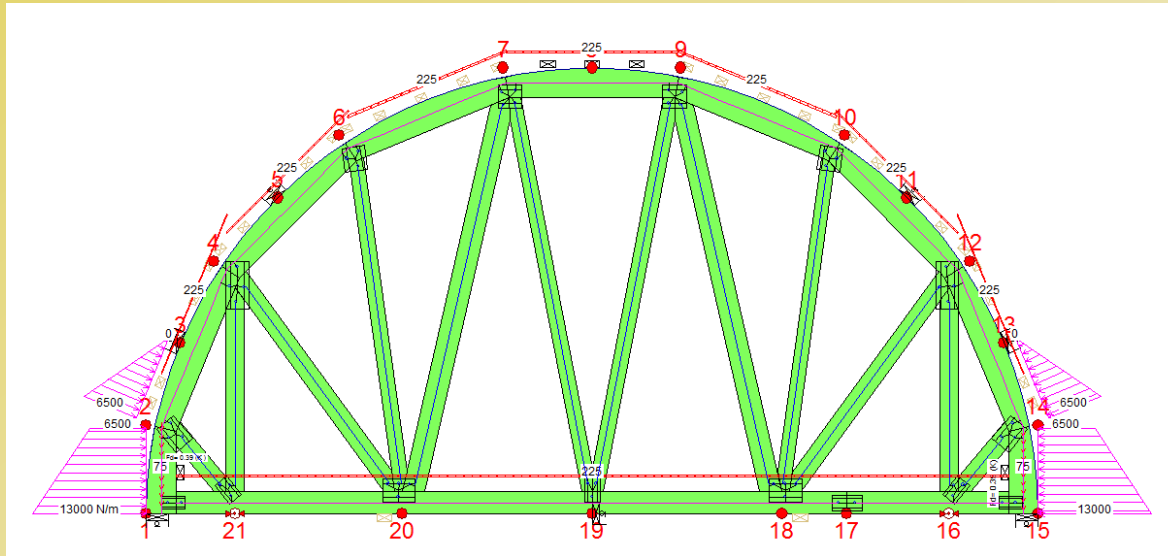




Legg merke til at ingen diagonaler har avstivninger.

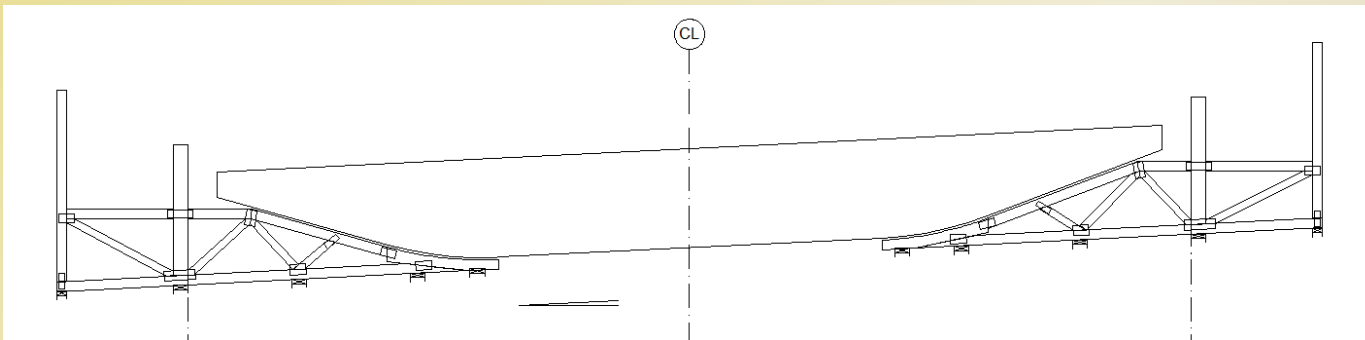


- Lastkombinasjoner - bruksgrense



- I tillegg dimensjoneres det for alle de øvrige lastkombinasjonene i bruksgrense slik vi har sett for bruddgrense.
- Legg merke til at vi i bruksgrensetilstanden har benyttet  $\psi$ -faktorer = 1,0. Det bør da holde å kontrollere for «karakteristisk øyeblikksdeformasjon» («inst»).
- Hvilke deformasjoner er akseptable?
- I de fleste situasjoner er det bruddgrense som er dimensjonerende.

- Dersom vi har andre laster i tillegg til støpetrykk vil dette normalt bli «tilhørende variable laster». For eksempel skal det være arbeidsplattformer hvor man skal kunne ha nyttelaster. Lastkombinasjoner vil kunne være:
  - Nyttelasten alene
  - Støpetrykk som dominerende variabel last med nyttelast som tilhørende variabel last.
  - Støpetrykk alene.



- Dersom du mottar snitt av betongkonstruksjonen – husk å ta hensyn til forhudningen når du konstruerer forskalingskonstruksjonen.

