

CIR-dagen 2019, 2019-01-29

Hagastaden ur ett konstruktionsperspektiv



Morgan Johansson

Kort om Morgan

- Norconsult, Göteborg

- Tekn doktor i betongkonstruktioner
- Adj professor Chalmers
- Teknisk specialist på explosioner och impulsbelastade konstruktioner
- MSB:s expert inom ämnesområdet Fysiskt skydd



- Kontaktuppgifter

- Morgan.johansson@norconsult.com
















MSB:s kunskapsbank (I)

- Teoretisk bakgrund

- www.msb.se/skyddsrum

- **Skyddsrum**

- Vanliga frågor och svar om skyddsrum
 - Hitta ditt närmaste skyddsrum
 - Skyddsrumsföreskrifter och handböcker
 - Beräkningar, lösningar och komponenter
 - Blanketter och checklistor
 - Frida – verktyget för tillsyn och kontroller av skyddsrum
 - Kontakta skyddsrumssakkunnig eller leverantör
 - Avveckling av skyddsrum
 - Skyddsrumsdagarna 2017
 - Skyddsrumstätorter

-  [L01. Referenslitteratur](#)
 -  L01-101_Dynamisk lastpåverkan, referensbok.pdf
 -  L01-102_Dynamisk lastpåverkan, föreläsningsserie.pdf
 -  L01-201_Luftstötvtåg.pdf
 -  L01-202_Markstötvtåg.pdf
 -  L01-203_Splitterverkan.pdf
 -  [L02. Bebyggelsens motståndsförmåga](#)
 -  L02-101_Bebyggelsens motståndsförmåga, en introduktion.pdf
 -  L02-102_Last av luftstötvtåg.pdf
 -  L02-103_Explosion i gatukorsning.pdf
 -  L02-104_Kapacitet hos byggnader.pdf
 -  [L03. Akademiska avhandlingar](#)
 -  [L04. Examensarbeten](#)
 -  [L05. Vetenskapliga artiklar](#)
 -  [L06. Populärvetenskapliga artiklar](#)

MSB:s kunskapsbank (II)

- Implementerande dokument

- www.msb.se/skyddsrum

- Skyddsrum

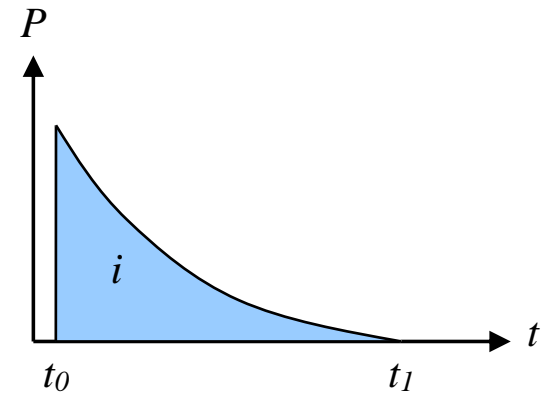
- Vanliga frågor och svar om skyddsrum
- Hitta ditt närmaste skyddsrum
- Skyddsrumsföreskrifter och handböcker
- Beräkningar, lösningar och komponenter
- Blanketter och checklistor
- Frida – verktyget för tillsyn och kontroller av skyddsrum
- Kontakta skyddsrumssakkunnig eller leverantör
- Avveckling av skyddsrum
- Skyddsrumsdagarna 2017
- Skyddsrumstätorter

- [B01. Samlingsdokument](#)
- [B02. Beräkningsanvisning för last](#)
 - [B02-111 - TNT-explosion i det fria_121015.pdf](#)
 - [B02-121 - Gasexplosion i det fria_130311.pdf](#)
 - [B02-201 - Splitterverkan_130523.pdf](#)
 - [B02-202 - Kombinerad luftstötstång och splitter_130523.pdf](#)
- [B03. Beräkningsanvisning för strukturens respons](#)
 - [B03-101 - Strukturens respons vid impulsbelastning_140416.pdf](#)
 - [B03-102 - Central differensmetod_121015.pdf](#)
- [B04. Beräkningsexempel för last](#)
- [B05. Beräkningsexempel för strukturens respons](#)
 - [B05-101 - Enkelspänd betongvägg_150806.pdf](#)
 - [B05-102 - Stållam.pdf](#)
 - [B05-201 - Splitter mot enkelspänd betongvägg.pdf](#)
- [B06. Beräkningsstöd](#)

Indata vid explosionsbelastning

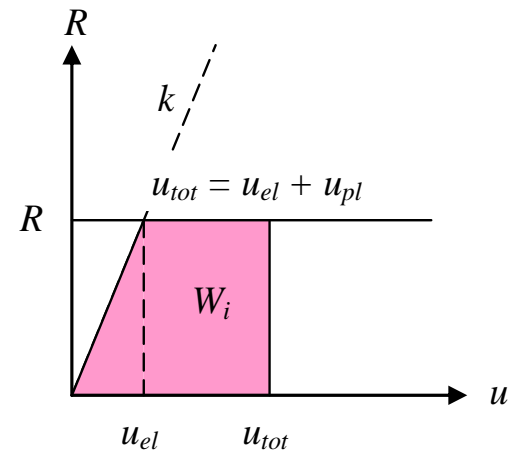
- Last

- Tryck
- Varaktighet
- Impuls



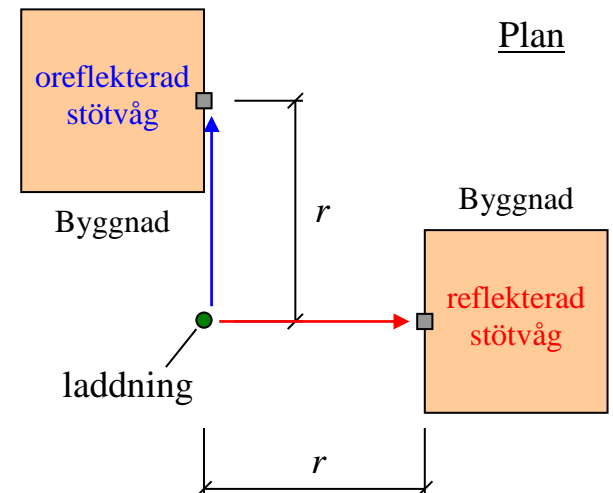
- Struktur

- Massa
- Styvhet
- Lastkapacitet
- Deformationsförmåga



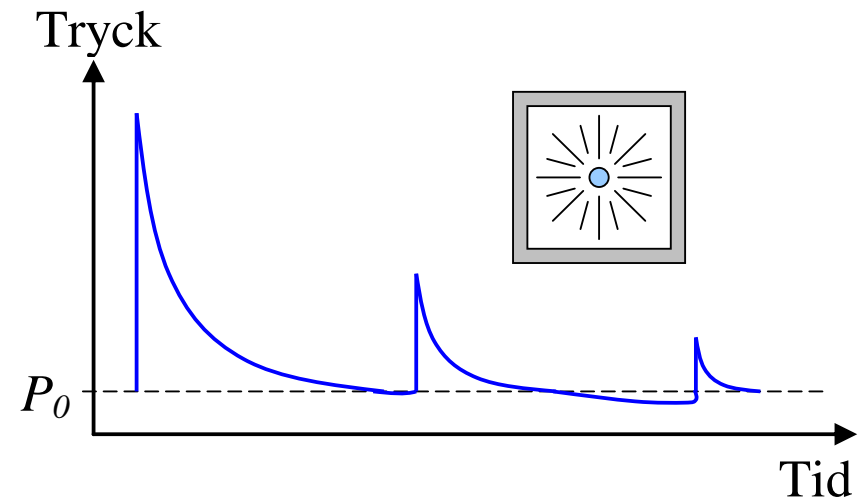
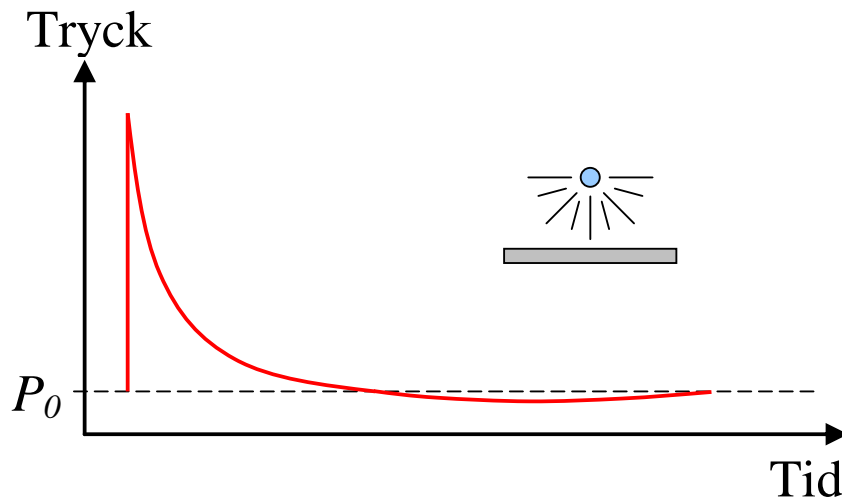
Vad inverkar på lasten?

- Explosionens energiinnehåll
 - Energimängd
 - Förbränningshastighet
- Omgivningen
 - Avstånd och läge till utsatt punkt
 - Utbredningsmöjligheter



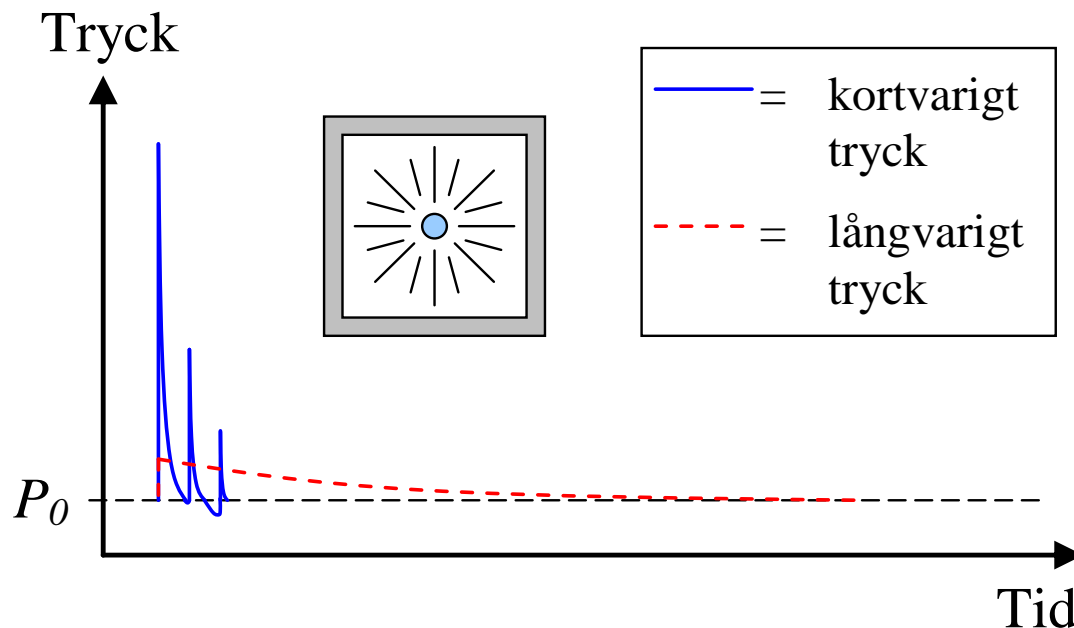
Flerfaldig reflexion

- Omgivningen påverkar resulterande last



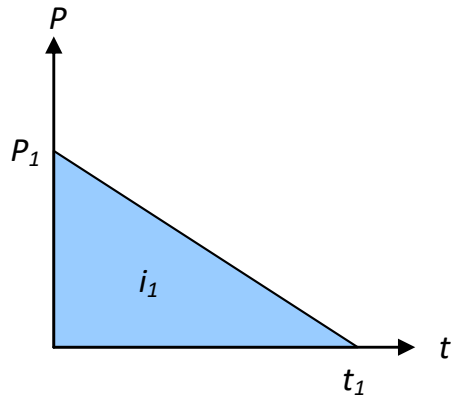
Innesluten explosion

- Uppstår en kombination av olika laster
 - Kortvarigt tryck – flera reflexioner
 - Långvarigt tryck – spränggaser som inte ventileras bort
 - Påverkas av förhållandet volym /ventilationsarea



Explosion i tunnel

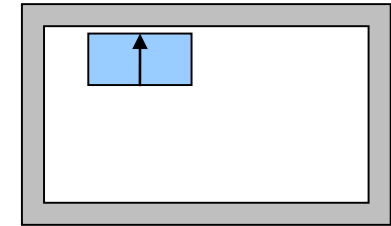
- Trafikverkets explosionslast i tunnel



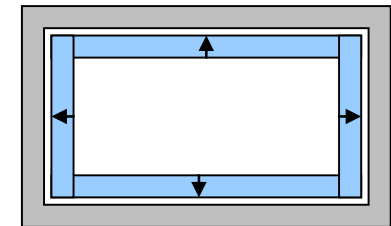
Längdsektion



Tvärsektion



Last 1 (kortvarig)



Last 2 (långvarig)

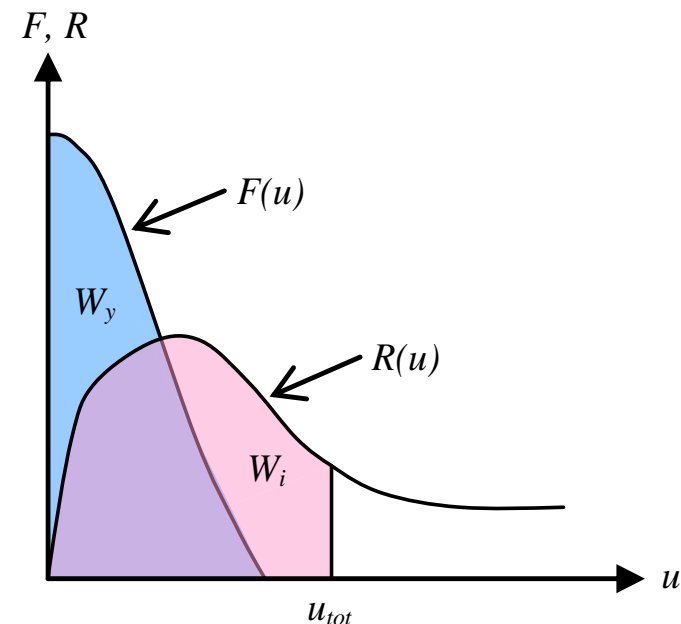
Nr	Beskrivning	P_1 [kPa]	t_1 [ms]	i_1 [Pas]	Lastyta
1	Lokalt tryck	5 000	2	5 000	4 x 4 m ²
2	Fördelat tryck	100	50	2 500	alla ytor

Hur skyddar man sig?

- Primärt
 - Avstånd
 - Skyddande massa
- Sekundärt
 - Energiupptagande konstruktion
 - God redundans (alternativ lastupptagning möjlig)

Princip kring energibalans

- Impulslast ger upphov till ett yttre arbete W_y
 - Storlek på W_y beror på impulslast, massa och mothållskraft
- Yttre arbete balanseras av inre arbete W_i
 - Storlek på W_i beror på mothållskraft och erhållen deformation
- Energibalans ska uppnås
 - Maximal deformation (noll rörelse) nås när $W_y = W_i$



Kritiska parametrar hos struktur

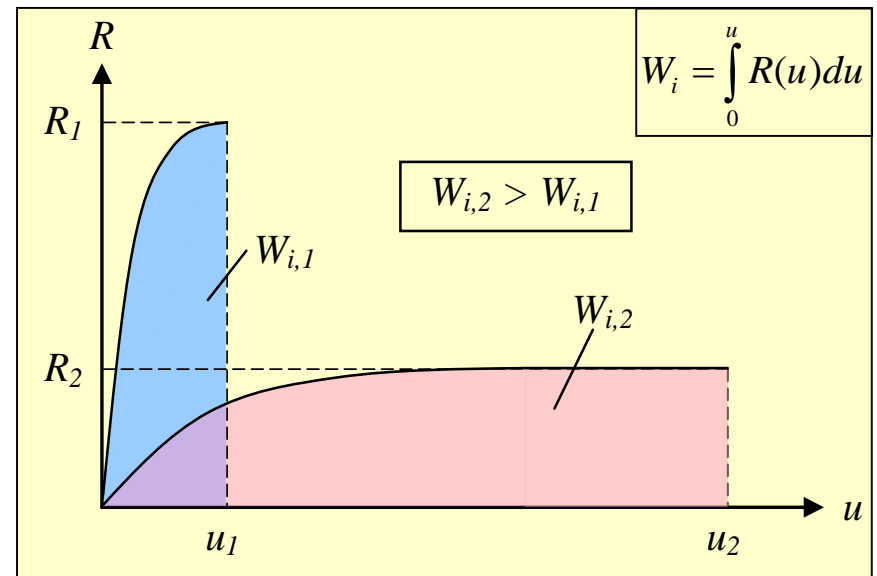
- Massa (yttre arbete)

$$W_y = \frac{I^2}{2m}$$

- Strukturegenskaper (inre arbete)

- Styvhet
- Hållfasthet
- Deformationsförmåga

Energiupptagningsförmåga, W_i



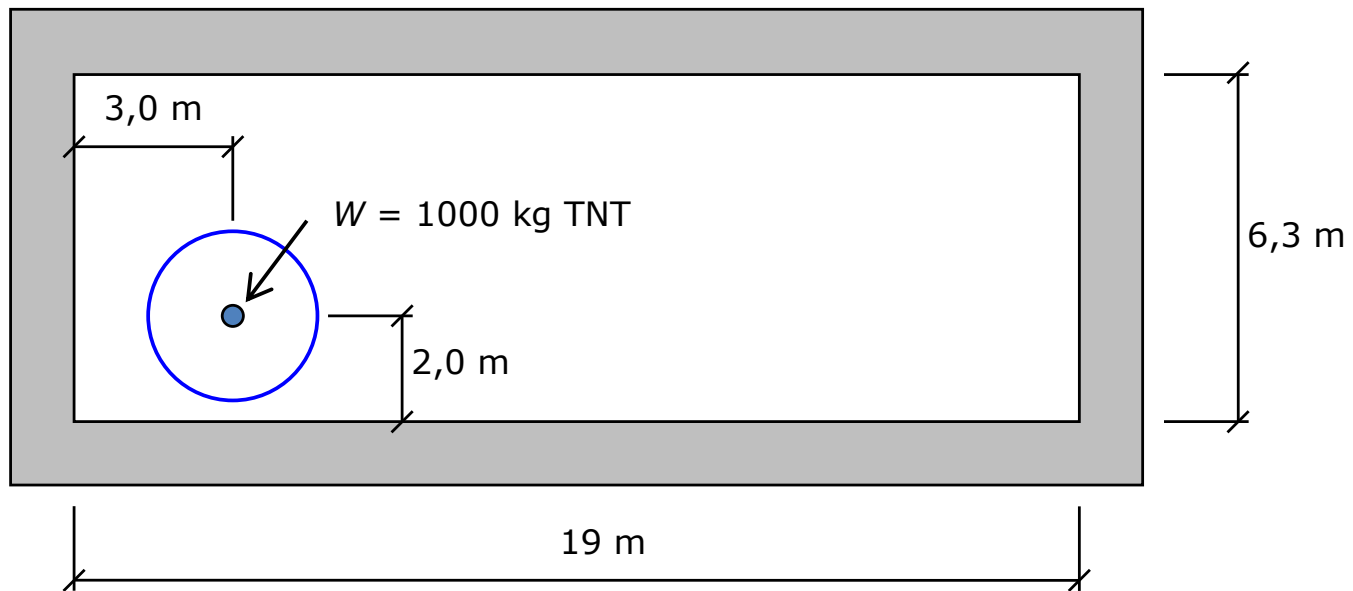
- Statisk last:
hög styvhet/kapacitet önskvärt
- Impulslast:
inte nödvändigtvis bra egenskaper

Hagastaden, överdäckning (I)



Hagastaden, överdäckning (II)

- Lastsituation



- Normal explosionslast i tunnel utgår från $W = 30 \text{ kg TNT}$

Hur görs beräkning?

- Last

- Beräkningsmetod

- Enkla fall / övergripande bild – Empiriska samband
 - Komplexa fall – FE-program anpassat för explosionsberäkning

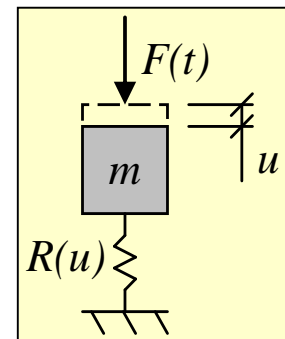
Överdäckning,
Hagastaden

- Strukturrespons

- Dynamisk beräkning med olinjär strukturrespons

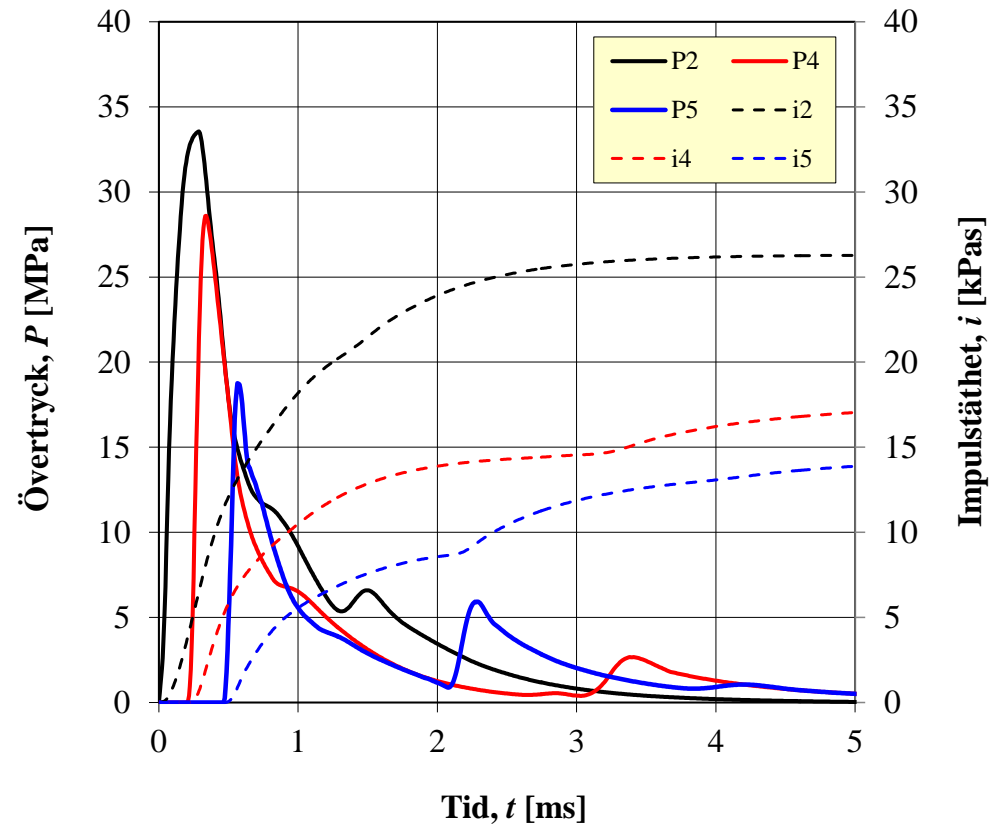
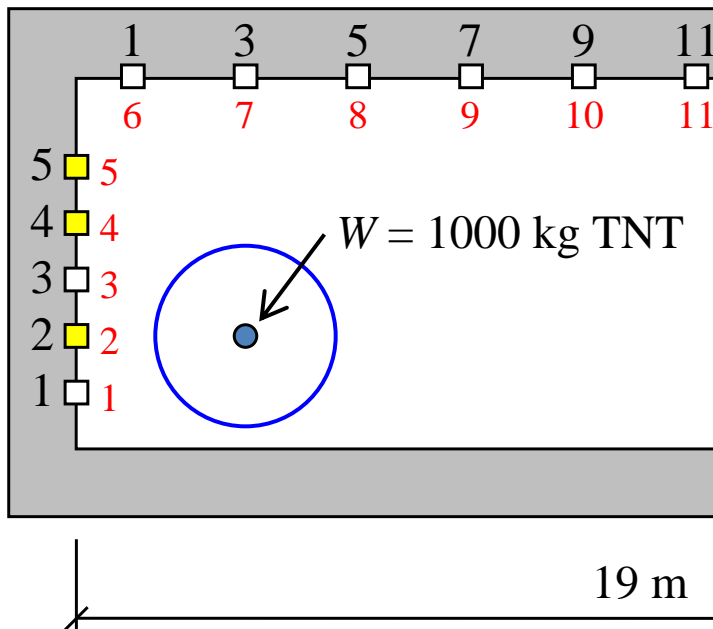
- Beräkningsmetod

- Enkla modeller (SDOF, 2DOF)
 - 2D eller 3D FE-analyser



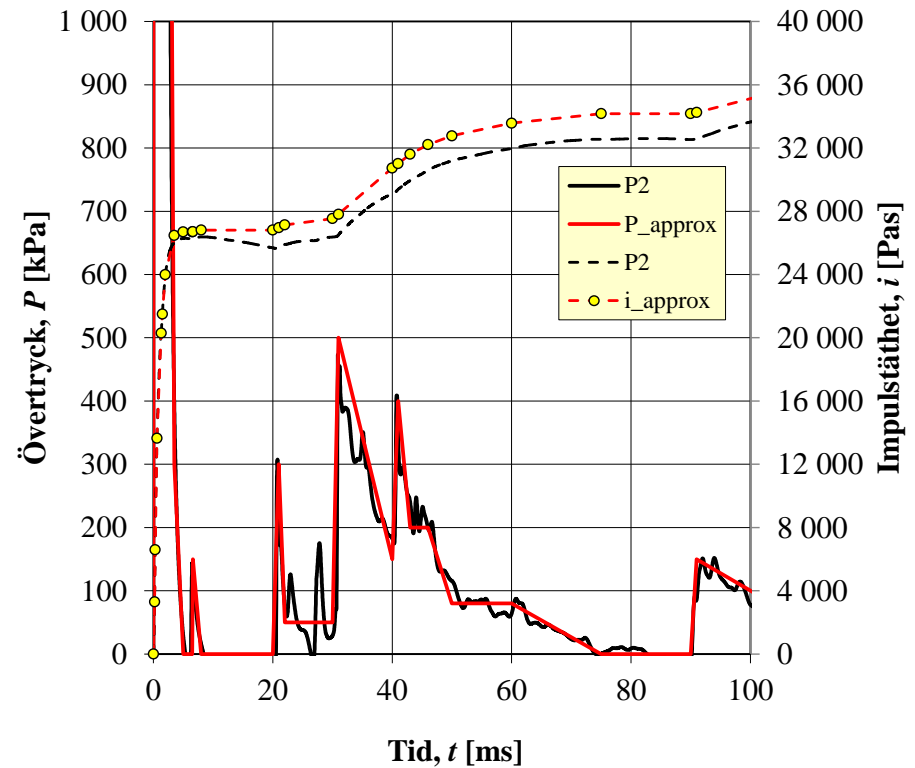
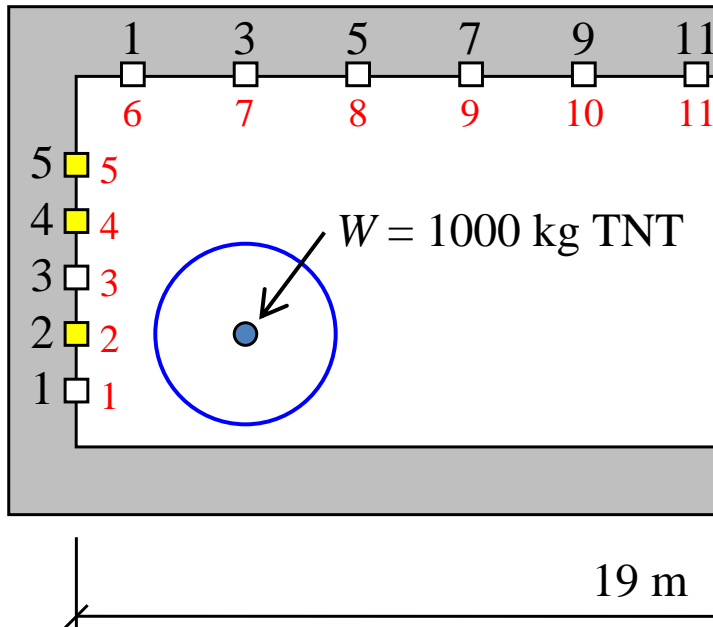
Lastvärden (I)

- Initial last på närmaste vägg



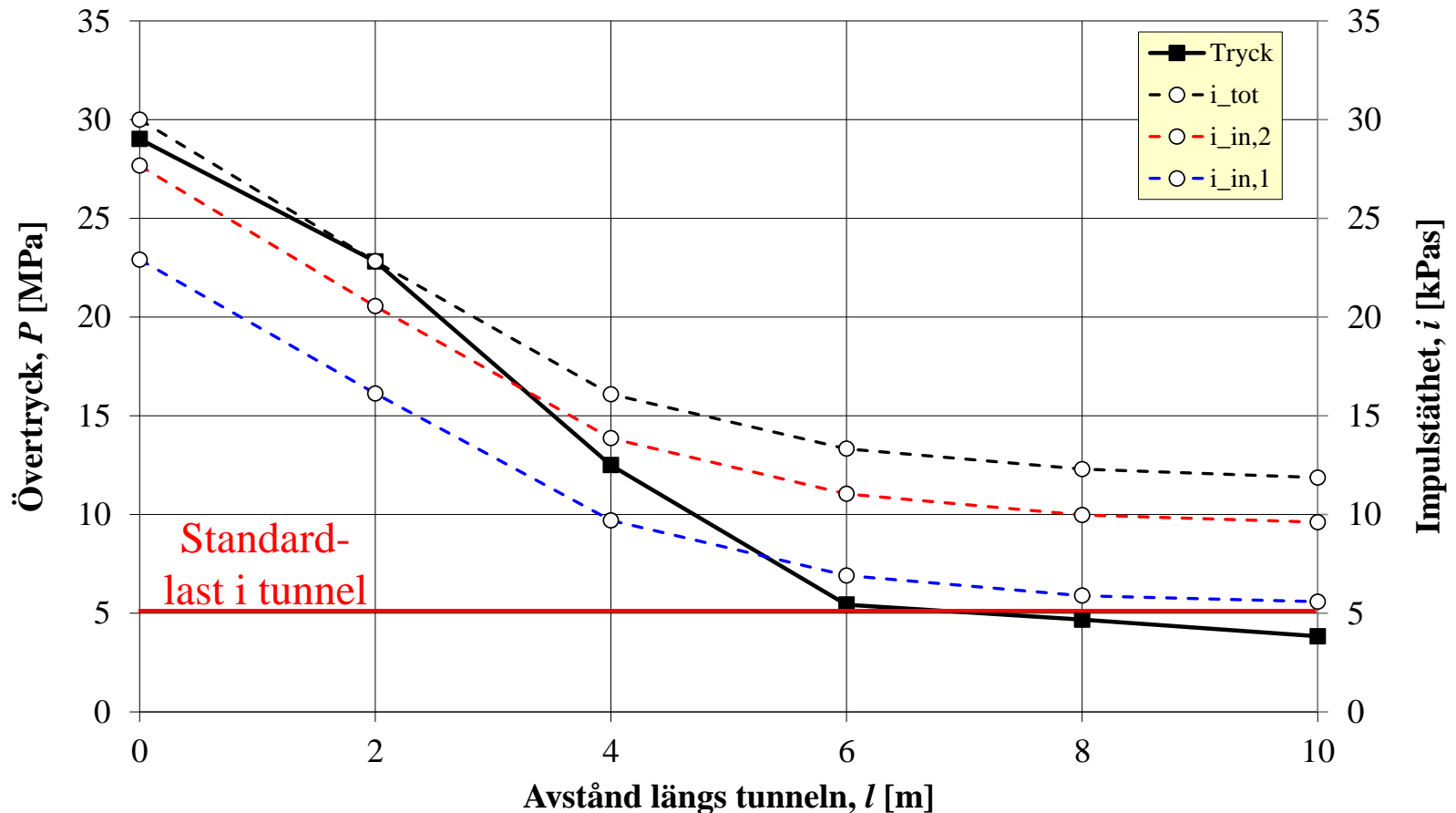
Lastvärden (II)

- Långvarig last på närmaste vägg



Lastvärden (II)

- Lastens medelvärde över närmaste vägg



Effekt av explosionslast (I)

- Effekt inne i tunneln
 - Samtliga närvarande inne i tunneln omkommer
- Önskan
 - Skydda närliggande byggnad från explosionens effekt
 - Förhindra skador på personer i byggnad
- Skyddskoncept
 - Tillåt lokalt brott men utforma omgivande byggnader att motstå den last som "läcker" ut
 - Förhindra uppkomst av brottzon, inneslut explosion inne i tunnel och isolera dess effekter

Effekt av explosionslast (II)

- Lokalt brott tillåts
 - Komplex att bestämma storlek på utläckande last – svårt att bedöma lasteffekt på närliggande byggnad
 - Medför krav på utformning av närliggande byggnad
 - Kan medföra krav på hur delar av närliggande byggnad får användas – oönskade begränsningar fås

Effekt av explosionslast (III)

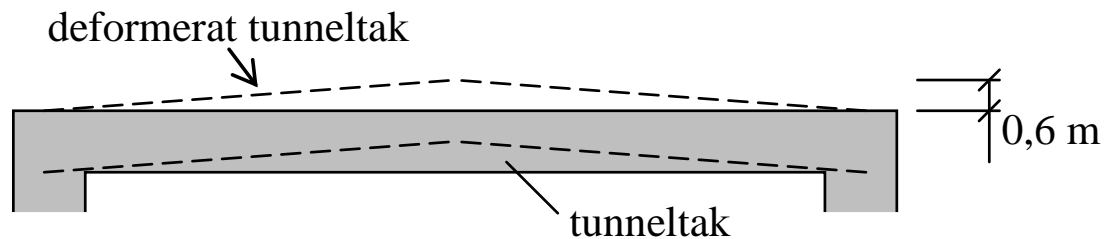
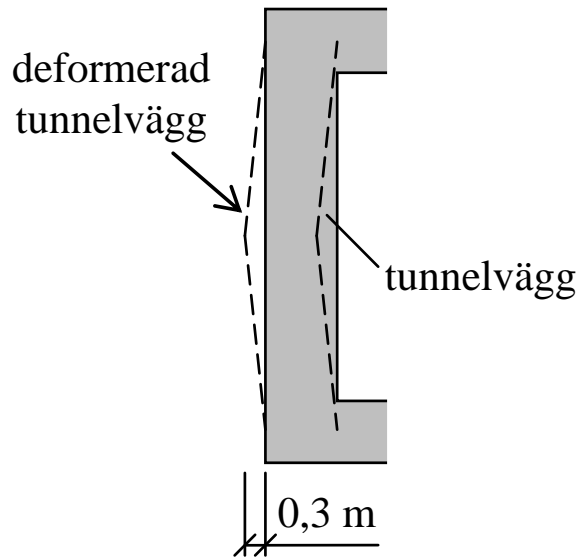
- Förhindrad brottzon
 - Ställer stora krav på konstruktionens utformning
($h = 1,2 \text{ m}$; $\rho_s = 1,0\%$)
 - Betydande deformationer skulle fortfarande uppstå
($u_{vägg} = 0,2 \text{ m}$; $u_{tak} = 0,4 \text{ m}$)
 - Stora deformationer kan medföra problem för närliggande byggnad – lasten riskerar att föras vidare
 - Särskilda åtgärder krävs för att förhindra detta

Koncept för åtgärder

- Syfte
 - Förhindra lastöverföring från överdäckning till byggnad
- Förutsättning
 - Stöd mot vägg i överdäckning bedöms vara opåverkad om vägg klarar explosionslast
- Åtgärd
 - Säkerställ att erforderlig deformationszon finns mellan byggnad och överdäckning

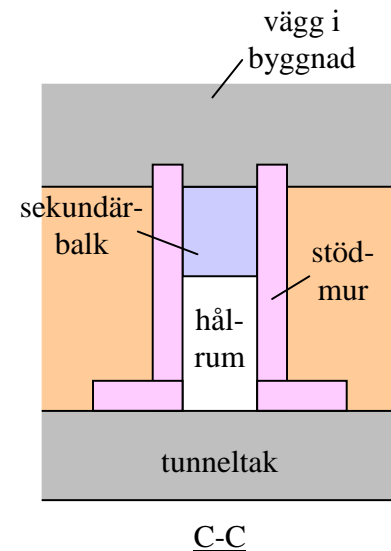
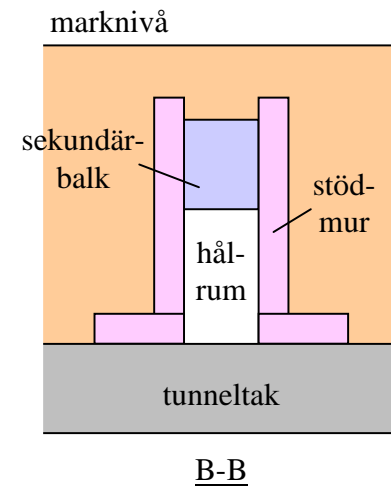
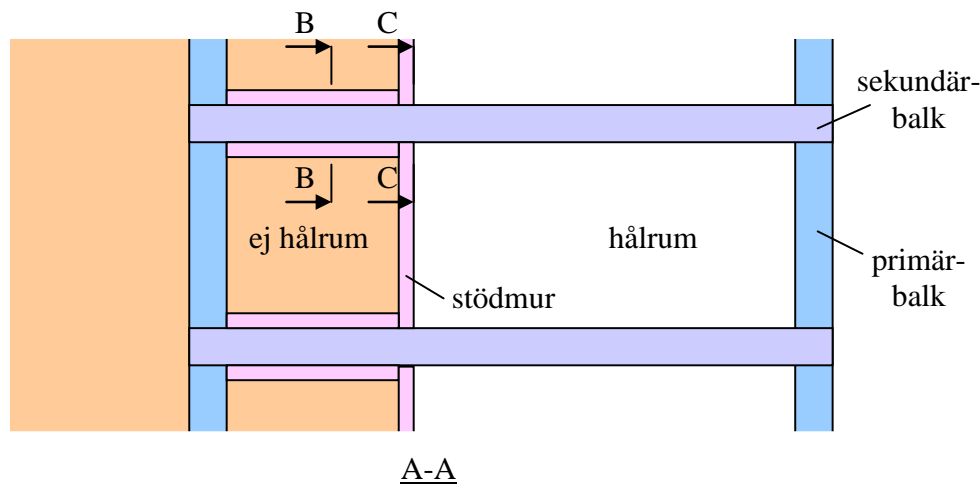
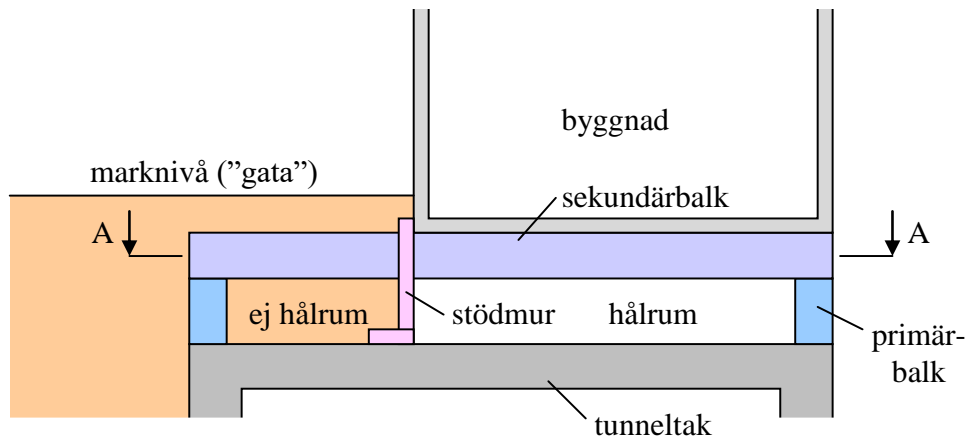
Åtgärd vid vägg och tak (I)

- Erforderlig deformationszon
 - Bärande konstruktionsdelar ska inte påverkas av deformerad vägg eller tak i överdäckning



Åtgärd vid vägg och tak (II)

- Exempel på utförande vid tak



Tack för uppmärksamheten!

Frågor?