

BERGSÄKERHET I LKABS UNDERJORDS-GRUVOR

Kraftindustrins berg- och betongfrågor

Älvkarleby 2017-03-22

Lars Malmgren

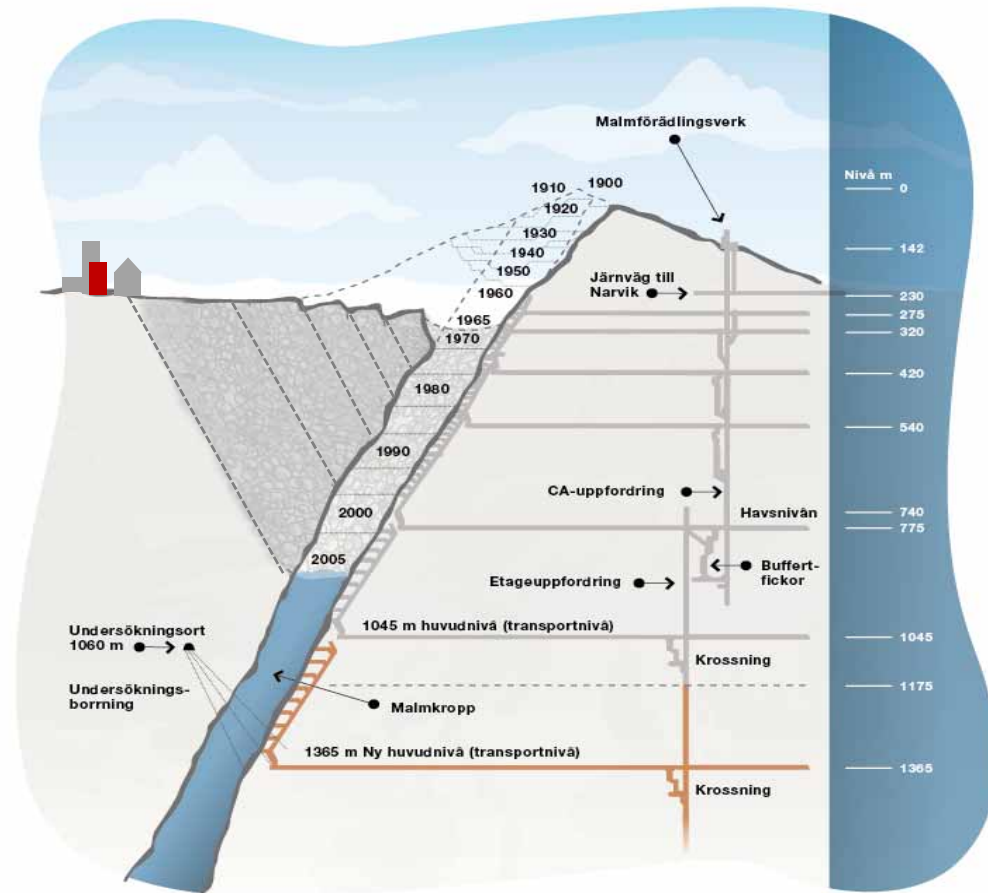




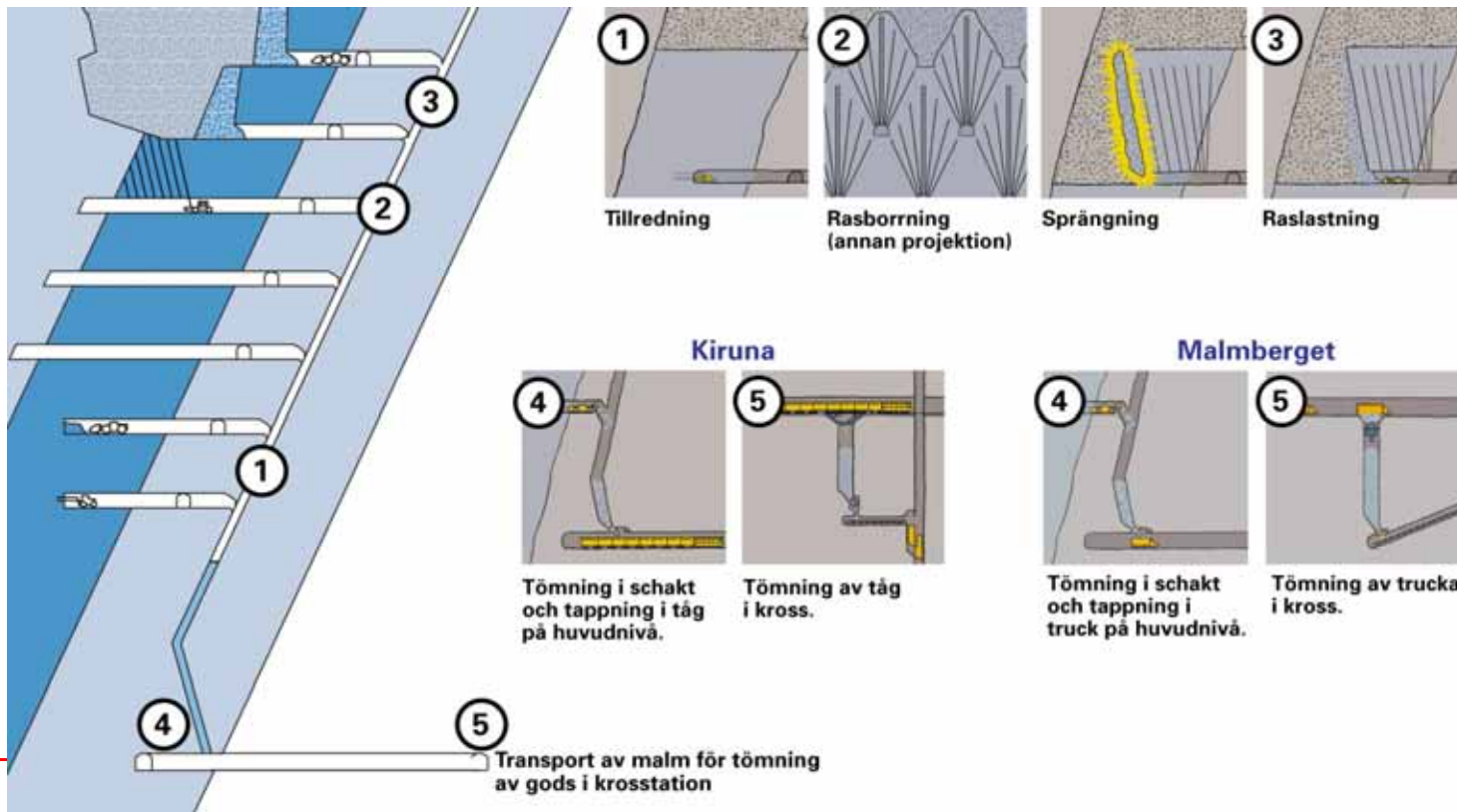


JÄRNMALMSGRUVAN I KIRUNA

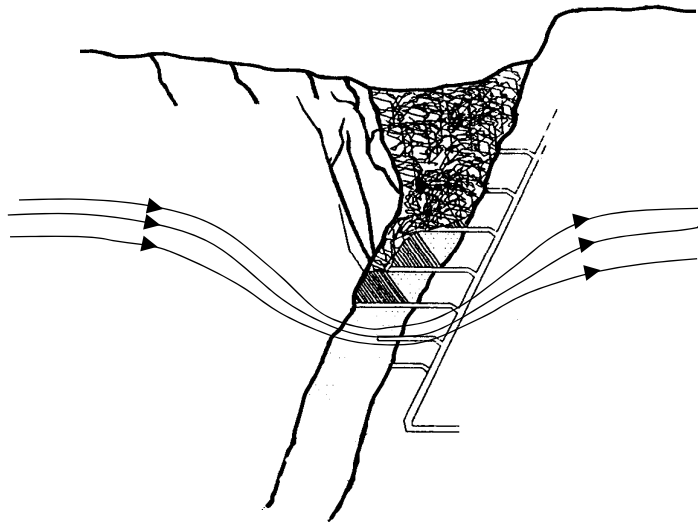
- En sammanhängande malmkropp, 4 km lång, 80 meter bred och känd till 1500 meters avvägning (m avv).
- Dagens huvudnivå ligger på 1365 m avv.
- Brytning startade kring sekelskiftet år 1900.



UNDER JORD – BRYTNINGSMETOD



BERGSPÄNNINGAR

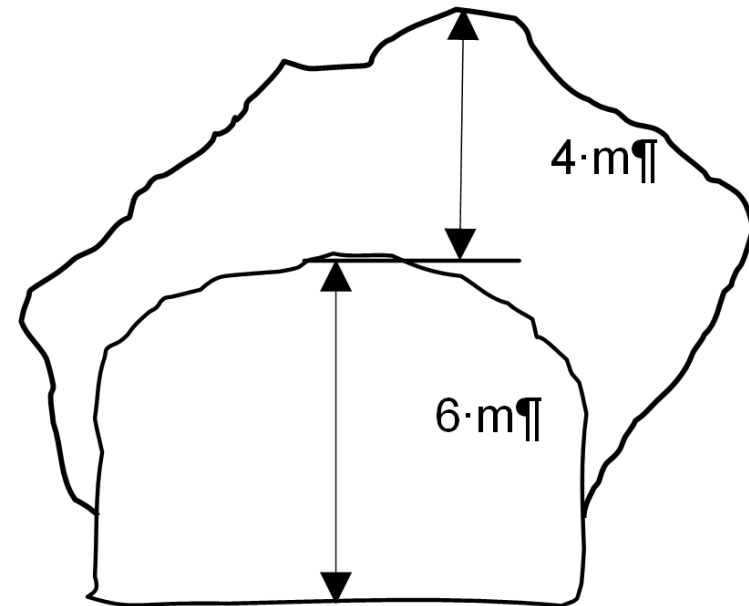


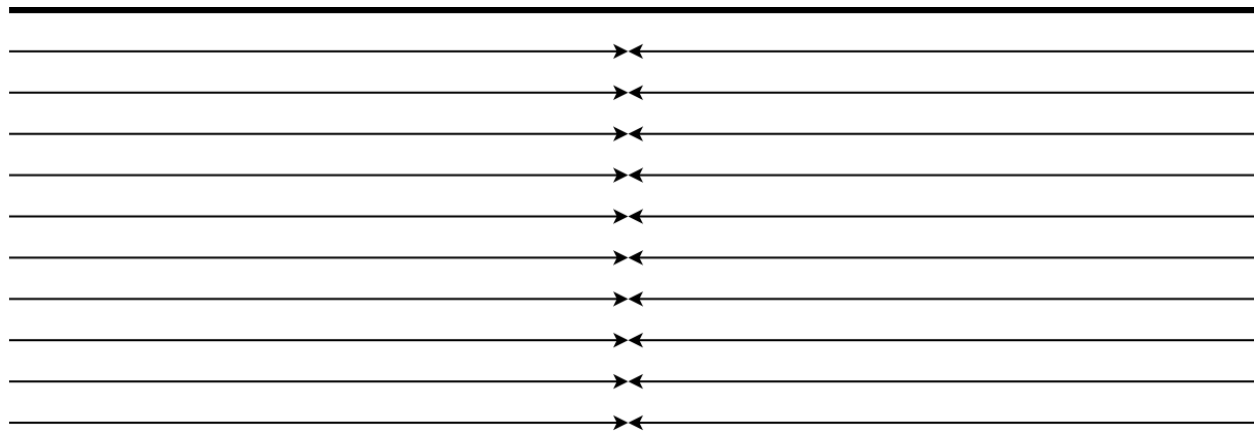
$$\sigma_1 \approx 0.037 \cdot 1045 - 3.7 = 35 \text{ MPa}$$

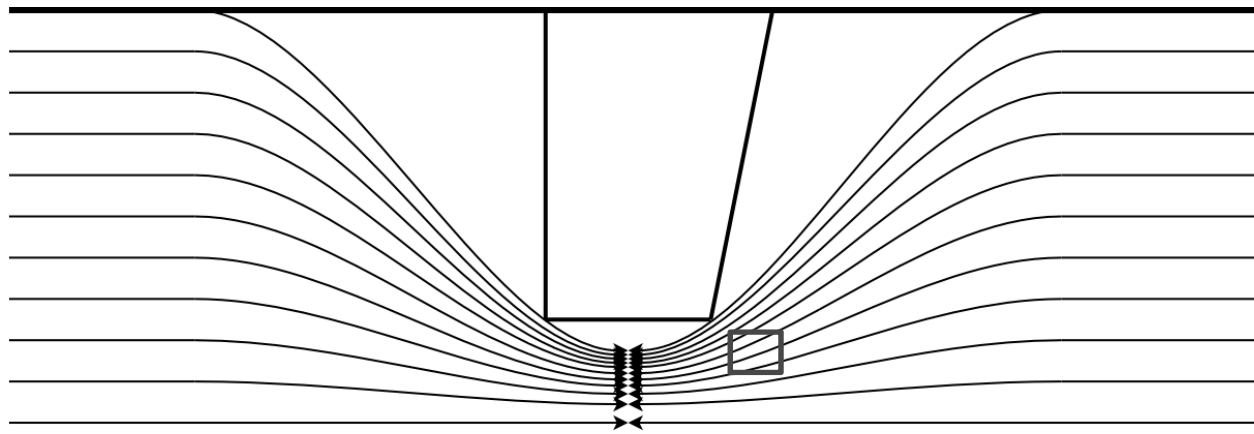


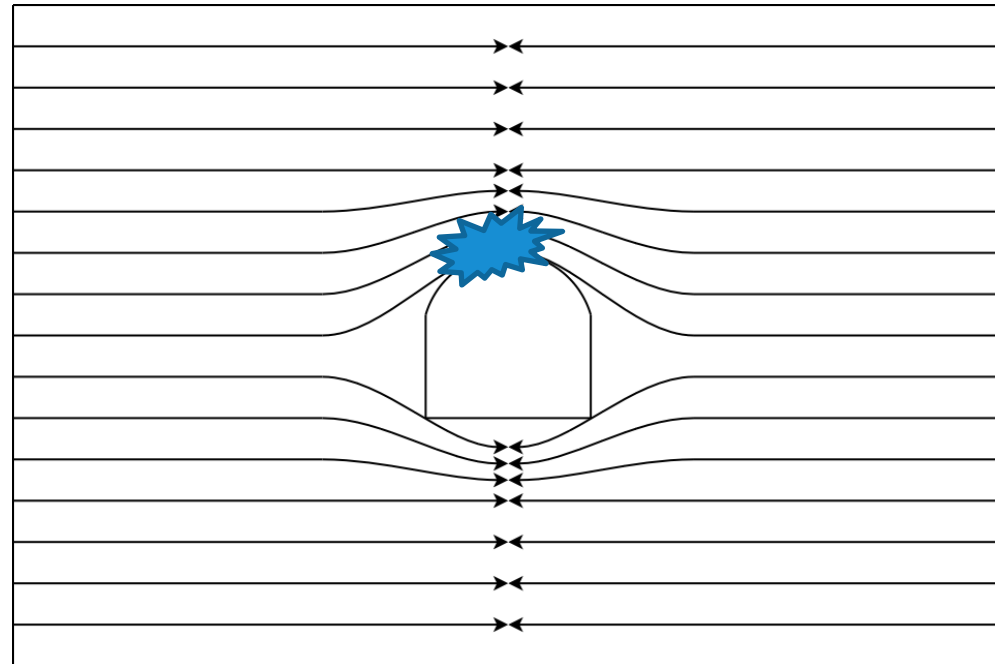
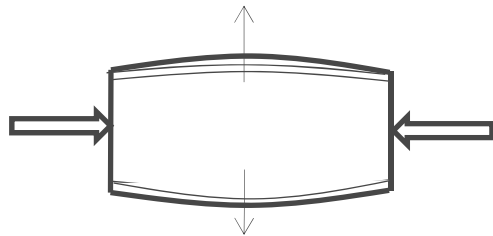
$$\sigma_1 \approx 2 \cdot 35 = 70 \text{ MPa}$$

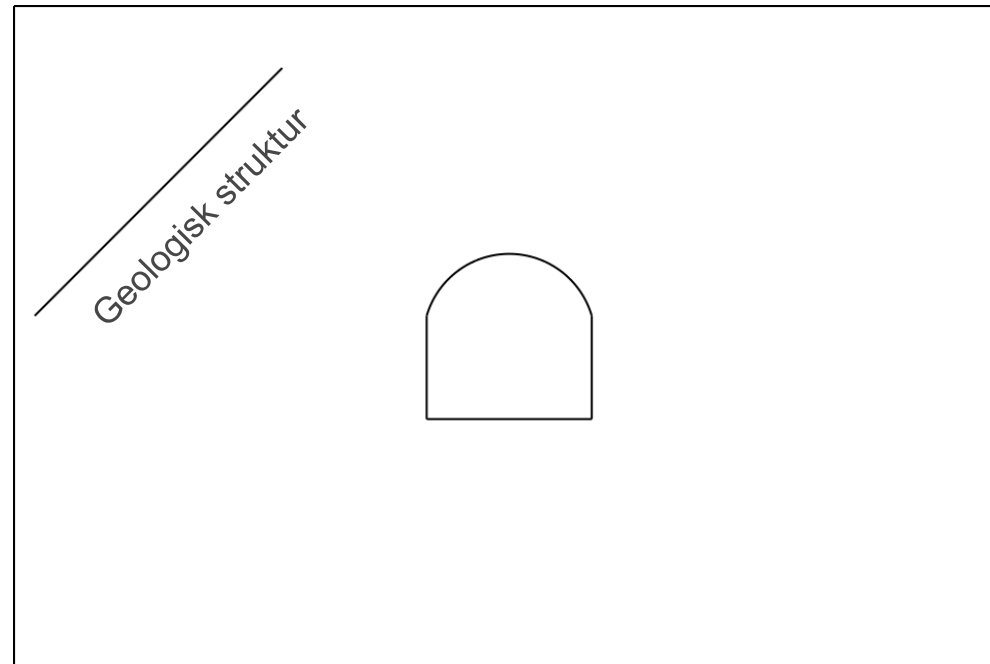
EN SEISMISKT AKTIV GRUVA

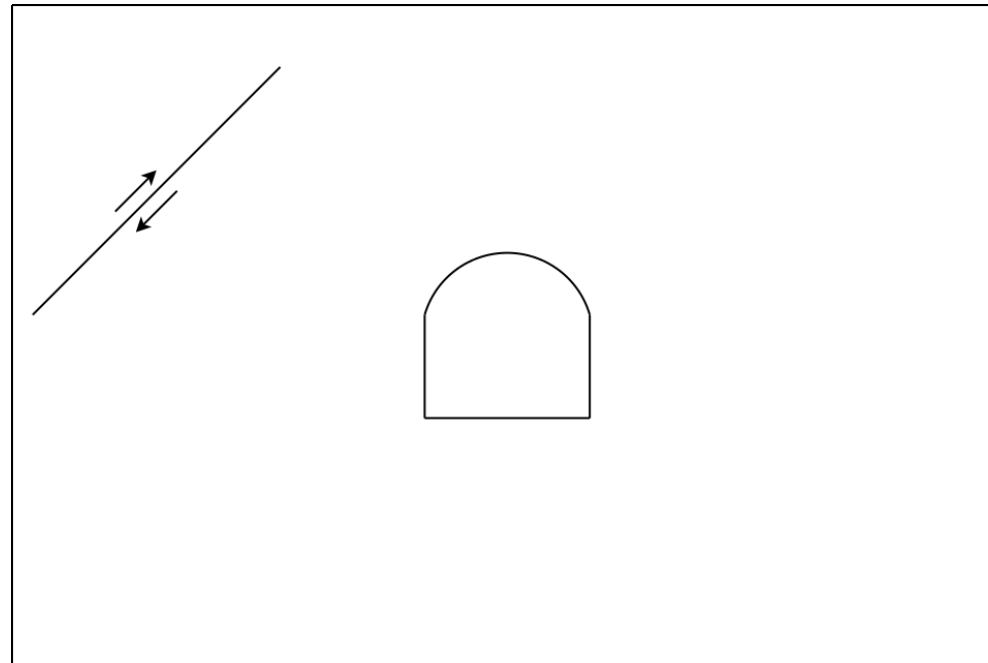


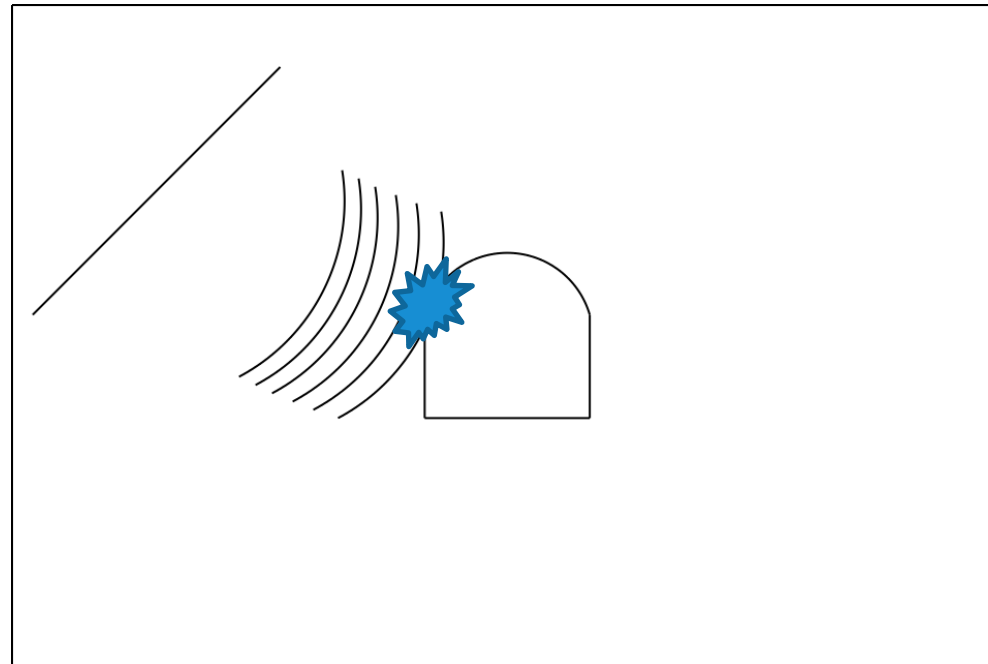


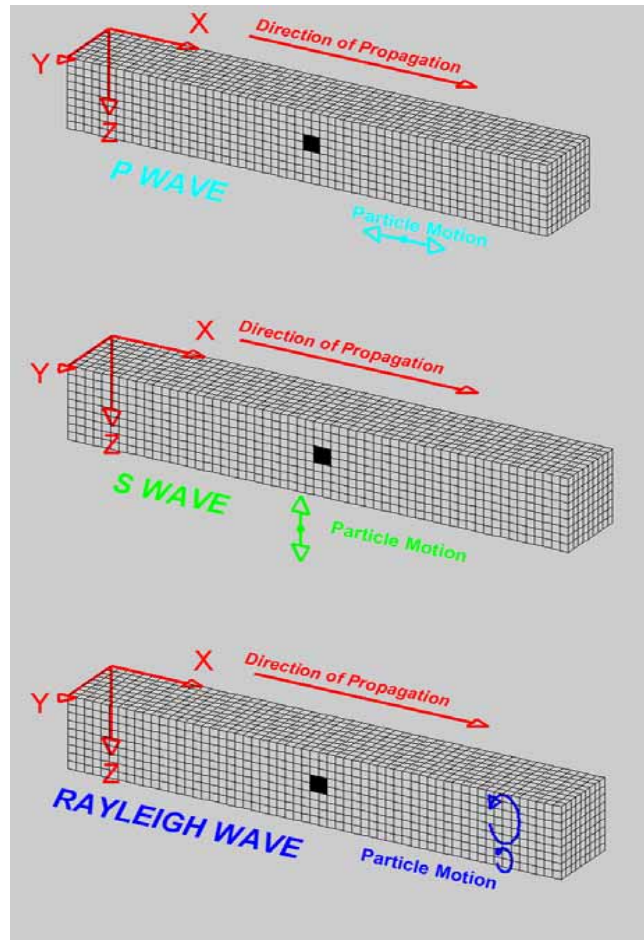












P-våg (kompressionsvåg)

S-våg (skjuvvåg)

Rayleigh-våg (ytvåg)

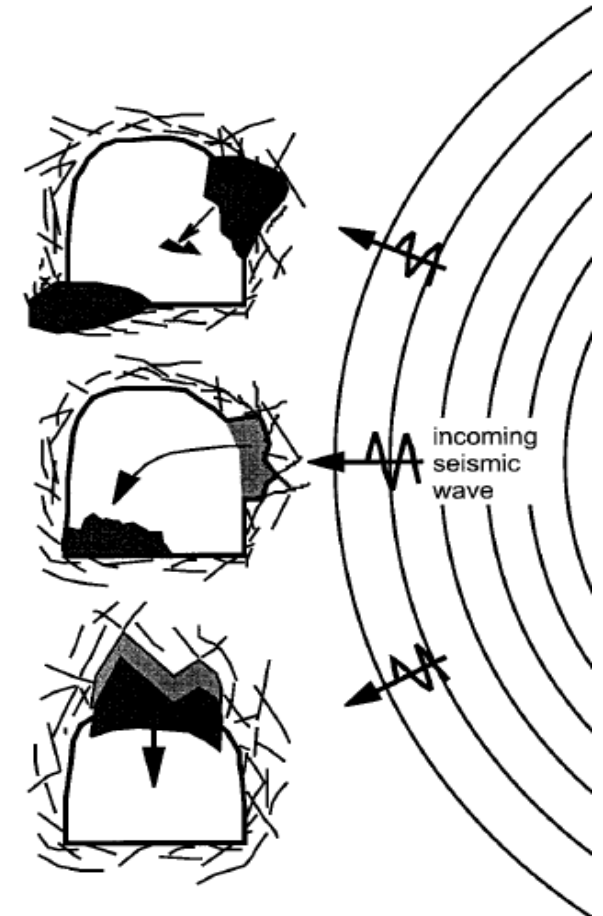
ROCK BURST



rock bulking
due to fracturing

rock ejection
due to seismic
energy transfer

rockfall due to
seismic shaking



PERFORMANCE IN IRONMAKING



PROBLEM STATEMENT

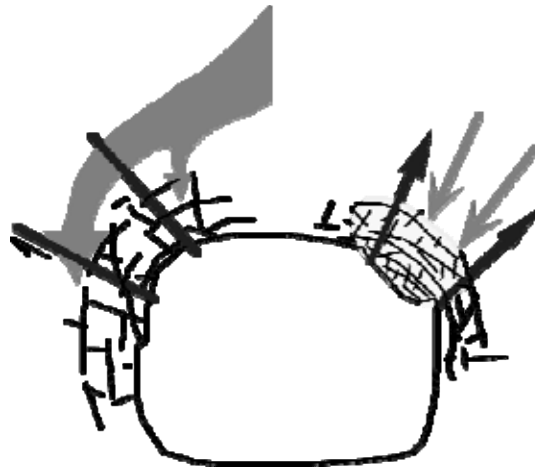
- Since 2008 LKAB underground mines are considered as seismic active mines.
- Most of the larger events seems to be caused by fault slips $E_s/E_p > 10$
- 400 seismic events per day (production area)
- 10 seismic events/month $M_L > 1.0$
- Largest event approx $M_L = 3.0$ (2008)



BERGSÄKERHET FÖR GRUVOR MED RISK FÖR GRUVINDUCERAD SEISMICITET

- Mål
 - Säkert att vistas under jord
 - Tillgänglighet till produktionsområden
- Seismiskt system
- Strategiska åtgärder
 - Identifiera seismiskt aktiva strukturer
 - Brytningssekvenser
 - Produktionssprängning
- Taktiska åtgärder
 - Stängning och öppning av områden
 - Bergförstärkning

BERGFÖRSTÄRKNING, FORTS.

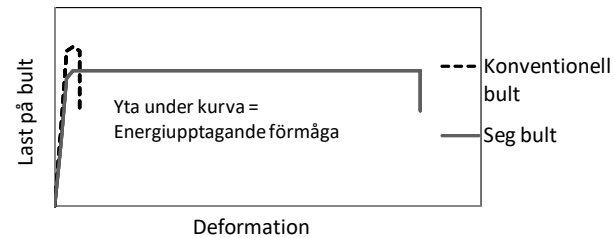


- Förstärka (armera) berget för att få valvverkan.
 - Bergbultar, sprutbetong.
- Fånga upp och hålla fast löst berg
 - Yförstärkning som förankras med bergbult.

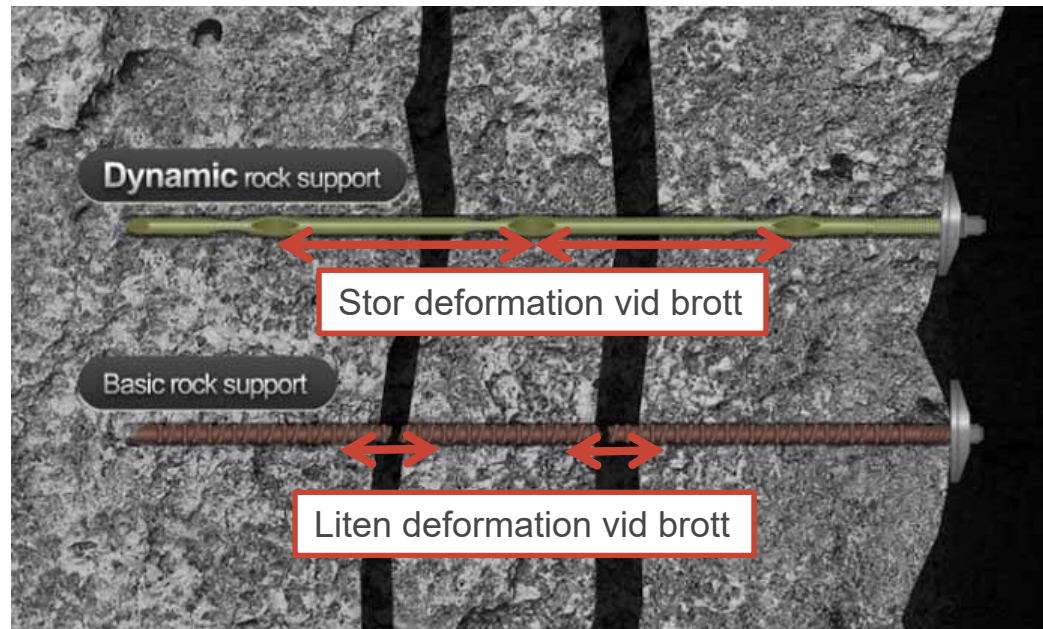
KRAV PÅ BERGFÖRSTÄRKNING

- Deformationståliga bultar
- Deformationstålig ytförstärkning
- God förankring mellan olika förstärkningselement
- Systemet är inte starkare än den svagaste länken.

Kraft-deformationsdiagram för bult



DYNAMISKA BERGBULTAR



GROUND SUPPORT

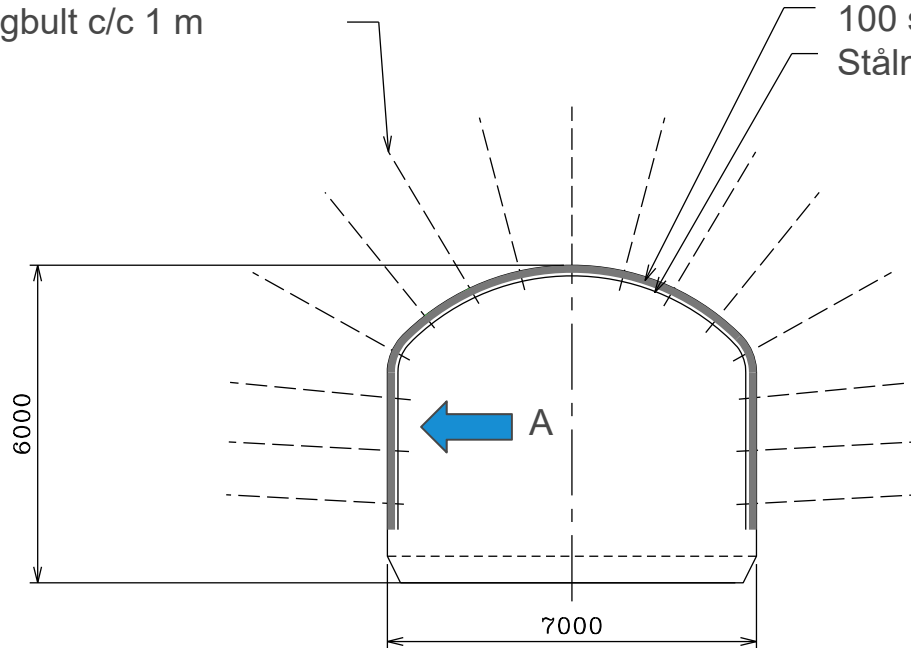
- Cai (2013)
 - Styva bergbultar tillsammans med sprutbetong kan begränsa spjälkningen (jäsning) av berget.
 - Men när en (större) seismisk händelse inträffar kan den styva bulten gå i brott.
 - Men bulten kommer antagligen ha kvar delar sin armerande förmåga.
 - Sprutbetongen (som går i brott) fungerar då som en lastfördelande yta mot stålnätet.
 - Då berget brister, måste förstärkningen ha goda deformationsegenskaper och bärförmåga.





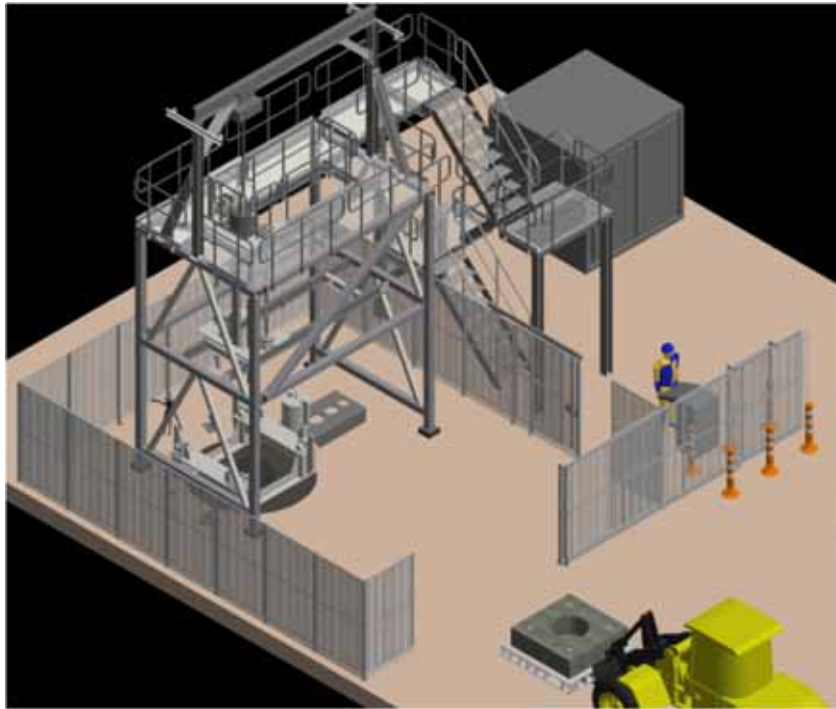
Bergbult c/c 1 m

100 stålfiber armerad sprutbetong
Stålnät $\phi 5.5$ c/c 75



A

PROVANLÄGGNING FÖR SPRUTBETONG OCH NÄT



- Testa sprutbetongplattor och nät dynamiskt (fallande vikt)
- Optimera betongtjocklek tillsammans med nät => ev. minskad kostnad
- Effekter av olika brickor, bultar mm.



TACK FÖR UPPMÄRKSAMHETEN!

PERFORMANCE IN IRONMAKING