



NORSK FORENING FOR  
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

# Emulsjon og lading med bulk

Sprengningsarbeider 09 – 10 mars 2023

Petter Jensen, Forcit Norway as

# Introduksjon

- Bulksprengstoffer
  - ANFO
  - Bulkemulsjon
- Bulkemulsjon, kjemi, lading, muligheter og begrensninger

# Introduksjon





# Bulksprengstoffer

- **ANFO**

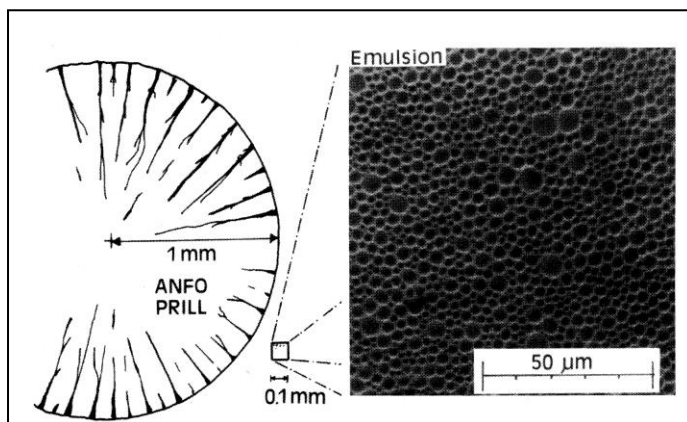


*ANFO*

*AN Prill*

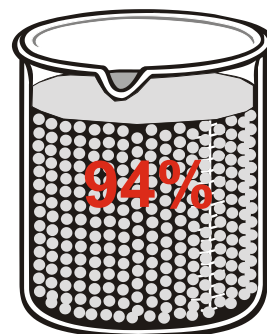


- **Bulkemulsjon**



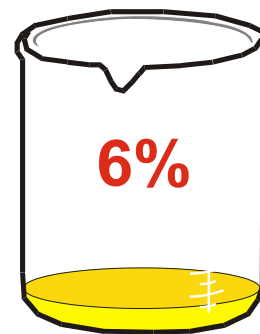
# Bulksprengstoffer

## ANFO



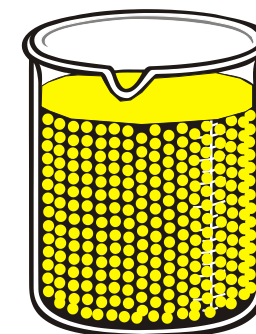
Ammonium Nitrat  
AN

+

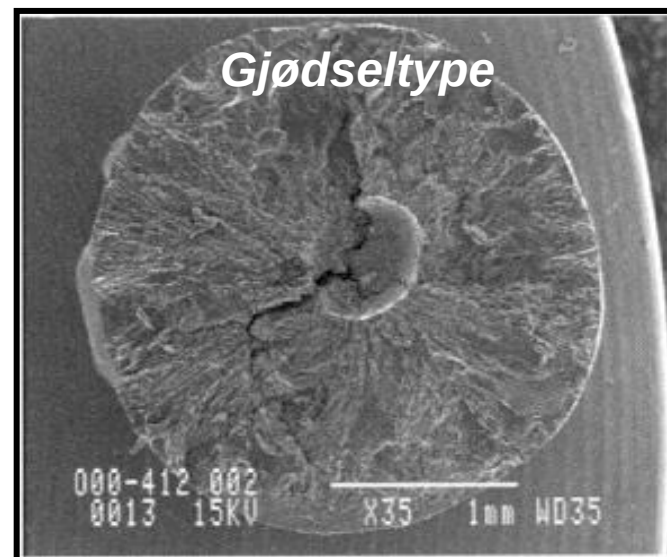


Diesel  
FO

=

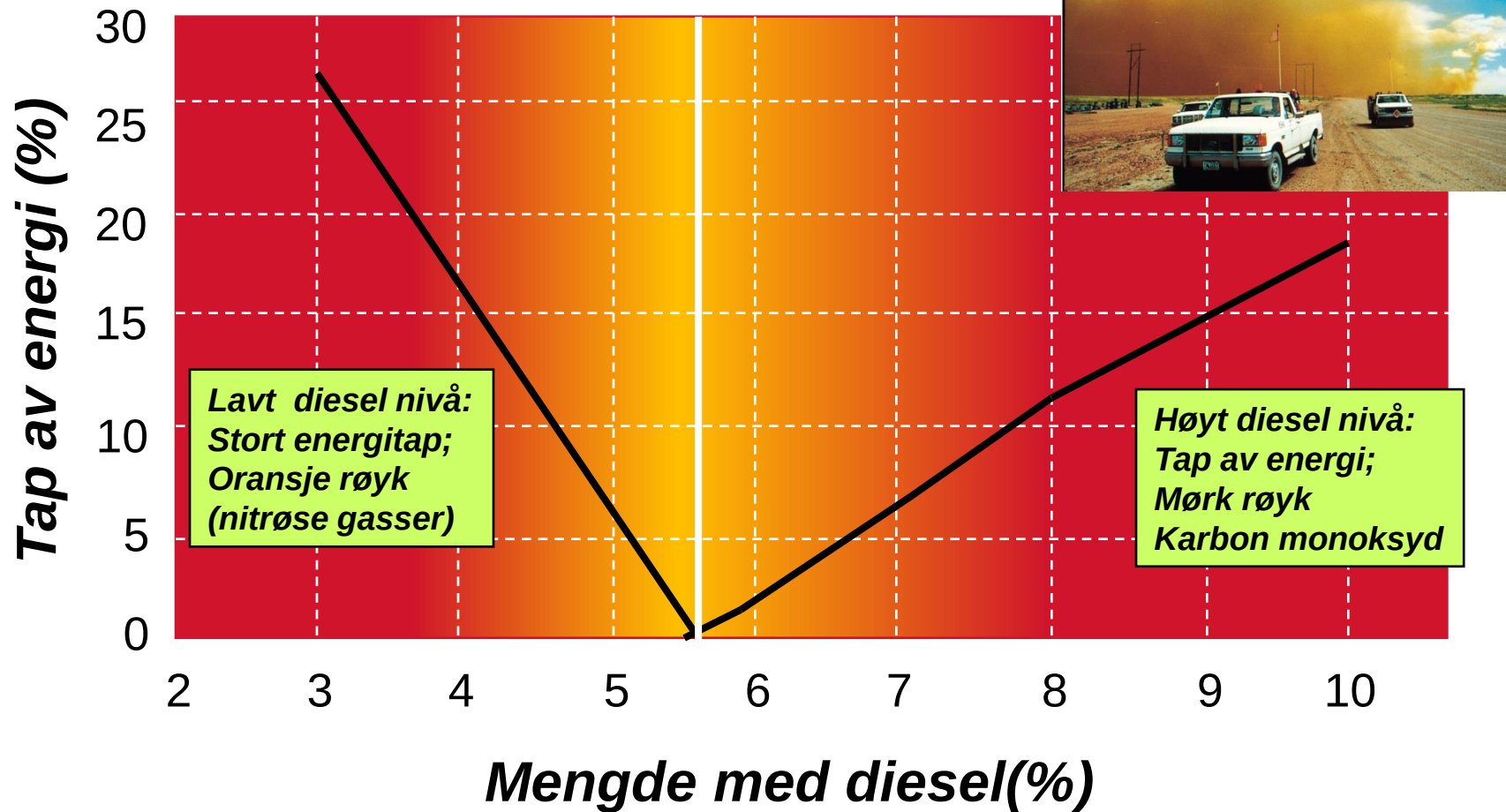


ANFO



# Bulksprengstoffer

## ANFO





# Bulksprengstoffer

## ANFO



**Standard  
ANFO**



**WR  
ANFO**



**Lett  
ANFO**

# Bulksprengstoffer

## ANFO

### Fordeler

- Mer energi per kg enn bulkemulsjon
- Generelt lavere sprengstoff forbruk enn bulkemulsjon

### Ulemper

- Veldig dårlig vannbestandighet
- Tidskrevende ved vannfylte borehull
- Pris på WR har økt pga av økte råvarepriser på guar gum.
- Høyere forbruk av dynamitt -> økte kostnader
- Mer avrenning av nitrater
- Nitrøse gasser

3,75 MJ/kg



3,20 MJ/kg



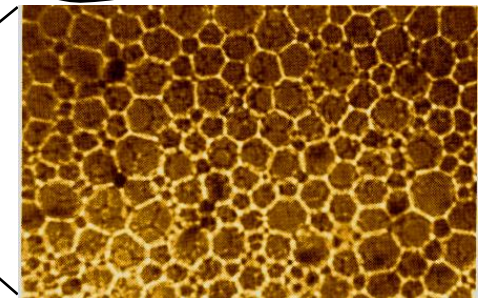
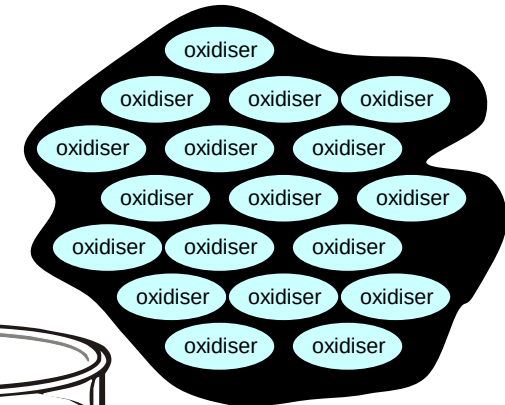
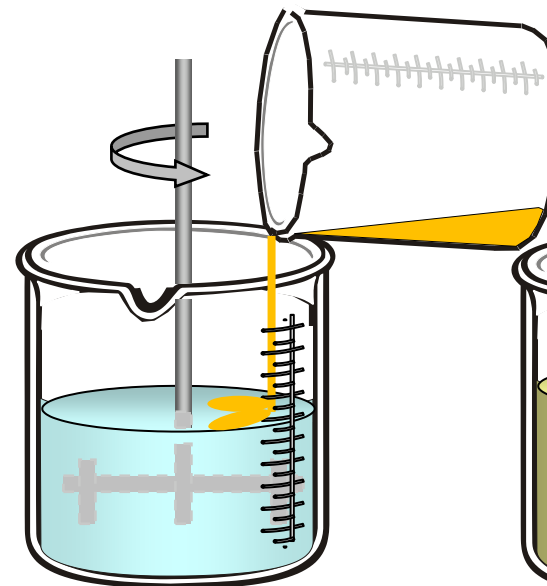
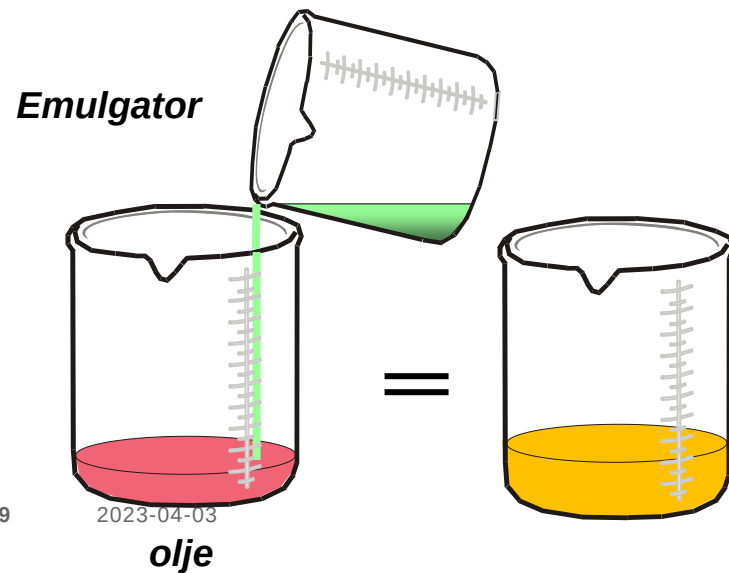


# Bulkemulsjon

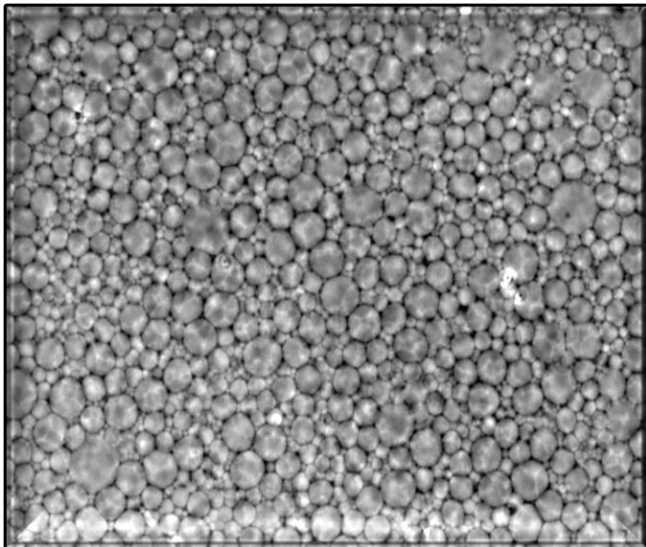
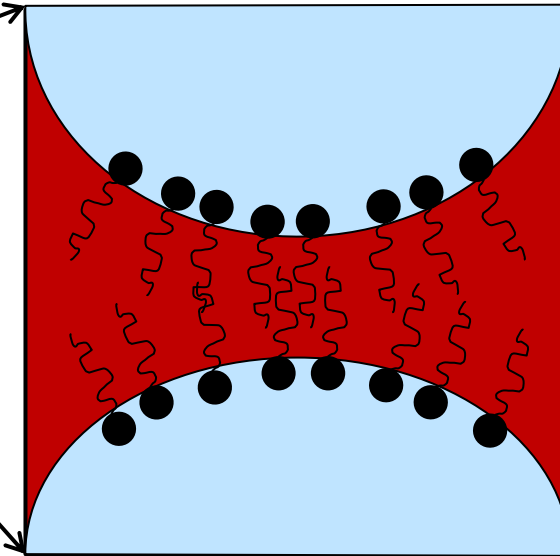
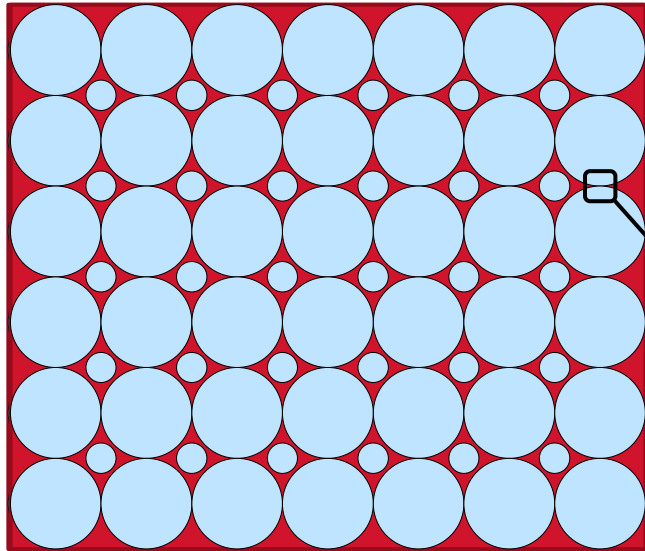


## Hva er en bulkemulsjon

- En emulsjon er en miks mellom to vanligvis ikke blandbare væsker (f.eks vann og olje) der den ene væskefasen er fordelt jevnt i den andre fasen.
- Det er den unike strukturen og den høye andel av oksyngengiver mot oljefase som gir emulsjonen dens karakteristiske egenskaper.

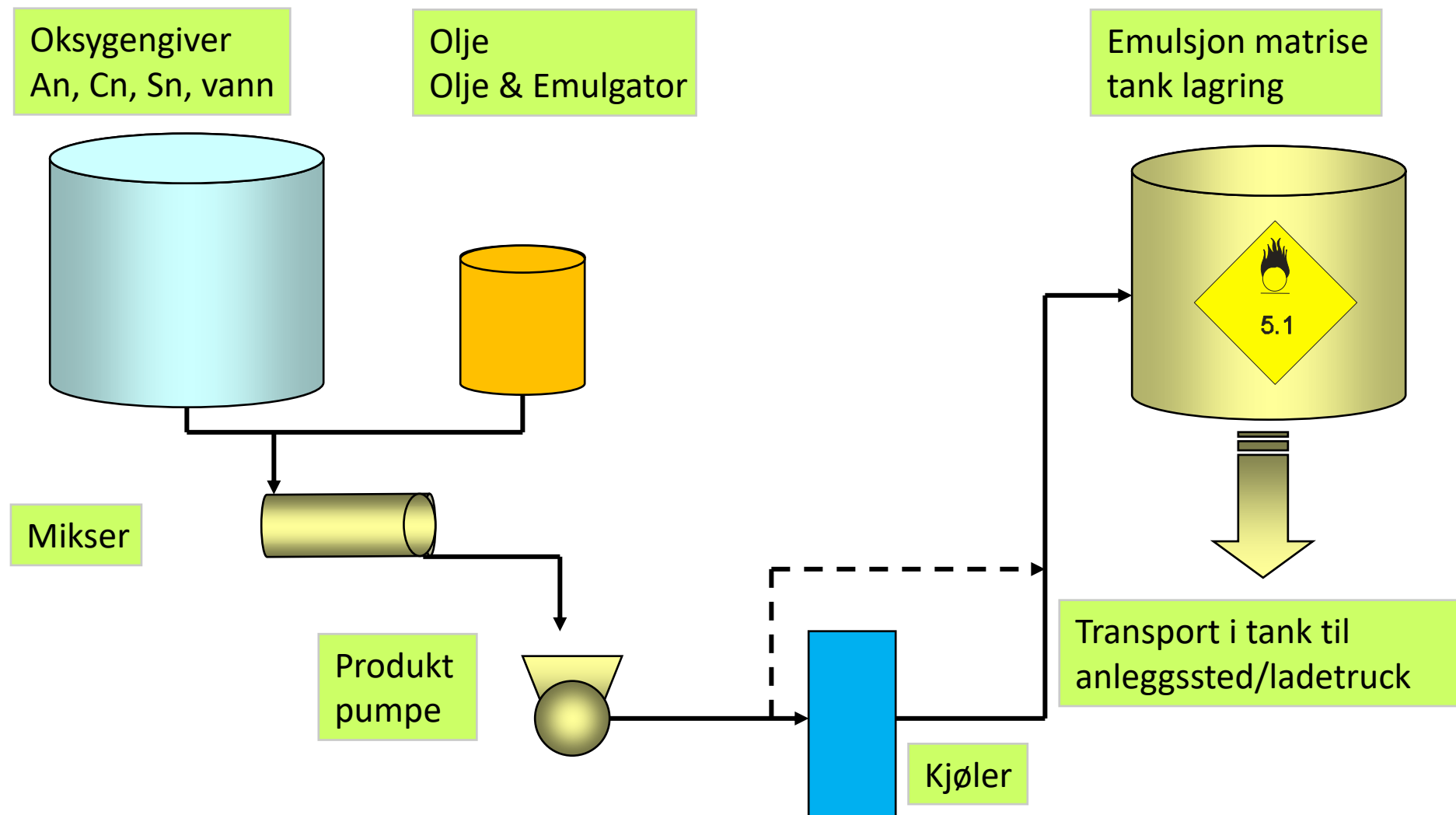


# Bulkemulsjon



# Bulkemulsjon

## Bulk emulsjon produksjon





# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1



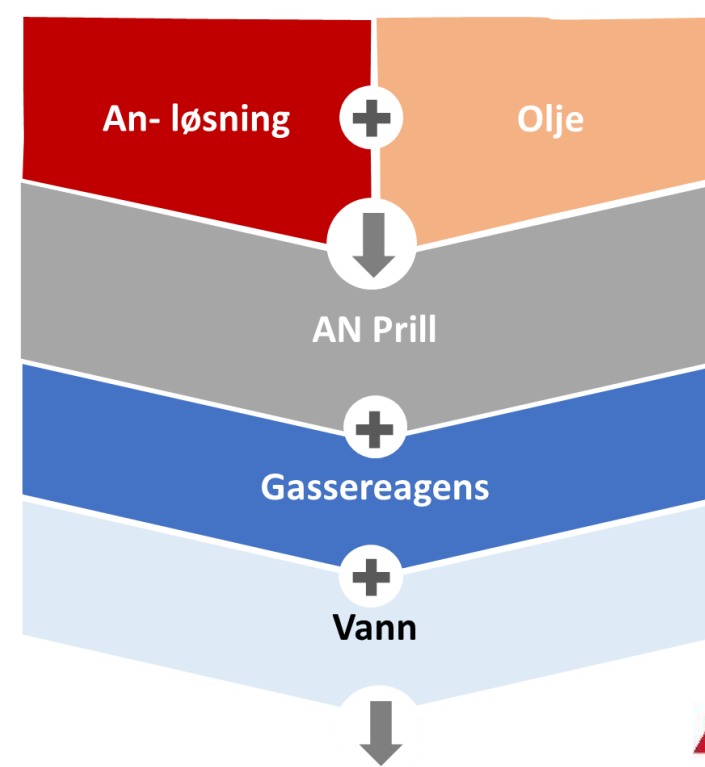
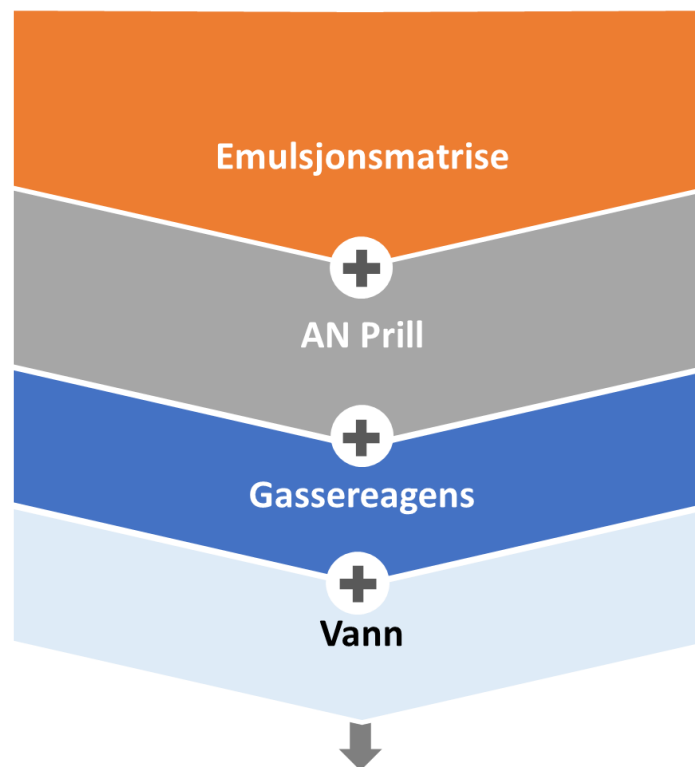
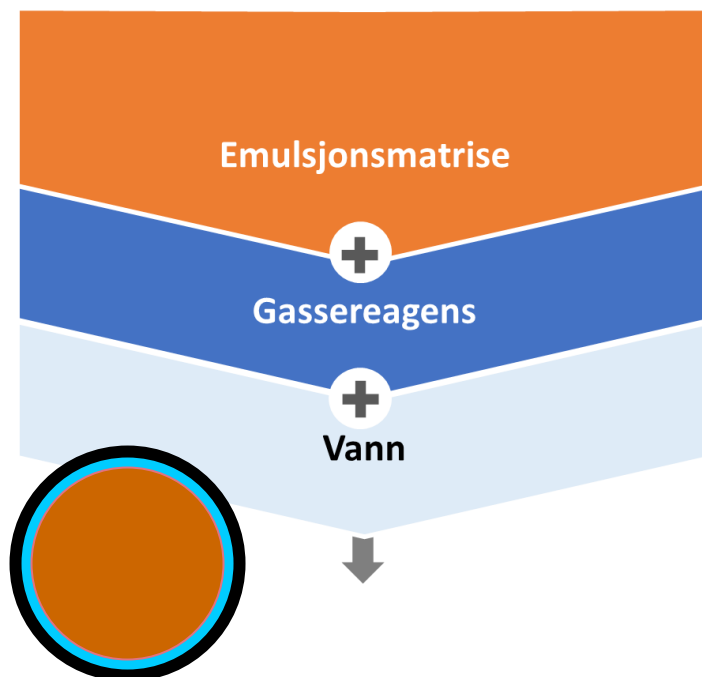
Kemittii 810



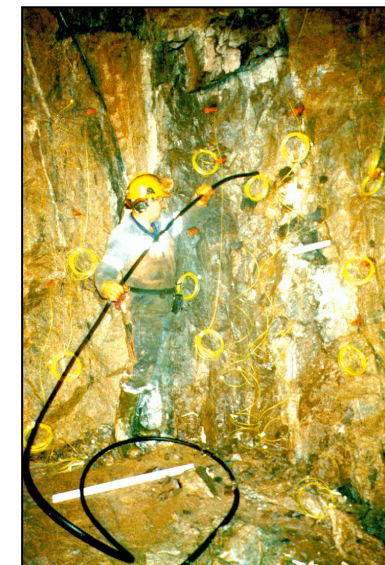
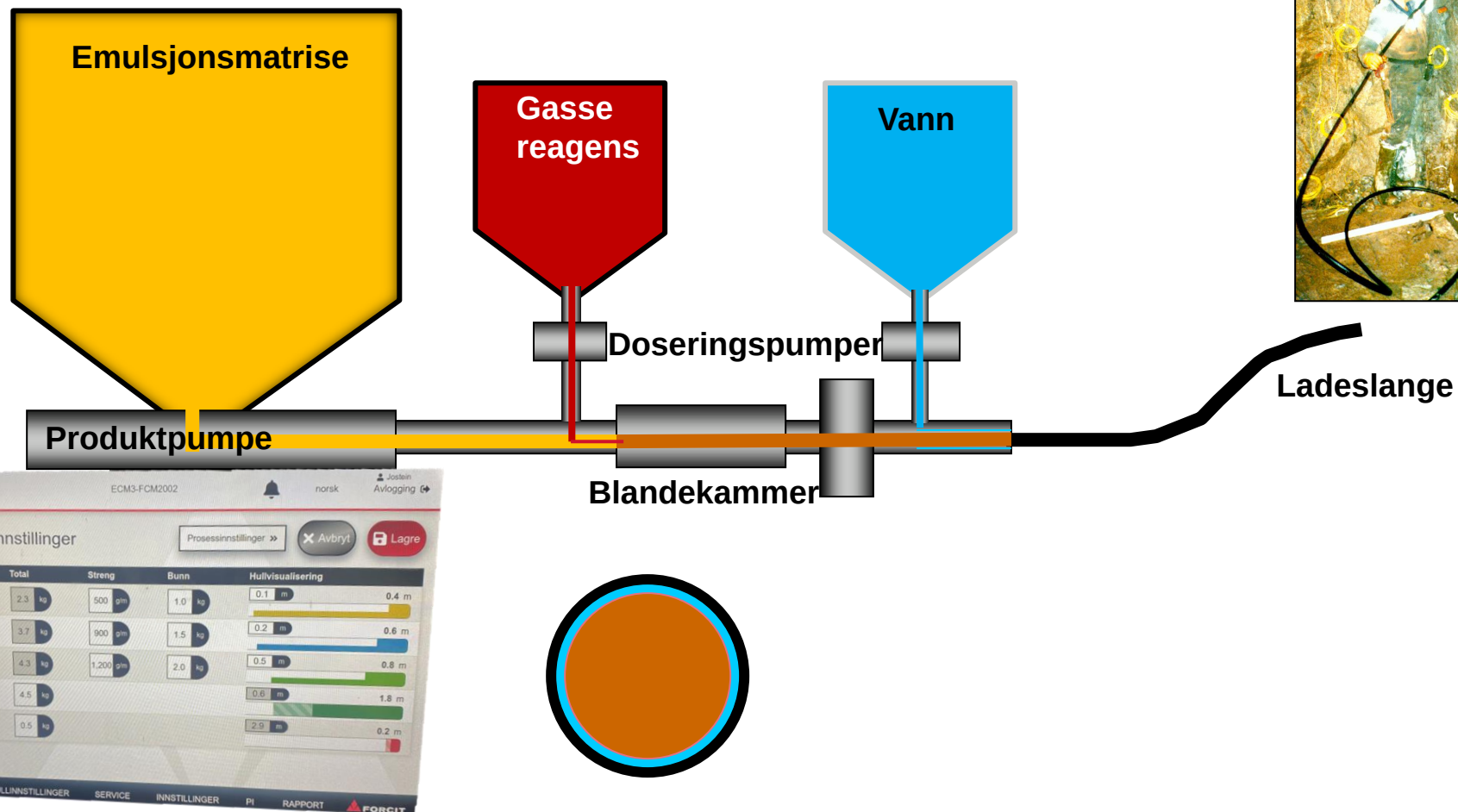
Kemittii 610



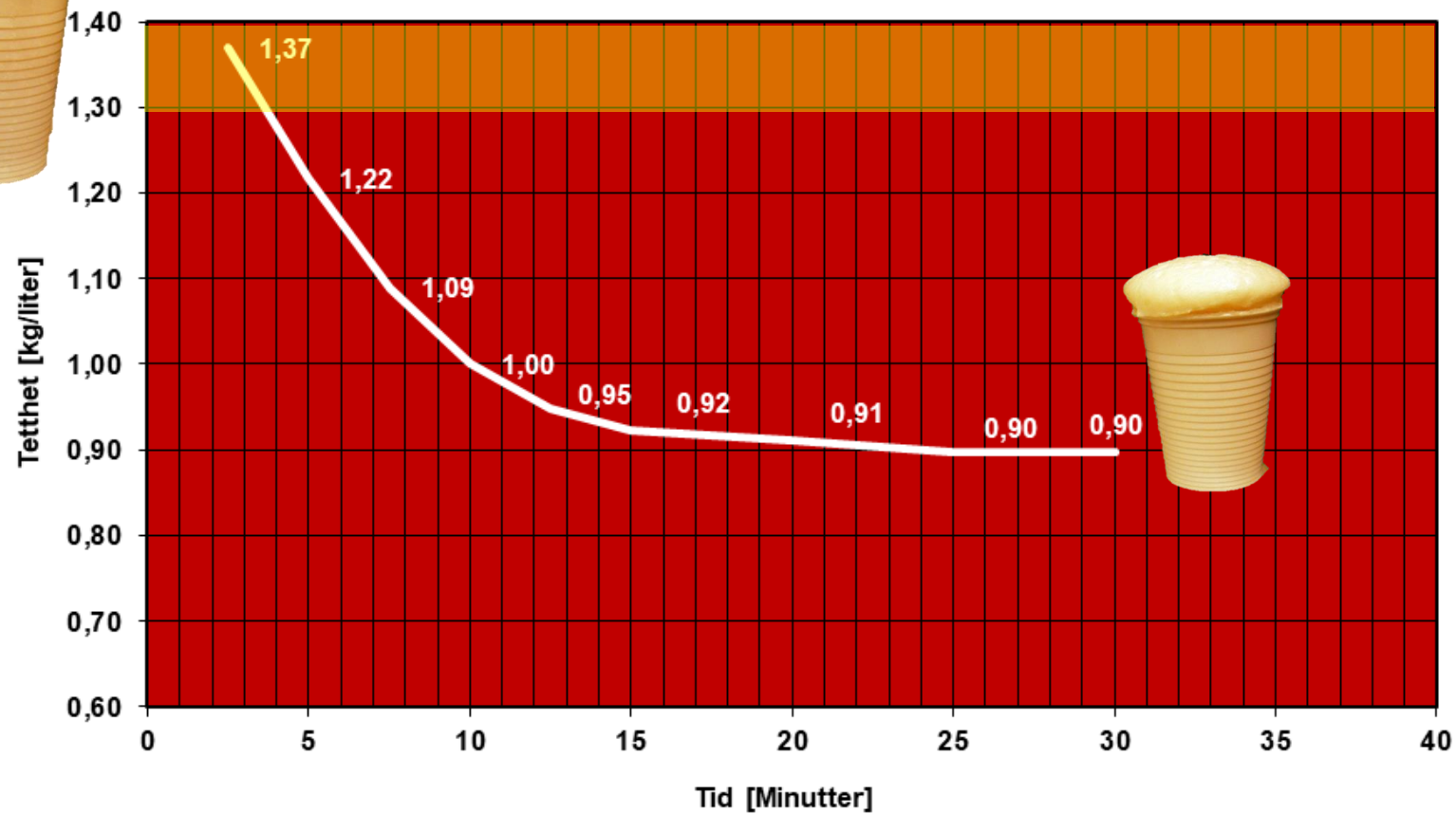
Kemittii 510



# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1

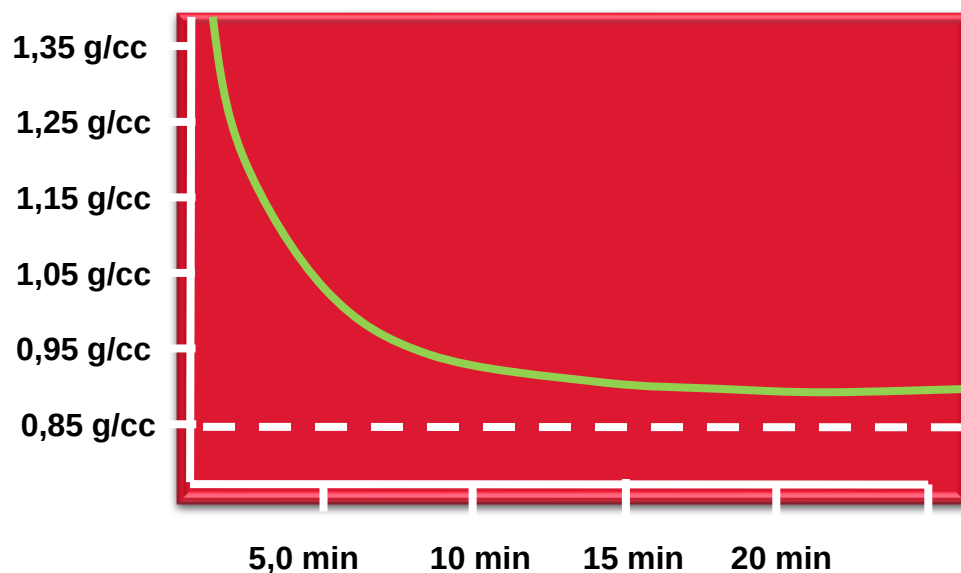
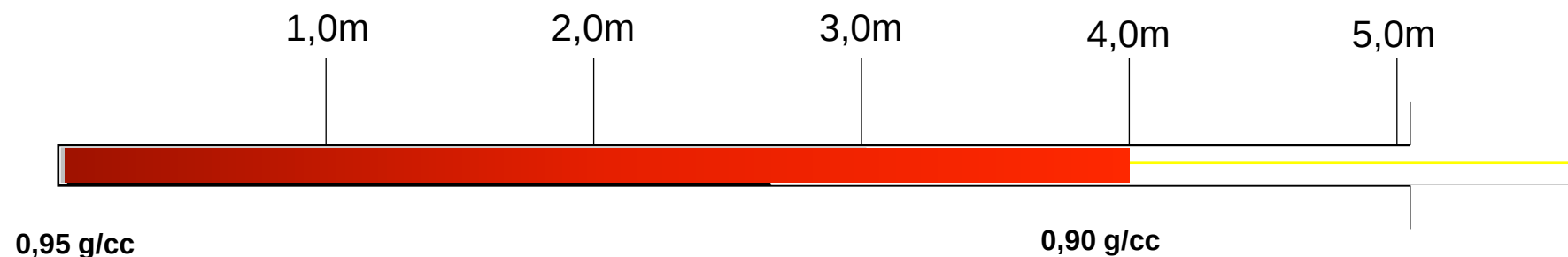


# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1





# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1

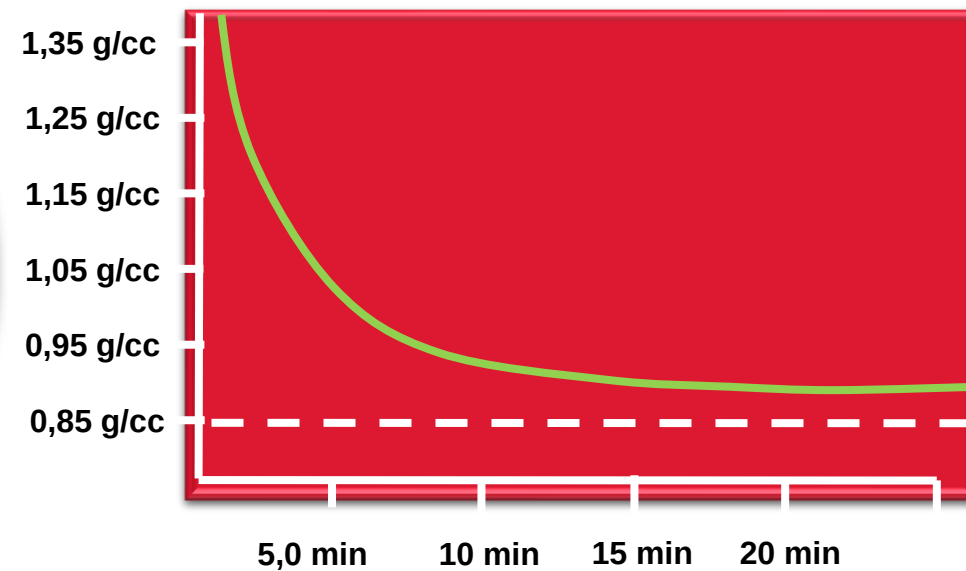
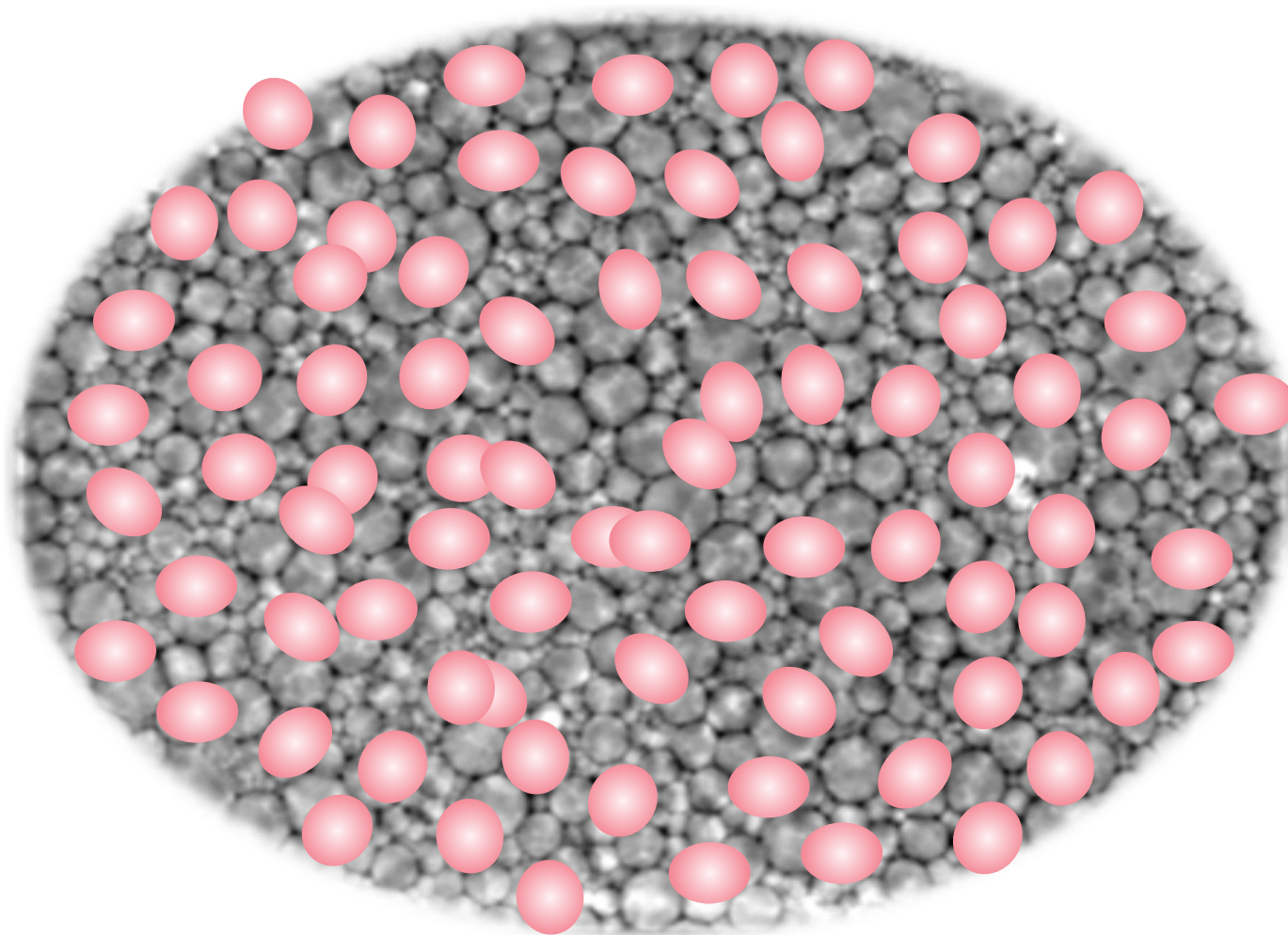


48 mm borehull = 1,8 l/m

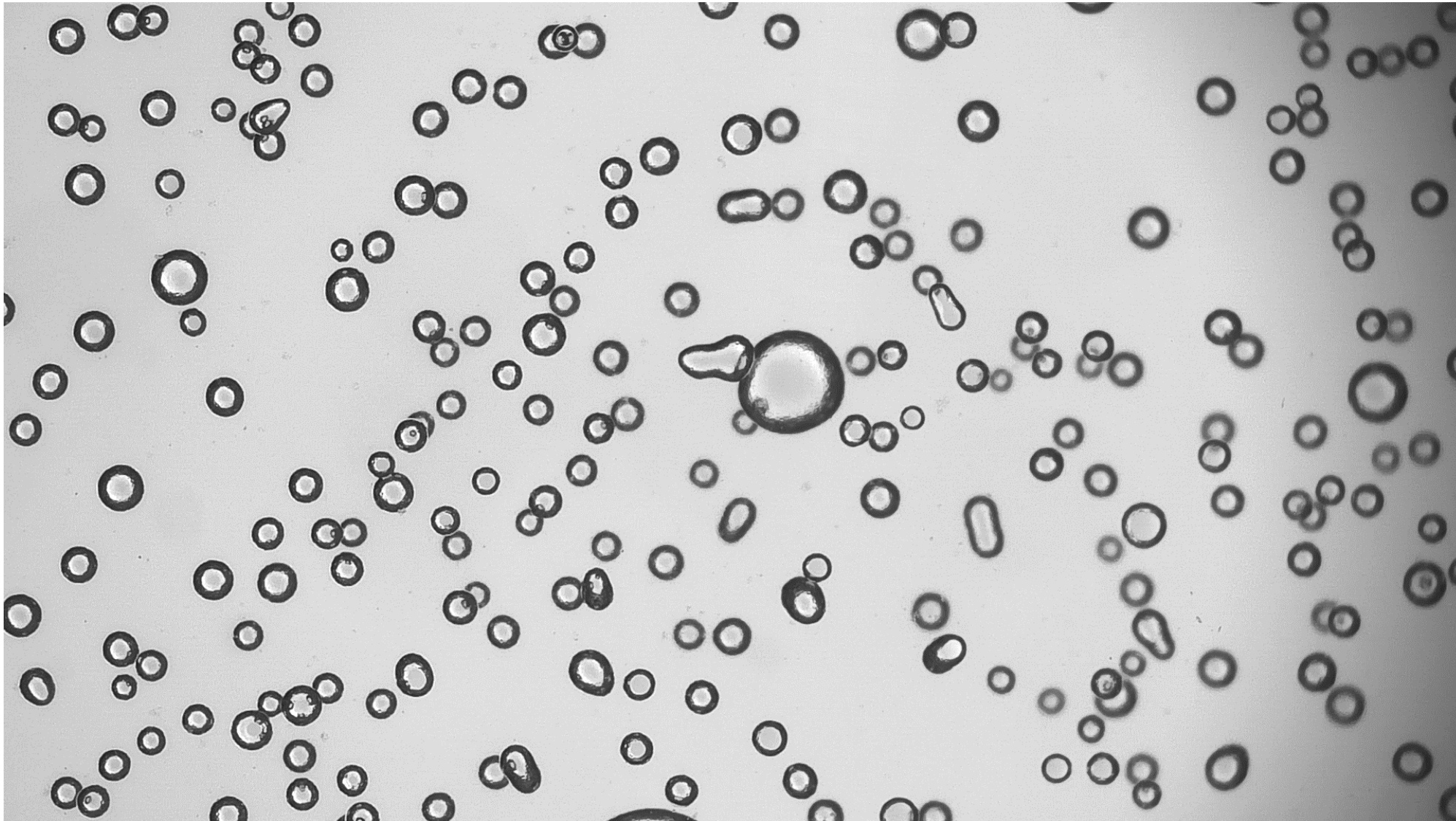
| Energi 3,2 MJ/kg |       |      |                |
|------------------|-------|------|----------------|
| Tetthet          | kg/m  | MJ/m | Energi endring |
| 1,10             | 1,99  | 6,37 | 22 %           |
| 1,05             | 1,90  | 6,08 | 17 %           |
| 1,00             | 1,81  | 5,79 | 11 %           |
| 0,95             | 1,72  | 5,50 | 6 %            |
| 0,90             | 1,63  | 5,21 | 0              |
| 0,85             | 1,54  | 4,92 | -6 %           |
| 0,80             | 1,45  | 4,63 | -11 %          |
| 0,75             | 1,36  | 4,34 | -17 %          |
| Diameter         | 48 mm |      | 1,81           |



# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1



# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1





# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1

## Sensitering av bulkemulsjon

Sensibilisering (*eng. sensetizing*) av bulkemulsjon

- **Kjemisk sensitering**

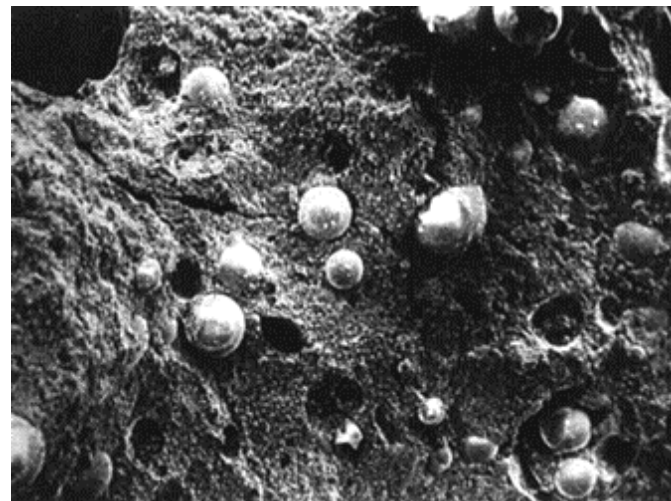
Tilsette f.eks Natrium nitritt (væskeform) som reagerer med ammoniumnitrat og danner nitrogengass bobler.

- **Fysisk sensitering**

Blande inn porøst stoff i emulsjonen  
Glasskuler, plastkuler, styropor, AN prill

- **Mekanisk sensitering**

Mikse inn f.eks luft



# Bulkemulsjon, fra 5.1 til 1.1

## Kjemisk sensitering (sensibilisering😊)

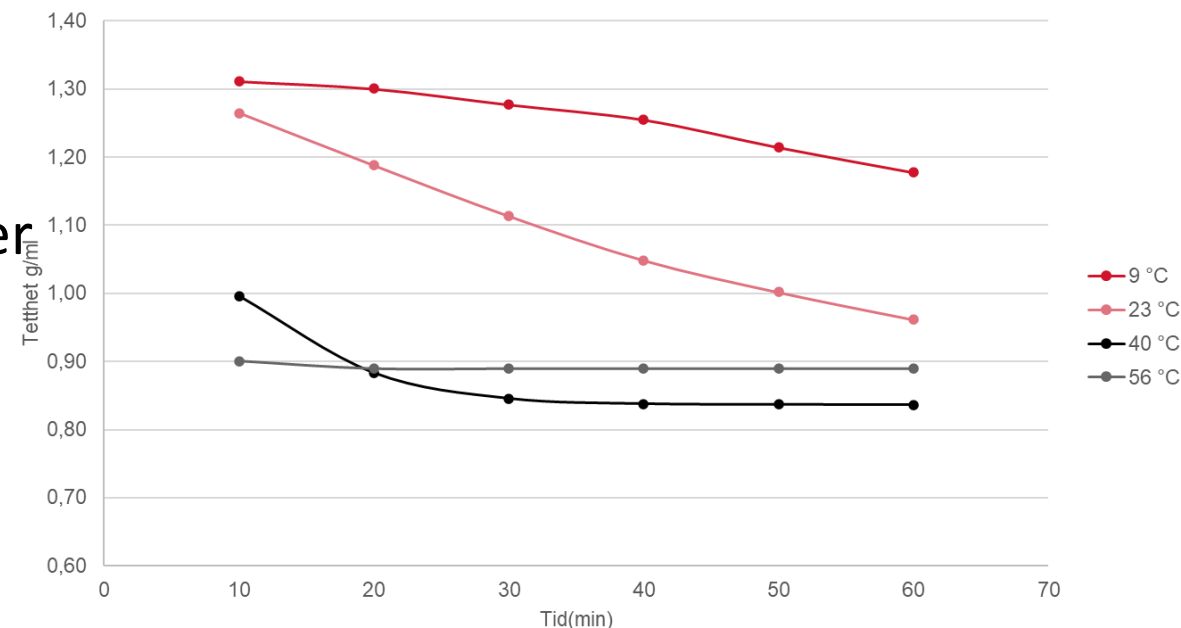
### Tettheten påvirkes av:

- Nitratløsningens pH, ved lav pH akselererer akselerasjonen.
- Emulsjonstemperatur
- Konsentrasjon av gassemiddelløsning
- Blandingseffektivitet, type mikser, antall mikserer, strømingshastighet gjennom mikser m.m.
- Matrisekvalitet
- AN innehold og type



5.1 Oksyderende stoff

1.1 Sprengstoff



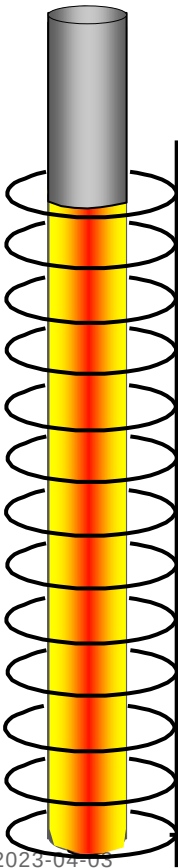
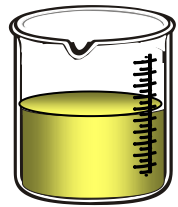
# Bulkemulsjon, Lading

- Tetthet i hullet
- Ladeteknikk slange
- Ladehøyde
- Primer

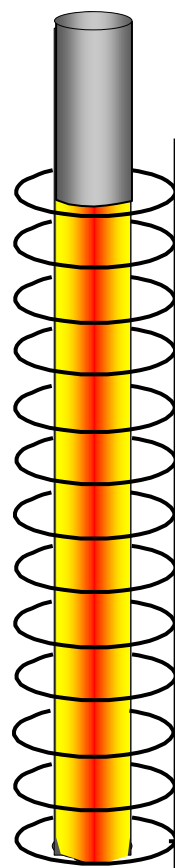
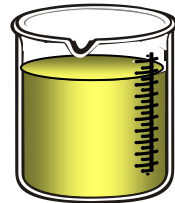




# Bulkemulsjon, Lading



1,10 kg/l  
1,13 kg/l  
1,16 kg/l  
1,19 kg/l  
1,22 kg/l  
1,25 kg/l  
1,28 kg/l



0,85 kg/l  
0,90 kg/l  
0,95 kg/l  
1,00 kg/l  
1,05 kg/l  
1,12 kg/l  
1,18 kg/l

## Merk

- Selv med lik kopptetthet kan man ha forskjellig tetthet i bunn i samme salve.

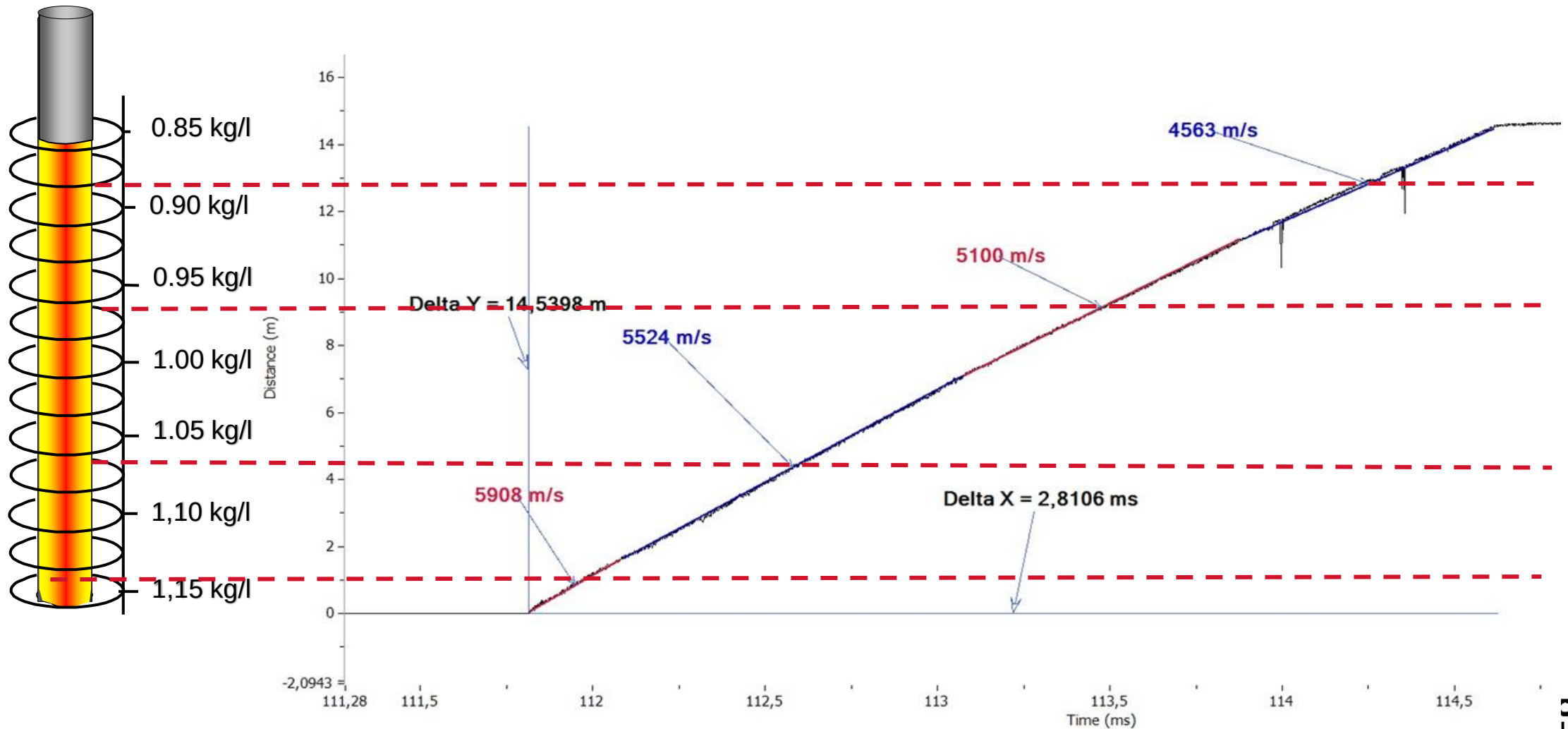
## Avhengig av:

- Vann i borehullet.
- Dybde på borehullet.

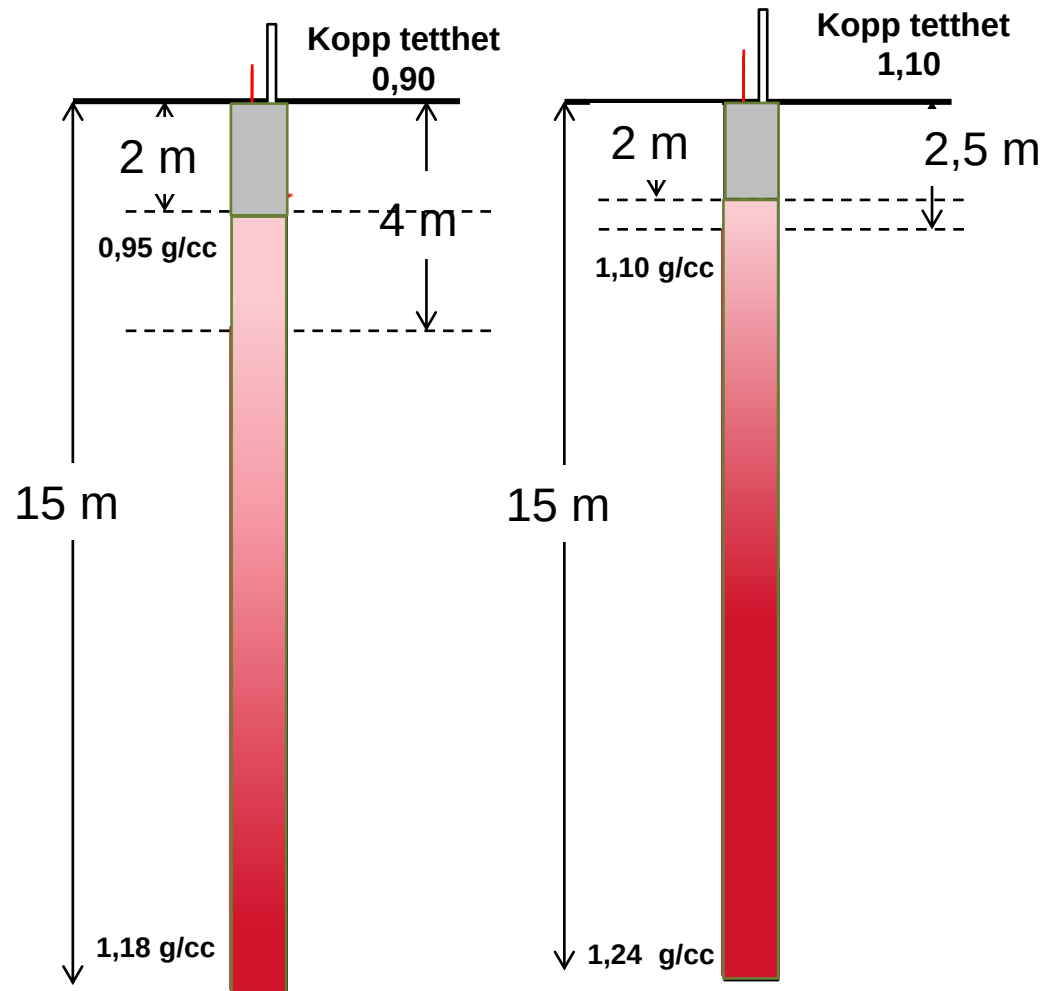
## Tetthet i bunn avhenger videre av

- Hulldiameter
- "Vedhengseffekt"

# Bulkemulsjon, Lading



# Bulkemulsjon, Lading





# Bulkemulsjon, Lading

## PRODUKTTETTHET I BOREHULLET

| Tetthet<br>(g/ml) | Kg/m      | Borehulldybde vs tetthet i bunn |         |         |         |         |        |
|-------------------|-----------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Kopptetthet       | 76/89     | 5-10 m                          | 10-15 m | 15-20 m | 20-25 m | 25-30 m | > 30 m |
|                   |           |                                 |         |         |         |         |        |
| 1,10-1,15         |           | 1,24                            | 1,27    | 1,28    |         |         |        |
|                   |           |                                 |         |         |         |         |        |
| 1,00-1,10         |           | 1,21                            | 1,22    | 1,25    | 1,28    |         |        |
|                   |           |                                 |         |         |         |         |        |
| 0,95-1,00         | 5,50/7,50 | 1,14                            | 1,18    | 1,22    | 1,24    |         |        |
|                   |           |                                 |         |         |         |         |        |
| 0,85-0,95         | 5,10/7,00 |                                 |         | 1,12    | 1,17    | 1,22    | 1,23   |

Verdiene i tabellen beskriver tettheten til emulsjonsladningen i bunnen av borehullet når produktet har gasset til den endelige tettheten i henhold til tabellen. For eksempel, hvis den endelige tettheten (kopptetthet) er mellom 1,1 og 1,15 g/ml på ca. 20 minutter, betyr dette at tettheten til emulsjonsladningen i bunnen av et 10-15 m dypt borehull er 1,27 g/ml. I dette tilfellet er tettheten ved den kritiske grensen (1,27 g / ml). Situasjonen vil avhjelpe ved gradvis å øke mengden N9 (gassemiddel).

# Bulkemulsjon, Lading

## Ladeteknikk slangemann

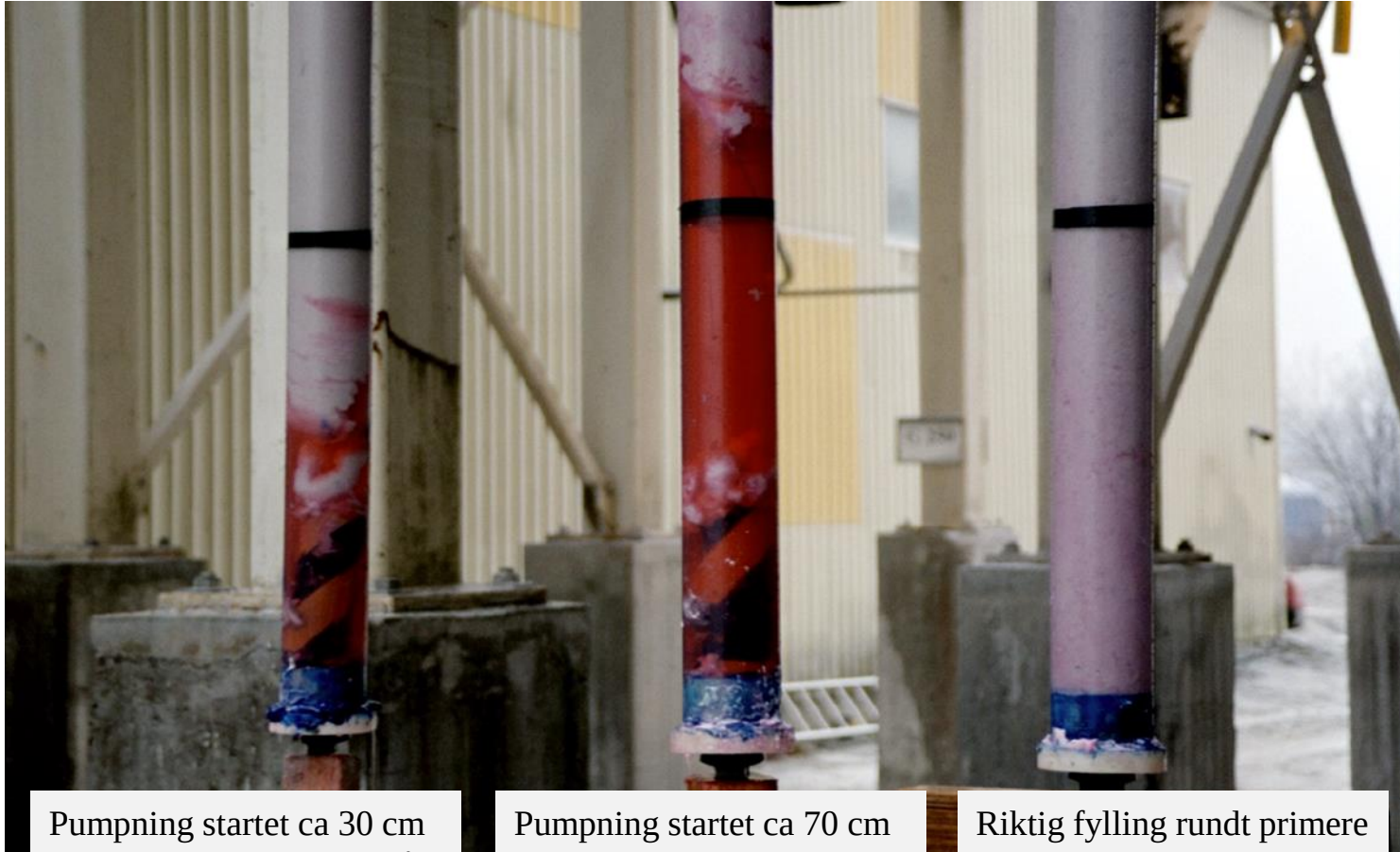
**Venstre rør:** Slanghastighet for rask i forhold til pumpehastighet og hull dimmensjon

**Midtre rør:** Riktig fylling rundt primer men for rask slangehastighet.

**Høyre rør:** Vannlomme ca 40 cm  
Lading startet ca 70 cm fra bunn,



# Bulkemulsjon, Lading



Pumpning startet ca 30 cm fra primer, vannlomme på 15 cm. Stor risiko for deflagarsjon

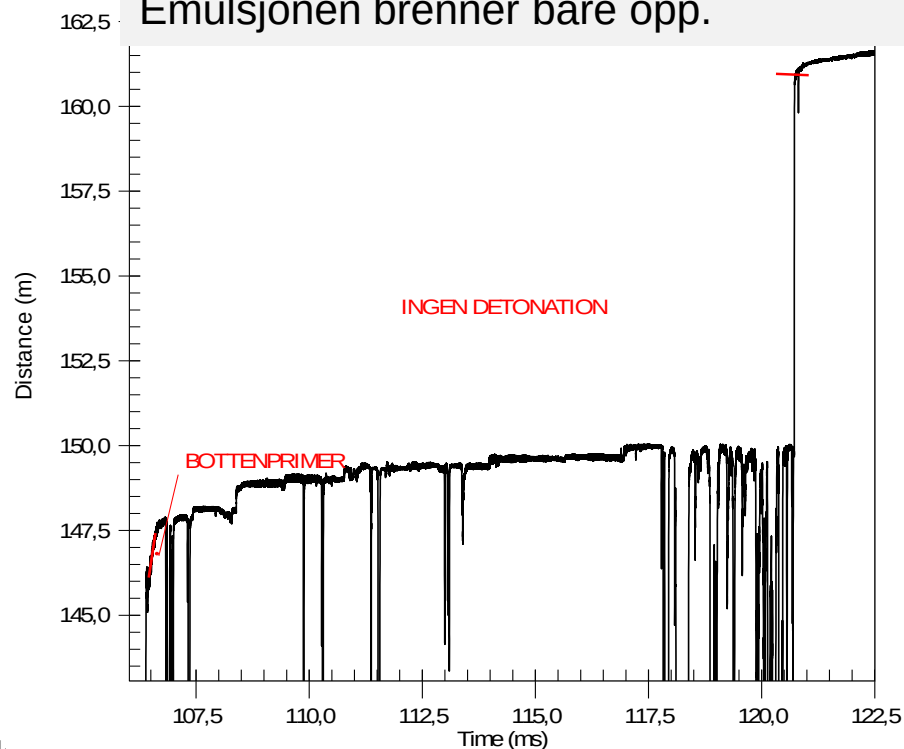
Pumpning startet ca 70 cm fra primer, vannlomme ca 40 cm. Stor sannsynlighet for forsager.

Riktig fylling rundt primere og rett slangehastighet i forhold til hulldiameter.

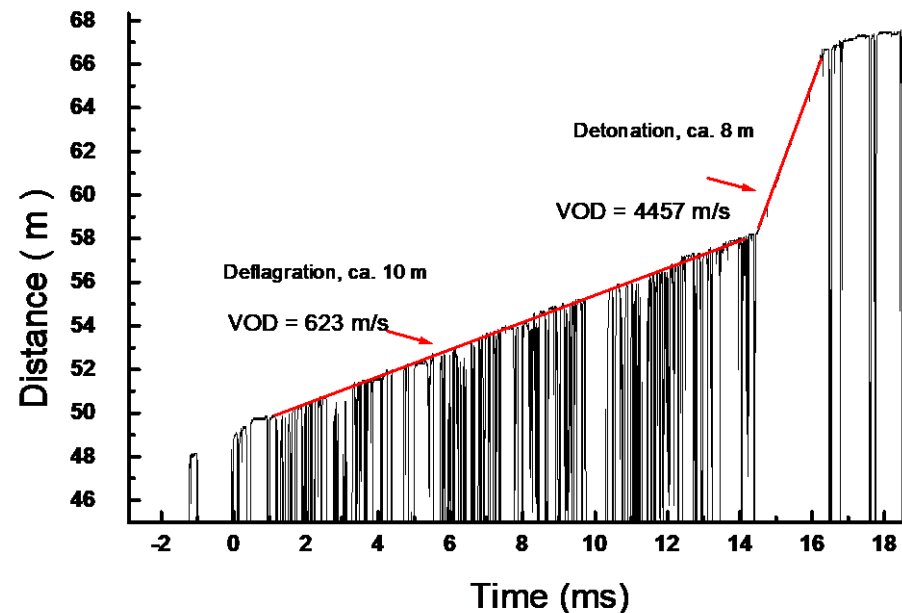
# Bulkemulsjon, Lading

Dårlig fylling av bulk emulsjon rundt bunn primer, vannlomme eller bunnslam rundt primer kan medføre forsager eller deflagrasjon.

Forsager som følge av vannlomme.  
Detonasjonstrykket fra primer for lavt til å sikre initiering av bulk emulsjonen.  
Emulsjonen brenner bare opp.



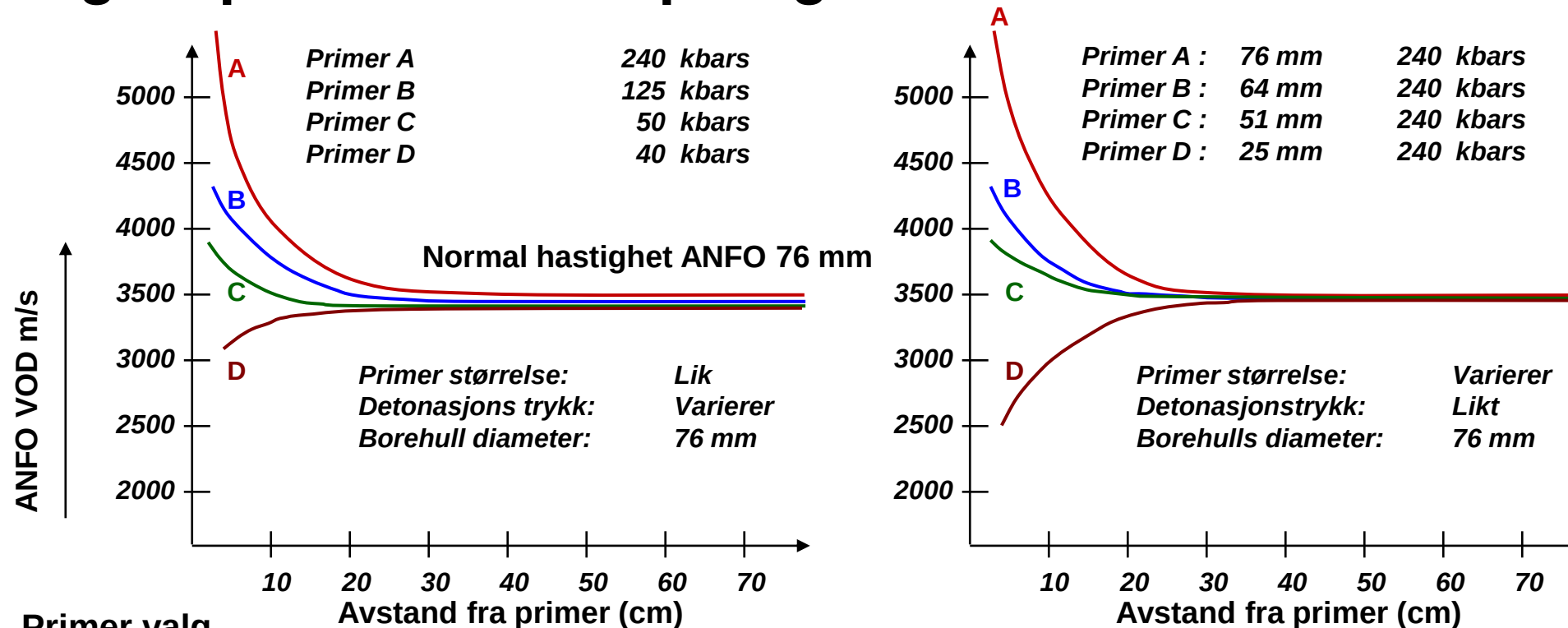
Initisering av emulsjonen med lavt detonasjonstrykk kan lede til deflagrasjon





# Bulkemulsjon, Lading

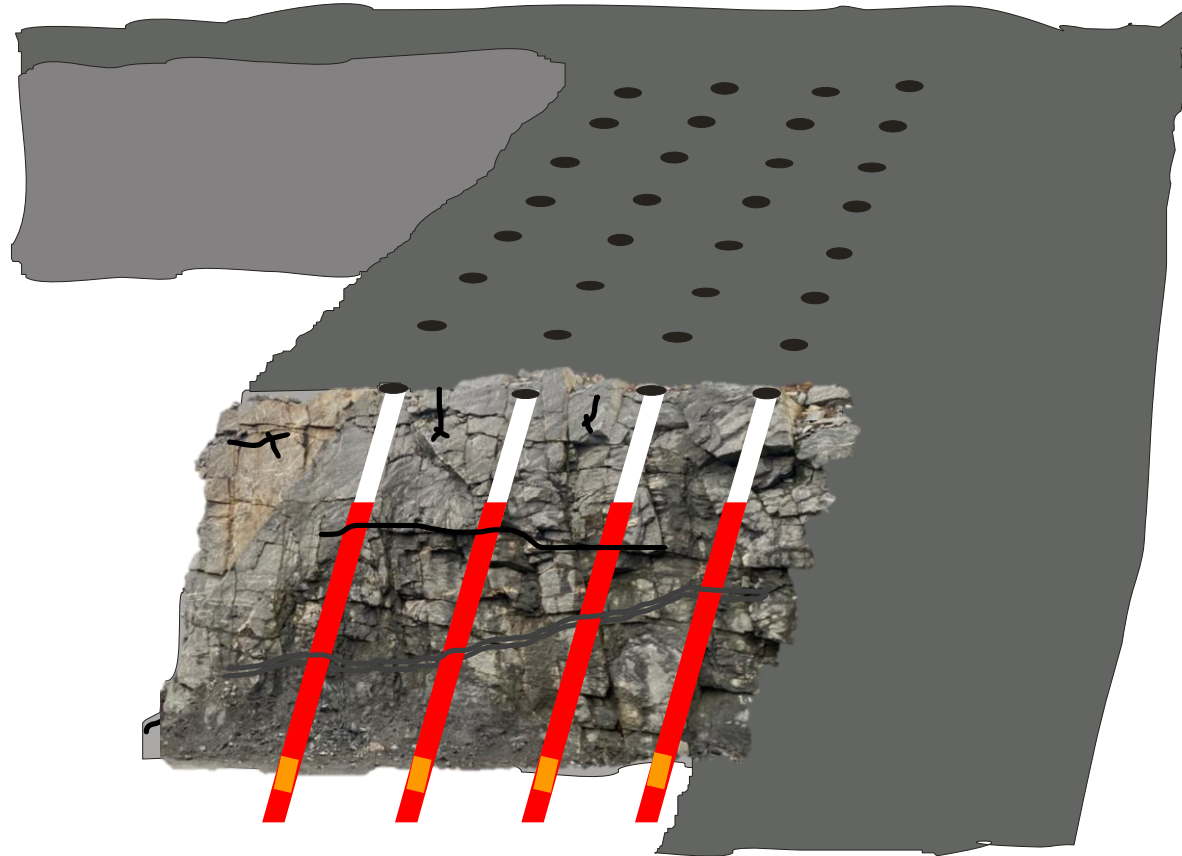
## Valg av primer til bulksprengstoff



### Primer valg

- For ANFO bør detonasjonstrykket være på rundt 60 kbar og for emulsjoner rundt 80 kbar.
- Diameteren på primeren skal være større enn den kritiske diameteren på bulksprengstoffet
- Primeren må være tennerfølsom
- Sprengstoffet brukt i primeren skal nå sin maksimale VOD innenfor lengden av primeren.
- Ved ladelengder over 10 m skal det benyttes to tennere/primere. Ved dårlige fjellforhold bør man vurdere bruk av to primere selv ved kortere ladelengder.

# Bulkemulsjon, Lading



To tennere/primer i hullet over 10 – 12 m pall  
Elektroniske vs Nonel?

# Bulkemulsjon, Lading

## Oppsummering

- To tennere i hullet over 10 – 12 m pall ! **OGSÅ med elektronisk !!**  
Vurder fjellet!
- Ved pall over 10 m, bruk en god primer in bunn f.eks en hel 50 mm dynamitt event. 50 mm patronert emulsjon. Under 10 m f.eks 43 x 380 dynamitt. Alle typer gir over 80 Kbar detonasjonstrykk.
- Enkel måte å sjekke om primer er i kontakt med emulsjon, dra i slangen.
- Ikke fordemme dype hull før de har gasset min 10 min. Konferer med operatør.



# Bulkemulsjon, Lading





## Kapittel. 7. Produksjon av eksplosiver og ammunisjon

### § 64. Andre særlige krav ved produksjon av eksplosiver på brukersted

(1) Virksomhet med tillatelse til produksjon av eksplosiver på brukersted skal til enhver tid kunne dokumentere

- a. hvilken mobil produksjonsenhet som brukes
- b. generelle rutiner og prosedyrer for virksomhetens valg av produksjonssted på brukerstedet
- c. **risikovurdering for oppstilling og produksjon på det aktuelle brukerstedet.**

(2) Alle faser i produksjonen slik som lasting, lossing, pumping, blanding og lading skal overvåkes nøye. Under produksjonen skal produksjonsenheten overvåkes kontinuerlig.

(3) Dersom operatøren ikke oppholder seg ved produksjonsenheten og overvåker denne fysisk under produksjonen, skal det være installert overvåkningssystemer som sikrer en tidlig deteksjon, varsling og prosessavbrudd ved avvik.

(4) Det skal kunne dokumenteres hvor store mengder eksplosiver som er produsert og ladet.

(5) Eksplosiver som er produsert på brukersted skal ikke føres bort fra brukerstedet uten tillatelse fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.

## Kapittel. 7. Produksjon av eksplosiver og ammunisjon

### § 65. Mobil produksjon og pumping av bulksprengstoff i nærheten av visse bygninger

- (1) Produksjon og pumping av bulksprengstoff **skal ikke skje nærmere enn 150 meter fra sykehus, skole, barnehage, høyblokk, forsamlingslokaler, kjøpesenter eller liknende.**
- (2) Første ledd gjelder ikke når produksjonen foregår under jord, i sikker avstand fra tunnelportal.

### § 66. Kundeoperert produksjon av eksplosiver på brukersted

- (1) Kundeoperert produksjon av eksplosiver **over jord er forbudt.**
- (2) Ved kundeoperert produksjon under jord skal virksomheten med tillatelse til produksjon, etter forespørsel fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, informere om hvem som opererer enhetene.
- (3) Kundens internkontrollsystem for produksjonsstedet skal være knyttet til produsentens styringssystem. Ethvert avvik som kan ha innflytelse på produksjon, materialflyt og vedlikehold, skal meldes til produsenten.
- (4) Produsenten skal rutinemessig føre tilsyn med den kundeopererte produksjonen og vedlikeholdet. Tilsynet skal dokumenteres.

# Bulkemulsjon, Lading

Takk for oppmerksomheten!

