



Hvad sker der EFTER 28 døgn?

Lasse Frølich
Betonteknolog, M.Sc

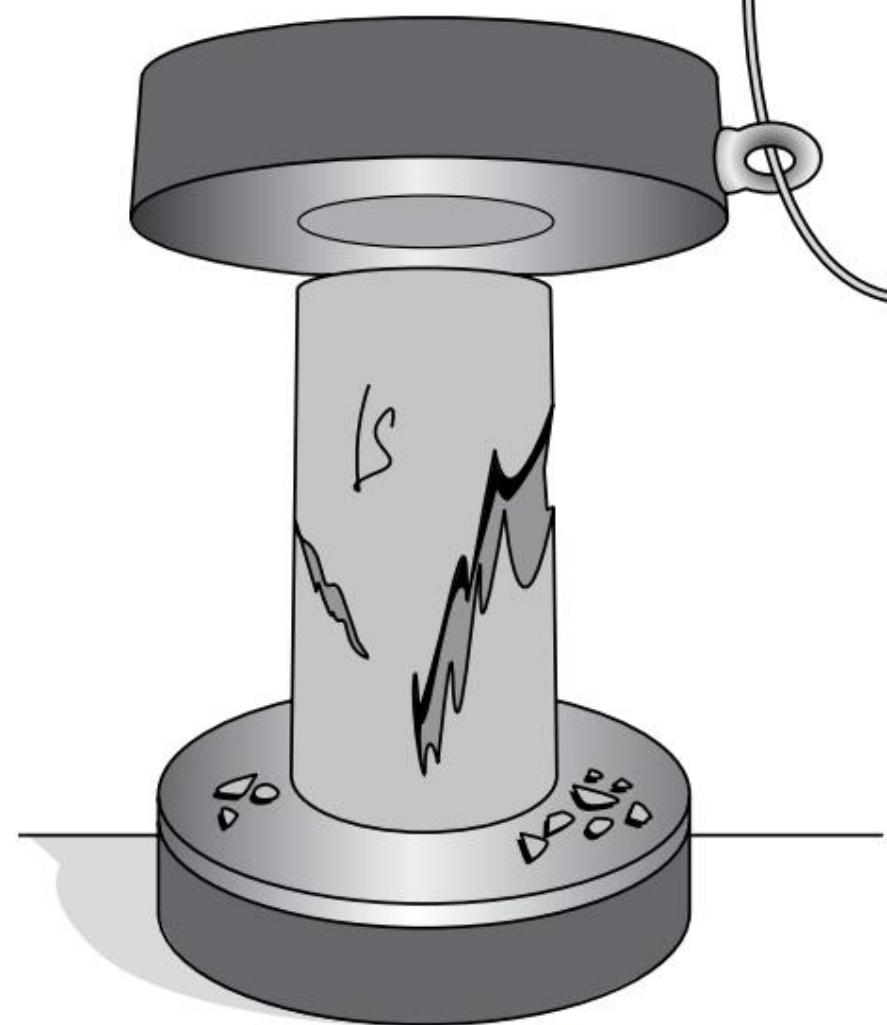
Agenda

1. Hvorfor baserer vi os på 28 døgns målinger?
2. Styrkeudvikling efter 28 døgn
3. Udvikling af andre egenskaber efter 28 døgn
4. Hvordan stemmer accelererede test med virkeligheden?



Hvorfor baserer vi os på 28 døgn?

- Historien bag de 28 døgn
- Af praktiske grunde (7 dages cyklus)
- For at indbygge sikkerhed

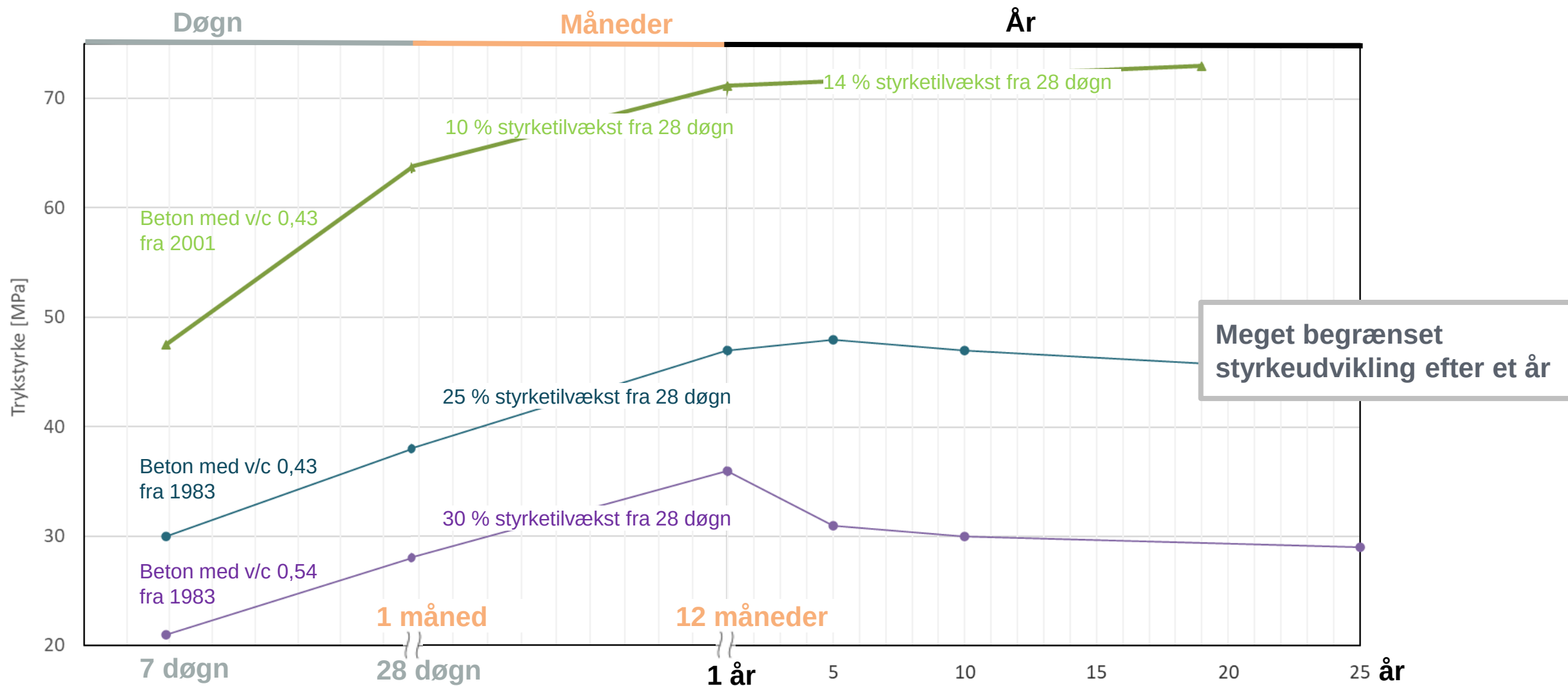


Aalborg Portlands langtidsforsøg

- Oprindelige betoner fra 1983
- Udvidelser i 2001, 2004 og 2018
- I alt 36 forskellige betoner



Trykstyrkeudvikling på vandlagrede cylindre (Rapid cement)



Hvordan ser betonerne ud i dag?

Beton med v/c 0,43 fra 2001



Beton med v/c 0,43 fra 1983

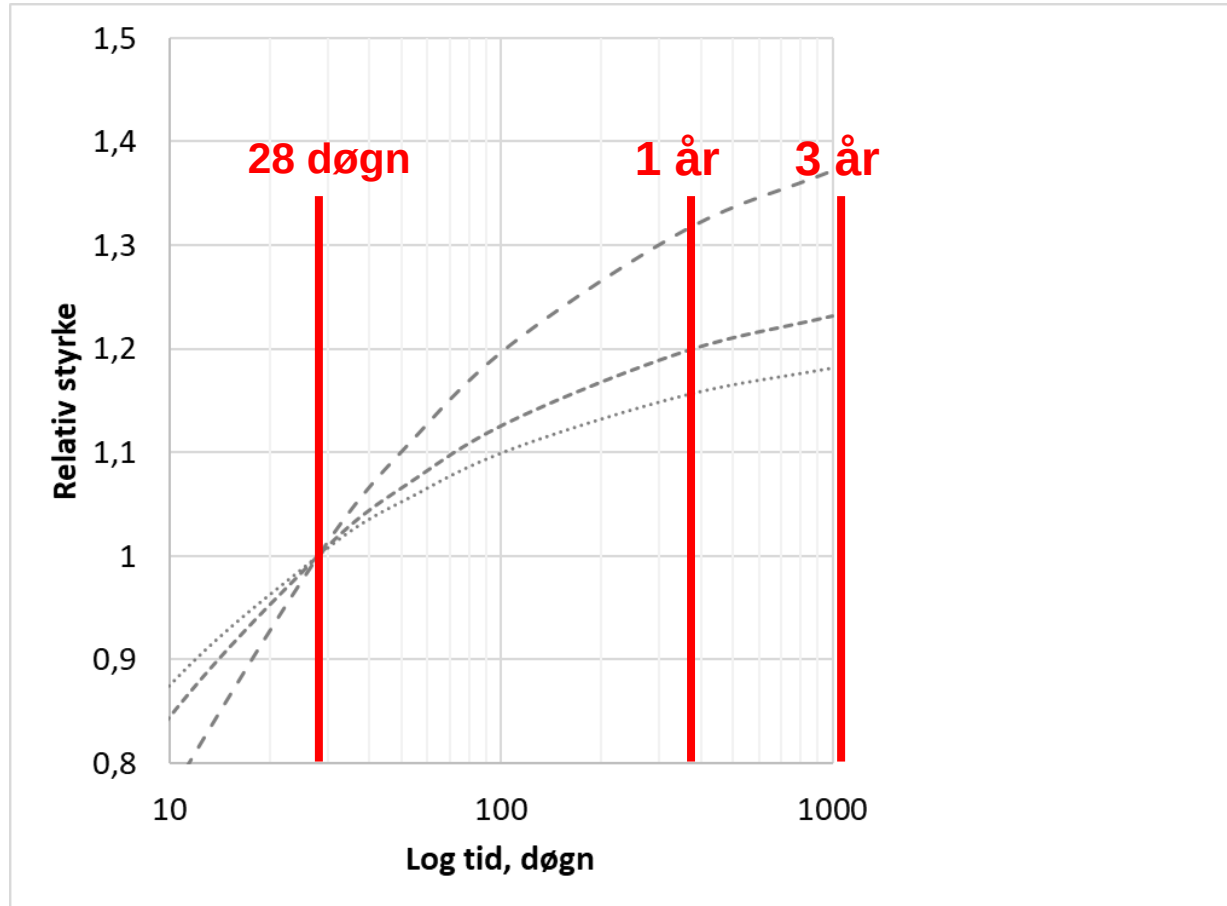


Beton med v/c 0,54 fra 1983



Alkalikiselreaktioner har
ødelagt betonerne fra
1983

Relativ trykstyrkeudvikling



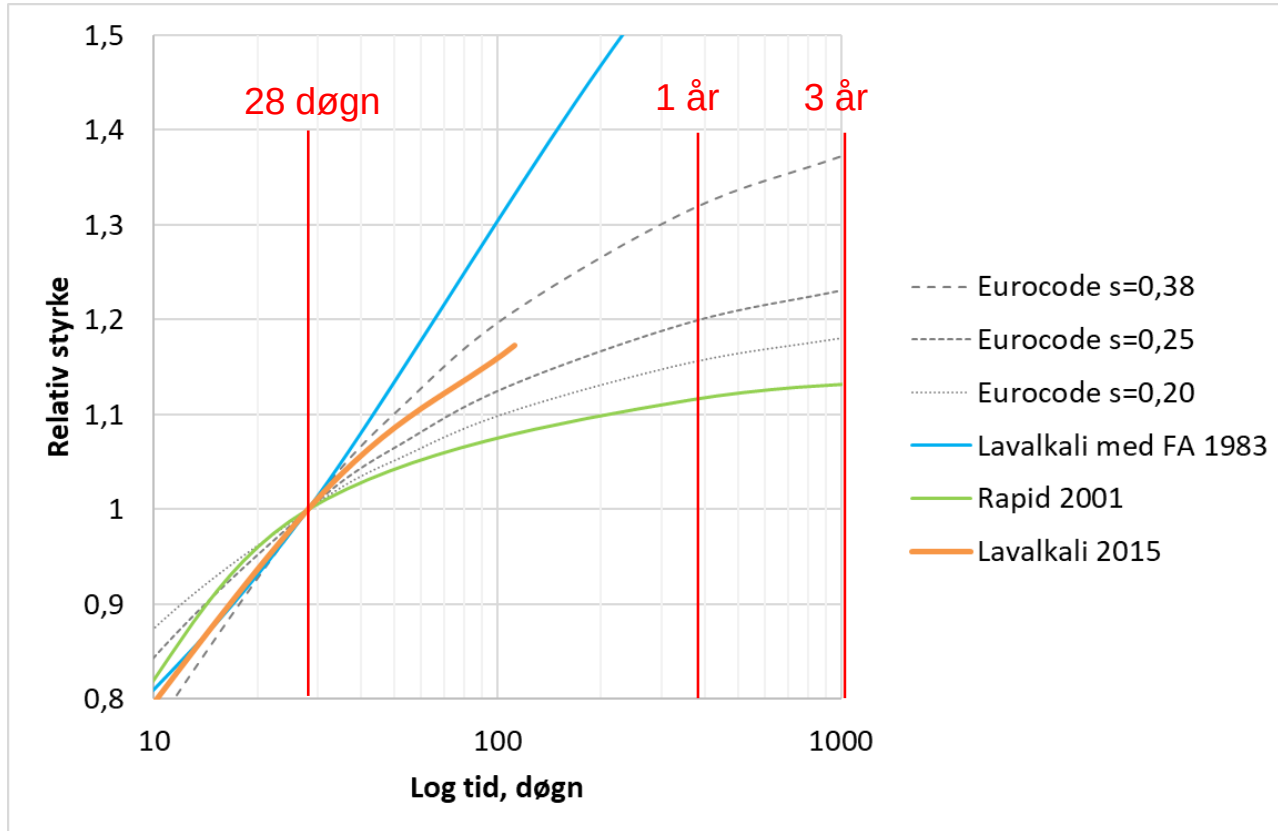
Eurocodes bud på relativ styrkeudvikling

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left(1 - \sqrt{\frac{28d}{t}} \right) \right\}$$

s er en koefficient, der afhænger af cementtypen:
= 0,20 for cement af styrkeklasse CEM 42,5 R, CEM 52,5 N og CEM 52,5 R
= 0,25 for cement af styrkeklasse CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (klasse N)
= 0,38 for cement af styrkeklasse CEM 32,5 N (klasse S)

Styrketilvækst på 15-30 % fra 28 døgner til 1 år afhængig af cementtype

Relativ styrkeudvikling – nogle yderpunkter

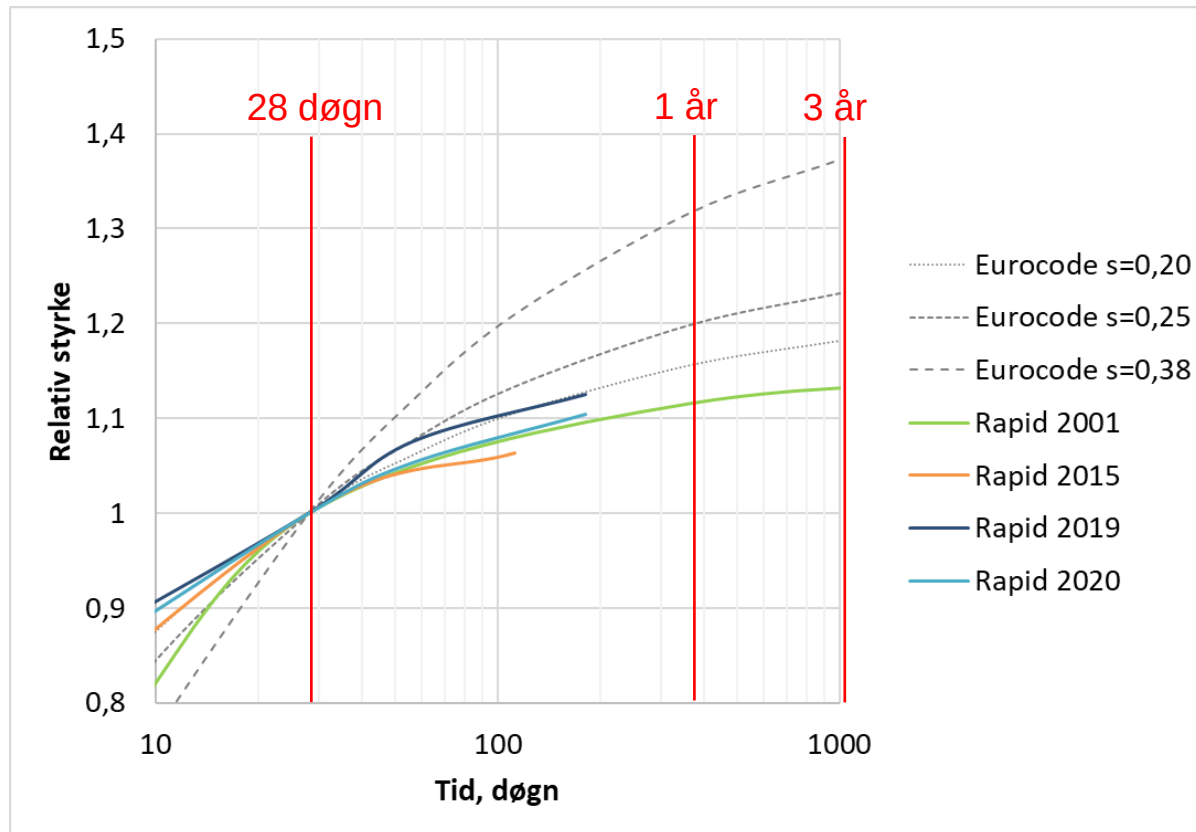


Enorm forskel på styrkeudvikling efter 28 døgn afhængig af binder

Datagrundlag på denne og de følgende slides:

- AP langtidsforsøg
- Diverse AP undersøgelser
- Grøn Beton
- Grøn Beton II
- Dokumentation af Futurecem

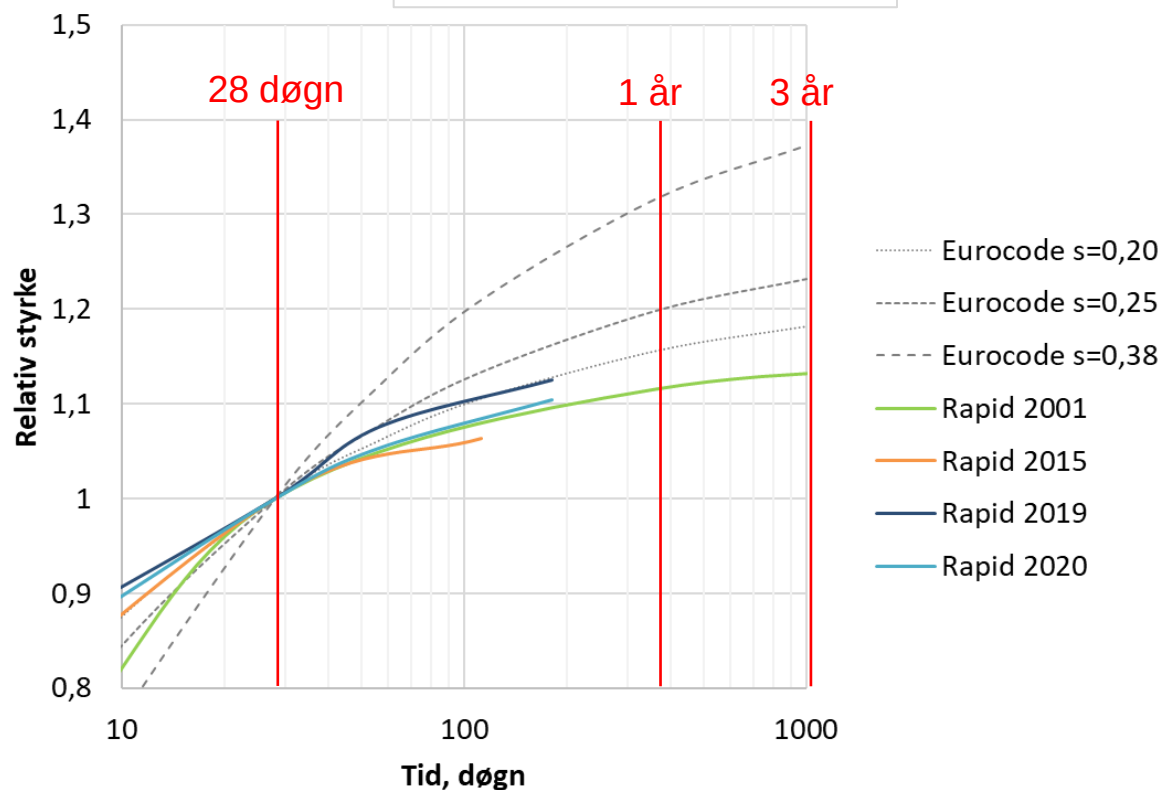
Relativ styrkeudvikling - Rapid



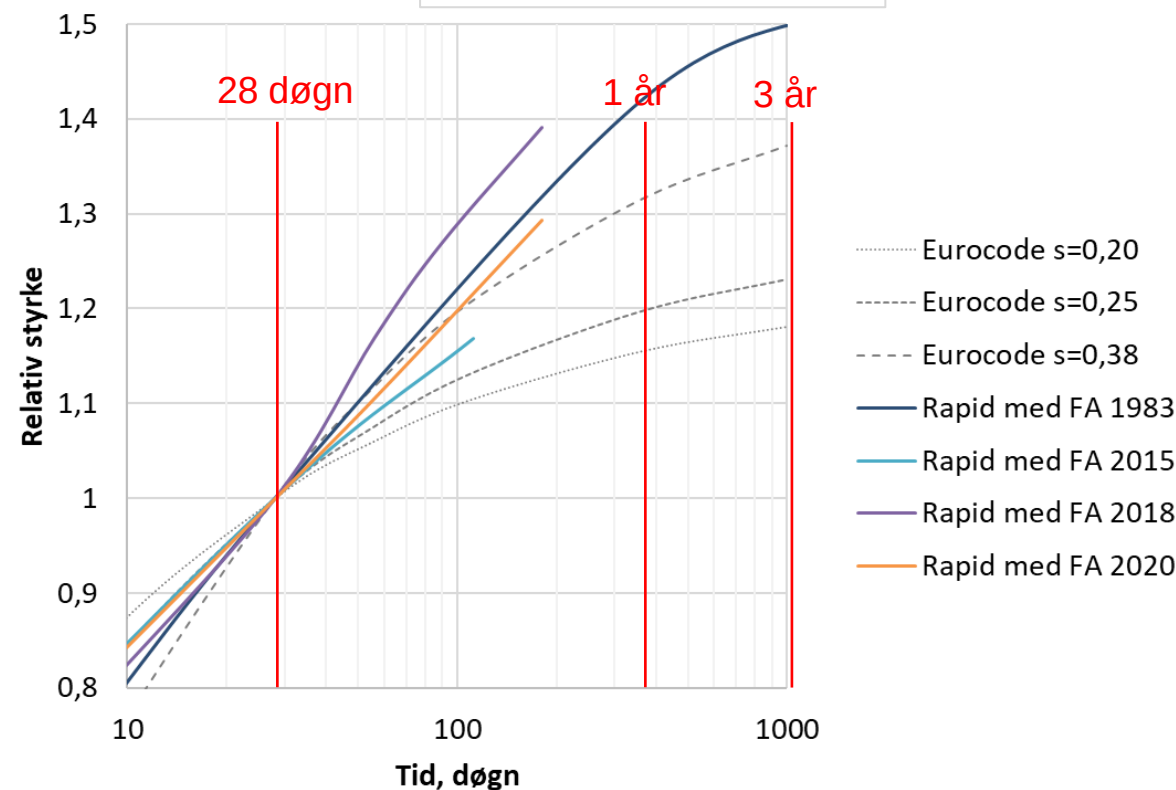
Nogenlunde
overensstemmelse med
Eurocode

Relativ styrkeudvikling – Rapid med og uden flyveaske

Rapid UDEN flyveaske

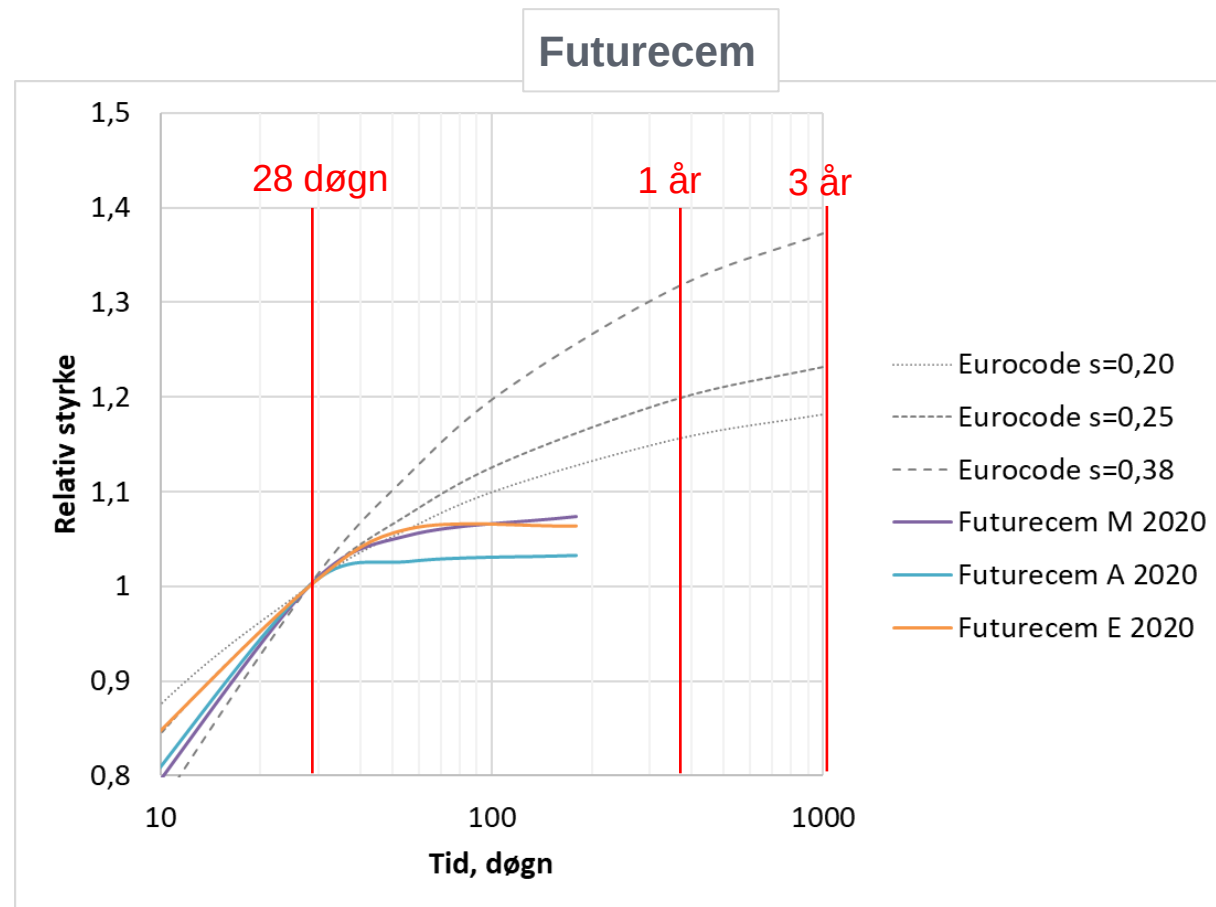
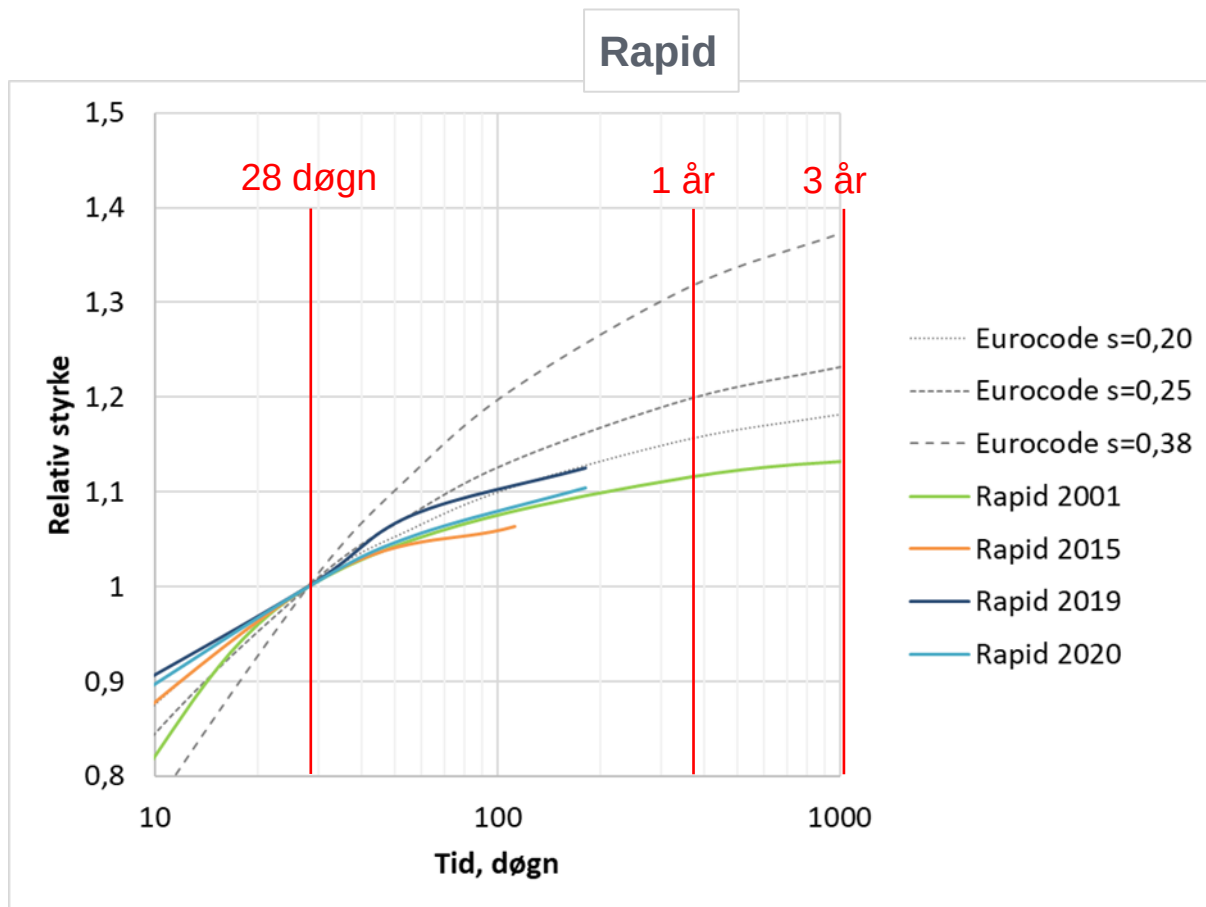


Rapid MED flyveaske



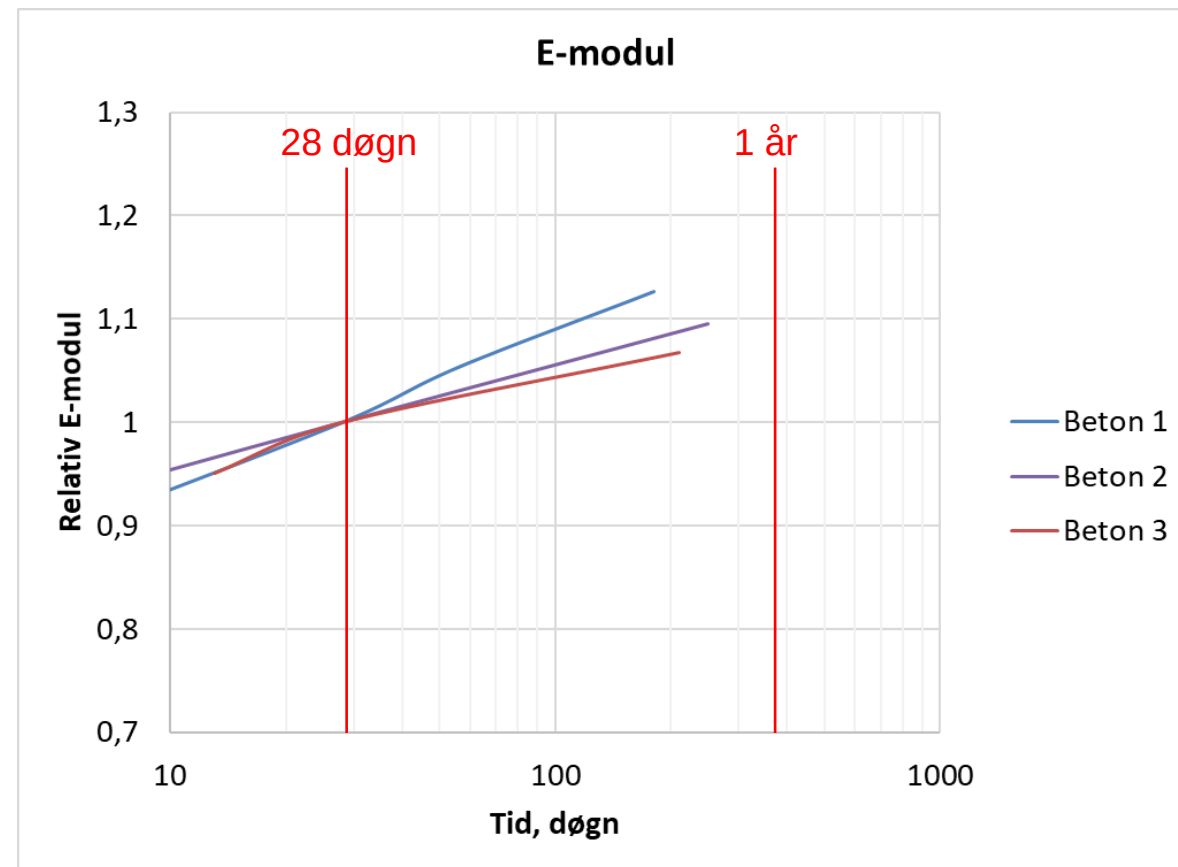
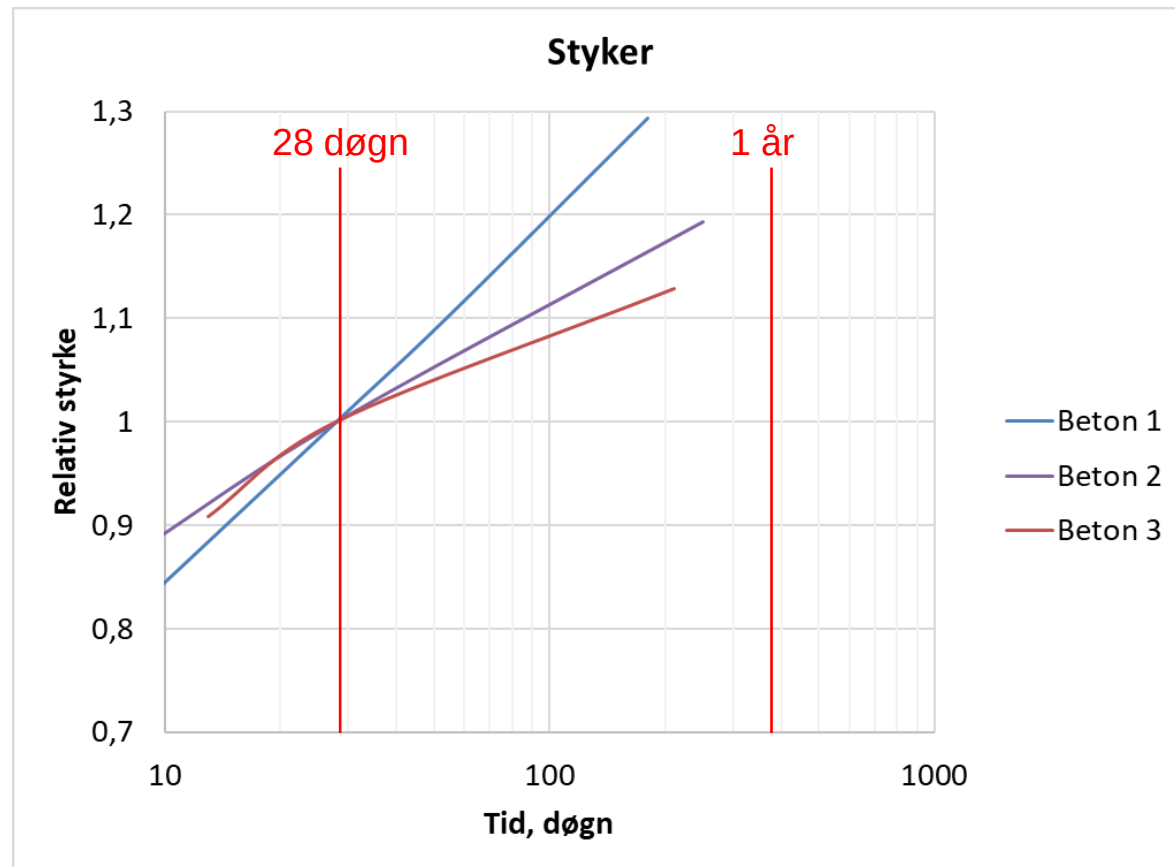
Væsentlig mere
styrkeudvikling efter 28 døgn
med flyveaske

Relativ styrkeudvikling - Futurecem

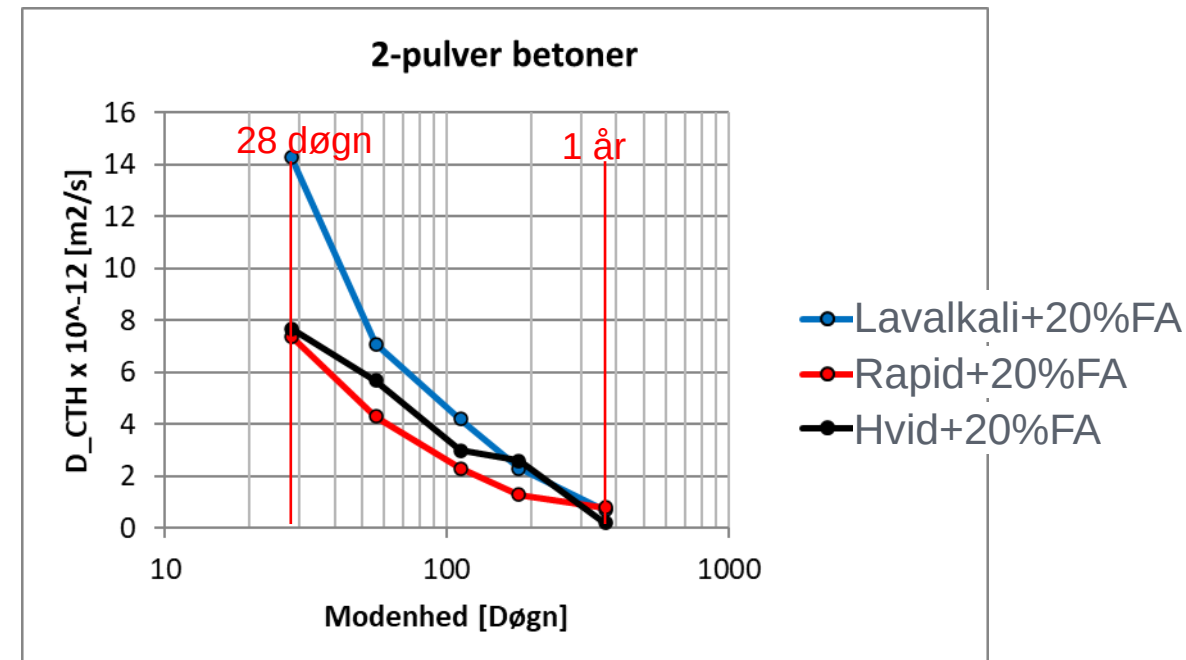
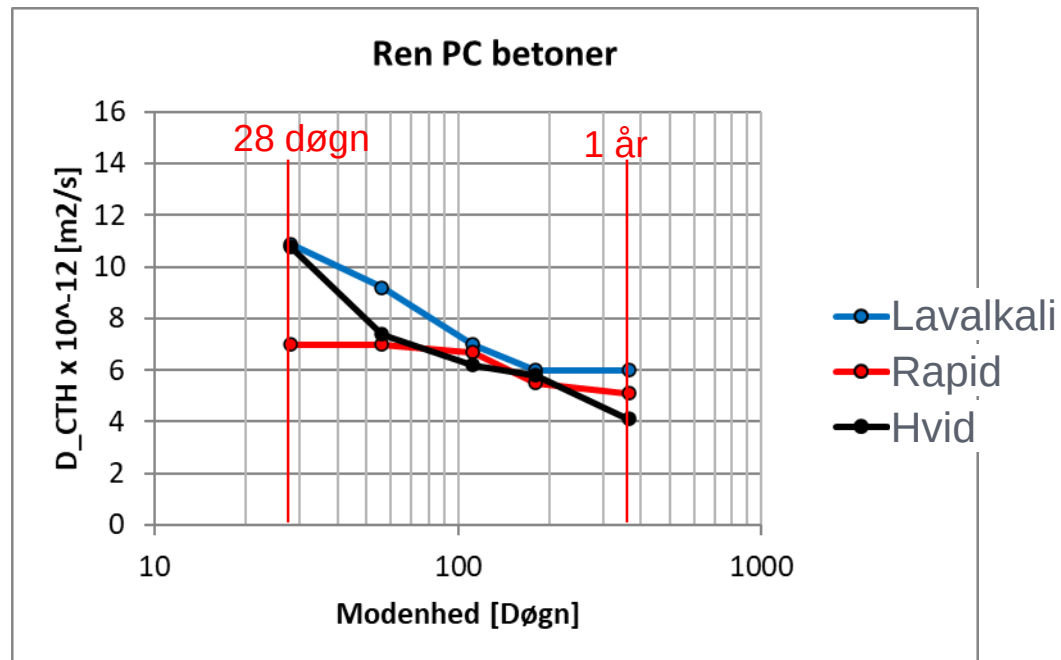


Lavere styrkeudvikling af
Futurecem sammenlignet
med Rapid efter 28 døgn

Udvikling af E-modul efter 28 døgn



Udvikling af modstand mod chloridindtrængning



| Accelererede frost/tø test sammenlignet med langtidseksponering

Oprindelige betoner fra 1983

- Metode til frost/tø gav upålidelige resultater
- Resultater derfra forkastet
- Alkaliselreaktioner overskygger andre skadesmekanismer

Betoner fra 2001 og frem

- Testet med samme frost/tø metode, som anvendes i dag
- Enkelte betoner har dumpet testen
- Hvordan ser dumpede betoner ud i dag?



| Accelererede frost/tø test sammenlignet med langtidseksponering

År	Binder	v/c	A.faktor [mm]	m ₅₆ [kg/m ²]	m ₅₆ /m ₂₈ [kg/m ²]	m ₁₁₂ [kg/m ²]	Flise efter 20 års eksponering [saltet 7 år]
2001	Rapid	0,43	0,16	0,04	2,0	0,18	
2001	Rapid + 11%FA + 5%MS	Ingen visuelle tegn på nedbrydning efter 20 år for "dumpet" beton			3,0	0,55	
2001	Basis	0,43	0,15	0,09	1,5	0,14	
2001	Basis + 11%FA + 5%MS	0,44	0,13	0,06	2,0	0,12	

| Accelererede frost/tø test sammenlignet med langtidseksponering

År	Binder	v/c	A.faktor [mm]	m ₅₆ [kg/m ²]	m ₅₆ /m ₂₈ [kg/m ²]	Flise efter 20 års eksponering [saltet 7 år]
2001	Lavalkali + 9%FA +5%MS	0,42	0,13	0,01	1,0	
2001	Rapid +9%FA +5%MS	0,42	0,18	0,01	1,0	
2001	Rapid +35%FA +5%MS	0,42	Ingen visuelle tegn på nedbrydning efter 20 år for "dumpet" beton			
2001	Rapid +10%slam- aske +5%MS	0,42	0,30	0,07	1,4	

Afsluttende bemærkninger

Styrker:

- Der kan ske rigtigt meget efter 28 døgn

(der kan også ske næsten intet – det afhænger af sammensætningen)

- Fremtiden byder på mindre styrkeudvikling efter 28 døgn

(mindre flyveaske og nye cementtyper)



Holdbarhed:

- Tager lang tid at måle

(Nedbrydningsmekanismer kan sjældent vurderes ud fra 28 døgn's målinger)

- Frost/tø

(En dumpet frosttest betyder ikke nødvendigvis, at betonen falder fra hinanden i løbet af få år)





Hvad sker der EFTER 28 døgn?

Lasse Frølich