

**FABEKO REGIONSMØTE ØST 2019**

# BEREGNING OG BRUK AV FIBER I BETONG

Sindre Sandbakk

# FØRST OG FREMST...

> Fiberarmering, hvor brukes det?

1. Sprøytebetong til bergsikring

– NB 7

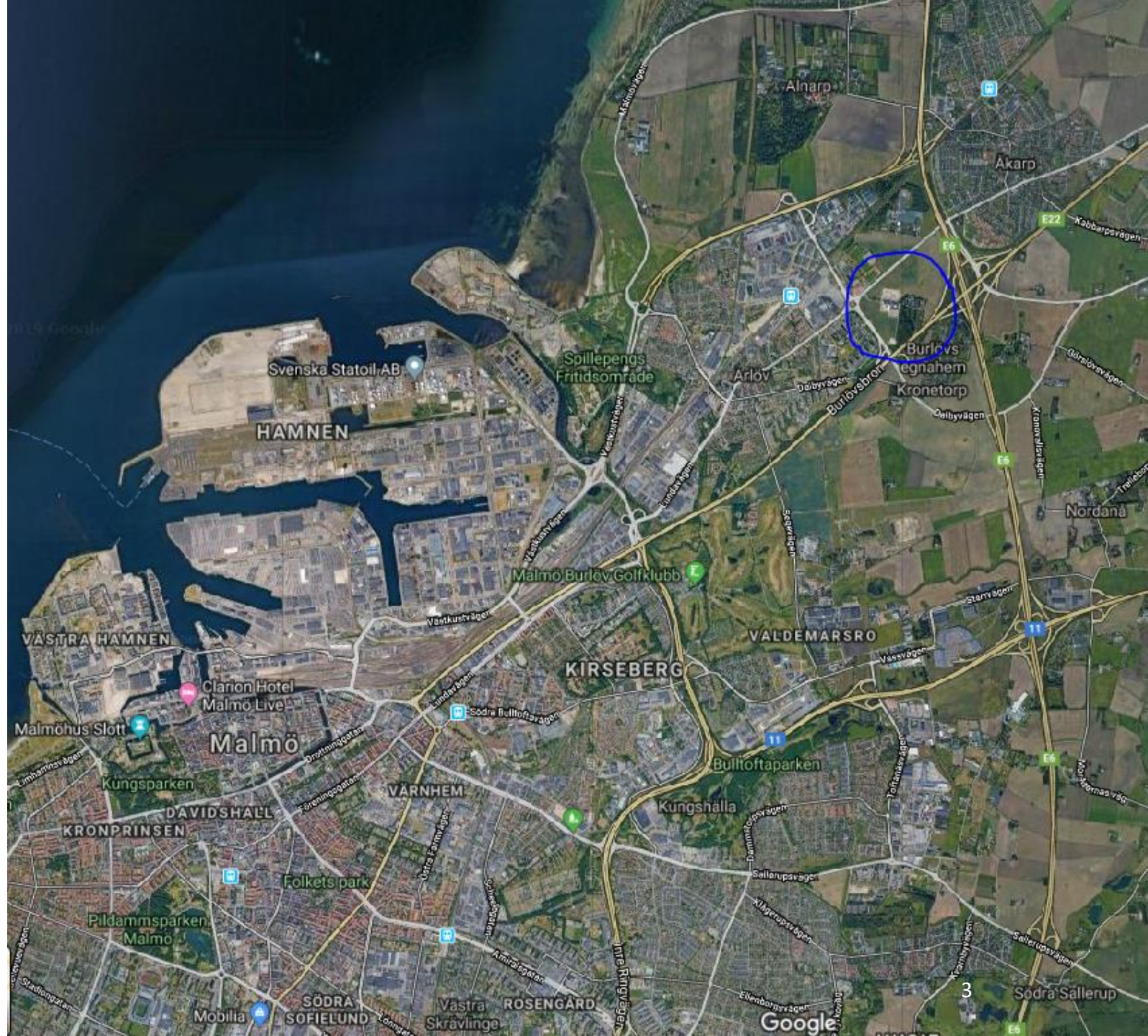
2. Gulv på grunn

– NB 15

3. Bærende konstruksjoner?

– [www.kronetorppark.se](http://www.kronetorppark.se) Dr.techn.Olav Olsen prosjekterer

- Kronetorp Park?





# KRONETORP PARK

# KRONETORP PARK

Kvarter 3	Forprosjekt (Ikke Dr.techn.Olav Olsen)	Detaljprosjekt (Dr.techn.Olav Olsen)	Besparelse
Bunnplate, betong	60×60×0,6 meter = 2160 m <sup>3</sup>	60×60×0,5 meter = 1800 m <sup>3</sup>	360 m <sup>3</sup> betong!
Bunnplate, Armering	2 lag ø16 c 120 = 1675 mm <sup>2</sup> /m, løse stenger	2 lag ø12 c 100 = 1131 mm <sup>2</sup> /m, Nett	32 % reduksjon i armeringsstål Tid til armering
Dekker i p- kjeller	Stålbjelker over søyletopper	Flatdekke	Ingen stålarbeider, vesentlig forenklet utførelse
Kjeller- vegger	Armert med løse stenger	Standard fingerskjøtte nett. Færre støpetapper	Forenklet utførelse

# KRONETORP PARK

Utvikling	Kvarter 2 (Ikke Dr.techn.Olav Olsen)	Kvarter 4 (Dr.techn.Olav Olsen)	Besparelse
Fasade-vegger	130 mm betong, Sentrisk $\varnothing 8$ c 150 begge veier	65 mm betong, $\varnothing 10$ c 200 vertikalt	Vegg krymper på innside, større areal til salgs/utleie
Massive vegger	200 mm betong, $\varnothing 8$ c 300 BS horisontalt $\varnothing 10$ c 300 BS vertikalt	200 mm betong $\varnothing 8$ c 375 sentrisk vertikalt.	Ca halvering av produksjonstid pr. element.

> Hvordan løses dette med fiber?

FULL KONTROLL



# FØRST OG FREMST

> Fiberarmering, hvor brukes det?

1. Sprøytebetong til bergsikring

- NB 7

2. Gulv på grunn

- NB 15

3. Bærende konstruksjoner?

- [www.kronetorppark.se](http://www.kronetorppark.se) Dr.techn.Olav Olsen prosjekterer
- NB 38 Fiberarmert betong i bærende konstruksjoner



# FIBERARMERT BETONG, HVORDAN KOMMUNISERER EN BETONGKONSTRUKTØR OG –FABRIKK?

- > Svært enkelt!
- > RESTFASTHETSKLASSE
- > DUKTILITETSKLASSE
  
- > For eksempel B30 M60 R3,0c
  - B30: Styrken
  - M60: Maks bindemiddelforhold
  - R3,0: Restfasthetsklasse, minimum 3,0 MPa i bøyestrekfasthet ved 0,5 mm rissvidde
  - c: Duktilitetsklasse, bøyestrekfastheten ved 2,5 mm rissvidde skal være minimum 90% av bøyestrekfastheten ved 0,5 mm rissvidde

# RESTFASTHETSKLASSER I NB 38

- > 10 restfasthetsklasser, R
- > 5 duktilitetsklasser, c
- > 50 varianter? For hver (betong)fasthetsklasse?
- > -Du k dder??
- > -Nei...
- > -Det er 50 mulige varianter

Tabell 2.2: Restfasthetsklasse (R)

$f_{R,1k}$ \ Duktilitetsklasse	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
<b>a</b>	$f_{R,3k}=0,5f_{R,1k}$									
<b>b</b>	$f_{R,3k}=0,7f_{R,1k}$									
<b>c</b>	$f_{R,3k}=0,9f_{R,1k}$									
<b>d</b>	$f_{R,3k}=1,1f_{R,1k}$									
<b>e</b>	$f_{R,3k}=1,3f_{R,1k}$									

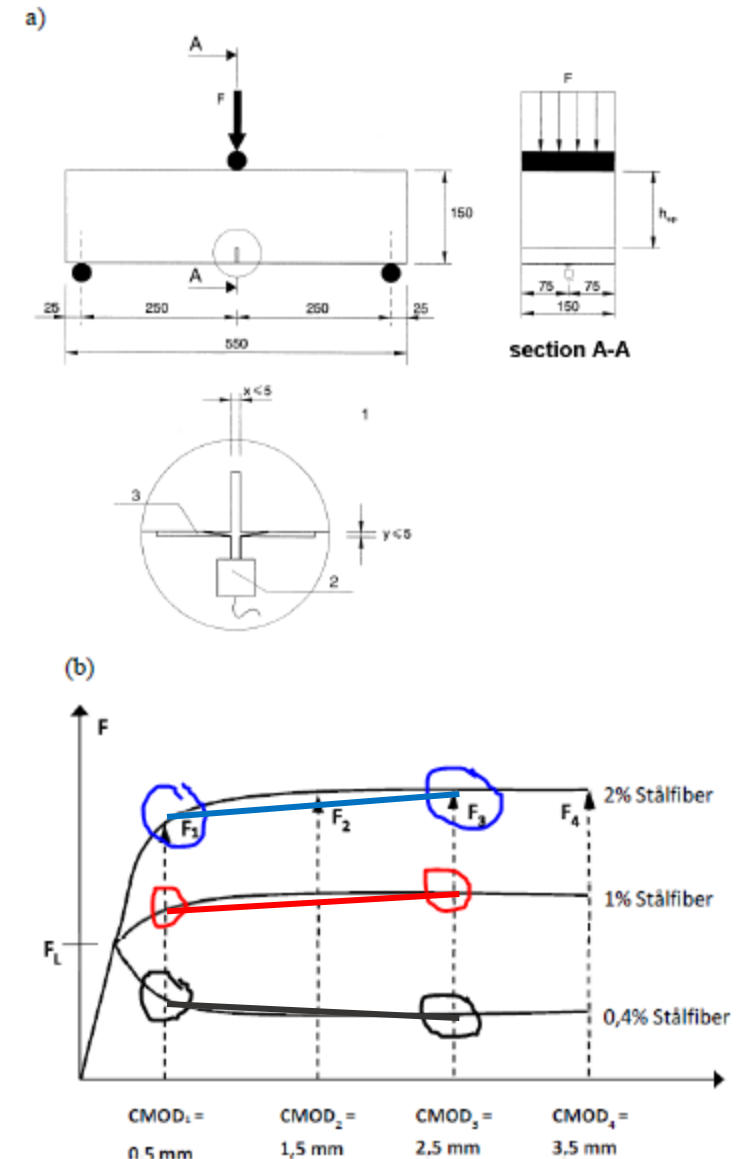
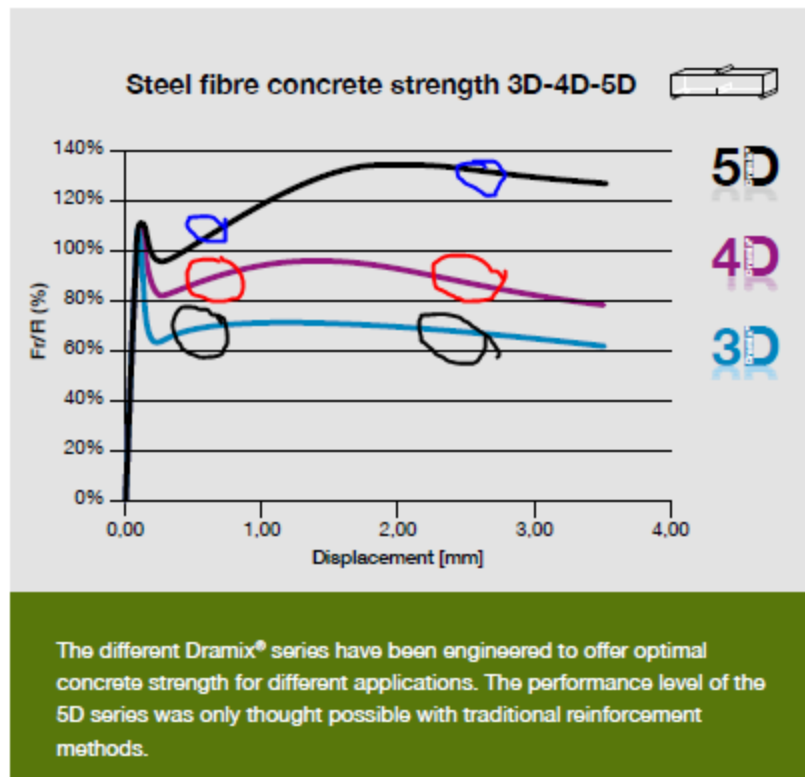
Forklaring til tabell: Duktilitetsklasse og  $f_{R,1k}$  angis, for eksempel som «restfasthetsklasse 5,0c». Restfasthetsklasse 5,0c har  $f_{R,1k}=5,0 \text{ N/mm}^2$  og  $f_{R,3k}=0,9 \cdot f_{R,1k} = 4,5 \text{ N/mm}^2$ . Restb yestrekkefasthetene  $f_{R,1k}$  og  $f_{R,3k}$  skal da v re kjent fra/dokumenteres av betongleverand ren.

For eksempel: B35 M60 R5,0c

Dette betyr B35, bestandighetsklasse M60, restfasthetsklasse R5,0 og duktilitetsklasse c.

# RESTFASTHETSKLASSER I NB 38

- > Restfasthetsklassen styres primært av fibermengde
- > Duktilitetsklassen styres primært av fibertype



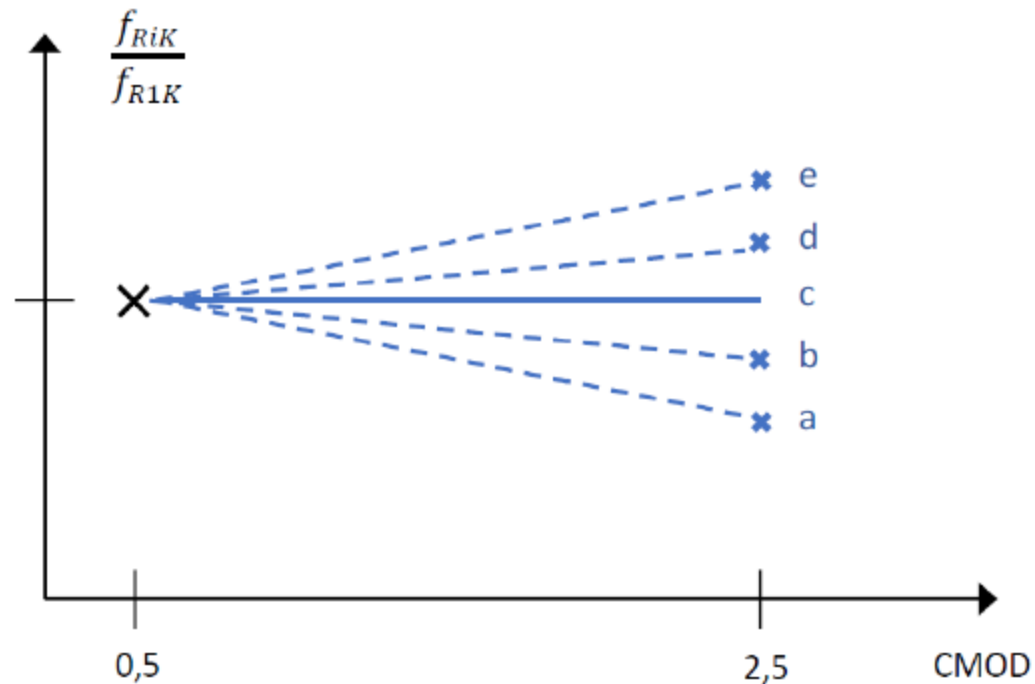
c eller d

c eller d

C

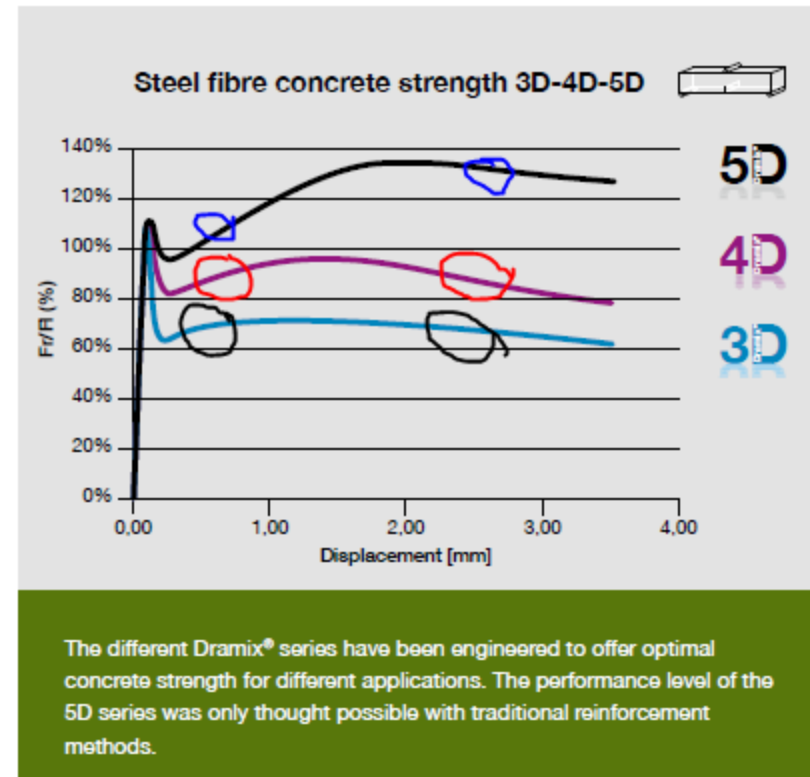
# DUKTILITETSKLASSE

- > Illustrasjon i NB 38



Figur 2.1: Illustrasjon av duktilitetsklassene, a-e.

- > Velger du å benytte 3D eller 4D får du klasse c.
- > Velger du å benytte 5D, får du klasse d, kanskje klasse e
- > Restfasthetsklassen vil avhenge av tilsatt  $\text{kg/m}^3$



# RESTFASTHETSKLASSER I NB 38

- > 10 restfasthetsklasser, R
- > 5 duktilitetsklasser, c
- > 50 varianter? For hver (betong)fasthetsklasse?
- > -Du k dder??
- > -Nei...
- > -Det er 50 mulige varianter
- > -Ja det er 50 mulige varianter, men ikke 50 reelle varianter
- > Hva gj r vi med det?

Tabell 2.2: Restfasthetsklasse (R)

Duktilitetsklasse \ $f_{R,1k}$	$f_{R,1k}$										
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	
a	$f_{R,3k}=0,5f_{R,1k}$										
b	$f_{R,3k}=0,7f_{R,1k}$										
c	$f_{R,3k}=0,9f_{R,1k}$										
d	$f_{R,3k}=1,1f_{R,1k}$										
e	$f_{R,3k}=1,3f_{R,1k}$										

Forklaring til tabell: Duktilitetsklasse og  $f_{R,1k}$  angis, for eksempel som «restfasthetsklasse 5,0c». Restfasthetsklasse 5,0c har  $f_{R,1k}=5,0 \text{ N/mm}^2$  og  $f_{R,3k}=0,9 \cdot f_{R,1k} = 4,5 \text{ N/mm}^2$ . Restb yestrekkefasthetene  $f_{R,1k}$  og  $f_{R,3k}$  skal da v re kjent fra/dokumenteres av betongleverand ren.

For eksempel: B35 M60 R5,0c

Dette betyr B35, bestandighetsklasse M60, restfasthetsklasse R5,0 og duktilitetsklasse c.

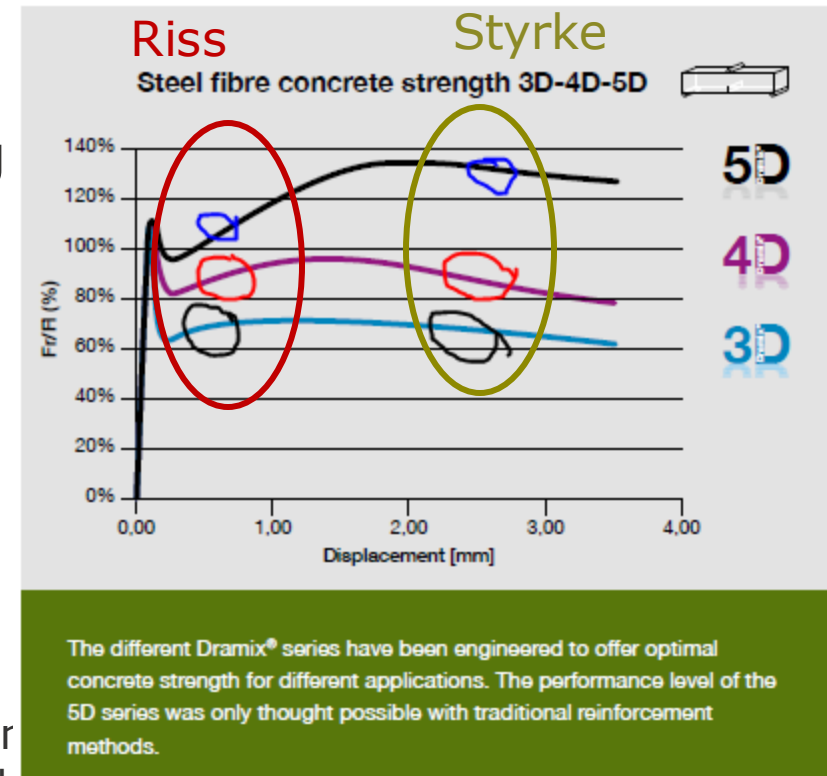
# ØNSKE FRA KONSTRUKTØR TIL BRANSJEN

> La oss definere hvilke restfasthetsklasser og for eksempel:

- B45 M40 R4,0b, ev. B45 M40 R3,5c
- B45 M40 R2,0b ev. B45 M40 R1,5c
  
- B30 M60 R4,0b ev. B45 M60 R3,5c
- B30 M60 R2,0b ev. B45 M60 R1,5c

> Så forholder vi oss til disse 4 varianter.

- Betongprodusent må ha en resept som de på forhår restfasthetsklasse og duktilitetsklasse! – Forhåndsdokumentasjon.
  - Det betyr at betongprodusent ikke kan endre fra 30 kg fibertype A til 30 kg fibertype B uten ny forhåndsdokumentasjon.
- Dernest foreslår NB 38 at fiberinnhold og fiberfordeling er gjenstand for samsvarskontrollen



# SAMSVARSKONTROLL

## Forventer kommentarer..

- > Hovedpoenget er følgende:
  - Det er fibre som bringer spenninger over risset, det vil si restfasthetsklassen og duktilitetsklasse styres av fiberinnhold og fiberfordeling
  - Vi føler oss trygg på at restfasthetsklassen og duktilitetsklassen vil være i henhold til forhåndsdokumentasjonen hvis vi har kontroll på jevnt fiberinnhold og -fordeling, dvs. at fiberinnhold og fiberfordeling er i samsvar med bjelkene som ble testet

Tabell 2.5: Betongleverandørens samsvarskontroll

Kontrolltype	Omfang
Trykkfasthet Luft, Densitet	Samsvarskontroll iht. NS-EN 206+NA. Det skal verifiseres at luftinnholdet ikke endres vesentlig etter transport; for fiberbetong som ikke er tilsatt ekstra luft skal dette verifiseres med minst en luftmåling ved leveringsstedet.
Konsistens fersk betong	NS-EN 206+NA
Fiberinnhold og -fordeling	
1 Tilsetning i blander på blandeverk, automatisk dosering av fiber	Signert utskrift fra blandeverk hvor fibermengde og fibertype fremgår minst en gang per produksjonsdøgn iht. NS-EN206+NA. Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet med 1 prøve i løpet av de første 50 m <sup>3</sup> . Dersom kravene ikke er tilfredsstilte gjennomføres 3 prøver i løpet av de påfølgende 50 m <sup>3</sup> . For krav, se rad 4.
2 Tilsetning i blander på blandeverk, manuell dosering av fiber	Følgeseddelen signeres av blandeoperatør og produksjonsleder, eller dennes representant, på at riktig fibermengde og -type er tilsatt. Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet med 1 prøve i løpet av de første 50 m <sup>3</sup> . Dersom kravene ikke er tilfredsstilte gjennomføres 3 prøver i løpet av de påfølgende 50 m <sup>3</sup> . For krav, se rad 4.
3 Tilsetning på bil (manuelt eller automatisk)	Følgeseddelen, der det fremgår at riktig fibermengde og -type er tilsatt, signeres av transportør og produksjonsleder, eller dennes representant på byggeplass.  Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet, og med en frekvens som for fasthet iht. NS-EN 206+NA, dvs. 3 prøver første 50 m <sup>3</sup> , deretter 1 prøve pr. 200 m <sup>3</sup> eller minimum 1 prøve hver 3. produksjonsdag. For krav, se rad 4.
4 Krav til fiberinnhold målt for hvert av de 3 enkeltprøvene og til gjennomsnittet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- målt fiberinnhold i hver enkeltprøve skal være <math>\geq 0,80</math> av tilsatt/avtalt fiberdosering (dvs. ikke lavere enn 20% under)</li> <li>- beregnet gjennomsnittsverdi skal være <math>\geq 0,85</math> av tilsatt/avtalt fiberdosering (dvs. ikke lavere enn 15% under)</li> </ul>

# SAMSVARSKONTROLL

## Forventer kommentarer..

- > Hovedpoenget er følgende:
  - Vi trenger dessuten trygghet i at vi har riktig fiberinnhold og –fordeling på byggeplass/i konstruksjonen, det virker sannsynlig at tid i trommel kan påvirke fiberfordelingen i lasset(?)
  - «Egenskapen» er ikke fiberinnhold og –fordeling, men denne kan vi måle.

Tabell 2.5: Betongleverandørens samsvarskontroll

Kontrolltype	Omfang
Trykkfasthet Luft, Densitet	Samsvarskontroll iht. NS-EN 206+NA. Det skal verifiseres at luftinnholdet ikke endres vesentlig etter transport; for fiberbetong som ikke er tilsatt ekstra luft skal dette verifiseres med minst en luftmåling ved leveringsstedet.
Konsistens fersk betong	NS-EN 206+NA
Fiberinnhold og -fordeling	
1 Tilsetning i blander på blandeverk, automatisk dosering av fiber	Signert utskrift fra blandeverk hvor fibermengde og fibertype fremgår minst en gang per produksjonsdøgn iht. NS-EN206+NA. Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet med 1 prøve i løpet av de første 50 m <sup>3</sup> . Dersom kravene ikke er tilfredsstilte gjennomføres 3 prøver i løpet av de påfølgende 50 m <sup>3</sup> . For krav, se rad 4.
2 Tilsetning i blander på blandeverk, manuell dosering av fiber	Følgeseddelen signeres av blandeoperatør og produksjonsleder, eller dennes representant, på at riktig fibermengde og –type er tilsatt. Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet med 1 prøve i løpet av de første 50 m <sup>3</sup> . Dersom kravene ikke er tilfredsstilte gjennomføres 3 prøver i løpet av de påfølgende 50 m <sup>3</sup> . For krav, se rad 4.
3 Tilsetning på bil (manuelt eller automatisk)	Følgeseddelen, der det fremgår at riktig fibermengde og –type er tilsatt, signeres av transportør og produksjonsleder, eller dennes representant på byggeplass.  Fiberinnhold og fiberfordeling påvises på leveransstedet, og med en frekvens som for fasthet iht. NS-EN 206+NA, dvs. 3 prøver første 50 m <sup>3</sup> , deretter 1 prøve pr. 200 m <sup>3</sup> eller minimum 1 prøve hver 3. produksjonsdag. For krav, se rad 4.
4 Krav til fiberinnhold målt for hvert av de 3 enkeltprøvene og til gjennomsnittet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- målt fiberinnhold i hver enkeltprøve skal være <math>\geq 0,80</math> av tilsiktet/avtalt fiberdosering (dvs. ikke lavere enn 20% under)</li> <li>- beregnet gjennomsnittsverdi skal være <math>\geq 0,85</math> av tilsiktet/avtalt fiberdosering (dvs. ikke lavere enn 15% under)</li> </ul>



# DISCLAIMER & COPYRIGHT

## **Disclaimer**

Dr.techn.Olav Olsen provides no warranty, expressed or implied, as to the accuracy, reliability or completeness of the presentation. Neither Dr.techn.Olav Olsen nor any of its directors or employees will have any liability to you or any other persons resulting from your use.

## **Copyright**

Copyright of all published material including photographs, drawings and images in this presentation remains vested in Dr.techn.Olav Olsen and third party contributors as appropriate. Accordingly, neither the whole nor any part of this document shall be reproduced in any form nor used in any manner without prior permission and applicable acknowledgements. No trademark, copyright or other notice shall be altered or removed from any reproduction.