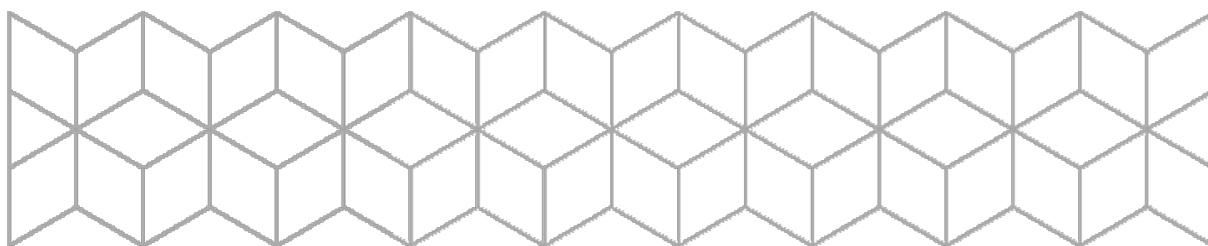


# Eksamen LØSNINGSFORSLAG

<b>Emnekode:</b> IRB 35618	<b>Emnenavn:</b> Betongteknologi
<b>Dato:</b> 30.11.2018 <b>Sensurfrist:</b>	<b>Eksamenstid:</b> 09.00 – 12.00
<b>Antall oppgavesider:</b>  <b>Antall vedleggsider:</b>	<b>Faglærer:</b> Inge R. Eeg, Tlf.: 901 90 550  <b>Oppgaven er kontrollert:</b> Ja
<b>Hjelpemidler:</b> Utdelt kalkulator. Ellers ingen hjelpemidler.	
<b>Om eksamensoppgaven:</b>  I enkelte oppgaver kan det mangle noe informasjon. Studenten kan da gjøre sine egne forutsetninger	
<b>Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig</b>	



## LØSNINGSFORSLAG

### Oppgave 1 (20%)

a) I vedlegg 1 og 2 finner du en prislister på betong, transport mm. Beskriv en typisk betong i hht. NS-EN 206 til et kaidekke beliggende ved Oslofjorden, og kalkuler total pris inkl. transport ex MVA. Legg til grunn følgende forutsetninger:

- Areal 18 x 42 m<sup>2</sup>
- Tykkelse: 0,25 m
- Transportavstand : 16 km med automixere med lastekapasitet 6m<sup>3</sup>
- Betongen skal være frostsikker
- Betongtemperatur > 20oC, synk 220 mm, D 16mm, 25% steinreduksjon
- Det er torsdag 5 februar. Det er 2 mann som jobber på fabrikken. 1 sjåfør pr. bil

Støpen begynner kl. 13.00, og beregnes ferdig kl. 17.30. Tømmetid på byggeplass beregnes til 25 minutter pr bil.

Teoretisk volum: 189 m<sup>3</sup>

Antall btg.biler:  $189 \text{ m}^3 / 6\text{m}^3 = 31,5 \rightarrow 32$

Fulle lass à 6m<sup>3</sup> = **192 m<sup>3</sup>**

Valg av betong: **B35 MF45 D16mm, CI 0,1 , 220mm**

Pris betong: (kr.1265,- + kr. 50,- (F) + kr. 50,- (16mm) + kr. 50,- (temp). + kr. 40,- (synk) + kr. 4,- (NOx) + kr. 45,- (vintertillegg) = kr.1454,- pr. m<sup>3</sup> x 192 m<sup>3</sup>  
 $\rightarrow$  **kr. 279.168,00**

Transport: 209 ,- kr/m<sup>3</sup> x 192m<sup>3</sup> = **kr. 40.128,00**

Fri ventetid (30 min)

Overtid fabrikk: kl. 15.30 – kl.1730 : 2 pers. x kr. 700,- pr. person x 2 timer =  
**kr. 2.800,00**

Overtid transport: kl. 15.30 – 17.30 : 1 pers. x 700,- pr. person x 2 timer =  
**kr. 1.400,00**

Vask av fabrikk og bil (anslått) : 3 pers. x 700,- pr. person x 1time =  
**kr 2.100,00**

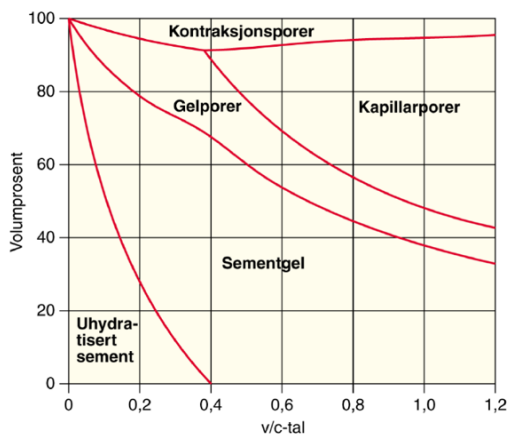
SUM ex MVA:  $\text{kr}(279.168,- + \text{kr. } 40.128,- + \text{kr. } 2.800,- + \text{kr. } 1.400 + \text{kr. } 2.100)$   
**= kr. 325.596,00**

Kommentar: Studenten kan ha gjort andre valg og forutsetninger, men viktigst er at alle hovedelementer er med.

b) Tabell NA.9 (vedlegg 3) angir k-verdier til flygeaske der også største mengde tilsatt flygeaske er angitt. Hva beskriver k-verdien? Sjekk om kravet til max. mengde flygeaske er oppfylt, og regn ut totalt vanninnhold i betongen der følgende er gitt:

- Bestandighetsklasse M45
- 355 kg/m<sup>3</sup> Norcem Anleggsement FA (CEM II/A-V m/ 17% flygeaske)
- 45 kg/m<sup>3</sup> tilsatt flygeaske i betongen
- k-verdien beskriver tilsetningsmaterialets (silika, flygeaske, slagg) virkningsfaktor i fht. Portlandsement relatert til bestandighet.
- $F_a = \Sigma FA / FA + Si + C = 45 \text{ kg/m}^3 + 60,35 \text{ kg/m}^3 (17\%) / 355 \text{ kg/m}^3 + 45 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 105 \text{ kg/m}^3 / 400 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{0,2625 < 0,35, \text{ dvs. OK}}$
- $\text{Vannmengde} = 0,45 \times ((355 \text{ kg/m}^3 + (0,7 \times 45 \text{ kg/m}^3))) = \mathbf{173,93 \text{ kg/m}^3}$
- Kontroll:  $173,93 \text{ kg/m}^3 / 386,50 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{0,45 (M45)}$

c)



Forklar ut i fra ovenstående figur:

- Hvorfor har vi teoretisk full hydratasjon ved masseforhold 0,4?
- For med  $m=0,4$  er alt vannet forbrukt kjemisk og fysisk
- Hvorfor oppnår vi i praksis aldri full hydratasjon?
- I virkeligheten oppnår vi aldri full hydratasjon, og graden avtar med synkende masseforhold. Dette fordi strukturen etter hvert blir så tett at vannet ikke trekker inn. Uhydratiserte sementkorn vi imidlertid ha

styrkemessige karakter som naturlig tilslag, og limes sammen til et kontinuerlig materiale som tilfører tetthet og fasthet.

- Hvorfor bidrar også uhydratisert sement til fasthet?
- Se svar over
- Hvordan påvirker kapillærporene betongens fasthet?
- Betongens fasthet avtar med økende mengde kapillærporer
- Benytt Powers` s modell til å regne ut total porøsitet i sementlimet når følgende er gitt:
  - Masseforhold  $< 0,45$
  - Hydratasjonsgrad:  $65 \%$
  - Sementinnhold:  $375 \text{ kg/m}^3$
  - Egenvekt sement:  $3,1 \text{ kg/dm}^3$
  - Kontraktsjonsporer:  $15 \text{ dm}^3/\text{m}^3$

Uhydratisert sement:  $0,35 \times 375 \text{ kg/m}^3 = 131,25 \text{ kg/m}^3$

Hydratisert sement:  $0,65 \times 375 \text{ kg/m}^3 = 243,75 \text{ kg/m}^3$

Volum hydratisert sement:  $243,75 \text{ kg/m}^3 / 3100 \text{ kg/m}^3 = 0,07863 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 7,86\% \text{ (litter)/m}^3$

Fritt vann (kapillærporer):  $375 \text{ kg/m}^3 \times 0,45 = 168,75 \text{ kg/m}^3$

Kjemisk bundet vann:  $(23\% \text{ av } 168,75 \text{ kg/m}^3) = 38,81 \text{ kg/m}^3$

Volum kjemisk bundet vann  $(74,6\% \text{ av } 38,81 \text{ kg/m}^3) = 28,81 \text{ kg/m}^3$

Fysisk bundet vann:  $(18\% \text{ av } 168,75 \text{ kg/m}^3) = 30,38 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 4,4\%$

Kontraktsjonsporer:  $15 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 1,5\%$

Kapillærporer:  $168,75 \text{ kg/m}^3 - 30,38 \text{ kg/m}^3 - 28,81 \text{ kg/m}^3 - 15 \text{ kg/m}^3 = 94,56 \text{ kg/m}^3$

$94,56 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 6,81\%$

Totalt antall porer =  $4,4\% + 1,5\% + 6,81\% = 12,71 \%$

Volum sementlim :  $(375 \text{ kg/m}^3 / 3100 \text{ kg/m}^3 + 0,16875 \text{ m}^3) = 0,3 \text{ m}^3$

Dvs. porøsiteten i sementlimet er  $12,71\% / 0,3 = 42,4\%$

## Oppgave 2 (15%)

a)

Beskriv 4 utstyrsmessige og/eller materialmessige tiltak som vanligvis er nødvendig for å fremstille en høyfast betong, f.eks. med karakteristisk trykkfasthet på minimum  $100 \text{ N/mm}^2$ . Hva skjer med betongens strekkstyrke når trykkfastheten øker?

- En effektiv blandemaskin, vanligvis en tvangsblender
- God fuktkontroll
- Godt tilslag; rent, velgradert, god styrke og kubisitet (overflate)
- Silika
- SP –stoffer med høy vannreduksjonsevne
- Høystyrke sement 52,5 MPa

Betongens (relative) strekkfasthet avtar med økende trykkfasthet, dvs. materialet får et sprøere bruddforløp

b)

Hvilke konstruktive /fysiske konsekvenser kan alkaliekiselreaksjoner medføre?

- Ekspansjoner → tvangskrefter , fugeklemming, forskyvning av lagre, deformasjoner
- Reduksjon i heft mellom armering og betong
- Strekk i armeringen uten ytre last (→ flytning)
- Endring i materialeegenskaper → primært strekkfasthet og E-modul

c)

Forklar karbonatiseringsprosessen. Hvordan påvirker dette betongen (fordeler/ulemp), og hvordan kan prosessen bremses?



Konsekvens: pH-nivået reduseres fra ca. 13,5 til ca 9,5

**Fordeler:**

- Betongen tar opp CO<sub>2</sub>, og påvirker således positivt til miljøregnskapet
- Betongen blir tettere / sterkere pga at CaCO<sub>3</sub> er sterkere/tettere enn Ca(OH)<sub>2</sub>

**Ulemper (i armert betong!):**

- Når karbonatiseringsfronten når armeringen opphører den passifiserende beskyttelseshinnen/oksydhinnen (pga lavere pH), og armeringen kan korrodere.

Karbonatiseringshastigheten kan bremses ved å fremstille en tett og mest mulig rissfri betong, samt ha tilstrekkelig overdekning til armeringen. Det kan også påføres ulike type membraner / overflatesjikt for å bremse / forhindre karbonatisering. Graden av tilgjengelig oksygen er også av betydning

### Oppgave 3 (15%)

a)

Vanlig konstruksjonsbetong har en strekkøyingsevne på ca 0,15‰, som er mindre enn en fjerdedel av svinnpotensialet. Hva er det som påvirker svinnet mest? Er slanke konstruksjoner mer utsatt enn grove konstruksjoner?

- **Det er finstoffinnholdet som påvirker svinnet mest**
- **Slanke konstruksjoner er mest utsatt. Grove konstruksjoner tørker «aldri» helt ut**

b)

Vi har ulike typer lettbetonger. Hvilke er de vanligste? Hvordan fremstilles porebetong (Siporex) ? Hva er definisjonen på konstruktiv lettbetong?

- **Lettaggregatbetong (LWA). Betong fremstilt v/hj. av lett tilslag, f.eks. Leca, Liapor . Betegnes som konstruktiv lettbetong**
- **Betong fremstilt med stor andel luftporer, skumbetong. Ikke-konstruktiv betong**
- **Betong fremstilt med ekspandert polystyren, ekspandert glass, ikke-konstruktiv betong**
- **Porebetong. Konstruktiv lettbetong, f.eks. Siporex**

**Porebetong fremstilles ved at sement, kvartssand, kalk og aluminiumspulver blandes. Aluminiumspulveret frigjør gass, og mørtelen eser opp («gjærer»). Formene settes i autoklaver (høyt trykk og høy temperatur) for herding før avforming og tilkapping til blokker, dekke-elementer mm.**

Definisjonen på konstruktiv lettbetong er: **Ovnstørr densitet 800 kg/m<sup>3</sup> – 2000 kg/m<sup>3</sup>**

c)

Beskriv 4 krav og/eller anbefalinger for fremstilling av en vanntett betong

#### **Krav og anbefalinger**

- › **DOK** ( Forskrift om dokumentasjon av byggevarer)
- › **TEK 10** (Forskrift om tekniske krav til byggverk)
- › **NS-EN 1992-1-1+NA; NA gir følgende anbefaling:**  
*Armeringsmengden i vegger og plater der det legges særlig vekt på tetthet bør **minst være det dobbelte** av minimumsarmeringen angitt i standarden.*
- › **NS-EN 1992-3+NA; spesielle regler for siloer og beholdere i betong.** Definerer bl.a. tetthetsklasser og rissviddekrav.
- › **NS-EN 13670+NA; Utførelsesstandard gir **ikke** spesifikke krav eller anbefalinger til utførelsen av vanntette konstruksjoner.**
- › **NS-EN 206+NA; Krav til sammensetning:**
  - \* *Vanntett betong skal ha velgraderte tilslag av egnede materialer*
  - \* *Masseforholdet skal være lavere enn **0,50***
  - \* ***Minst 8** masseprosent av tilslaget bør være **< 0,25mm**. Alternativt økt sementinnhold, **pozzolaner** el. bruk av **L-stoffer**.*

## Krav og anbefalinger, publikasjon 5: «Prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann»

- › Fasthetsklasse for betong utstøpt i vann skal være minimum B30. Det skal ikke prosjekteres med høyere fasthetsklasse enn B45 med normalbetong, og B35 med AUV – betong.
- › Betongsammensetningen skal tilfredsstillende følgende krav, som gjelder uavhengig av bestandighetsklasse:
  - Innholdet av silikastøv skal være minimum 4 vekt-% av sementmengden.
  - Sementmengde + tilsetningsmaterialer (multiplisert med sin k-faktor) skal være minimum 430 kg / m<sup>3</sup>
  - Finstoffinnholdet (bindemiddel + tilslag < 0,25 mm) skal være minimum 530 kg / m<sup>3</sup>
- › **NS-EN 1992-1-1+NA og NS-EN 1992-3+NA gir ikke krav til minste tverrsnittstykkelse for vanntette konstruksjoner.**
- › **Vanlig praksis er imidlertid å stille krav til minimum tykkelse på 200mm**

## Tetthetsklasser og krav til rissviddebegrensning

Definisjon av tetthetsklasser i henhold til NS-EN 1992-3 + NA

Tetthetsklasse	Funksjonskrav	Krav til rissviddebegrensning
0	Noe lekkasje kan aksepteres, eller vanntetthet er ikke relevant.	Forutsetter at rissviddene begrenses som angitt i NS-EN 1992-1-1 + NA, det vil si i samsvar med kravet for hver enkelt eksponeringsklasse.
1	Små lekkasjer kan aksepteres. Delvis nedfuktete overflater kan aksepteres.	Tillater gjennomgående riss, med beregnet rissvidde, $w_{k1}$ , begrenset av forholdet mellom hydrostatisk trykk (antall meter vannsøyle), $h_D$ , og tverrsnittstykkelsen, $h$ , se fig. 22. Rissviddekravet er satt med en forventning om at rissene tettes ved naturlige utfellingseffekter etter kort tids eksponering for vann.
2	Minimale lekkasjer. Overflater skal framstå som tørre.	Tillater ikke gjennomgående riss (forårsaket av strekkspenninger i hele betongtverrsnittet i brukssituasjonen), og setter krav til minste trykksonehøyde.
3	Ingen form for lekkasje aksepteres.	Forutsetter bruk av spesielle tiltak, for eksempel spennarmering eller bruk av kontinuerlig, tett membran.



## Oppgave 4 (15%)

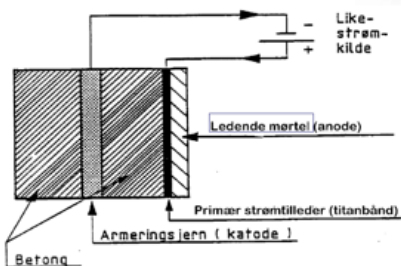
a)

Forklar prinsippet for katodisk beskyttelse

### Katodisk beskyttelse

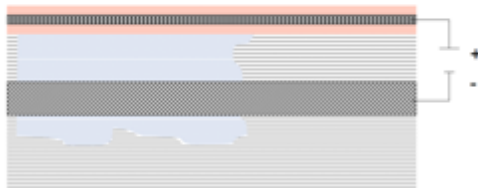
- Forlenger konstruksjonens levetid.
- Elektrokjemiske metoder for beskyttelse av armeringsjernet gjør at man kun trenger forenklet mekanisk reparasjon.
- Altså kun skadet betong fjernes, mens betong med høyt kloridinnhold blir værende.

### Prinsippskisse for kobling



Katodisk beskyttelse er en anerkjent metode for å beskytte stål mot korrosjon. Prinsippet går ut på at en anode skal fordele en beskyttelsesstrøm til armeringens overflate. Katodisk beskyttelse som reparasjonsmetode på armert betong blir i hovedsak benyttet på konstruksjoner som har korrosjonsskader pga klorider i betongen.

### Prinsipp for katodisk beskyttelse:



1. Skade
2. Fjerning av skadet betong
3. Ny reparasjonmørtel
4. Montere ledende nett/bånd/belegg/staver
5. Ny mørtel evn. belegg
6. Slå på strøm

### Katodisk beskyttelse

- Armeringen beskyttes mot rust vha påtrykt spenning eller offeranode.
- Titanbånd støpes inn og skaper en elektrisk krets som beskytter mot rust.





b)

Betongens miljøavtrykk bestemmes av en rekke faktorer knyttet til produksjon, dimensjonering, anvendelse, levetid og energibehov, samt avhending / gjenbruk (LCA). Forklar. Kan det tenkes at betongmaterialer i fremtiden blir klimanøytrale? Forklar.

- **Overgang til alternativ brensel (ikke-fossilt) i sementproduksjonen**
- **Energioptimalisering, BAT (Best Available Technology)**
- **Økt produksjon av substitutt- sementer / blandingssementer**
- **Kortreiste materialer (inn / ut), knuste materialer**
- **Benytte lavkarbonbetong (lavest mulig kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter)**
- **Lavest mulig bindemiddelinhold, god nok betong**
- **Lavest mulig betongforbruk; spennvidder, hulldekker, etterspente dekker, bubble-deck, søyler, gulv på grunn (fiber)**
- **Utnyttelse av betongens magasinerings-effekt (termisk masse)**
- **Betongens levetid, drift og vedlikeholdskostnader**
- **Resirkulering og gjenbruk**

**Norcem AS (den norske sementprodusenten) er en av 3 utvalgte bedrifter i Norge til å kjøre full-skala uttesting av karbonfangst ved hjelp av overskuddsenergi. Dersom dette lykkes, vil industrien kunne hevde at fremstillingen av sement er klimanøytral. Perspektiv: innen 2030.**

c)

Hva menes med termisk masse, og hvordan kan denne utnyttes ?

**Med termisk masse menes tunge materialers (herunder betong) evne til å magasinere / lagre energi og således spare / balansere energi til kjøling og oppvarming**

d)

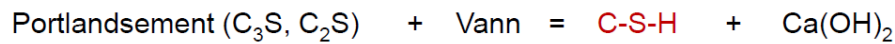
Når sementer reagerer med vann, blir det bl.a. utviklet kalsiumhydroksyd, Ca(OH)<sub>2</sub>. Når vi tilsetter et pozzolan, får vi det vi kaller en pozzolanreaksjon. Hva blir det viktigste reaksjonsproduktet?

**Det viktigste reaksjonsproduktet er C-S-H (Kalsium-Silikat-Hydrat)**

# Pozzolaner (romersk sementkjemi)

**Definisjon:** Amorfe (ikke-krySTALLINSKE, glassaktige) silika- og aluminaholdige materialer ( $\text{SiO}_2$  og  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) som reagerer med kalsiumhydroksid og danner produkter med bindemiddelegenskaper

## Sementhydratisering



## Pozzolanreaksjon



Portlandsement + Pozzolan gir:

- Mer bindemiddel (lim)
- Sterkere betong
- Tettere betong
- Mer bestandig betong

## Oppgave 5 (10%)

a)

Nevn minst 5 viktige forhold som virker inn på betongens herdeforløp

- **Betongsammensetning (resept)**
- **Sementtype**
- **Betongtemperatur**
- **Klimatiske forhold (temperatur, vind, RF)**
- **Forskaling / isolering**
- **Konstruktive forhold (tykkelse, armeringstype og mengde)**
- **Støpemetode / støpehastighet**
- **Herdetiltak / etterbehandling**

b)

Forklar modenhetsbegrepet

## Modenhetsbegrepet

### ■ Modenhet er tid målt i timer multiplisert med reaksjonshastigheten

- En betong som herder ved  $10^{\circ}\text{C}$  vil dermed ha en modenhet etter 1 døgn på  $24 \times 0,5 = 12$  timer.
- En betong som herder ved  $30^{\circ}\text{C}$  vil ha en modenhet etter 1 døgn på  $24 \times 1,6 = 38$  timer.

c)

Når vi proporsjonerer etter partikkel-matriks modellen kan vi få et matriksoverskudd.

Hva innebærer et matriksoverskudd?

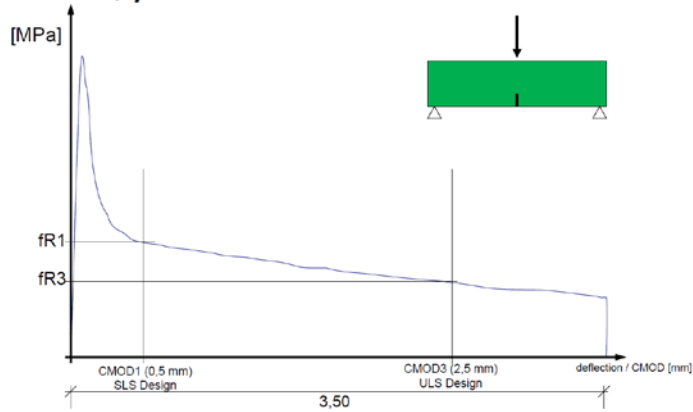
Det er nødvendig for støpelighet og flyteegenskaper at vi har et matriksoverskudd. For å lage en sammenhengende, komprimerbar betong med «null-konsistens» (0-20mm), må matriksoverskuddet typisk være 20-30 l/m<sup>3</sup>. For å gi betongen et synkmål på f.eks. 200mm, må vi typisk øke matriksoverskuddet med ytterligere 30-40 l/m<sup>3</sup>. Det tilsvarer at vi øker middelavstanden mellom partiklene litt, slik at de kan bevege seg i forhold til hverandre. I SKB er gjerne matriksoverskuddet 60 – 80 l/m<sup>3</sup>.

## Oppgave 6 (25%)

a)

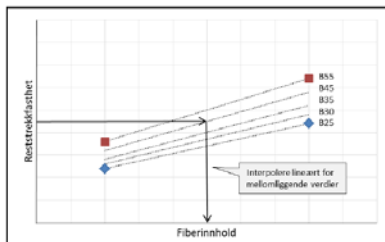
Ved bruk av stålfiberbetong til f.eks. gulv på grunn settes det krav til betongens restfasthet basert på bjelkeprøving i hht. NS-EN 14651. Forklar prøvningsmetoden, og skissér et typisk last-deformasjonsforløp.

## Restbøyestrekfasthet i hht NS-EN 14651



## Reststrekfasthet til fiberbetong

- For å bestemme nødvendig fibermengde må reststrekfasthet til fiberbetongen være bestemt ved prøving iht. NS-EN 14651 og NB38
- Dokumentasjonen er generell for betong med en gitt trykkfasthet og det kan interpoleres lineært for mellomliggende verdier
- Fiberleverandør vil normalt stå for dokumentasjonen av sine fibertyper



b)

Micro-fiber i plast (polypropylene) anvendes hovedsakelig til?

## PP - microfiber

- PP-fibre motvirker forekomsten av tidlige svinnriss i perioden 12-15 timer etter utstøping
- Redusert bleeding
- Hindre avskalling ved brann
- Frostbestandighet
- Ingen armeringseffekt i herdet tilstand

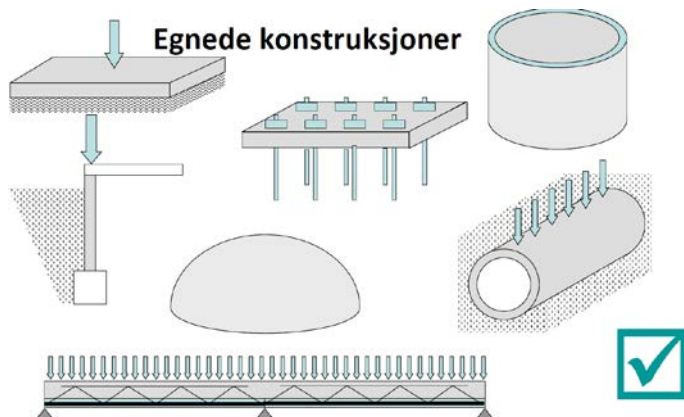
I tillegg benyttes ofte micro-fiber til å «redde» en betong som står i fare for å separere.

c)

I hvilke konstruksjoner er stålfiberarmering best egnet til å ta opp momentbelastninger? Hvilke konstruksjoner er ikke egnet for stålfiberarmering? Gi eksempler.

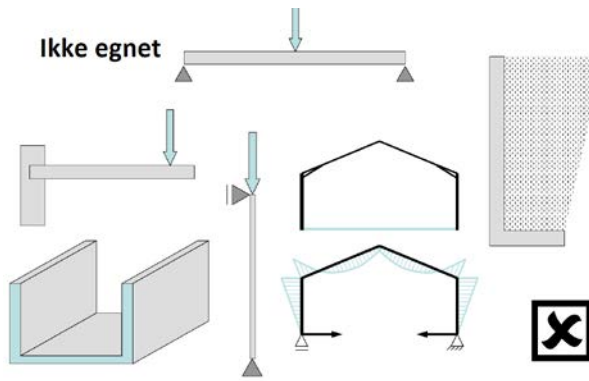
### I hvilke konstruksjoner er fiberarmering egnet til å ta opp momentbelastninger?

- Statisk ubestemte konstruksjoner
  - Som gir fordeling av belastningene
  - F.eks. gulv på grunn, tunnel elementer, gulv på peler.....
- Skall konstruksjoner
  - For å gi lastfordeling
  - Redusere effekten av spredning i doseringsmengde
  - F.eks. gulv og sprøytebetong
- Statisk bestemte konstruksjoner med tilstrekkelige aksielle trykk krefter
  - F.eks. etterspente dekker (CCL) , forspennte plater, kjellervegger
- Oppsummert: Lasten som fører til det første risset, må være lavere enn lasten som fører til det siste (bruddlinje)



### Hvilke konstruksjoner er ikke egnet for fiberarmering?

- Statisk bestemte konstruksjoner
  - F.eks. bjelker med et spenn eller utkraging
- Slanke konstruksjoner med trykk belastning
  - Risiko for knekking
  - F.eks. søyler, veldig tynne bærende vegger
- Konstruksjoner med vesentlig strekk krefter
  - «Tie beams» – bjelker for å ta strekk
- Konstruksjoner utsatt for fastholding
- Eller bruk
  - Kombinert armering
  - For/etter-spenning
  - Eksterne trykk krefter
  - «strain hardening» materiale



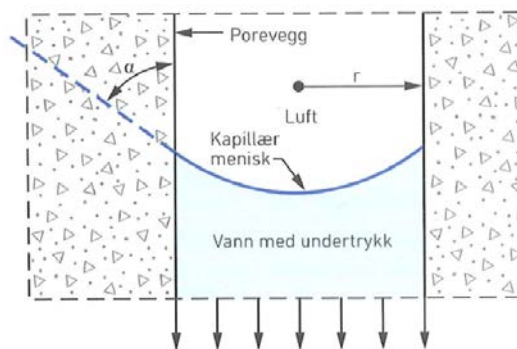
d)

Hvilke fysiske egenskaper er viktigst ved valg av tilslag til betong?

- **Densitet**
- **Styrke, E-modul**
- **Vannabsorpsjon**
- **Fryse / tine motstand**
- **(AAR, alkalireaktivitet) ; både fysisk og kjemisk**

e)

Forklar hva denne figuren uttrykker

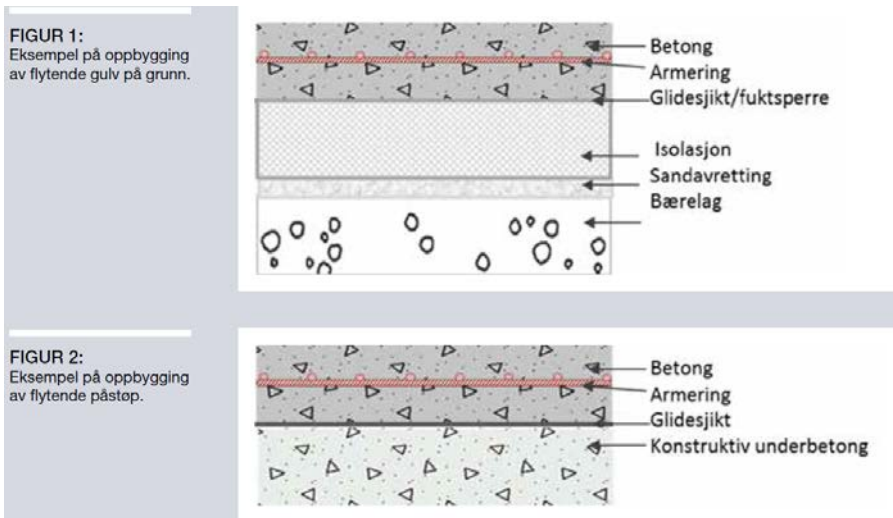


**Figuren viser vannmenisk i en kapillærpore, og resulterende kapillært undertrykk. Størrelsen på undertrykket er direkte avhengig av poreradien. Redusert poreradius gir større undertrykk, og dermed større strekkspenning i materialet som omgir poren**

f)

Hva menes med flytende betonggulv? Gjerne skissèr.

All betong trekker seg sammen ved uttørking. Dette kan medføre opprissing i overflaten hvis gulvet ikke gis mulighet for fri bevegelse. Med flytende gulv menes derfor gulvfelt som fritt kan bevege seg, hverken fastholdt til underlaget eller i andre konstruksjonsdeler.



g)

Standard Norge har tatt til orde for å endre referansetidspunkt for betongens trykkfasthet fra 28 til 91 døgn. Hva er hovedbegrunnelsen for dette forslaget?

Hovedbegrunnelsen er økt bruk av blandingssementer (CEM II – V) + økt bruk av tilsetningsmaterialer (i.e. FA) i betongen (lavkarbonbetong). Hovedsakelig pga pozzolanreaksjonen (el. hydrauliske reaksjoner) vil fasthetstilveksten utover 28 døgn kunne være betydelig (30 – 40%), og vil således ha betydning for konstruksjonens oppførsel, i.e. armeringsmengde.

h)

Hvor mange kg CO2 ekvivalenter (circa) slippes ut i Norge fra betongproduksjon pr. capita pr. år?

Klimagassutslipp i Norge



Hver av oss: 11 tonn CO2-ekvivalenter per år

All bygging med betong: 290 kg pr innbygger

Flytur Oslo- London: 240 kg – hver vei – pr passasjer



i)

Hvorfor er det viktig at betong ikke må utsettes for frost i fersk tilstand?

Hvis vannet i betongen fryser, vil hydrasjonsprosessen helt eller delvis stoppe opp. Det dannes islinser som igjen påvirker porestrukturen (større og flere porer → økt porøsitet).

Dette medfører permanent fasthetstap, og dårligere bestandighet.

NS 13670 krever derfor at temperaturen i betongen ikke i noe punkt faller under 0°C før det er oppnådd en minimum trykkfasthet på 5 MPa.

j)

Strekkfastheten og strekkøyingsevnen har indirekte stor betydning for betongens bruddoppførsel på trykk. Forklar.

De interne stivhetsforskjellene, komposittoppførselen og det seige bruddforløpet bidrar til å gjøre armert betong til et pålitelig konstruksjonsmateriale. Bruddforløpet i en armert betongkonstruksjon er forutsigbart, og begynnende brudd varsles tidlig i form av opprissing