

EKSAMENSOPPGAVE

Emne: IRB 22512 Statistikk og materiallære
Deleksamen 2 – Materiallære

Lærer/telefon:
Inge R. Eeg
Litian Wang

Grupper: 2.bygg	Dato: 02.06.2015	Tid: 09.00 – 12.00
Antall oppgavesider: 4	Antall vedleggsider: 9	
Sensurfrist: 23.06.2015		
Hjelpemidler: Utlevert kalkulator. Ellers ingen hjelpemidler.		
KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG		

Oppgave 1 (10%)

- Beskriv de viktigste konstruksjonssementene (i Norge) og hovedbruksområder.
- Pozzolaner benyttes mye i Norge. Nevn de 3 vanligste og beskriv hvordan de kan påvirke egenskaper i betong. Et av pozzolanene beskrives i all såkalt «vegvesen-betong». Hvilket og hvorfor?
- Forklar hva som menes alkalireaksjoner i betong. Hvordan kan alkalireaksjoner unngås?

Oppgave 2 (15%)

- Tilsetningsstoffer deles inn i ulike klasser avhengig av bruksområder. Noen av de mest benyttede er L-, R- og SP-stoffer. Beskriv virkemåte og anvendelsesområder.
- Karbonatisering av betong er en kjemisk reaksjon som både kan bidra til nedbrytning og bedre betongens miljøegenskaper (CO₂-avtrykk). Forklar reaksjonen (gjærne med skisse). Stikkord: pH.
- Kloridinntrengning regnes som en av de vanligste skadeårsaker til nedbrytning av armert betong. Hvorfor? Hvordan kan dette forebygges?

- d) I hht NS EN 206 klassifiseres miljøpåvirkningen i *eksponeringsklasser* og *bestandighetsklasser* (se tabell 1 og 2). Hvilken klasse(er) vil du velge for et brodekke som skal støpes et sted langs Norges kyst?

Oppgave 3 (15%)

- a) Porevolum og porestruktur i sementlimet er bl.a. avhengig av v/c-tallet (se figur 1). Forklar hvordan en økning i v/c fra 0,4 til 0,8 påvirker tetthet- (permeabilitet) og fasthetsegenskaper.
- b) De 2 vanligste svinn-mekanismene er plastisk svinn og langtidssvinn (uttørkingssvinn). Forklar hvordan de oppstår, mulige konsekvenser og tiltak for å hindre skader. Bruk gjerne skisser.
- c) Forklar hva som menes med kryp i betong.
- d) Forklar med dine egne ord hva som menes med:
- Betongens størkningstid og herdetid
 - Betongens konsistens
 - Betongens stabilitet
 - Betongens mobilitet

Oppgave 4 (15%)

- a) NS-EN 206 omhandler *spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar*(se fig. 2, 3, 4 og 5)). Beskriv en betong der karakteristisk terningfasthet (f_{ck28}) er min. 45 MPa (N/mm²), masseforholdet skal være 0,45, utsatt for frost, armert, synk 200mm og største tillatte steinstørrelse er 16mm.
- b) Hvorfor er det slik at krav til betongens bestandighet ofte «overstyrer» fasthetskravet. Hva kan bli konsekvensen derom byggherre / konsulent ikke er klar over dette forholdet?
- c) Selvkomprimerende betong (SKB) øker i anvendelse. Kan du angi hvilke fordeler SKB gir? Evt. ulemper?
- d) Stålfiberarmert betong øker betongens seighet/duktilitet. Hva vil du si er hovedforskjellen mellom denne betongen og en normalarmert betong?

- e) Hva kan herdeteknologi (simulering av fasthet- og varmeutvikling) benyttes til?

Oppgave 5 (15%)

- a) Vedlagt finner du en korfordelingsanalyse av hhv sand (fingrus) og stein (tabell 6). Tegn opp kurvene på vedlagte diagram og bestem finhetsmodulene. Kommenter gjerne hvordan du anser dette tilslaget er egnet til betongformål
- b) Beskriv hva som menes med følgende :
- Effektivt vanninnhold
 - Naturlig tilslag kontra knust tilslag
 - Partikkelsprang
- c) Proporsjonering av betong tar vanligvis utgangspunkt i å velge masseforhold (v/c-tall) for å tilfredsstille kravene til bestandighet og fasthet. Sett opp en typisk resept for 1 m³ betong med masseforhold 0,5. Det kreves ingen utregning, bare ca.-verdier enten i % eller kg/m³.

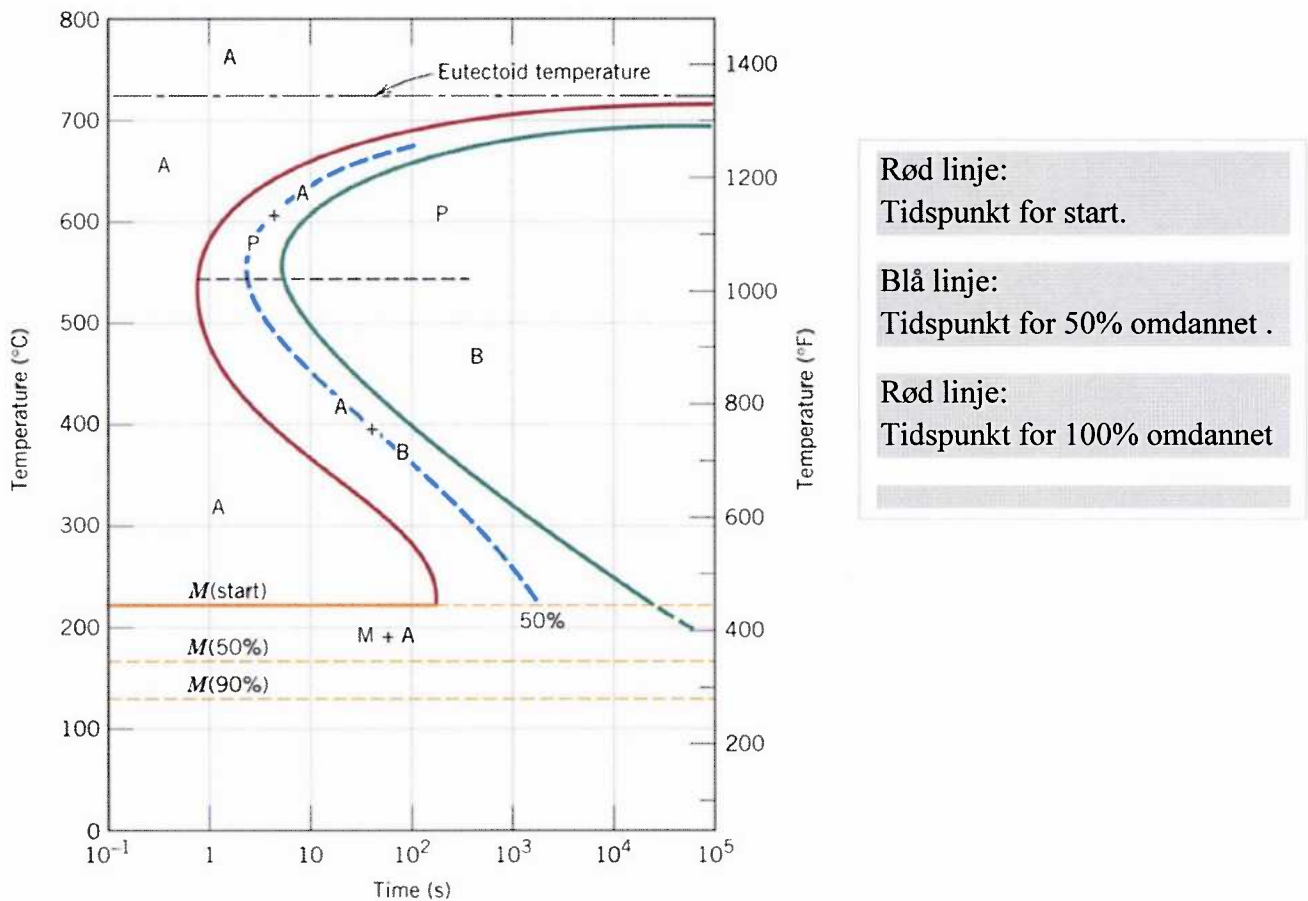
Densitet vann:	1000 kg/m ³
Densitet sement:	~ 3100 kg/m ³
Densitet sand (0-8):	~ 2700 kg/m ³
Densitet stein (8-16):	~ 2600 kg/m ³

Oppgave 6 (20%)

- Forklar begrepet «Flytegrensen» til metaller.
- Nevn noen parametere som brukes til å beskrive duktilitet til metaller.
- Forklar begrepene «Eutektisk reaksjon» og «Eutektoid reaksjon» (NB: reaksjon = faseovergang).
- Forklar begrepet «Perlitt» og hvordan den blir dannet.
- Forklar hvordan karbon-innhold påvirker stålets mekaniske egenskaper.
- Forklar begrepet «Martensitt», og hva er vanlig etterbehandling til martensitt?

Oppgave 7 (10%)

Figuren nedenfor er fasediagram for isotherm faseovergang (TTT-diagram eller IR- diagram) for et stål med 0,76%C.



- Hvordan kan man få finkornet Perlitt?
- Foreslå en varmebehandlings prosedyren for å få 50% Perlitt og 50% Bainitt.
- Foreslå en varmebehandlings prosedyren for å få både Perlitt, Bainitt og Martensitt.

Tabell NA.1 – Eksponeringsklasser

Klasse- betegnelse	Beskrivelse av miljø	Eksempler på hvor eksponeringsklassene kan forekomme (informativt)
1 Ingen risiko for korrosjon eller nedbrytning		
X0	For betong uten armering eller innstøpt metall: Alle miljøer, unntatt der det er frysing/tining, slitasje eller kjemisk angrep For betong med armering eller innstøpt metall: Meget tørt	Betong inne i bygninger med meget lav luftfuktighet
2 Korrosjon framkalt av karbonatisering		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall, utsettes for luft og fuktighet, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor: MERKNAD Fuktforholdet viser til fuktigheten i overdekningen av betong over armeringen eller annet innstøpt metall. I mange tilfeller kan imidlertid forhold i omgivelsene anses representative for forholdene i betongoverdekningen. I slike tilfeller kan en klassifisering av omgivelsene være tilstrekkelig. Dette trenger ikke være tilfellet dersom det finnes en sperre mellom betongen og omgivelsene.		
XC1	Tørt eller permanent vått	Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet Betong som permanent er neddykket i vann
XC2	Vått, sjelden tørt	Betongoverflater i kontakt med vann over lengre tid Fundamenter
XC3	Moderat fuktighet	Betong inne i bygninger med moderat eller høy luftfuktighet Utvendig betong som er beskyttet mot regn
XC4	Vekselvis vått og tørt	Betongoverflater i kontakt med vann, som ikke er i eksponeringsklasse XC2
3 Korrosjon framkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall, er i kontakt med vann som inneholder klorider, herunder avisingssalter, fra andre kilder enn sjøvann, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor: MERKNAD For fuktige omgivelser, se også gruppe 2 i denne tabellen.		
XD1	Moderat fuktighet	Betongoverflater utsatt for luftbårne klorider
XD2	Vått, sjelden tørt	Betong utsatt for industrivann som inneholder klorider Svømmebasseng
XD3	Vekselvis vått og tørt	Brudeler utsatt for sprut som inneholder klorider Vegdekker Deler av parkeringsanlegg i kontakt med klorider
4 Korrosjon framkalt av klorider fra sjøvann		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall, er i kontakt med klorider fra sjøvann eller luftbåret salt fra sjøvann, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XS1	Utsatt for luftbårne klorider, men ikke i direkte kontakt med sjøvann	Konstruksjoner nær eller på kysten
XS2	Permanent neddykket	Deler av marine konstruksjoner
XS3	Tidevannssoner, skvalpesoner og sprutsoner	Deler av marine konstruksjoner

TABELL 1.

(fortsetter)

Tabell NA.1 (avsluttes)

Klasse- betegnelse	Beskrivelse av miljø	Eksempler på hvor eksponeringsklassene kan forekomme (informativt)
5 Fryse-/tineangrep med og uten avisingsmiddel		
Der fuktig betong utsettes for betydelig angrep fra vekselvis frysing og tining, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XF1	Moderat vannmetning, uten avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater utsatt for regn og frost
XF2	Moderat vannmetning, med avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater i vegkonstruksjoner utsatt for frost og luftbårne avisingsmidler
XF3	Høy vannmetning, uten avisingsmiddel	Horisontale betongoverflater utsatt for regn og frost
XF4	Høy vannmetning, med avisingsmiddel eller sjøvann	Veg- og brudekker utsatt for avisingsmidler Betongoverflater utsatt for frost og direkte sprut som inneholder avisingsmidler Skvalpesonen i marine konstruksjoner utsatt for frost
6 Kjemisk angrep		
Der betongen utsettes for kjemisk angrep fra naturlig jord og grunnvann, som angitt i tabell 2, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor. Klassifiseringen av sjøvann avhenger av den geografiske plasseringen. Klassifiseringen som gjelder på betongens brukssted, skal derfor brukes.		
XA1	Lite kjemisk aggressivt miljø i henhold til tabell 2 (NS-EN 206)	De konsentrasjoner som er gitt i tabell 2, kan ikke benyttes for valg av bestandighetsklasse for andre situasjoner enn eksponering i naturlig jord og grunnvann. Slike situasjoner vurderes særskilt
XA2	Moderat kjemisk aggressivt miljø i henhold til tabell 2 (NS-EN 206)	
XA3	Meget kjemisk aggressivt miljø i henhold til tabell 2 (NS-EN 206)	
7 Kjemisk angrep fra husdyrgjødsel		
Der betongen utsettes for kjemisk angrep fra husdyrgjødsel		
XA4	Konstruksjoner i kontakt med husdyrgjødsel. Eksponeringsklassen gjelder for situasjoner som angitt i 4.1(2).	Klassen omfatter blant annet konstruksjoner som spalteplank, gjødselkjellere osv.
8 Særlig aggressivt miljø		
XSA	Eksponeringsklassen gjelder for situasjoner som angitt i 4.1.(2). Konstruksjoner utsatt for sterkt kjemisk angrep som ikke er dekket av de andre eksponeringsklassene, og som gjør særskilte beskyttelsestiltak påkrevd. Dette kan kreve spesialkomponert betong, membraner eller lignende	Klassen omfatter blant annet konstruksjoner som er i kontakt med væsker med høyt sulfatinnhold og lav pH, eksempelvis alunskifer, førsiloer osv.

TABELL 1 *forts.*

Tabell NA.15 – Valg av bestandighetsklasse, avhengig av eksponeringsklasse

Eksponeringsklasse	Bestandighetsklasse					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
X0	X	X	X	X	X	X
XC1, XC2, XC3, XC4, XF1		X	X	X	X	X
XD1, XS1, XA1, XA2 ^a , XA4 ^b			X	X	X	X
XF2, XF3, XF4				X		X
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3 ^a					X	X
XSA ^a	Betongsammensetning og beskyttelsestiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstille kravene til M40.					
^a Om det i eksponeringsklasse XA2, XA3 eller XSA er mulighet for kontakt med sulfater i konsentrasjoner høyere enn nedre grenseverdi for XA2, skal det i betongspesifikasjonen være angitt at det skal anvendes sulfatbestandig bindemiddel (SuR1 eller SuR2). Se også tabell NA.13. ^b For konstruksjoner utsatt for husdyrgjødsel skal det i betongspesifikasjonen være angitt at det skal anvendes minst 4 % silikastøv.						

Ved et miljø karakterisert av flere eksponeringsklasser skal det velges den betongsammensetningen som gir det strengeste kravet.

Tabellen gjelder for en dimensjonerende brukstid på både 50 og 100 år, forutsatt at det er valgt en minimumsoverdekning for armeringen med hensyn til bestandighet, som gitt i NS-EN 1992+NA.

TABELL 2.

NA.4.3.1 Trykkfasthetsklasser

NA.4.3.1(1) NS-EN 206 angir i tabell 12 og 13 trykkfasthetsklasser for normalbetong, tungbetong og lettbetong. Trykkfasthetsklassene benytter dobbeltnotasjoner der både verdi for sylindrefasthet og terningfasthet angis.

I Norge er det valgt å benytte en enkeltnotasjon der kravet til sylindrefasthet angis, og der bokstaven "B" benyttes som prefiks for normalbetong og tungbetong og "LB" for lettbetong.

Sammenhengen mellom de norske trykkfasthetsklassene og tabell 12 og 13 i NS-EN 206 er gitt i tabell NA.2 og NA.3 samt i nasjonalt tillegg til NS-EN 1992-1-1.

Tabell NA.2 – Trykkfasthetsklasser for normalbetong og tungbetong

Nasjonal trykkfasthets-klasse	B10	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65	B75	B85	B95
Europeisk betegnelse		C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C55/67				
Karakteristisk sylindrefasthet f_{ck}	10	20	25	30	35	45	55	65	75	85	95
Karakteristisk terningfasthet f_{ck}^a	12	25	30	37	45	55	67	80	90	100	110

^a For trykkfasthetsklasse B55 og høyere kan andre verdier for karakteristisk terningfasthet benyttes hvis forholdet mellom disse og karakteristisk sylindrefasthet er etablert med tilstrekkelig nøyaktighet og dokumentert for den aktuelle betongsammensetningen.

Tabell NA.3 – Trykkfasthetsklasser for lettbetong

Nasjonal trykkfasthets-klasse	LB12	LB20	LB25	LB30	LB35	LB45	LB55	LB65	LB75
Europeisk betegnelse	LC12/13	LC20/22	LC25/28	LC30/33	LC35/38	LC45/50	LC55/60		
Karakteristisk sylindrefasthet f_{ck}	12	20	25	30	35	45	55	65	75
Karakteristisk terningfasthet f_{ck}^a	13	22	28	33	38	50	60	72	83

^a Andre verdier for karakteristisk terningfasthet kan benyttes hvis forholdet mellom disse og karakteristisk sylindrefasthet er etablert med tilstrekkelig nøyaktighet og dokumentert for den aktuelle betongsammensetningen.

NA.5.1.1 Generelt

NA.5.1.1(2) Denne standarden gir ikke anvendelsesregler for delmaterialer der egnethet ikke kan påvises etter Norsk Standard.

NA.5.1.2 Sement

NA.5.1.2(2) Denne standarden gir ikke anvendelsesregler for kalsiumaluminat-sement eller supersulfat-sement.

NA.5.1.3 Tilslag

NA.5.1.3(1) Nasjonale krav til bruk av tilslag i betong er gitt for følgende typer tilslag:

- naturlig tilslag, se NA.5.2.3.1;
- gjenvunnet tilslag, se NA.5.2.3.3;
- resirkulert tilslag, se NA.5.2.3.4.

NA.5.1.3(2) Tilslag som luftavkjølt masovnslagg eller andre restprodukter fra industrien eller annet industrielt framstilt tilslag er det ikke gitt anvendelsesregler for, da det ikke er erfaring fra bruk av slike produkter i betong i Norge.

5.2.8 Kloridinnhold

(1) Betongens kloridinnhold, uttrykt som andelen kloridioner i prosent av sementmengden, skal ikke overskride verdien for den valgte klassen angitt i tabell 15.

Tabell 15 – Største kloridinnhold i betong

Anvendelse	Kloridinnhold-klasse ^a	Største Cl ⁻ -innhold i forhold til sementmasse ^b %
Uten armeringsstål eller annet innstøpt metall, unntatt korrosjonsbestandige løfteinnretninger	Cl 1,00	1,00
Med armeringsstål eller annet innstøpt metall	Cl 0,20	0,20
	Cl 0,40 ^c	0,40
Med spennstålarmoring i direkte kontakt med betong	Cl 0,10	0,10
	Cl 0,20	0,20

^a Hvilken klasse som skal benyttes for en bestemt anvendelse, avhenger av bestemmelsene som gjelder på betongens brukssted.

^b Hvis det brukes tilsetningsmaterialer, og det tas hensyn til i sementinnholdet, uttrykkes kloridioninnholdet som en prosentandel kloridioner av sementmassen pluss den totale massen av tilsetningsmaterialer som det er tatt hensyn til.

^c Ulike kloridinnholdklasser kan tillates for betong som inneholder sementtype CEM III i samsvar med bestemmelser som gjelder på bruksstedet.

(2) Kalsiumklorid og kloridbaserte tilsetningsstoffer skal ikke tilsettes betong som inneholder armeringsstål, spennstålarmoring eller annet innstøpt metall.

(3) Metode for å bestemme kloridinnhold i delmaterialer skal være i samsvar med aktuell prøvingsmetode for delmaterialet.

(4) Ved bestemmelse av betongens kloridinnhold skal summen av bidragene fra delmaterialene bestemmes ved bruk av én metode eller en kombinasjon av følgende metoder:

- beregning som bygger på det største kloridinnholdet i delmaterialet som er tillatt i standarden for delmaterialet, eller som produsenten av det enkelte delmaterialet har angitt;
- beregning som bygger på kloridinnholdet i delmaterialene, beregnet minst månedlig på grunnlag av summen av gjennomsnittet av de siste 25 bestemmelsene av kloridinnhold pluss $1,64 \times$ beregnet standardavvik for det enkelte delmaterialet.

MERKNAD Den siste metoden kan særlig brukes på tilslag som er grabbet fra sjøen, og i tilfeller der det ikke finnes noen angitt verdi eller standardisert høyeste verdi.

5.2.9 Betongtemperatur

(1) Temperaturen i den ferske betongen skal ikke være lavere enn 5 °C på leveringstidspunktet. Hvis det er nødvendig med en annen minimums- eller maksimumstemperatur for den ferske betongen, skal disse spesifiseres sammen med de tillatte toleransegrensene. Eventuelle krav om kunstig kjøling eller oppvarming av betongen før levering skal være avtalt mellom produsenten og brukeren.

5.3 Krav avhengig av eksponeringsklasser

5.3.1 Generelt

(1) Kravene til betong som skal motstå miljøpåvirkninger, er angitt enten i form av begrensninger i betongsammensetning og påviste betonegenskaper (se 5.3.2) eller avledet fra ytelsesrelaterte metoder (se 5.3.3). Kravene skal ta hensyn til betongkonstruksjonens dimensjonerende brukstid.

TABELL 4

Tabell 2 – Grenseverdier for eksponeringsklasser for kjemisk angrep fra naturlig jord og grunnvann

Kjemisk aggressiv	Prøvmingsmetode	XA1	XA2	XA3
Grunnvann				
SO ₄ ²⁻ mg/l	NS-EN 196-2	≥ 200 og ≤ 600	> 600 og ≤ 3 000	> 3 000 og ≤ 6 000
pH-verdi	ISO 4316	≤ 6,5 og ≥ 5,5	< 5,5 og ≥ 4,5	< 4,5 og ≥ 4,0
CO ₂ mg/l aggressiv	NS-EN 13577	≥ 15 og ≤ 40	> 40 og ≤ 100	> 100 opp til metning
NH ₄ ⁺ mg/l	NS-EN 7150-1	≥ 15 og ≤ 30	> 30 og ≤ 60	> 60 og ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	NS-EN ISO 7980	≥ 300 og ≤ 1 000	> 1 000 og ≤ 3 000	> 3 000 opp til metning
Jord				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^a totalt	NS-EN 196-2 ^b	≥ 2 000 og ≤ 3 000 ^c	> 3 000 ^c og ≤ 12 000	> 12 000 og ≤ 24 000
Surhet etter Baumann Gully ml/kg	NS-EN 16502	> 200	Ikke aktuelt i praksis	
^a Leirjord med en permeabilitet under 10 ⁻⁵ m/s kan settes i en lavere klasse. ^b Prøvmingsmetoden foreskriver ekstraksjon av SO ₄ ²⁻ ved hjelp av saltsyre. Alternativt kan ekstraksjon med vann brukes hvis det finnes erfaring med det på betongens brukssted. ^c Grensen på 3 000 mg/kg skal reduseres til 2 000 mg/kg hvis det er fare for akkumulering av sulfationer i betongen på grunn av vekselvis tørking og fukting eller kapillærsug.				

4.2 Klasser for egenskaper til fersk betong

4.2.1 Konsistensklasser

(1) Der betongen klassifiseres med hensyn til konsistens, gjelder tabell 3, 4, 5 og 6. For SKB gjelder bare klassene i tabell 6.

(2) Konsistens kan også angis ved hjelp av en tilsiktet verdi med toleranser som angitt i tabell 23.

MERKNAD 1 Konsistensklassene i tabell 3 til 6 står ikke i direkte forhold til hverandre. Konsistensen er ikke klassifisert for jordfuktig betong, dvs. betong med lavt vanninnhold som er ment å bli komprimert med spesielle metoder.

MERKNAD 2 For ytterligere informasjon, se tillegg L, linje 1.

Tabell 3 – Synkklasser

Klasse	Synkmål prøvd etter NS-EN 12350-2 mm
S1	10 til 40
S2	50 til 90
S3	100 til 150
S4	160 til 210
S5 ^a	≥ 220
^a Se merknad 1 i 5.4.1.	

TABELL 5

Kornfordeling ved tørrsikting

I følge NS-EN 933-1

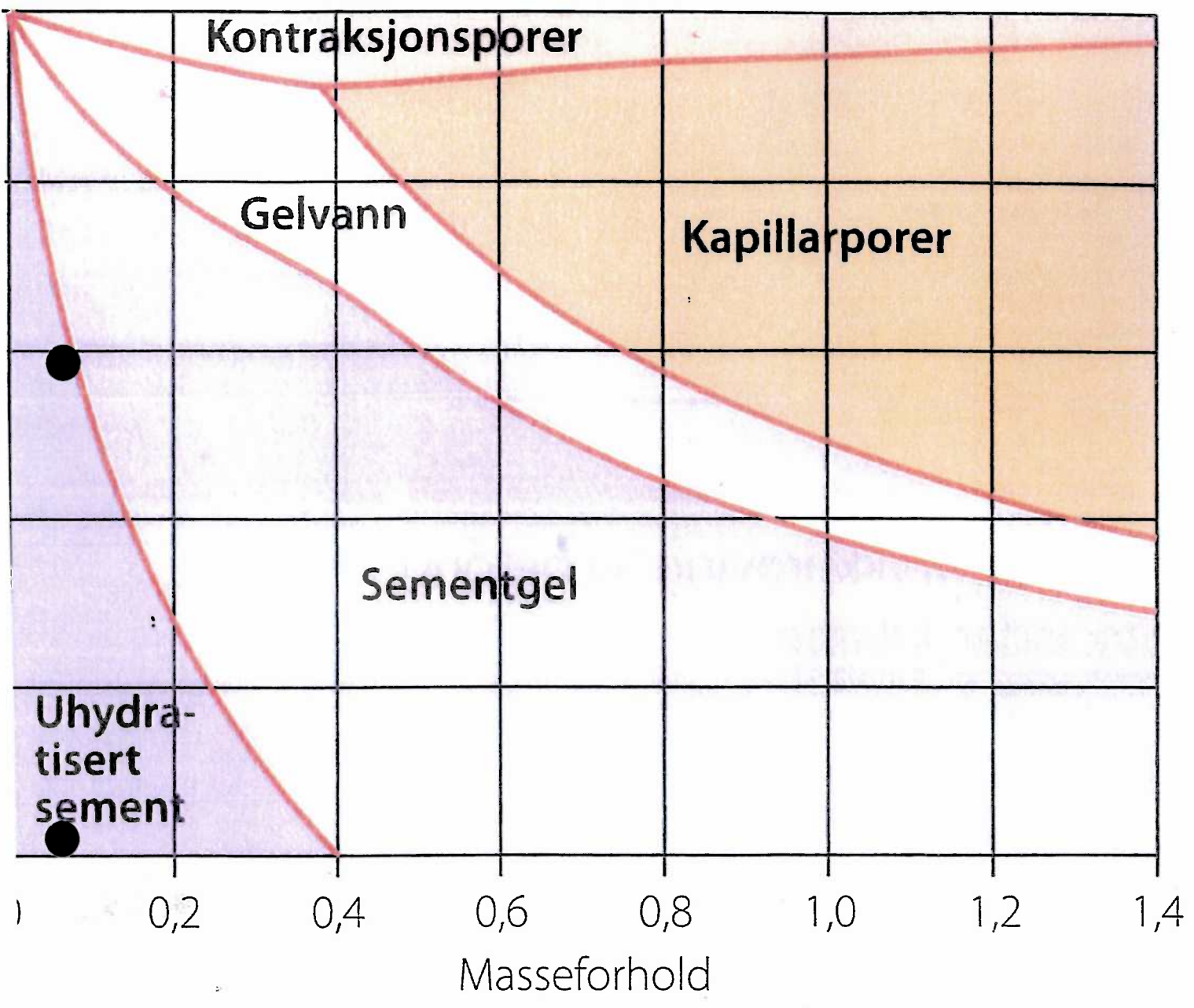
Type tilslag	SAND (Fingrus)		STEIN	
Densitet	2660 kg/m ³		2600 kg/m ³	
Prøvens vekt (våt)	kg		kg	
Prøvens vekt (tørr) g	597,6		1300	
Fuktinnhold	%		0 %	
Maskesikt	Sikterest		Sikterest	
	g	%	g	%
> 63 mm	0	0,0	0	0,0
> 31,5 mm	0	0,0	0	0,0
> 16 mm	0	0,0	102	7,8
> 8 mm	3,1	0,5	1234	94,9
> 4 mm	72,4	12,1	1292	99,4
> 2 mm	151,5	25,4	1294	99,5
> 1 mm	262,5	43,9	1294	99,5
> 0,5 mm	394,2	66,0	1294	99,5
> 0,250 mm	500,4	83,7	1294	99,5
> 0,125 mm	558,7	93,5	1298	99,8
> 0,063 mm	584,5	97,8	1300	100,0
Gjennom alle sikt (kontroll)	596,9	99,9	1300	100,0
Finhetsmodul				

FM sand ?

FM stein?

TABELL 6

Sementpastaens sammensetning, hydr.grad = 1,0



FIGUR 1