

Publikasjon nr. 20

Bestemmelse av fasthetsklasse for betong i en konstruksjon

FORORD

Denne publikasjon er en veiledning for bestemmelse av fasthetskklasse for betong i en konstruksjon, eller deler av denne, basert på trykkfasthet til utborede prøver. Dessuten blir innledningsvis også betongens fasthetskklasse basert på støpte prøver behandlet.

Arbeidet med veiledningen er kommet igang etter ønske i bransjen hvor man har savnet klare og fullstendige retningslinjer for denne type undersøkelser.

Norsk Betongforening opprettet en komité bestående av:

Dr. ing. Esben Jonsson (formann)	Eget firma
Seniorforsker Per Arne Dahl	SINTEF Konstruksjoner og betong
Dr. ing. Finn Fluge	Eget firma
Siv.ing. Steinar Leivestad	Berdal Strømme as
Dr. ing Malvin Sandvik	Norwegian Contractors
Dr. ing. Elisabeth Schjølberg	Vegdirektoratet, Veglaboratoriet

I tillegg har siv. ing. Reidar Kompen i Veglaboratoriet bidratt med verdifulle råd og kommentarer.

Dr. Lars Aadnesen, Dr. Lars Aadnesen & Co. A/S, har det siste år vært komitéens faglige sekretær. Hans arbeide har hatt stor betydning for både fremdriften og publikasjonens innhold. Dette arbeide har vært betalt av Veglaboratoriet som på denne måten har bidratt sterkt til at det har lyktes å fullføre komitéarbeidet.

Fluge og Jonsson har også utført ekspertutredninger for komitéen, og en arbeidsgruppe bestående av Fluge, Jonsson og Aadnesen har utført en bearbeiding av innkommet materiale i den avsluttende fasen av arbeidet med publikasjonen.

De spesielle utredninger samt komitéens drift (møtevirksomhet og reiser) er blitt delvis dekket av bidrag fra firmaer og institusjoner nevnt i pkt. 10.

Denne publikasjonen har hatt som målsetning å samle bestemmelser i forskjellige norske standarder og retningslinjer samt presisere og utfylle disse bestemmelsene.

Selve veiledningsteksten er skrevet i normal skrift, sitater direkte fra standarder eller andre regler og forskrifter er skrevet i uthevet skrift og komitéens kommentarer er skrevet i kursiv.

Komitéen anbefaler at arbeidet blir videreført. Bl.a. bør det lages en samling eksempler som viser bruken av veiledningen, det kan også være behov for å lage en kortfattet prosedyre for praktisk bruk. Dessuten er det noen faglige problemstillinger som bør utredes videre.

Komitéen vil uttrykke takk for de mange konstruktive kommentarer som ble mottatt i forbindelse med høringen.

September 1993.

Esben Jonsson

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	Side	4
2.	Filosofien bak materialstandardene	"	5
3.	Generelt om prøvning og vurdering av konstruksjonsfasthet	"	8
4.	Løpende byggeplasskontroll		
4.1	Generelt	"	9
4.2	Kontrollomfang	"	9
4.3	Uttak, oppbevaring og utførelse av prøvene	"	11
4.4	Vurdering av prøvningsresultatene	"	12
5.	Kompletterende prøvning	"	16
6.	Bestemmelse av fasthet basert på utborede prøver		
6.1	Generelt	"	17
6.2	Personell og utstyr	"	17
6.3	Prøvelegemer	"	18
6.4	Prøveomfang	"	18
6.5	Uttak av prøver	"	19
6.6	Behandling av prøvelegemer for trykkprøvning	"	22
6.7	Bestemmelse av trykkfasthet	"	23
6.8	Vurdering av registrert trykkfasthet	"	23
7.	Verifikasjon av normfasthet ved utboring i konstruksjon		
7.1	Generelt	"	25

7.2	Prøveomfang	Side	25
7.3	Vurdering av trykkfasthet	"	25
8.	Bestemmelse av fasthetsklasse basert på prøver utboret i konstruksjonen		
8.1	Generelt	"	27
8.2	Type områder som skal undersøkes	"	27
8.3	Omfang av prøver	"	28
8.4	Plassering av utboring i forhold til mulige riss	"	29
8.5	Vurdering av prøveresultater	"	32
9.	Litteraturhenvisninger	"	33
10.	Bidragstere	"	34
	Bilag A Overgang fra normprøver til betongrykkfasthet i konstruksjonen		
A.1	Innledning	"	35
A.2	Tap ved overgang fra normprøve til prøve tatt fra konstruksjonen	"	37
A.3	Overgang fra terning til sylinderfasthet	"	38
A.4	Reduksjon på grunn av skalaeffekter	"	39
A.5	Eksempel	"	40
A.6	Referanser	"	40
	Bilag B Statistisk grunnlag for vurdering av prøveresultater		
B.1	Generelt	"	41
B.2	Statistisk grunnlag	"	42
B.3	Eksempel	"	43

1. INNLEDNING

Denne publikasjon er en veiledning for bestemmelse av fasthetsklasse for betong i en konstruksjon, eller deler av denne, basert på trykkfasthet til utborede prøver. Innledningsvis er også betongens fasthetsklasse basert på støpte prøver behandlet.

Betongens fasthetsklasse kan bestemmes basert på:

a) Støpte prøver:

- Løpende byggeplasskontroll med terninger støpt på byggeplassen.
- Løpende ferdigbetongkontroll med terninger støpt ved fabrikken.

b) Utborede prøver som supplement til støpte prøver:

- Konstruksjoner hvor resultatet fra den løpende byggeplasskontroll ikke tilfredsstiller kravet.
- Det kan stilles spørsmål om betongen har foreskrevet fasthet i konstruksjonen.

c) Kun utborede prøver:

- Konstruksjoner hvor fastheten er viktig for for bedømmelse av bæreevnen, f.eks. ved rehabilitering, ombygging, o.l.

Det har vist seg at den løpende byggeplasskontroll i mange tilfeller har vært mangelfull, til tross for klare regler i gjeldende standarder og forskrifter. Denne publikasjon har derfor også som hensikt å:

a) Presisere de gjeldende regler for kontroll.

b) Presisere og eventuelt klargjøre spørsmål i forbindelse med prøvning og tolkning av prøvningsresultater.

Det understrekes at publikasjonen bare behandler fasthetsprøvning av betong. Dette er i overensstemmelse med det mandat som danner grunnlaget for utarbeidelse av publikasjonen. Det betyr imidlertid

at annen prøvning av betongen kan være like viktig eller viktigere. Slik annen nødvendig prøvning forutsettes utført ifølge gjeldende regler.

Det er ikke tatt hensyn til fasthetsavvik som skyldes mulige forskjeller mellom prøvemaskiner.

Publikasjonen behandler ikke en nærmere vurdering av den dimensjonerende betongfasthet i spesielt nøye undersøkte konstruksjoner eller deler av disse. I visse tilfelle vil det være mulig å utnytte betongen sterkere enn etter denne veiledningen, men dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

For å lette bruken av veiledningen er følgende skrifttyper benyttet:

- a) Selve veiledningsteksten
- b) Direkte utdrag av NS eller andre regler og forskrifter**
- c) *Kommentarer*

2. FILOSOFIEN BAK MATERIALSTANDARDENE

Formålet med materialstandardene er å sikre at de beregningsmessige forutsetninger blir oppfylt. Standardene tar utgangspunkt i nybygg og regelverket er stort sett innrettet på dette.

Reglene i NS 3420 /1/*) for utboring av prøver fra en konstruksjon er derfor primært ment som en mulighet til å kunne verifisere fasthet oppnådd i konstruksjonen når resultatene fra den løpende betongkontroll viser for lave verdier.

Den løpende betongkontroll er basert på normprøvning som er en vikarierende prøvning av fastheten i en konstruksjon. Det tas ut prøver av den betong som skal plasseres i konstruksjonen. Prøvene støpes ut i normerte former, gis en normert komprimering og lagres under normerte herdningsbetingelser frem til trykkprøvning. På grunnlag av den fasthet som bestemmes ved normprøvningen, får man et grunnlag til å bestemme den fastheten som er oppnådd i konstruksjonen. Det henvises til Bilag A.

Sammenhengen mellom normprøvning og fasthet i konstruksjonen er verifisert gjennom forsøk. Dette danner grunnlag for de tabellerte verdier for konstruksjonsfastheten f_{cn} . Kfr. NS 3473 /2/ tabell 5.

I normprøvene er en rekke parametre som kan påvirke den fasthet som måles, såsom dimensjoner, utstøpning, herdning og prøveprosedyrer, standardisert og prøvningen skal utføres kontrollert. Normprøvningen egner seg derfor til statistisk behandling. Problemet

* Litteraturhenvisningene er gitt i pkt. 9

i vanlig kontrollarbeid er at antall prøver er lite, slik at det er nødvendig å foreta en tillempling av de statistiske metodene.

Vurdering av fasthet baseres på stikkprøvekontroll. Dette representerer i seg selv en usikkerhet. Normalt blir derfor verdiene angitt å ligge innenfor et intervall.

På grunnlag av stikkprøver vil beregnet karakteristisk fasthet f_{ck} ikke entydig, være virkelig f_{ck} , men en fasthetsverdi som ligger innenfor et intervall. Dvs. f_{ck} blir angitt som en beregnet verdi samt den usikkerheten denne verdi er beheftet med.

Usikkerheten er avhengig av antall prøver som er tatt og det sannsynlighetsnivå som velges (f.eks. krav om at virkelig verdi med 90% sannsynlighet skal ligge innenfor det gitte intervall).

Settes f.eks. $f_{ck} = 37,5 \pm 2,0$

vil det derfor være 50% sannsynlighet for at den virkelige verdien for f_{ck} ligger under beregnet verdi for f_{ck} , og 50% sannsynlighet for at den er større enn den beregnede.

Vurdering av prøvningsresultatene vil eller kan tjene forskjellige formål:

- Verifisering av at betongen i en konstruksjon tilfredsstiller de tekniske krav.
- Kontroll av en betongproduksjon som grunnlag for økonomiske oppgjør og etablering av produsentens styringsparametre.

Vurderingskriteriene i NS 3420 /1/, tilsvarer en produsentrisiko på 50 % . De tilsvarer også at byggherren har en risiko på 50% for å akseptere for lave verdier. For å sikre seg mot en feilaktig underkjennelse, må derfor produsenten velge en annen risiko enn den byggherren ønsker for aksept.

Kommentarer:

Vurderingskriteriene i NS 3420 /1/ tilsvarer en produsentrisiko på 50%. En slik risiko vil ingen seriøs betongprodusent ta, normalt benytter man en produsentrisiko i størrelsesorden 5-10%, se Bilag B.

Dette betyr at produsenten i sin vurdering av tilsiktet middelfasthet må anvende høyere verdier for koeffisienten w enn de NS 3420 /1/ angir, kfr. pkt 4.4.

Da man i dag har anledning til å benytte produsentens prøveresultater som supplement til egne prøver, og fordi prøvematerialet er det samme, er kanskje disse to hensyn gått over i hverandre og bidratt til en viss forvirring.

I tilfeller med få prøver på byggeplass vil en mulig ordning være at prøvene fra byggeplass suppleres med betongprodusentens prøver inntil et samlet antall på 15 prøver som kan danne basis for den statistiske behandlingen.

De supplerende prøver skal være fra betongleverandørens normale prøveuttak.

Forutsetningen er at antallet prøver begrenses til 15, at betongleverandørens prøveresultater er de sist registrerte, og at ingen prøve tatt på byggeplass har lavere fasthet enn krevet karakteristisk fasthet. Videre må prøvene være fra samme familie av betong, og det må være en grense for hvor gamle de er. Begrensningen i alder bør være 3 måneder.

Med uttrykket betong av samme "familie" menes varianter av betong innen en fasthetsklasse.

- Byggherren baserer seg på en akseptsannsynlighet*
- Produsenten baserer seg på en kasasjonsrisiko*

De to tingene gjør at vurderingen er forskjellig.

Byggherren vil sikre seg at han har stor sannsynlighet for at de produkter han får tilfredsstiller de kravene han stiller. Produsenten må sikre seg at han ikke lager en betong som er uøkonomisk, men samtidig må han ikke legge inn for stor risiko for å få kassert en akseptable betong.

Det understrekes at Kontrollrådets regler er basert på byggherrens akseptkriterier.

Det refereres til Bilag B.

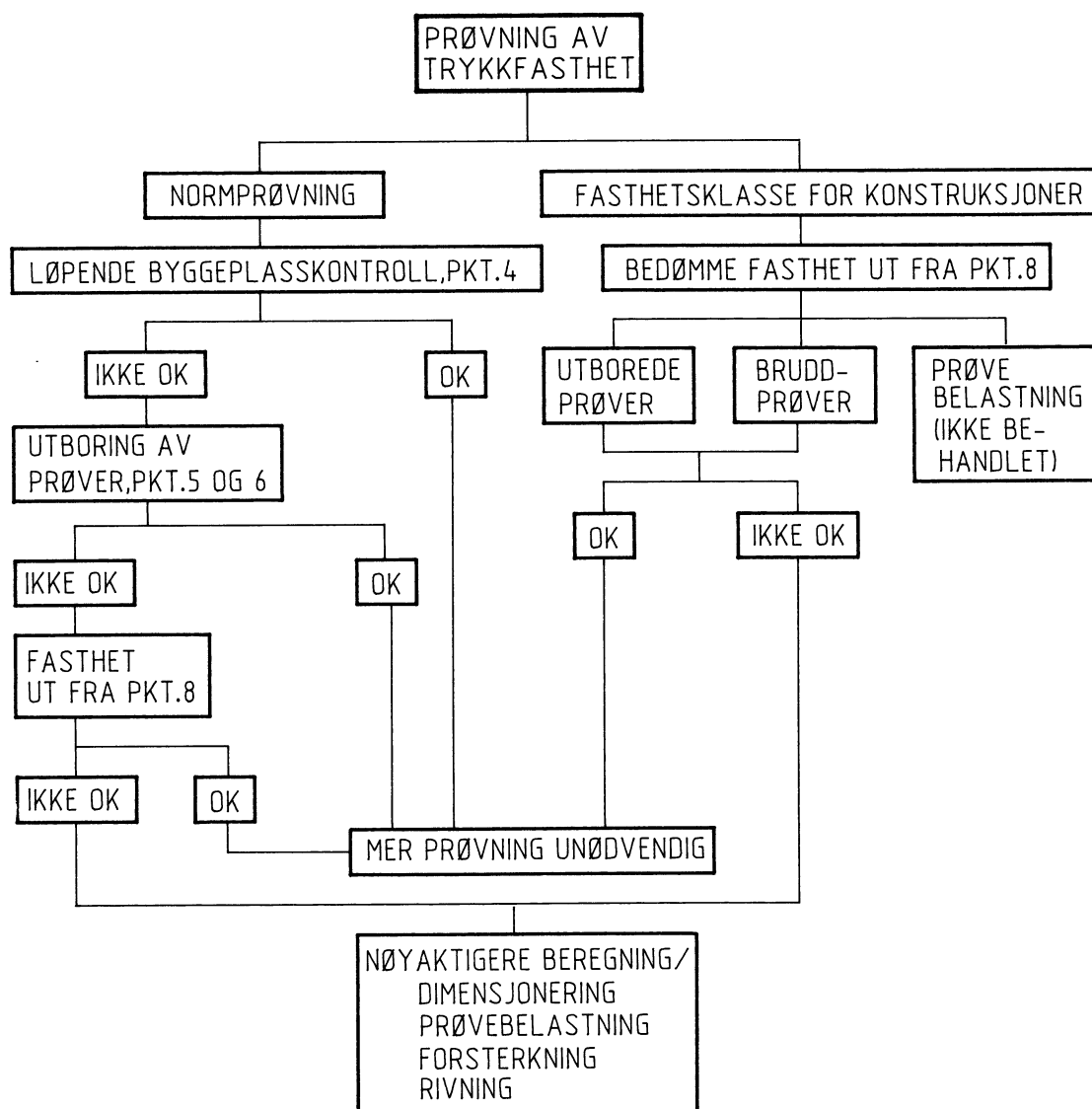
Når vurderingskriteriet ikke tilfredsstilles, kommer bestemmelsen om utboring fra konstruksjonen til anvendelse.

Forutsetningene er da at det kan påvises hvor betongen er plassert, slik at det kan tas ut prøver av den betongen det er mistanke til.

3. GENERELT OM PRØVNING OG VURDERING AV KONSTRUKSJONSFASTHET

Prinsippskissen i figur 3.1 viser fremgangsmåten for bedømmelse av betongens konstruksjonsfasthet. Det fremgår av prøvning og vurdering kan være aktuelt på flere nivåer, men at resultatene på et nivå avgjør behovet for prøvning/vurdering på neste nivå.

I skissen er det gitt henvisning til en del aktuelle punkter i denne publikasjonen.



Figur 3.1. Prinsippskisse for fremgangsmåte ved bedømmelse av konstruksjonsfasthet.

4. LØPENDE BYGGEPLASSKONTROLL

4.1 Generelt

Under utførelse av støpearbeider skal den/de som er ansvarlig for utførelsen foreta den løpende kontroll. Dessuten kan byggherren utføre en tilleggskontroll.

Krav til den løpende kontroll er gitt i NS 3420 kapittel L Betongkonstruksjoner /1/.

Kommentarer:

Det understrekes at når en i det følgende benytter uttrykket "løpende byggeplasskontroll" så menes den totale kontroll utført ifølge gjeldende regler og forskrifter, både på selve byggeplassen og f.eks. ved en ferdigbetongfabrikk.

4.2 Kontrollomfang

NS3420 pkt. L06.1 /1/ inndeler betongarbeidene i tre kontrollklasser:

- **Utvidet kontroll (U)**
- **Normal kontroll (N)**
- **Begrenset kontroll (B)**

Kontrollomfanget er avhengig av kontrollklassen. For valg av kontrollklasse vises til NS 3473 /2/ pkt. 7.1.

Kommentarer:

Kontrollomfang B har liten interesse i forbindelse med denne publikasjon, og utelates derfor i det følgende.

Kontrollomfanget for mindre arbeider, enten de utføres i U eller N, trenger aldri være større enn en prøve pr. lass. Da dette er å betrakte som 100 % prøvning, kan antallet prøver være mindre enn kravene ovenfor. Ved 100 % prøvning er kravet til karakteristisk verdi oppfylt dersom ingen prøveverdi underskrider krevet karakteristisk verdi.

Kontrollomfanget for kontroll av fasthet er gitt i pkt. L505.1.4 /1/, og er følgende:

U: Det skal tas én prøve hvert støpeskift og minst hver påbegynt 100 m³ av hver material-sammensetning, men minst 14 prøver.

N: Det skal tas én prøve hver støpeperiode og minst hver påbegynt 250 m³ av hver material-sammensetning, men minst 5 prøver.

I NS 3420 /1/ pkt. 02 gis det følgende definisjoner:

Støpeperiode:

Er ikke et presist begrep, men er ment å dekke betongarbeider utført innenfor et begrenset tidsrom (dager) hvor rammebetingelsene for produksjon og transport av betongen er uendret. Det kan være naturlig å se på fundamentstøp, dekkestøp, veggstøp osv. som støpeperioder; en støpeperiode er ikke nødvendigvis det samme som et støpeavsnitt.

Støpeskift:

Er normalt å regne som et sammenhengende støpearbeid av ca. 8 timers varighet. Det endrer ikke kravet til prøvetaking om det støpes flere steder i samme konstruksjon eller bygg. Dersom imidlertid betongleveransen kommer fra flere leverandører, gjelder kravene til prøving for hver leverandør.

Når det brukes fabrikkblandet betong tillates, iflg. pkt. L505.1.1 /1/ prøvningen på byggeplassen redusert til inntil halvparten av det som er beskrevet ovenfor, under forutsetning av at:

- betongleverandøren dokumenterer at det ved vedkommende fabrikk produseres betong som tilfredsstiller kvalitetskravene
- det totale prøvingsomfang ikke blir mindre enn det som er beskrevet for byggeplassprøvningen alene
- partene har gjensidig adgang til hverandres prøvingslaboratorier og prøvingsresultater i byggetiden

Kontrollrådet for betongprodukter (KR) har gitt følgende tilleggsbestemmelser for fabrikkblandet betong i tabell 2, /3/:

Utvidet kontroll (A 1)	Normal kontroll (A 2)
To prøver pr. uke.	Hver kalendermåned:
Dog minst pr. kalendermåned: 1 prøve pr. påbegynt 100 m³ betong inntil 400 m³.	Minst 1 prøve pr. påbegynt 100 m³ betong inntil 400 m³.
Deretter 1 prøve pr. påbegynt 200 m³ betong.	Deretter 1 prøve pr. påbegynt 300 m³ betong.

Trykkprøving skal utføres ved godkjent betongprøvingslaboratorium. Med "godkjent" menes i denne forbindelse godkjent av Kontrollrådet for betongprodukter samt av de involverte parter.

Kommentarer:

Ovennevnte siterte regler innebærer at det alltid skal utføres en kontroll av betongen på byggeplassen selv om fabrikkblandet betong blir benyttet, og uansett om man ved fabrikken f.eks. har en kontroll som langt overskrider Kontrollrådets krav /3/.

Det vises til "Kommentarer" under pkt. 2 for forslag til tillempling av kravene.

4.3 Uttak, oppbevaring og utførelse av prøvene

Krav til uttak av prøver, oppbevaring og utførelse av prøvene er dekket av:

NS 3658 Prøvetaking /4/

NS 3667 Prøvelegemers form og mål /5/

NS 3668 Prøvelegemers trykkfasthet /6/

NS 3669 Støping og lagring av prøvelegemer til å bestemme fasthet /7/

Kommentarer

Det understrekes viktigheten av et meget nøyaktig renhold av formene og nøyaktig utførelse av prøvestøp og trykkprøvning.

NS stiller ingen krav til materialer for formene. Bruk av plexiglass-former kan gi toleranseavvik som er større enn hva kravet i NS 3667 tilsier.

For formene skal trykkflatenes planhet kontrolleres regelmessig. Ingen prøvestykker skal trykkprøves før slik kontroll er foretatt.

4.4 Vurdering av prøvningsresultatene

Krav til karakteristisk trykkfasthet gitt i NS 3420 /1/ pkt. L.501.2 er basert på prøvningsalder 28 døgn. I pkt. L.501.3 er det gitt regler for fastleggelse av fasthetsklasse ved prøving ved lavere alder enn 28 døgn, men ikke lavere enn 7 døgn.

Reglene er basert på en koeffisient som angir relasjonen mellom fasthet ved prøvetidspunktet og ved 28 døgn. Denne koeffisient skal dokumenteres og dette krever relativt omfattende prøvning. Ulike sementer og tilsetningsstoffer vil gi ulike koeffisienter. Reglene har derfor antakelig større interesse for å få hurtige resultater av prøvning utført ved en ferdigbetongfabrikk enn ved prøvning på byggeplassen.

Krav til hvordan prøvningsresultatene skal vurderes er gitt i NS 3420 /1/ pkt. L.501.4 og er følgende:

Hvis det brukes betong med ulike materialsammensetninger, bestemmes karakteristisk trykkfasthet for hver sammensetning.

For å vurdere om betongen tilfredsstillir kravene til trykkfasthet, benyttes en av følgende metoder.

- a) Karakteristisk fasthet f_{ck} kan beregnes ut fra middelverdien av prøvefasthetene f_{cm} og standardavviket s med formelen:

$$f_{ck} = f_{cm} - w \cdot s$$

der w har disse verdier:

Antall prøvefastheter	3	4-5	6-10	11-20	>20
w	2,5	2,0	1,7	1,5	1,4

- b) Krav til karakteristisk fasthet anses oppfylt dersom det underskrides av høyst en prøvefasthet hvis prøvenes antall er minst 27.

For begge metoder gjelder at ingen prøvefasthet skal være lavere enn 80 % av krevd karakteristisk fasthet.

Prøvefasthet regnes som middelerdi av prøvingsverdiene for to prøvelegemer av samme form og dimensjoner, fremstilt av én prøve av fersk betong.

Hvis det av prøvingsresultatene fremgår at kravene i tabell L5:a ikke er eller vil bli tilfredsstilt, skal betongens materialsammensetning korrigeres og ny prøving foretas straks. Det skal dessuten straks iverksettes ekstra tiltak for å gi betongen i konstruksjonen de best mulig herdningsvilkår.

Kommentarer:

Begge metodene a og b er likeverdige hva angår andel undermålere som tillates. Statistisk er en regel 0 undermålere av minst 14 prøver også likeverdig.

Kontrollrådet har stilt tilleggskrav /3/ for fabrikkblandet betong: Ved lesing av Kontrollrådets krav må en være oppmerksom på at de refererer til krav som stilles til ferdigbetongfabrikkenes egenkontroll. (Det bemerkes spesielt at punktene i det følgende refererer til Kontrollrådets punkter):

(6.4) Betongens kvalitet

(6.4.1) Betongens kvalitet skal tilfredsstille kravene i NS 3420.

Prøvefastheten skal bestemmes etter kontrollbestemmelse A eller B - se pkt. 6.4.2 og 6.4.3.

Fabrikker i klasse A1 (utvidet kontroll) skal benytte kontrollbestemmelse A for vurdering av de tre mest benyttede kvaliteter.

(6.4.2) Kontrollbestemmelse A

Ved vurdering av betongens fasthet brukes formel angitt i NS 3420, kap. L 5, pkt. 01.4 (her er gjentatt pkt. a) på foregående side).

Karakteristisk fasthet for hver fasthets- og miljøklasse skal beregnes hver måned. I beregningene kan resultatene fra foregående periode

inngå dersom prøveantallet i siste måned er mindre enn 27. Ingen resultater skal dog være eldre enn tre måneder.

Ved bevisst endring av betongens fasthetskrav kan vurderingen baseres på kortere tidsrom.

Spesielle betongkvaliteter som det i godkjenningsperioden er liten produksjon av, kan vurderes på grunnlag av standardavvik i nærliggende fasthetsklasse eller prøveresultater av betong i sammefasthetsklasse fra tidligere periode.

(6.4.3) Kontrollbestemmelse B

Ved kontroll av prøvefastheten kan benyttes følgende tabell som gir høyeste antall tillatte undermålere:

- 1 av minst 27 prøver	
- 2 " " 39 "	
- 3 " " 51 "	
- 4 " " 62 "	
- 5 " " 71 "	
.....OSV.	

Vurdering av fastheten skal for hver fasthets- og miljøklasse foretas månedlig.

I vurderingen kan resultatene fra foregående periode inngå dersom prøveantallet i siste måned er mindre enn 27.

Ingen resultater skal dog være eldre enn tre måneder.

(6.4.4) For begge kontrollklasser (pkt. 6.4.2 og 6.4.3) gjelder at ingen prøvefastheter må være lavere enn 80% av karakteristisk fasthet - jfr. NS 3420.

Kommentarer:

Det fremgår av bestemmelsene ovenfor at Kontrollrådets krav er mer detaljerte enn NS 3420. De kan derfor med fordel benyttes også ved større betongleveranser blandet på byggeplassen.

Koeffisienten w i NS 3420 /1/ pkt. L 501.4 er begrenset til 1,4 når antallet prøvefastheter er større enn 20. Tas det hensyn til dette skulle tabellen vært endret til

- 1 av minst 24
- 2 " " 37
- 3 " " 48

Det er ingen gevinst ved å øke antallet av prøver.

Endel forhold må bli gjenstand for spesiell vurdering ved bruk av statistikk. Det er vanskelig å angi konkrete holdepunkter, men i det følgende er gitt noen forhold som vanligvis vil være av betydning:

- a) *Ved vesentlige endringer av resepten må ny statistisk vurdering foretas. Vesentlig endring kan bl.a. være:*
 - i) *Skifte av bindemiddeltype eller -leverandør*
 - ii) *Endring av tilsiktet masseforhold med 0,03 eller mer.*
 - iii) *Skifte av tilslag.*
 - iv) *Endring av sand- eller steininnholdet med mer enn 10 %.*
 - v) *Økning av maks. kornstørrelse med mer enn 50 % eller reduksjon med mer enn 30 %.*
- b) *Det statistiske grunnlag må brukes korrekt. Ved en ferdigbetongfabrikk må alle prøvningsresultater for en levert betongresept inkluderes under det aktuelle tidsrom, uansett om leveransene også har skjedd til andre byggeplasser.*
- c) *Statistikk kan ikke brukes ved gradvis eller kontinuerlig reseptforandring med mindre det er tale om en prøveproduksjon f.eks. i henhold til NS 427 A, del 2 blad 5.8 /10/.*
- d) *Ved 100 % prøvning og få prøver skal ingen enkelt verdi underskride krevet karakteristisk fasthet.*

Alternativt kan karakteristisk fasthet fastlegges som den verdi som gir maksimalt 8 % undermålere (defektprosent 8).

Generelt baserer betongprodusentene seg på et fåtall grunnreseppter som utarbeides på grunnlag av kundenes normale krav til betongen. Grunnreseppter med innhold av samme type delmaterialer og tilnærmet samme betongfasthet, benevnes ofte familiereseppter. Med utgangspunkt i grunnresepptene utarbeider produsentene nødvendige varianter (avledede resepter) som tilfredsstiller kundenes spesielle behov.

Når nye resepter utarbeides, får man et nytt statistisk utgangspunkt. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at en ny resept normalt bare er basert på høyst 3-5 prøvningsresultater (ofte færre). En statistisk vurdering på dette grunnlag vil være beheftet med stor usikkerhet. Hvis antall prøvningsresultater er mindre enn 15 kan tilsiktet middelfasthet i betongen settes lik $f_{ck} + 7,5$ (MPa).

For nær beslektede resepter kan det være rimelig å legge produsentens statistiske grunnlag til grunn f.eks. i form av forventet spredning. Dermed vil produsenten ha en rettesnor om hvilken middelfasthet han må sikte seg inn mot.

5. KOMPLETTERENDE PRØVNING

I siste avsnitt av NS 3420 /1/ pkt. L501.4 (referert i pkt. 5.4 ovenfor) står:

Hvis det av prøveresultatene fremgår at kravene i tabell L 5:a ikke er eller vil bli tilfredsstilt, skal betongens materialsammensetning korrigeres og ny prøving foretas straks. Det skal dessuten straks iverksettes ekstra tiltak for å gi betongen i konstruksjonen de best mulige herdningsvilkår.

Kommentarer:

Selv om korrigerende tiltak blir iverksatt, vil det bli spørsmål om de konstruksjoner eller deler av konstruksjoner som allerede er støpt, har den nødvendige bæreevne.

Vanlig praksis er i slike tilfeller å vurdere om en mer nøyaktig beregning og dimensjonering vil resultere i at de relevante konstruksjoner eller deler av disse har tilstrekkelig bæreevne til tross for en lavere betongfasthet. Deretter vurderes behovet for kjerneboring.

Det understrekes at bare betongens fasthet blir behandlet i denne publikasjon. Eventuelle andre konsekvenser av en lavere fasthet som f.eks. redusert bestandighet og slitestyrke, må vurderes spesielt.

Dersom det fortsatt stilles spørsmål om betongens fasthet vil, iflg. NS3420 /1/ pkt. L501.6, følgende alternativer være aktuelle:

- bestemmelse av trykkfasthet på utborede prøver
- bestemmelse av trykkfasthet ved bruddprøve NS 3681 /9/.
- prøvebelastning av den ferdig konstruksjon (eller deler av denne), kfr. NS 3473 pkt. 16 /2/ og Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 16 /11/.

Når ikke tilfredsstillende fasthet kan påvises ved de ordinære normprøver, kan konstruksjonens fasthet etterprøves ved fasthetsbestemmelse på utborede prøver.

I det etterfølgende vil bare bestemmelse av trykkfasthet på utborede prøver bli behandlet.

6. BESTEMMELSE AV FASTHET BASERT PÅ UTBOREDE PRØVER

6.1 Generelt

Bestemmelse av trykkfasthet i den ferdige konstruksjon kan foretas på grunnlag av utborede prøvelegemer.

Prøvningen skal utføres etter reglene i NS 3420 pkt. L501.6 /1/.

Formålet med prøvningen kan være forskjellig avhengig om prøvene tas ut for å:

- verifisere den løpende betongkontrollen eller
- fastlegge fasthetsklassen i et eksisterende bygg/en eksisterende konstruksjon

Under dette kapittel behandles uttak, prøvning og vurdering av utborede prøvelegemer generelt. Særskilte forholdsregler som må tas ved uttak fra ny/eksisterende konstruksjon, behandles i pkt. 7 og 8.

6.2 Personell og utstyr

Krav til metode for utboring og behandling av betongsylindere er gitt i NS 3670 /8/.

Kommentarer:

Norsk Standard stiller ingen konkrete krav til de kvalifikasjoner den som utfører boringen skal ha og til det utstyr som skal benyttes.

Følgende minimumskrav bør normalt være tilfredsstilt:

- a) *Utboringen skal utføres evt. ledes av person med erfaring fra tilsvarende arbeid.*
- b) *Det skal brukes vannavkjølt kjernebor med diamantkrone.*
- c) *Utstyret skal festes til betongen slik at kjerner med foreskrevet form og dimensjon kan tas ut. Dette oppnås best ved bruk av bolting.*
- d) *Det er ikke tillatt å "feste" utstyret med hånd eller fotkraft.*

Matetrykk og vannavkjøling må kunne tilpasses slik at kjerner med foreskrevet form og dimensjoner kan bores uten å bli skadet.

6.3 Prøvelegemer

Prøvelegemene er sylindere. Da det kun unntaksvis er aktuelt å benytte terninger eller prizmer, er kun sylindere omtalt i det følgende.

NS 3667 /5/ angir nominelle mål for prøvelegemer.

Nominelle mål for sylindere er:

- diameter: $d = 50, 70, 100$ eller 150 mm
- høyde: $h = d$ eller $h = 2d$

Kjernediameter skal ikke velges mindre enn tre ganger tilslagets maksimale kornstørrelse.

NS 3670 /8/ angir at ved fasthetsprøving skal "høyden være minst lik diameteren". Dersom dette ikke er mulig, gir imidlertid NS 3420 /1/ mulighet for å benytte høyde/diameterforhold ned til 0,75.

Kommentarer:

For sylindere med høyde mellom 0,75d og 2d kan man, med referanse til NS 3420 /1/ tabell L5:b, foreta omregning til fasthetsverdier for sylindere med $h = 2d$.

Den ekvivalente fasthet som da fremkommer kan man sammenlikne med fastheten til de standardiserte sylindere 150 x 300 mm, selv om den utborede sylinder har mindre diameter enn 150 mm.

Det understrekes at de best mulig representative verdier for fastheten fås dersom h velges lik 2d.

Det er i enkelte tilfeller ikke mulig å tilfredsstille foranstående retningslinjer, f.eks. ved undersøkelse av konstruksjonsdeler med små tverrsnitt. Eventuelle avvik skal da anmerkes og tas hensyn til ved vurderingen av resultatene.

6.4 Prøveomfang

"Omfanget av prøvingen skal" i henhold til NS 3473 /2/ pkt. 11.1.4, "velges slik at det gir en tilfredsstillende kjennskap til fasthetsforholdene i de konstruksjonsdeler som skal vurderes".

Kommentarer:

Prøveomfanget vil derfor variere ut fra hva som er hensikten med prøvningen og av:

- a) Størrelsen på området som skal undersøkes.*
- b) Områdets eksisterende og fremtidige påkjenninger.*
- c) Antall områder som skal undersøkes.*
- d) Trykkfasthetens spredning.*

Prøveomfanget skal angis på egne tegninger av en person med kjennskap til konstruksjonen, f.eks. den rådgivende ingeniør i byggeteknikk.

Retningslinjer for fastlegging av nødvendig prøveomfang er nærmere behandlet i kapittel 7 og 8.

6.5 Uttak av prøver

Kommentarer:

Hensikten med prøvningen er å bestemme fastheten i konstruksjonen basert på normal utførelse. Dette betyr at det ikke skal bores ut prøver i støpesår o.l. med mindre slike områder skal undersøkes spesielt. Fastheten av slik betong gir ingen representativ informasjon om den øvrige betongs fasthet.

Ifølge NS 3670 /8/ pkt. 3.2 skal:

Sted for prøvetaking velges med rimelig hensyn til konstruksjonens sikkerhet før og etter utboring og eventuell senere reparasjon.

Dessuten skal en:

Unngå at det ligger armeringsstenger parallelt med trykkretningen. Hvis mulig unngås armering, f.eks. ved hjelp av overdekningsmåler.

I NS 3473 /2/ Tillegg A pkt. A.11.1.4 står bl.a.:

Ved uttak av prøver bør prøvene tas fra områder hvor betongen er sterkt utnyttet og fra områder hvor fastheten erfaringsmessig blir lavest.

En prøvefasthet fremkommer som middelveiden målt på to prøvelegemer tatt fra samme område, kfr. NS 3420 /1/, pkt. L501.6.

Kommentarer:

Hensikten med måling på to prøvelegemer er å redusere effekten av eventuelle unøyaktigheter ved prøvemethoden. De to prøvelegemene skal såvidt mulig være representative for én og samme betong.

Dette innebærer at prøvelegemene skal:

- stamme fra samme betonglass
- ha hatt tilnærmet samme utstøpnings-/komprimeringsforhold
- ha hatt tilnærmet de samme herdeforhold

I praksis betyr dette at kjerner fra samme område normalt bores ut med avstand 100 -300 mm, maksimalt 500 mm, kfr. Kompen /12/.

Bruk av en lang kerne som kappes til to prøvelegemer kan være akseptabelt.

Ved uttak av prøver skal følgende forholdsregler tas:

- a) *For å unngå å bore gjennom armeringen kan relevante armeringstegninger benyttes. Dessuten bør det alltid benyttes overdekningsmåler for å fastlegge armeringens virkelige plassering.*
- b) *Utboringen foretas min. 100 mm fra innstøpte deler (med mindre en er spesielt interessert i dette området). Dette fordi ujevnheter i betongens stivhet nær innstøpte deler kan føre til skadelige vibrasjoner og slag.*
- c) *Minste avstand fra borhull til en betongkant bør normalt være 200 mm, og den minste avstand mellom borhull 100 mm.*

Maksimum avstand mellom to borhull i en prøveserie bør være ca. 500 mm.

- d) *Det skal ikke bores der betongen er oppsprukket pga. belastninger eller tvangskrefter forårsaket av setninger, svinn- eller temperatur.*
- e) *Det må ikke bores der konstruksjonen er eller har vært utsatt for strekkbelastning, med mindre denne er så liten at den ikke har noen betydning.*
- f) *Generelt bør det bores ut prøver der betongen erfaringsmessig er svakest i en konstruksjonsdel. Dette medfører bl.a.:*
 - *For horisontalt støpte konstruksjoner som plater, bjelker, fundamenter o.l. bores det ovenfra og ned i konstruksjonen. Det øverste lag må imidlertid sages vekk fra kjernen, både for å få en tilstrekkelig plan trykkflate på prøvelegemet og for å få fjernet den øverste betongen i konstruksjonen. Overflaten har ofte dårligere fasthet enn ellers i konstruksjonen på grunn av f.eks. vannutskillelse.*
 - *For vertikale konstruksjoner som vegger og søyler, bør det bores i den øvre del under det nivå som danner opplegg for andre konstruksjoner. Boringen bør imidlertid ikke foretas nærmere oppleggsjonen enn 0,3 - 0,5 m på grunn av faren for å skade opplegget.*
- g) *Ut boring nederst i søyler og vegger vil kunne gi trykkfasthetsverdier som kan være betydelig større enn betongens fasthet høyere opp i konstruksjonen. Dette har sammenheng med komprimeringen som er best i bunnen av høye konstruksjoner. Utboringen nederst i disse konstruksjoner må derfor ikke utføres med mindre det er aktuelt å undersøke betongen nettopp her.*
- h) *Det kan være relevant å bore ut prøvelegemer i områder der betongen er meget anstrengt. Dette er imidlertid ofte vanskelig å få til, som f.eks.:*
 - *Boringer i den nedre del av en bjelke hvis betongens trykksone her er kritisk for et kontinuerlig opplegg.*
 - *Utboring i halve høyden på en søyle hvor påkjenningene kan bli store.*
- i) *I de fleste tilfeller må man bore kjerner på tvers av trykkretningen i konstruksjonen. Normalt spiller dette liten rolle for fastsettelsen av betongens fasthetsklasser.*
- j) *Etter utboring av prøver bør borhullene umiddelbart støpes igjen slik at utboringen ikke medfører noen varige svekkelser i konstruksjonen, eller medfører praktiske eller estetiske ulemper.*

6.6 Behandling av prøvelegemer før trykkprøvning

Mens borearbeidet pågår skal kjerneprøver, etter hvert som de tas ut, lagres slik at de har minst like god fukttilgang og er minst like godt beskyttet mot uttørkning som betongen i konstruksjonen.

Ved midlertidig lagring på byggeplass i mer enn ett døgn før transport til en betongprøvestasjon, skal kjerneprøvene oppbevares i vann ved $20 \pm 4^{\circ}\text{C}$, kfr. NS 3669 /7/ pkt. 5.6.

Transport til en betongprøvestasjon skal foregå etter reglene i NS 3669 /7/ pkt. 5.7, og prøvene skal under transporten være innpakket slik at de beskyttes mot uttørkning, frost, sterk varme og mot mekanisk påvirkning.

Umiddelbart etter ankomst til betongprøvestasjonen skal kjerneprøvene legges i vann ved $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ og lagres der i minst tre døgn før prøving, kfr. NS 3670 /8/, pkt. 3.5.

Tilkapping av prøvelegemer og avplaning av trykkflatene skal skje i løpet av den perioden prøvene lagres i vann på betongprøvestasjon. Maskinell plansliping er alltid nødvendig for betong som har en høyere prøvingsfasthet enn 45 MPa.

Kommentarer:

Ved tilkapping av prøvelegemer bør områder med armering, som ligger på tvers i prøven, om mulig kappes bort.

Dersom formålet med prøvningen er å undersøke betongens virkelige konstruksjonsfasthet på et tidspunkt kort etter utboringen, bør vannlagring i laboratoriet ikke overskride fem døgn. Dersom formålet ved prøvingen er å undersøke konstruksjonens fasthetspotensiale under gunstige herdeforhold, bør vannlagringsperioden i laboratoriet være vesentlig lengre enn fem døgn

6.7 Bestemmelse av trykkfasthet

Trykkprøvning skal utføres ved en godkjent betongprøvestasjon i henhold til kravene i NS 3668 /6/.

Prøvelegemene tas opp av vannbadet tidligst en halv time før prøvning og tørkes av slik at det ikke er vann på trykkflatene under trykkprøvningen. Det skal tas nødvendige forholdsregler slik at uttørking av prøvene ikke finner sted.

Kommentarer:

Som angitt i NS 3670 /8/ skal prøvelegemene i tillegg til veiing og måling undersøkes med sikte på registrering av eventuelle sprekker, skjøter eller tegn til separasjon. Dessuten skal største steinstørrelse målt i sylindere sideflate vurderes og noteres. Hvis det er flere stein med tilnærmet største steinstørrelse, noteres også dette.

Inneholder prøvelegemene tversliggende armering, skal denne armeringstype, dimensjoner og beliggenhet angis.

Generelt skal alle avvik som kan ha betydning for vurderingen av fasthetsresultatet registreres.

6.8 Vurdering av registrert trykkfasthet

Trykkfasthet målt på utborede prøvelegemer skal når det sammenlignes med karakteristiske normfastheter, skje på grunnlag av fasthetsverdier for prøvelegemene som er geometrisk likedannet med normprøvene gitt i NS 3420 /1/, tabell L5:b

Tabell L5:b Omregningsfaktorer

Høyde Tverrmål	Omregningsfaktor	
	Prismer ¹⁾	Sylindere ²⁾
2,00	1,15	1,00
1,75	1,12	0,97
1,50	1,10	0,95
1,25	1,07	0,93
1,10	1,03	0,89
1,00	1,00	0,87
0,75	0,88	0,76

1) For omregning til terning.

2) For omregning til sylinder med høyde/diameterforhold lik 2,0.

Kommentarer:

Som angitt i pkt. 6.3 frarådes å benytte $h/d < 1,0$. Utborede kjerner skal sammenlignes med verdiene for sylinder, og at registrert fasthet for prøvelegemer med høyde mellom $0,75 d$ og $2 d$ skal omregnes til fasthet for kjerne med $h = 2d$.

Fasthetsverdien f_{cc} , etter korrigering ifølge tabell L 5:b, legges til grunn for beregning av prøvefasthet og all videre vurdering av fasthet, f.eks. statistisk behandling, kfr. kapittel 8.

Det foretas ingen korreksjon for effekten av kjernediameter forskjellig fra den normerte $d = 150 \text{ mm}$.

Store variasjoner i registrerte enkeltfastheter kan:

- a) gjenspeile virkelige variasjoner i konstruksjonen*
- b) skyldes at prøvelegemene ikke representerer en og samme betong, jfr. pkt. 6.5.*
- c) være knyttet til unøyaktigheter ved selve prøvningen, så som at prøvelegemene ikke holder mål hva angår rettvinkelethet og/eller planhet.*

Følgende retningslinjer kan benyttes ved vurdering av hvor representativ en prøvefasthet er når fastheten for de to prøvelegemene avviker fra hverandre:

- Fasthetsverdiene aksepteres når forholdet mellom laveste og høyeste fasthet er større enn 0,7.*
- Det foretas en spesiell vurdering av prøvningen når forholdet mellom laveste og høyeste fasthet ligger mellom 0,7 og 0,5. I denne vurdering inngår bl.a.: Er det skader på eller andre uregelmessigheter ved noen av prøvelegemene? Ligger selv den laveste fastheten på et tilfredsstillende nivå (i så fall kan middelfastheten trygt aksepteres)?*
- Dersom forholdet mellom laveste og høyeste fasthet er mindre enn 0,5, forkastes prøveresultatene samtidig som det vurderes å ta ut supplerende prøver*

7. VERIFIKASJON AV NORMFASTHET VED UTBORING I EN KONSTRUKSJON

7.1 Generelt

Dette kapittel behandler bestemmelse av trykkfasthet i en konstruksjon eller deler av en konstruksjon hvor resultatene fra den løpende betongkontrollen viser at betongens fasthet ikke er tilfredsstillende, eller hvor det av andre årsaker, så som svært utilfredsstillende herdeforhold er grunn til å anta at betongen ikke har - eller ikke vil oppnå - tilfredsstillende fasthet.

Det forutsettes at konstruksjonen hovedsakelig har vært utsatt for sin egenlast og at det er lite riss pga. tvangskrefter forårsaket av svinn, temperatur, setninger o.l.

Det forutsettes videre at det kun foreligger tvil om betongens fasthet i ett eller flere begrensede områder av konstruksjonen.

Utboring av kjerner og bestemmelse av prøvelegemenes fasthet utføres som angitt i kapittel 6.

7.2 Prøveomfang

Prøver av herdnet betong skal tas på de steder i konstruksjonen hvor den ikke tilfredsstillende betong er plassert. Det påses at konstruksjonen ikke skades unødvendig, kfr. NS 3420 /1/ pkt. L501.6.

Dette betyr at plassering og omfang av prøvene skal velges slik at man kan måle representative verdier for betongfastheten på bestemte steder i konstruksjonen. Dette betyr videre at at prøvene ikke gjøres til gjenstand for en statistisk behandling.

Dersom man bare er interessert i fastheten på et bestemt sted i en konstruksjonsdel, kan det aksepteres at fastheten bestemmes på grunnlag av en utboret kerne som deles i to.

7.3 Vurdering av trykkfasthet

Bestemmelse av prøvelegemenes trykkfasthet foretas etter retningslinjene gitt i kapittel 6.

For verifisering av fastheten på et bestemt sted i konstruksjonen krever NS 3420 /1/ pkt. L501.6 at:

Trykkfastheten for hver enkelt prøvefasthet (f_{ccj}) (middel av fastheten (f_{cc}) for minst to prøvelegemer tatt fra samme

område) skal være minst 80% av karakteristisk fasthet (f_{ck}) i henhold til (NS 3420 /1/), tabell L5:a.

Fastheten $f_{ccj}/0,8 = 1,25 f_{ccj}$ skal for å tilfredsstille kravet være større eller lik karakteristisk sylindrefasthet f_{ck} for angjeldende fasthetskklasse.

Trykkfasthetsvurderingen skal baseres på de registrerte prøvefasthetene f_{ccj} uten korreksjon for herdetid, dvs. prøvefasthetene vurderes i dette tilfellet likt enten prøvene er boret ut før eller etter 28 døgn.

Kommentarer:

Bakgrunnen for 80 %-regelen i NS:

Under forutsetning av likedannede prøver, viser omfattende forsøk at trykkfastheten, bestemt på prøver tatt fra konstruksjon, ikke kan forventes å være høyere enn 70 - 90 % av trykkfastheten til normerte prøver av samme betong.

Ved fastlegging av verdier for betongens konstruksjonsfasthet for trykk f_{cn} basert på betongens fasthetskklasse, er det tatt hensyn til forannevnte reduksjon i fasthet, se bilag A.

Standardens bestemmelse om at trykkfastheten (f_{ccj}), bestemt i konstruksjon, skal være minst 80 % av karakteristisk fasthet (f_{ck}) er derfor en logisk følge av at prøven er tatt fra konstruksjonen.

NS 3420 /1/, tabell L5:a gir følgende krav til karakteristisk trykkfasthet i MPa ved prøvningsalder 28 døgn:

Tabell L5:a Krav til karakteristisk trykkfasthet i MPa
Prøvningsalder 28 døgn

Prøvelegeme	Fasthetskklasse										
	C15	C25	C35	C45	C55	C65	C75	C85	C95	C105	C115
Terninger (100 mm)	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115
Sylindre (150 × 300 mm)	12	20	28	36	44	54	64	74	84	94	104

Nærmeste normerte karakteristiske fasthet f_{ck} mindre enn beregnet $f_{ccj}/0,8$ angir betongens fasthetskklasse, kfr. NS 3420 /1/ tabell L5:a. Mellomliggende fasthetskklaser, så som C 50, C 60 etc. kan imidlertid også benyttes.

Kommentarer:

Er f.eks. $f_{ccj} = 30$ MPa blir $f_{ccj}/0,8 = 37,5$ MPa hvilket tilsvarer C 45 for betongen ($f_{ck} = 36$ MPa for C 45 iflg. tabell L 5:a).

8. BESTEMMELSE AV FASTHETSKLASSE BASERT PÅ PRØVER UTBORET I KONSTRUKSJONEN

8.1 Generelt

Prøvning for bestemmelse av betongens fasthet/fasthetsklasse i en konstruksjon kan være aktuelt i forbindelse med at bygget/konstruksjonen skal

- utsettes for større belastninger enn forutsatt, f.eks. ved påbygging, endret bruk o.l.
- rehabiliteres og det er ønskelig å bedømme bæreevnen.

Kommentarer:

Dersom det ikke eksisterer armeringstegninger for bygget /- konstruksjonen vil bestemmelse av betongens fasthetsklasse ha begrenset interesse, og prøvebelastning av konstruksjonen/konstruksjonsdelen vil da være en aktuell metode.

Da prøvebelastning ligger utenfor formålet med denne publikasjonen, har den konsentrert seg om tilfeller hvor bestemmelse av fasthetsklassen er meningsfull.

I forskriftene er grunnlaget for påvisning av kapasitet i konstruksjoner gitt i NS 3473 /2/ pkt. 11.1.4 hvor det bl.a. står:

Ved rehabilitering eller påvisning av kapasitet i konstruksjoner hvor fastheten ikke er kjent, skal denne bestemmes på grunnlag av prøver tatt fra konstruksjonen. Prøvingen utføres etter reglene for prøving av betong i ferdig konstruksjon gitt i NS 3420 kapittel L.5.

Kommentarer:

Forskriftene legges til grunn for en fremgangsmåte som beskrevet under kapittel 6.

Under dette kapittel behandles særskilte forhold som det må tas hensyn til når betongens fasthetsklasse skal påvises i en konstruksjon.

8.2 Type områder som skal undersøkes.

Når større områder av en konstruksjon skal undersøkes, som f.eks. et dekke i en etasje i et bygg, er det nødvendig å ta flere prøver fra disse områder

Kommentarer:

Ved vurdering av hvor prøver skal tas, kan det være nyttig å være oppmerksom på at det er enkelte konstruksjonsdeler hvor det kan forventes at betongens fasthet varierer lite. Eksempler på dette kan være:

- a) I kontinuerlige plater i samme etasje.*
- b) I samme høyde i bjelker, vegger og søyler i samme etasje.*
- c) I fundamenter, med tykkelse mindre eller lik ca. 0,3 m.*
- d) Det er også mulig at fastheten kan variere lite på samme sted i samme type konstruksjon i de forskjellige etasjer.*

I tillegg er det viktig å være klar over at:

- Ved å se etter støpeskjøter kan støpeavsnitt kartlegges. Det vil antagelig være liten variasjon i fasthet innen hvert støpeavsnitt og større variasjon mellom støpeavsnitt.*
- Vegger og søyler har større variasjoner i fasthet enn plater og bjelker.*
- Nedre deler av vegger og søyler har mindre variasjoner i fasthet enn øvre deler.*

En må imidlertid være spesielt oppmerksom på at det i eldre konstruksjoner kan være brukt betong med forskjellig blanderesept for forskjellige konstruksjonsdeler. Dessuten vil forskjellige herdebetingelser kunne ha hatt betydning for fastheten.

8.3 Omfang av prøver.

NS 3473 pkt. 11.1.4 /2/ angir at omfanget av prøvningen skal velges slik at det gir en tilfredsstillende kjennskap til fasthetsforholdene i de konstruksjonsdeler som skal vurderes. Det vil si at plassering og antall prøver må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Kommentarer:

Generelt gjelder at man bør dele opp et større område i mindre områder som man antar har liten variasjon i betongfasthet, kfr. pkt. 8.2. I hvert av disse mindre områdene bør man plassere minst tre prøver som hver har minst to tilhørende prøvelegemer.

For en samlet vurdering av fasthetsklassen i store områder, som f.eks. store dekker i en etasje, må det bores ut så mange prøver at disse kan bli gjenstand for en statistisk behandling. Ved vurdering av dette kan det være fordelaktig å ta i betraktning de synspunkter som er nevnt i pkt. 8.2 om hvor det i konstruksjonsdelene kan forventes at betongens fasthet varierer lite.

Med relativt få prøver og stor spredning vil dette føre til at den karakteristiske fasthet blir lav, kfr. pkt. 4.4. Det vil derfor ofte lønne seg å øke antallet prøver slik at den statistiske behandlingen fører til mest mulig representative resultater

Et utgangspunkt for et minimum kontrollomfang kan f.eks. være bestemmelsene referert i pkt. 4.2 for den løpende betongkontroll.

Det er også viktig at det ikke medtas prøver i den statistiske beregning som ikke er representative for betongens virkelige fasthet. Bruk av bestemmelsene i pkt. 6.8 vil føre til at dette i stor utstrekning kan unngås. Det må imidlertid understrekes at lave prøveverdier ikke kan kuttes ut med mindre dette kan begrunnes.

8.4 Plassering av utboring i forhold til mulige riss.

(Se pkt. 6.5)

Kommentarer:

Spesielt i eksisterende konstruksjoner må det regnes med at det kan være betydelige mengder riss der det kan være aktuelt å bore ut prøver.

Selv om mengden riss er liten, eller det ikke er synlige riss, kan riss meget lett redusere trykkfastheten til utborede prøvlegemer i forhold til den urissede betongen i konstruksjonen.

Det er viktig å være klar over at når man skal bestemme fasthetsklassen til en betongkonstruksjon, så skal prøven tas fra en mest mulig urisset sone i konstruksjonen. Denne sonen skal heller ikke være svekket pga. tøyninger eller vekslende belastninger.

For å være sikker på at det ikke bores der det er riss, skal betongens overflate fuktes der utboringer er planlagt. Når betongflaten tørker vil selv meget tynne riss i overflaten bli synlig pga. fukten i risset.

Rådgivende ingeniører i byggeteknikk bør derfor i hvert enkelt tilfelle bestemme hvor det skal bores ut prøvelegemer. Det må dessuten foretas en visuell inspeksjon.

Som generelle retningslinjer kan fig. 8.1 til 8.3 brukes for noen vanlige konstruksjoner.

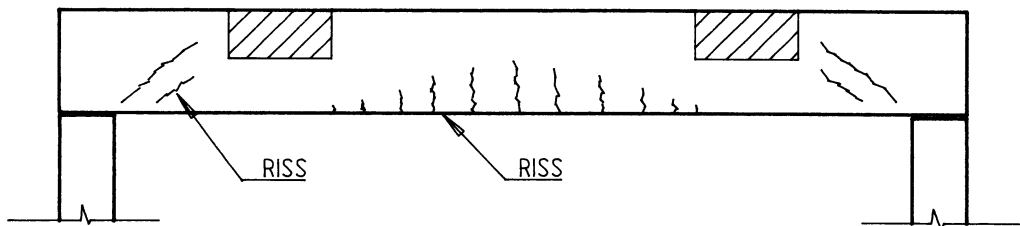


Fig. 8.1 Fritt opplagt bjelke eller plate.

De skraverte felter angir de områder hvor det er mest egnet å bore ut prøvelegemer. Her er sjansen for riss minst, samtidig som utboringen ikke behøver å redusere bæreevnen.

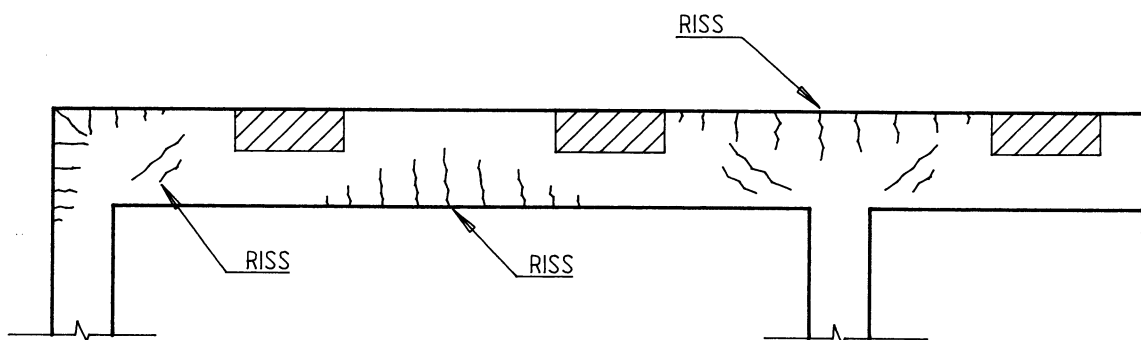


Fig. 8.2 Kontinuerlig bjelke eller plate støpt sammen med søyler.

De skraverte felter angir de områder hvor det er mest egnet å bore ut prøvelegemer. Her er sjansen for riss minst, samtidig som utboringen ikke behøver å redusere bæreevnen.

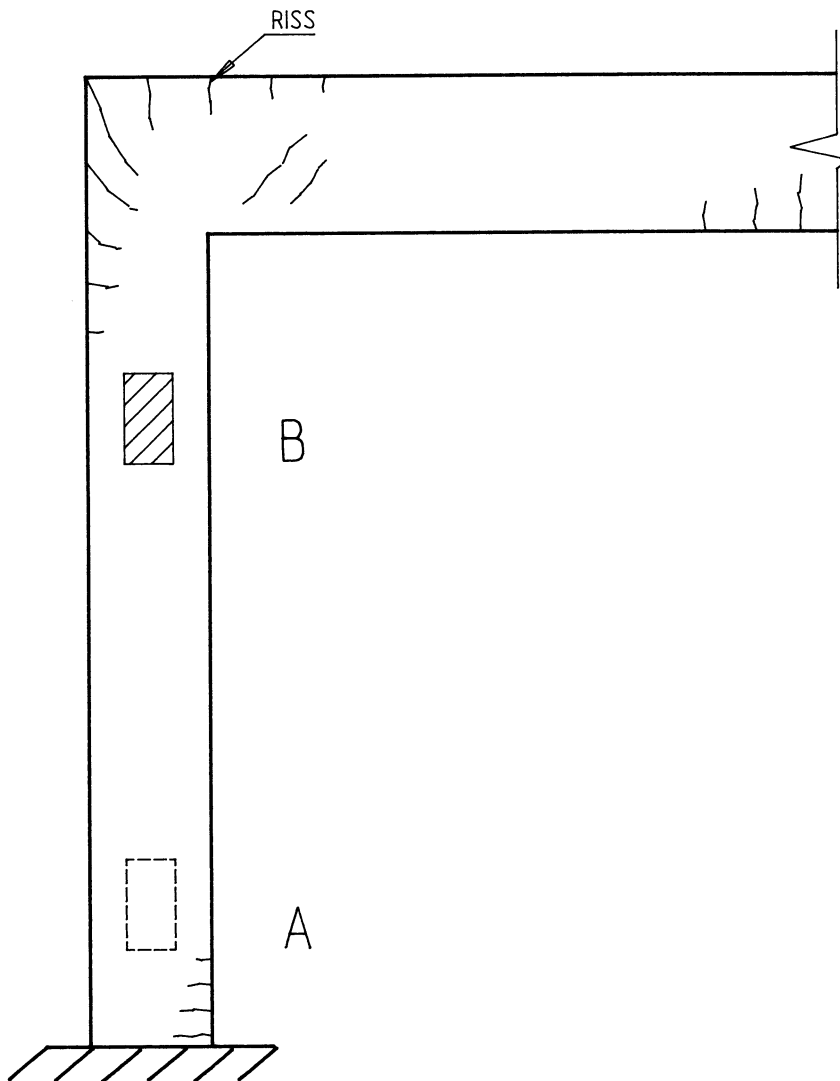


Fig. 8.3 Endesøyle støpt sammen med bjelke eller plate.

Det skraverte feltet angir det området hvor det er mest egnet å bore ut prøvelegemer. Her er sjansen for riss minst, samtidig som utboringene ikke behøver å redusere bæreevnen.

Det stiplede området A i fig. 8.3 er lettere å bore i, og sjansen for å skade konstruksjonen er mindre. Men betongens fasthet kan her være vesentlig større enn i det skraverte området B.

Søyler som er utsatt for knekkning må vurderes spesielt.

Når det ut fra en konstruktiv vurdering er bestemt hvor det skal bores ut prøvelegemer, må den nøyaktige plassering av utboringen bestemmes i bygget og angis på tegninger.

8.5 Vurdering av prøveresultater

Bestemmelse av prøvelegemenes trykkfasthet foretas etter retningslinjene gitt i kapittel 6.

Prøveresultatene fra et område skal vurderes statistisk etter retningslinjene gitt i pkt. 4.4.

På grunnlag av prøvefasthetene f_{ccj} beregnes karakteristisk fasthet f_{cckj} for de utborede prøver.

I henhold til NS 3473 /2/ pkt. 11.1.4 kan da den ekvivalente karakteristiske fasthet f_{cck} , til bruk ved dimensjoneringen, fastlegges som:

$$f_{cck} = 1,2 f_{cckj} - 4 \text{ MPa}$$

dersom f_{cckj} er lik eller mindre enn 40 MPa og

$$f_{cck} = 1,1 f_{cckj}$$

dersom f_{cckj} er større enn 40 MPa.

Nærmeste normerte karakteristiske fasthet f_{cck} mindre enn beregnet ekvivalent karakteristisk fasthet angir betongens fasthetsklasse, kfr. NS 3420 /1/ tabell L5:a. Som angitt i pkt. 7.3 bør også mellomliggende fasthetsklasser kunne benyttes.

Kommentarer:

Reglene for bestemmelse av den ekvivalente karakteristiske fasthet f_{cck} i NS 3473 pkt. 11.1.4 /2/ er meget konservativ og vil i mange tilfeller resultere i sikkerhetsmarginer som er større enn det samme standard normalt benytter.

Hvis man derfor skal fastlegge karakteristisk fasthet til bruk ved dimensjonering på grunnlag av utborede prøver, er det viktig å ta ut så mange prøver at den statistiske usikkerheten forbundet med få prøver reduseres.

9. LITTERATURHENVISNINGER

1. NS 3420 Beskrivelsestekster for bygg og anlegg. Tekniske bestemmelser. Betongkonstruksjoner, Særtrykk av NS 3420, nov. 1986.
2. NS 3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. 4.utg. nov. 1992.
3. Kontrollrådet for betongprodukter. Kontrollrådets bestemmelser for klasse A Fabrikkblandet betong, juni. 1989.
4. NS 3658 Betongprøving. Fersk betong. Prøvetaking. 1. utg. feb. 1987.
5. NS 3667 Betongprøving. Herdet betong. Prøvelegemers form og mål. 1.utg. feb. 1987.
6. NS 3668 Betongprøving. Herdet betong. Prøvelegemers trykkfasthet. 1.utg. feb. 1987.
7. NS 3669 Betongprøving. Herdet betong. Støping og lagring av prøvelegemer til å bestemme fasthet. 1.utg. feb. 1987.
8. NS 3670 Betongprøving. Herdet betong. Utboring og behandling av sylindere til å bestemme fasthet. 1.utg. feb. 1987.
9. NS 3681 Betongprøving. Herdet betong. Bruddprøving. 1.utg. nov. 1986.
10. NS 427A Del 2 Prøvningsregler. NIF/Teknisk Ukeblad 1962.
11. Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 16 Dimensjonering av betongelementer ved prøvning, des. 1987.
12. Kompen, R.: Tolking av fasthetsresultater for utborede betongprøver. Betongprodukter 1 - 1990 s. 27-29.

10. BIDRAGSYTERE

Følgende firmaer/institusjoner har gitt finansiell støtte til Norsk Betongforening for utarbeidelse av denne publikasjon (i alfabetisk rekkefølge):

Aker Betong A/S

Aker Ex Clay a.s, Oslo

Betongindustriens Landsforening, Oslo

FABEKO, Oslo

Dr.ing. Finn Fluge, Oslo

Franzefoss Bruk A/S, Bærum

Dr.ing. Esben Jonsson A/S, Oslo

Kontrollrådet for betongprodukter, Oslo

Motec, Oslo

Norcem A.S, Brevik

Normann a.s, Fyllingsdalen

Norwegian Contractors A/S, Bærum

Noteby Norsk Teknisk Byggekontroll A/S, Oslo

Dr. techn. Olav Olsen A/S, Lysaker

Partek Norspenn A/S, Trondheim

Partek Østspenn a/s, Hønefoss

Rescon A/S, 2120 Sagstua

Scancem Chemicals, 1473 Skårer

Sika Norge A/S, 1481 Hagan

SINTEF Konstruksjoner og betong, Trondheim

Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Oslo

Svelviksand a.s, Oslo

A/S Veidekke, Asker

Dr. Lars Aadnesen & Co. A/S, Oslo

BILAG A

OVERGANG FRA NORMPRØVER TIL BETONGTRYKKFASTHET I KONSTRUKSJONEN

A.1 Innledning

I NS 3420 /1/ og NS 3473 /2/ er det definert to typer normprøver:

a) Terning 100 mm.

b) Sylinder med diameter 150 mm og høyde 300 mm.

Karakteristiske trykkfastheter etter 28 dogn ved standardiserte herdningsforhold er henholdsvis

f_{ck} : betongens terningtrykkfasthet

f_{cck} : betongens sylindertrykkfasthet

Sammenhengen mellom betongens karakteristiske fasthet (f_{ck}), bestemt ved normprøving, og betongens utnyttbare konstruksjonsfasthet ved trykk (f_{cn}) er skjematisk vist i figur A1.

PRØVELEGEMER

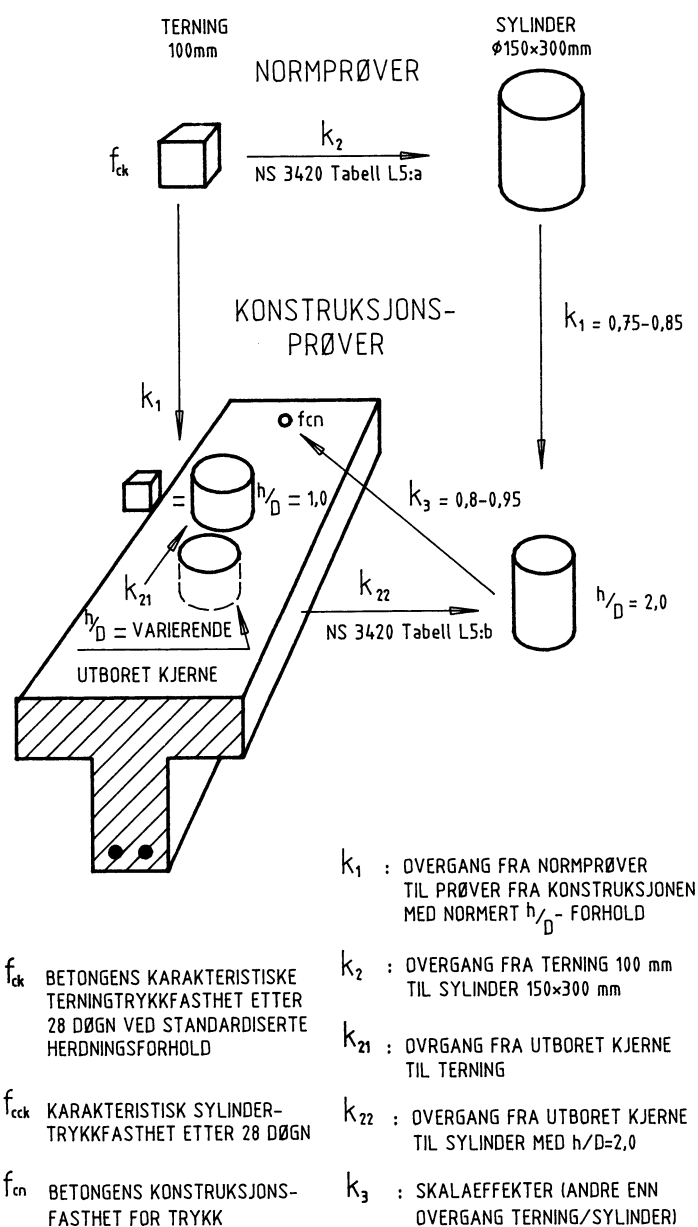


Fig. A1. Skjematisk sammenheng mellom fasthet bestemt ved normprøving og betongens konstruksjonsfasthet.

Betongens konstruksjonsfasthet for trykk (f_{cn}) fremkommer ved at normprøven korrigeres for følgende effekter:

1. Tap ved overgang fra normprøve til prøve tatt fra konstruksjonen
- korreksjonsfaktor k_1
2. Overgang til prøvelegme med $h/D = 2,0$
- korreksjonsfaktor k_2
3. Reduksjon pga. skalaeffekter
- korreksjonsfaktor k_3

Overgangen fra normprøven til betongens konstruksjonsfasthet for trykk (f_{cn}) skjer da ved at betongens karakteristiske fasthet (f_{ck}) multipliseres med forannevnte korreksjonsfaktorer, som vist nedenfor.

$$f_{cn} = f_{ck} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \text{ når prøvelegemene er terninger}$$

$$f_{cn} = f_{cck} \cdot k_1 \cdot k_3 \text{ når prøvelegemene er sylindere}$$

I det etterfølgende er korreksjonsfaktorene og størrelsen på dem nærmere behandlet.

A.2 Tap ved overgang fra normprøve til prøve tatt fra konstruksjonen

Korreksjonsfaktor k_1 :

Under forutsetning av likedannede prøvelegemer kan trykkfastheten, bestemt på prøver tatt fra konstruksjonen, ikke forventes å være høyere enn 70-90% av trykkfastheten til normerte prøver av samme betong.

I litteraturen angis at størrelsen på korreksjonsfaktor k_1 ligger i området:

$$0,75 \leq k_1 \leq 0,85$$

hvor høyeste verdi refererer seg til de laveste fasthetsklassene.

Kommentarer:

Neville /A1/) angir verdier for k_1 som varierer fra $k_1 = 1,0$ for normprøve med sylinderfasthet $f_{cc} = 19 \text{ MPa}$ og $k_2 = 0,7$ for normprøve med sylinderfasthet $f_{cc} = 59 \text{ MPa}$*

*) Referansene er gitt i pkt. A.6.

Også Pettersson /A2/ viser at korreksjonsfaktoren for de laveste fasthetsnivåene kan bli $k_1 = 1,0$

Når dette ikke reflekteres i de tabulerte verdiene for konstruksjonsfasthet (f_{cn}), kfr. tabell 5, NS 3473 /2/, skyldes dette regelen i NS 3420, L5.01.6 /1/, hvor man ved prøving av betong i ferdig konstruksjon tilfredsstiller kravet til trykkfasthet hvis prøvefastheten er minst 80% av karakteristisk fasthet ($k_1 = 0,8$).

I praksis tillempes kravet om likedannethet mellom normerte prøvelegemer og prøver fra konstruksjon ved at det settes likhetstegn mellom fasthet bestemt på terning og på utborede kjerner med høyde/diameter forhold $h/D = 1,0$.

Den feil man gjør er imidlertid i de aller fleste sammenhenger neglisjerbar.

A.3 Overgang fra terning til sylinderfasthet

Korreksjonsfaktor k_2 :

Korreksjonsfaktoren k_2 , som angir forholdet mellom sylinder- og terningfasthet, er vanligvis i størrelsesorden $k_2 = 0,8$.

Forholdet mellom sylinder- og terningfasthet er imidlertid også avhengig av betongens fasthetsnivå og korreksjonsfaktoren varierer fra $k_2 = \text{ca. } 0,8$ ved lave fasthetsklasser til verdier større enn $0,9$ ved høye fasthetsklasser.

I tabell L5:a, NS 3420 /1/ er gitt trykkfasthetsverdier for 100 mm terninger og $\varnothing 150 \times 300$ mm sylindere.

Av tabellen fremgår at korreksjonsfaktoren vil ha følgende verdi:

Fasthetsklasser opp til og med C55	$k_2 = 0,8$
Fasthetsklasse økende til: C65	$k_2 = 0,83$
Fasthetsklasse C115	$k_2 = 0,90$

Kommentarer:

Fordi utborede eller uthugde prøvelegemer vanligvis avviker fra normerte høyde/tverrmål forhold omregnes den trykkfasthet som registreres på prøvestykket til ekvivalent trykkfasthet på normerte prøvelegemer.

Prøvelegemer med normert høyde/tverrmål forhold er:

*- terning eller sylinder med $h/D = 1,0$
(omregningsfaktor k_{21})*

- sylinder med $h/D = 2,0$
(omregningsfaktor k_{22}), se figur A1.

Omregningsfaktorene fremgår av tabell L5:b i NS 3420 /1/. Tabellen er også gjengitt i pkt. 6.8. Omregningsfaktoren er k_{21} i kolonnen "Prismer", og k_{22} i kolonnen "Sylindere".

Tabellen angir omregningsfaktor for ulike høyde/tverrmål forhold, med foretar ingen differensiering av verdiene basert på betongens fasthetsnivå.

Tabell L5:b er følgelig et kompromiss og vil derfor, bortsett fra på ett fasthetsnivå, avvike fra de verdier for korreksjonsfaktor k_2 som kan utledes på grunnlag av tabell L5:a i NS 3420 /1/.

Omregningsfaktorene k_{21} og k_{22} skal derfor bare anvendes ved omregning fra registrert trykkfasthet på prøvelegeme fra konstruksjon til ekvivalent trykkfasthet.

Hvis konstruksjonsfastheten for trykk skal bestemmes på grunnlag av utborede eller uthugde prøvelegemer skal, som vist på figur A1, registrert trykkfasthet som første trinn omregnes til ekvivalent trykkfasthet for sylinder med høyde/diameterforhold $h/D = 2,0$.

A.4 Reduksjon på grunn av skalaeffekter.

Betongens utnyttbare konstruksjonsfasthet påvirkes både av prøvestykkets form (tatt hensyn til under pkt. A.3) og prøvestykkets størrelse/dimensjoner.

Utnyttbar fasthet reduseres med økende diameter på sylindren. Da dimensjonene på en konstruksjon vanligvis er større enn dimensjonen på prøvestykkene, er det tatt hensyn til forannevnte reduksjon ved en korreksjonsfaktor k_3 som ligger i området 0,8 til 0,95 hvor:

$$\begin{aligned} k_3 &= 0,8 \text{ gjelder for høye fasthetsklasser} \\ k_3 &= 0,95 \quad \text{"} \quad \text{for lave fasthetsklasser} \end{aligned}$$

$k_3 = 0,85$ er en verdi man ofte finner angitt i litteraturen.

A.5 Eksempel

På grunnlag av foranstående er betongens konstruksjonsfasthet for trykk (f_{cn}) beregnet for betong i fasthetsklasse C25 og C65.

Betong i fasthetsklasse C 25.

Karakteristiske trykkfastheter:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa (normprøve terning)}$$

$$f_{cck} = 20 \text{ MPa (normprøve sylinder)}$$

Betongens konstruksjonsfasthet for trykk:

$$f_{cn} = 25 \cdot 0,85 \cdot 0,80 \cdot 0,95 = 16,2 \text{ MPa (normprøve terning)}$$

$$f_{cn} = 20 \cdot 0,85 \cdot 1,00 \cdot 0,95 = 16,2 \text{ MPa (normprøve sylinder)}$$

$$\text{NS 3473 /2/ angir } f_{cn} = 16,8 \text{ MPa}$$

Betong i fasthetsklasse C 65:

Karakteristiske trykkfastheter:

$$f_{ck} = 65 \text{ MPa (normprøve terning)}$$

$$f_{cck} = 54 \text{ MPa (normprøve sylinder)}$$

Betongens konstruksjonsfasthet for trykk.

$$f_{cn} = 65 \cdot 0,80 \cdot 0,83 \cdot 0,90 = 38,8 \text{ MPa (normprøve terning)}$$

$$f_{cn} = 54 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 0,90 = 38,9 \text{ MPa (normprøve sylinder)}$$

$$\text{NS 3473 /2/ angir } f_{cn} = 39,2 \text{ MPa.}$$

A. 6 Referanser

- A1 Neville, A.M.: Properties of Concrete, Second Edition, Pitman Publishing Ltd. London 1975.
- A2 Pettersson, N.: Should standard cube test specimens be replaced by test specimens taken from structures? Matériaux et constructions, Vol. 1 No. 5, 1968.

BILAG B

STATISTISK GRUNNLAG FOR VURDERING AV PRØVERESULTATER

B.1 Generelt

I NS 3420 /1/ benyttes en av følgende metoder for å vurdere om betongen tilfredsstillende kravene til fasthet:

- a) Karakteristisk fasthet f_{ck} kan beregnes ut fra middelverdien f_{cm} og standardavviket s med formelen

$$f_{ck} = f_{cm} - w \cdot s$$

Standarden angir følgende verdier for w

Antall prøvefastheter	w
3	2,5
4-5	2,0
6-10	1,7
11-20	1,5
> 20	1,4

- b) Krav til karakteristisk fasthet anses oppfylt dersom karakteristisk fasthet underskrides av høyst en prøvefasthet når antall prøver er minst 27.

For begge metodene gjelder at ingen prøvefasthet skal være lavere enn 80% av krevd karakteristisk fasthet.

Kommentarer:

Bedømmelseskriterium b) reflekterer samme statistiske grunnlag som i metode a) og tilsvarer at 7,1 % av prøveantallet kan underskride karakteristisk fasthet (defektandel i prosent 7,1).

I praksis vil metode b) være noe strengere enn metode a).

En vurderingsmetode hvor ingen prøvefastheter av minst 14 prøver underskrider karakteristisk fasthet, tilfredsstillende også det statistiske grunnlaget i metode a). I dette tilfellet vil 6,7% av prøveantallet kunne underskride karakteristisk fasthet (defektandel i prosent 6,7).

Kravet om at ingen prøvefasthet kan være lavere enn 80% av krevd karakteristisk fasthet, innebærer en skjevfordeling i det statistiske materialet og setter en absolutt nedre grense for aksept.

Kravet er å oppfatte som en ekstra sikkerhet mot tabber.

B.2 Statistisk grunnlag

Bedømmelseskriteriet

$$f_{ck} = f_{cm} - w \cdot s$$

er prinsippielt det samme innen alle moderne standarder for betong, sement, stål, etc., men de akseptverdier som legges til grunn vil variere.

Kravene til trykkfasthet baseres på fastlagte verdier for andel prøver som tillates å underskride karakteristisk fasthet.

I den gamle materialstandard NS 3474 var

defektandel i prosenten satt til 10 og
akseptsannsynligheten i prosent satt til 25

hvilket gir et sett av verdier for w , avhengig av antall prøver.

I de nyere standarder som NS 3420 /1/ er fastleggingen av verdier for w basert på et kombinert krav hvor defektandel i prosent multiplisert med akseptsannsynlighet i prosent skal være mindre enn 500, eller uttrykt matematisk

$$\theta \cdot P_a < 0,05$$

hvor θ er defektandel
og P_a er akseptsannsynlighet

Kommentarer:

I praksis avviker de to kriteriene lite fra hverandre, se fig. B 1.

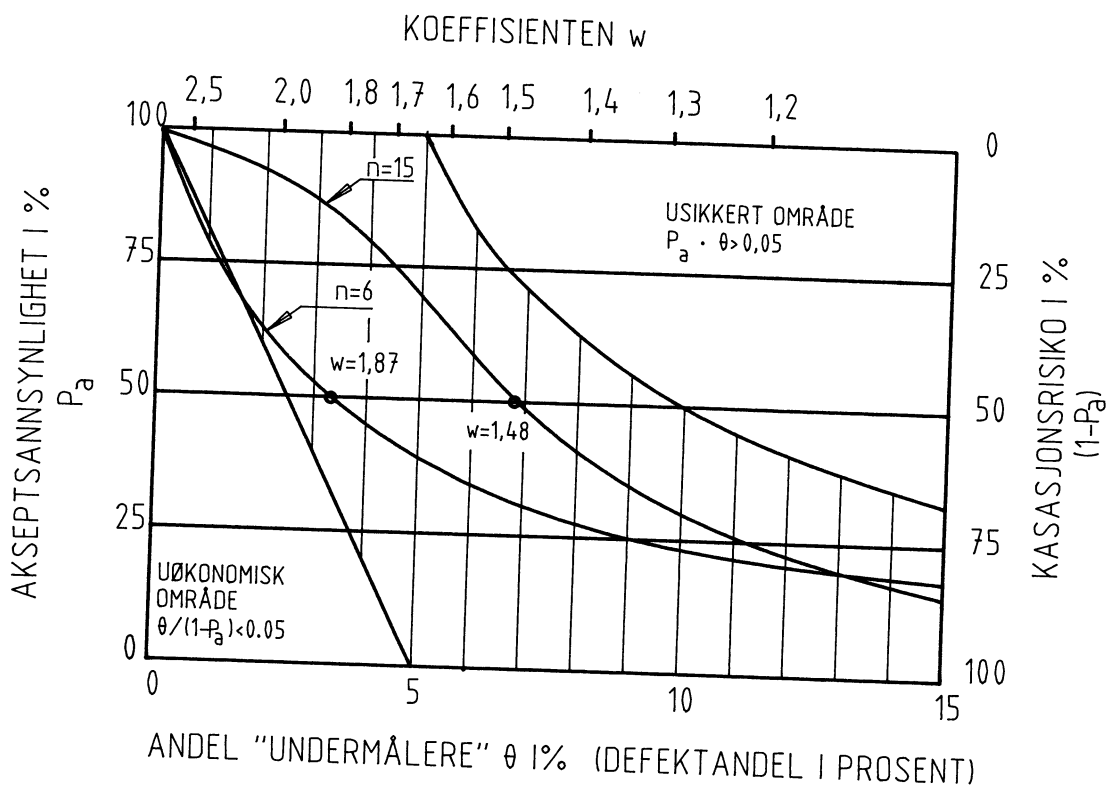


Fig. B.1

B.3 Eksempel

Som et eksempel på kontroll av trykkfasthet kan en benytte følgende tall fra en løpende betongkontroll:

	Prøve nr.		
Enkeltresultater:	1	52,1	MPa
	2	36,8	"
	3	48,8	"
	4	39,1	"
	5	50,4	"
	6	39,6	"
	7	42,0	"
	8	45,6	"
	9	39,6	"
	10	40,9	"
	11	53,8	"
	12	46,9	"
	13	38,9	"
	14	51,8	"
	15	39,8	"

$$n = 15$$

antall prøver

$$f_{cm} = 44,4 \text{ MPa}$$

middelfasthet

$$s = 5,8 \text{ MPa}$$

standard avvik

$$f_{ck} = 44,4 - 1,5 \cdot 5,8 = 35,7 \text{ MPa}$$

karakteristisk fasthet (beregnet)

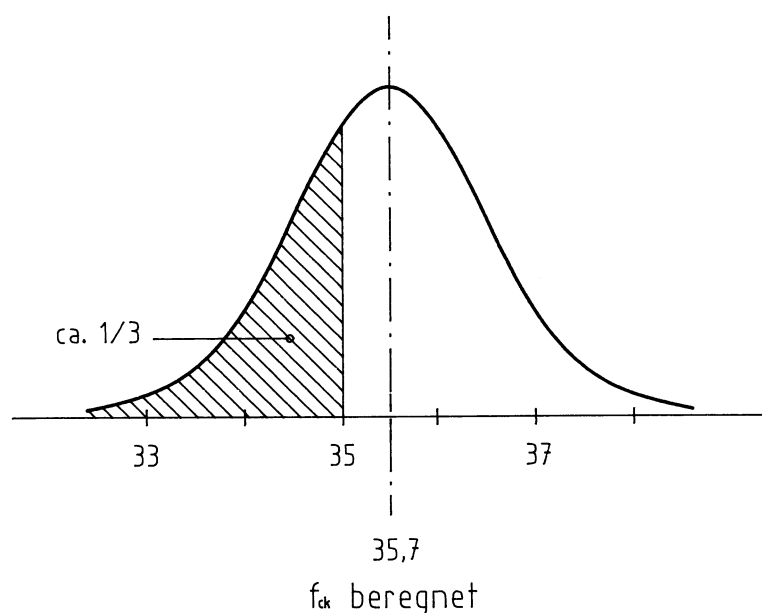
Fordi dette er stikkprøver fra en produksjon er det

68,2% sannsynlighet for at

$$\text{virkelig } f_{ck} \text{ ligger i området } 35,7 \pm \frac{5,8}{\sqrt{15}} = 35,7 \pm 1,5 \quad \begin{cases} 37,2 \\ 34,2 \end{cases}$$

altså i intervallet 34,2 til 37,2 MPa.

På fig. B.2 er vist sannsynligheten for at virkelig f_{ck} avviker fra beregnet f_{ck} .



TOLERANSEAVVIK PÅ BEREGNET VERDI

Fig. B.2 Toleranseavvik på beregnet verdi.

Det er følgelig ca. 33 % sannsynlighet for at betongen representert ved de 15 stikkprøvene, vist foran, ikke tilfredsstiller kravet til fasthetsklasse C 35 og ca. 67 % sannsynlighet for at kravet er tilfredsstilt.

Tilfeldige utplukk av verdier fra populasjonen foran vil derfor, når en statistisk behandler færre prøver, føre til at enkelte kombinasjoner ikke vil tilfredsstille kravet til fasthetsklasse.

Dette er stikkprøvekontrollens konsekvens og faren for feilaktig å underkjenne en akseptabel betong øker når prøveantallet er lite.

På den annen side skal byggherren ha sikkerhet for at han ikke feilaktig aksepterer en undermåls betong.

Det er således en avveining mellom disse to forhold som er nedfelt i regelverket.

Grensetilfeller vil alltid være vanskelig, og det er alltid mulighet for feilvurdering.

Regelverket har derfor en innebygget sikkerhet mot feilbedømming ved at det tillater fasthetsbestemmelse basert på utborede kjerner.

