

# Kravsifikation

---

## BETON

Rev.	Revisionsdato	Emne (ændring)
1	30.06.2017	Version 1
2	26.08.2020	Diverse ændringer, bl.a. flere tilladelige bindersammensætninger, krav til rustfri armering. Dertil er designkrav vedr. minimumsarmering og revnevidder indført.

# Kravspecifikation

---

1	Indhold og anvendelse .....	5
1.1	Gyldighedsområde.....	5
1.2	Indhold.....	5
1.3	Love og bekendtgørelser .....	6
1.4	Normer, standarder m.m. ....	7
1.5	Kvalitetsledning .....	9
2	Udformning og projektering.....	10
2.1	Generelle krav .....	10
2.1.1	Den projekterendes forpligtelser omkring inddragelse af arbejdsmiljøkoordinatoren .....	10
2.2	Armering.....	10
2.3	Præfabrikerede betonelementer – 50 års levetid.....	11
2.3.1	Krav til revner .....	11
2.3.2	Betonkrav.....	11
2.4	Præfabrikerede betonelementer – 100 års levetid.....	11
2.4.1	Krav til revner .....	11
2.4.2	Betonkrav.....	12
2.4.2.1	Eksponeringsklasser.....	12
2.4.2.2	Betonsammensætning.....	14
2.4.2.3	Forprøvning .....	16
2.4.2.4	Produktionskontrol .....	17
2.4.2.5	Kvalitetskontrol .....	18
2.4.2.6	Transport og opbevaring af presrør .....	19
2.5	In situ-støbte betonkonstruktioner – 50 års levetid .....	20
2.5.1	Krav til revner.....	20
2.5.2	Betonkrav.....	20
2.6	In situ-støbte betonkonstruktioner – 100 års levetid .....	20
2.6.1	Krav til revner.....	21
2.6.2	Ydre elementer .....	21
2.6.2.1	Eksponeringsklasser.....	21
2.6.2.2	Betonsammensætning.....	23
2.6.2.3	Forprøvning .....	24
2.6.2.4	Produktionskontrol .....	27
2.7	Indvendige elementer.....	29
2.7.1.1	Eksponeringsklasser.....	29
2.7.1.2	Betonsammensætning.....	29

## Kravspecifikation

---

2.7.1.3	Forprøvning .....	30
2.7.1.4	Produktionskontrol .....	30
2.8	Betonkrav - Sekantpæle .....	32
2.8.1	Midlertidige sekantpæle .....	32
2.8.2	Permanente sekantpæle .....	32
2.8.2.1	Betonsammensætning .....	32
2.8.2.2	Prøvning .....	33
2.8.2.3	Tilsyn .....	35
2.9	Generelle krav .....	35
2.9.1	Delmaterialer .....	35
2.9.1.1	CEM I .....	35
2.9.1.2	CEM II/A-S .....	36
2.9.1.3	CEM III/A .....	36
2.9.1.4	CEM III/B .....	37
2.9.1.5	Flyveaske .....	38
2.9.1.6	Mikrosilica .....	38
2.9.1.7	Tilslag .....	38
2.9.1.8	Vand .....	40
2.9.1.9	Tilsætningsstoffer .....	40
2.9.1.10	Levering og opbevaring af delmaterialer .....	40
2.9.2	Frisk betons egenskaber .....	40
2.9.3	Hærdnende og hærdnet betons egenskaber .....	40
2.10	Projektering af permanente konstruktioner .....	41
2.10.1	Minimumsarmering .....	41
2.10.2	Revnevidder .....	41
2.10.3	Betonkonstruktioner støbt mod skakt/byggegrubbe vægge .....	41
2.10.4	Støbeskel .....	42
2.10.5	Opnået vandtæthed .....	42
3	Udførelse .....	43
3.1	Mål og tolerancer .....	43
3.2	Form .....	43
3.2.1	Kontrol .....	44
3.3	Armering .....	44
3.3.1	Afstandsklodser .....	45
3.3.2	Fibre .....	45

## Kravspecifikation

---

3.3.3 Kontrol .....	45
3.4 Støbearbejde – udførelse .....	46
3.4.1 Generelt .....	46
3.4.2 Støbning .....	46
3.4.3 Støbeskel .....	46
3.4.4 Efterbehandling .....	47
3.4.4.1 Kontrol .....	48
3.4.4.2 Temperaturkrav og revner .....	48
3.4.4.3 Hærdnet beton, overflader .....	49
3.4.4.4 Reparation og injicering .....	49
3.4.5 Specielle udførselskrav .....	49
3.4.5.1 Vinterstøbning .....	49
3.4.5.2 Specielt for betonarbejder i vandværker .....	50
3.4.5.3 Specifikke udførelseskrav for dæk og gulve .....	50
3.4.6 Kvalitetskontrol .....	51
3.4.6.1 Dækklag .....	51
3.5 Udvendige membraner .....	51
4 Indberetning og dokumentation .....	53
Appendix, konstruktioner til spildevand – alternative tiltag ved forøget risiko for syreangreb .....	54

### Bilag

Bilag 1 Udbudskontrolplan (BET 101 B1)

Bilag 2 Membraner (BET 101 B2)

# Kravspecifikation

---

## 1 Indhold og anvendelse

### 1.1 Gyldighedsområde

Nærværende kravspecifikation dækker in situ-støbt beton og præfabrikerede betonelementer til 50 år samt 100 års levetid med traditionel armering.

Konstruktionselementer som præsrør til pipe jacking eller box culverts indgår i denne specifikation som en del af de krav, der er angivet til præfabrikerede betonelementer. Permanente betonkonstruktioner der støbes med pladsstøbt beton til f.eks. skakte skal overholde krav angivet til In situ beton.

Desuden dækker nærværende kravspecifikation også beton benyttet til permanente, armerede sekantpæle.

Mindre betonbrønde (præfabrikerede og in-situ), dæksler samt standard betonrør (uarmere), som installeres i åben udgravning tæt på terræn, er ikke eksplicit specificeret i nærværende kravspecifikation. Disse konstruktioner kan designes iht. nærværende kravspecifikation, men skal også designes iht. gældende normer, standarder samt guidelines for de pågældende konstruktionselementer.

Kravspecifikationen skal anvendes ved planlægning, projektering og udførelse af beton til permanente konstruktioner, såvel uarmere som armerede med traditionel armering (sort stangarmering).

Midlertidige konstruktioner er ikke en del af nærværende specifikation.

Dette dokument skal læses i sammenhæng med projektspecifik SAB, som rådgiveren skal udarbejde. Den projektspecifikke SAB skal bl.a. indeholde krav til levetid, dvs. om konstruktionen skal designes til 50 eller 100 års levetid. Derudover skal eksponeringsforhold for beton afhængig af konstruktionens brug (fjernvarme, skybrud/regnvand eller spildevand) defineres i den projektspecifikke SAB. For konstruktioner til spildevand, og som designes til 100 års levetid, skal det desuden specificeres i SAB, hvorvidt der er forøget risiko for svovlsyreangreb af beton.

### 1.2 Indhold

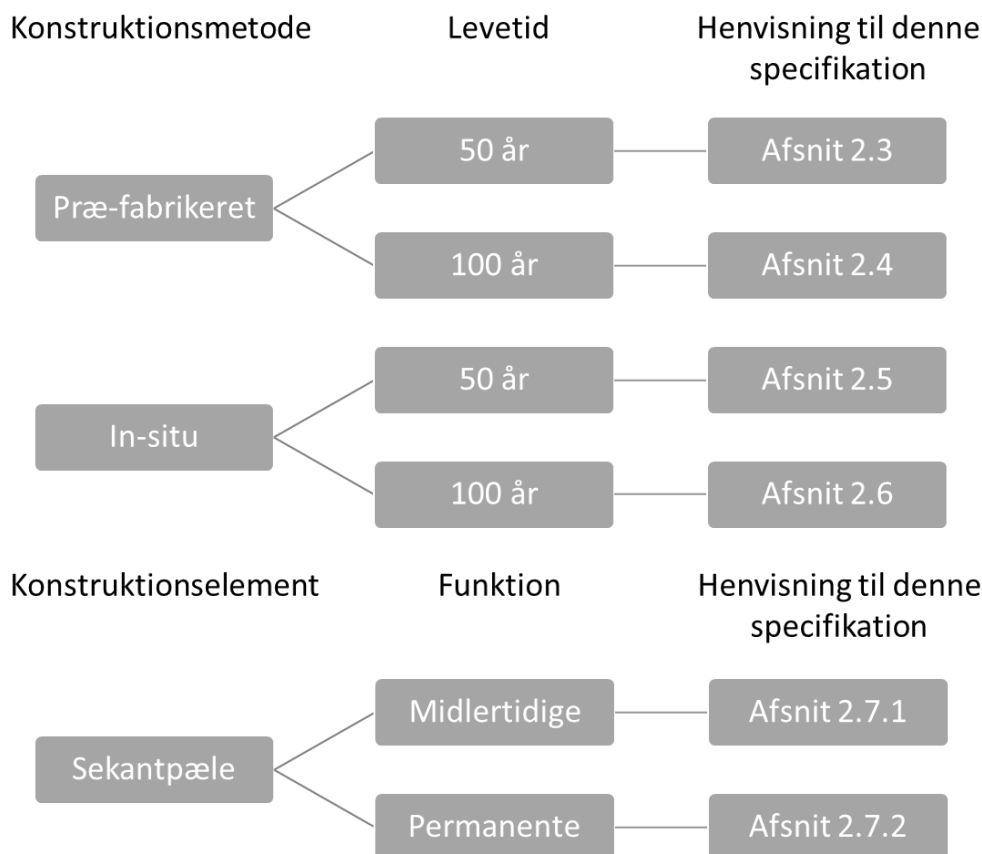
Nærværende kravspecifikation beskriver kravene til beton i planlægning, projektering og udførelse af permanente konstruktioner.

Kravspecifikationen er for udførelsen tænkt benyttet som en slags "Almindelig arbejdsbeskrivelse", som i det konkrete projekt skal suppleres, og evt. fraviges. Dette sker i en projektspecifik beskrivelse, SAB.

Afsnit 2 angiver krav til udformning og projektering, som den projekterende skal opfylde ved projektets planlægning og projektering i alle projektfaser, inkl. hvis dele af eller hele planlægningen eller projekteringen er henlagt til udførelsesfasen. Figurerne nedenfor viser, hvor krav til de i Afsnit 1.1 angivne konstruktioner kan findes.

## Kravspecifikation

---



Afsnit 3 angiver krav til udførelsen (in-situ), som den udførende skal opfylde ved projektets fysiske udførelse.

Afsnit 4 angiver krav til indberetning og dokumentation af udførelsen.

Kravspecifikationen tager ikke stilling til hvilken part (den projekterende eller udførende) i byggeprocessen, der skal planlægge, projektere eller udføre projektet, og dermed hvilken part, der har ansvaret for opfyldelse af kravene. Dette vil være bestemt af HOFOR ved valget af byggeprocessens organisation og af kontrakt- og entrepriseformer. Ansvarsforholdene ift. kravspecifikationerne vil være beskrevet i rådgiver- og entreprisekontrakterne for det konkrete projekt.

### 1.3 Love og bekendtgørelser

Nedenfor er listet nogle love og bekendtgørelser, som indeholder bestemmelser med særlig relevans for kravspecifikationens område. Listen må ikke betragtes som udtømmende, og flere kunne være nævnt. Det understreges i den forbindelse, at alle gældende love og bekendtgørelser selvfølgelig skal overholdes, uanset om de er nævnt nedenfor eller i andre afsnit, er ændret eller slet ikke nævnt i kravspecifikationen.

- LBK nr. 1072 af 07/09/2010 Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø

## Kravspecifikation

---

- LBK nr. 1185 af 14/10/2010 Bekendtgørelse af byggeloven
- BEK nr. 110 af 05/02/2013 Bekendtgørelse om projekterendes og rådgiveres pligter mv. efter lov om arbejdsmiljø
- BEK nr. 1826 af 16/12/2015 Bekendtgørelse om uddannelse af personer, der udfører boringer og brønde på land

### 1.4 Normer, standarder m.m.

Nedenfor nævnte normer og standarder m.m. gælder i relation til denne kravspecifikation med de tilføjelser og fravigelser, som fremgår af projekt- eller udbudsmaterialet. Hvis ikke andet er nævnt, gælder den sidst udsendte version. Vejledninger i de nævnte normer, standarder m.m. skal betragtes som krav medmindre andet er nævnt i projekt- eller udbudsmaterialet inklusiv nærværende kravspecifikation.

Beton skal projekteres og udføres i henhold til de gældende Eurocodes med tilhørende danske nationale annekser med tillæg som givet i nærværende kravspecifikation. For præfabrikerede betonprodukter gælder Eurocodes med tilhørende nationale annekser for enten Danmark eller Tyskland med tillæg som givet i nærværende kravspecifikation. I relation til denne kravspecifikation henvises til følgende specifikke normer og standarder m.m.:

- DS/EN 1992-1-1 Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner
- DS/EN 1992-1-1 DK NA:2017 Nationalt annekst til Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner
- DS/EN 1992-2 Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Betonbroer – Dimensionerings- og detaljeringsregler
- DS/EN 1992-2 DK NA:2015 Nationalt annekst til Eurocode 2: Betonkonstruktioner - Del 2: Betonbroer - Dimensionerings- detaljeringsregler
- DS/INF 135 Klassifikation af cement – Klassifikation vedrørende alkaliindhold og sulfatbestandighed samt regler for certificering af supplerende krav og overensstemmelsesvurdering
- DS/EN 196-2 Metode til prøvning af cement – Del 2: Kemisk analyse af cement
- DS/EN 197-1 Cement – Del 1: Sammensætning, krav til egenskaber og overensstemmelseskriterier for almindelige cementer
- DS/EN 197-2 Cement – Del 2: Overensstemmelsesvurdering
- DS/EN 206-1, Beton – Del 1: Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse
- DS/EN 450 Flyveaske til beton – Del 1: Definition, specifikationer og overensstemmelseskriterier

## Kravspecifikation

---

- DS/EN 480-4 Tilsætningsstoffer til beton, mørtel og injektionsmørtel – Prøvningsmetoder – Del 4: Bestemmelse af vandudskillelse
- DS/EN 480-10 Tilsætningsstoffer til beton, mørtel og injektionsmørtel – Prøvningsmetoder – Del 10: Bestemmelse af vandopløseligt chloridindhold
- DS/EN 480-11, Tilsætningsstoffer til beton, mørtel og injektionsmørtel. Prøvningsmetoder. Del 11: Bestemmelse af luftporestruktur i hærdnet beton
- DS/EN 932-1 Prøvningsmetode for generelle egenskaber ved tilslag. Del 1: Prøveudtagning
- DS/EN 933-1 Metoder til prøvning af tilslags geometriske egenskaber – Del 1: Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling – Sigteanalyse
- DS/EN 1097-6 Metoder til prøvning af tilslags mekaniske og fysiske egenskaber – Del 6: Bestemmelse af korndensitet og vandabsorption
- DS/EN 1367-4 Metoder til prøvning af tilslags egenskaber over for temperatur- og vejrpåvirkninger – Del 4: Bestemmelse af svind ved tørring
- DS/EN 1504-3 Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og vurdering af overensstemmelse – Del 3: Konstruktiv og æstetisk reparation
- DS/EN 1504-5 Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og vurdering af overensstemmelse – Del 5: Betoninjektion
- DS/EN 1744-1 Metoder til prøvning af tilslags kemiske egenskaber – Del 1: Kemisk analyse
- DS 2426, Beton – Materialer – Regler for anvendelse af EN 206-1 i Danmark
- DS 2427, Udførelse af betonkonstruktioner – Regler for anvendelse af EN 13670 i Danmark
- DS/EN 10080 Armeringsstål til beton – Svejselige armeringsstål – Generelt
- DS/EN 10088-1 Rustfrie stål - Del 1: Liste over rustfrie stål
- DS/EN 12390-3, Prøvning af hærdnet beton – Del 3: Prøvelegemers trykstyrke
- DS/EN 12504-1, Prøvning af betonkonstruktioner – Del 1: Borekerner – Udtagning, undersøgelse og trykprøvning
- DS/EN 12350-2 Prøvning af frisk beton – Del 2: Sætmål
- DS/EN 12350-3 Prøvning af frisk beton – Del 3: Vebeprøvning
- DS/EN 12350-4 Prøvning af frisk beton – Del 4: Kompakteringsgrad
- DS/EN 12350-5 Prøvning af frisk beton – Del 5: Faldbordsprøvning
- DS/EN 12350-7 Prøvning af frisk beton – Del 7: Luftindhold – Pressurmetermetode



## Kravspecifikation

---

- DS/EN 12620 Tilslag til beton
- DS/EN 13263 Mikrosilica i beton – Definitioner, krav og overensstemmelseskriterier
- DS/EN 13670, Udførelse af betonkonstruktioner
- DS/EN 15167 Granuleret højvovsslagge til brug i beton, mørtel og injektionsmørtel – Del 1: Definitioner, specifikationer, overensstemmelseskriterier
- TI-B 33 Prøvningsmetode Måling af betonforseglingsmidlers virkningsgrad
- NT Build 492 Chloride migration coefficient from non-steady state migration experiments
- BS 7973-1 Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification. Product performance requirements
- ASTM C 1064 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete

### 1.5 Kvalitetsledelse

Den udførende skal oprette et kvalitetssystem, hvorom det gælder at delmaterialer, færdigblandet beton, betonelementer og andre elementer i det endelige bygværk skal være omfattet af et kvalitetssystem som overholder DS/EN ISO 9001. For produkter henvises der til relevant produktstandard samt tilhørende kvalitetssystem.

Det skal altid vurderes ift. det konkrete projekt, om kravspecifikationen er dækkende eller om der er behov for i projekt- eller udbudsmaterialet at stille supplerende krav eller fravigelser til kravspecifikationen. Det er den projekterende/udførendes ansvar at foretage denne vurdering.

Ved fravigelse forstås en planlagt og nøje overvejet ændring ift. kravspecifikationen. En fravigelse skal begrundes og det skal dokumenteres, at den er forsvarlig. Inden implementering skal fravigelsen accepteres af HOFOR.

Ved afvigelse forstås en ikke planlagt eller ikke overvejet ændring ift. kravspecifikationen, som af uforudsigelig eller ikke tålt grund er opstået, og at forholdet ikke kan bringes til opfyldelse af kravspecifikationen. En afvigelse skal beskrives i en afvigerapport mht. afvigelsens karakter og årsag, forslag til afhjælpende foranstaltninger og konsekvens af forslaget på kort og lang sigt, mht. holdbarhed, drift og vedligehold, herunder evt. behov for skærpede overvågnings-/moniterings- eller vedligeholdsaktiviteter. Forslaget til afhjælpende foranstaltninger skal have HOFORs accept, før arbejdet udføres.

Generelt gælder det, hvis ikke andet angivet, at alle dokumenter, der skal sendes til HOFORs accept, skal sendes minimum 30 dage inden arbejdet påbegyndes. Alle dokumenter skal være godkendte af HOFOR, inden arbejdet påbegyndes.

HOFOR forbeholder sig retten til at auditere den projekterende, den udførende og dennes underentreprenører og leverandører i løbet af arbejdets udførelse.

# Kravspecifikation

---

## 2 Udformning og projektering

### 2.1 Generelle krav

#### 2.1.1 Den projekterendes forpligtelser omkring inddragelse af arbejdsmiljøkoordinatoren

I forbindelse med planlægningen og projekteringen af betonkonstruktioner skal den projekterende informere og inddrage HOFORs arbejdsmiljøkoordinator i nødvendige vurderinger af om projektet kan udføres, driftes og vedligeholdes sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt.

Den projekterende skal som en del af planlægningen/projekteringen facilitere gennemførelsen af en skriftlig arbejdsmiljømæssig risikoidentifikation for udførelsesdelen samt for den senere drift og vedligeholdelse af det aktuelle projekt. Arbejdsmiljøkoordinatoren skal inddrages i denne proces og have råderet over det skriftlige materiale.

Den projekterende skal herudover inddrage arbejdsmiljøkoordinatoren i forbindelse med f.eks. planlægning af byggepladsforhold, fastlæggelse af udførelsesplan og andre elementer, der skal indgå i arbejdsmiljøkoordinatorens udarbejdelse af plan for sikkerhed og sundhed.

Ved udbud skal den projekterende inddrage arbejdsmiljøkoordinatoren i så god tid, at det er muligt for den projekterende at nå at tage hensyn til de anvisninger, der kommer fra arbejdsmiljøkoordinatoren.

Den projekterende skal dokumentere overvejelserne med hensyn til arbejdsmiljø i projekteringsrisikovurderingen og overdrage den til den udførende som grundlag for udførelsesrisikovurderingen.

### 2.2 Armering

Der skal anvendes armeringsstål  $f_{yk}$  500/ 550 i henhold til DIN 488 eller DS/EN 10080. Armeringsstål skal opfylde specifikationerne i Tabel 1.

**Tabel 1 Anvendte armeringskvaliteter**

Identifikation iht. EN 1992-1-1 Anneks C	Bearbejdning	Styrke $f_{yk}$ [MPa]	Duktilitet		Svejsbart *
			$\epsilon_{uk} \geq [\%]$	$(f_t/f_y)_k$	
Klasse A	Ingen krav	Min 500	2,5	$\geq 1,05$	Svejsbar
Klasse B	Ingen krav	Min 500	5,0	$\geq 1,08$	Svejsbar

Noter:

\* Ved bestemmelse af svejselighed fastlægges det udelukkende om man kan svejse på armeringen. Hvis der kan svejses på armeringen, kan det medføre ændrede egenskaber for armeringen. Dokumentation for egenskaber skal således være efter svejsning.

## **Kravspecifikation**

---

Såfremt der skal benyttes syrefast, rustfri armering skal der vælges mellem EN 1.4401, EN 1.4404, EN 1.4432, EN 1.4435, EN 1.4436, eller 1.4571 til HOFORs accept.

Krav til armering i forbindelse med udførelse er givet i afsnit 3.3.

### **2.3 Præfabrikerede betonelementer – 50 års levetid**

I det følgende er der fastsat krav til beton til præfabrikerede betonelementer/betonprodukter, f.eks. brønde eller andre bygværker, som projekteres for 50 års levetid. Dette kan for eksempel omfatte konstruktioner og konstruktionsdele, som er lette at udskifte og reparere.

#### **2.3.1 Krav til revner**

Angående krav til revner henvises der til 2.10 og TUN 101.

#### **2.3.2 Betonkrav**

Det skal specificeres i projektspecifik beskrivelse (SAB) hvilke eksponeringsklasser, betonen skal udføres til. Afhængigt af eksponeringsklasser følges krav til design, udførelse, betonsammensætning, forprøvning, produktionskontrol mm. som angivet i DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 206 inkl. NA for produktionsland samt krav givet i aktuell produktstandard. For krav til revnevidder henvises dog til afsnit 02.3.1 Krav til revner.

Den udførende skal oprette et kvalitetssystem, hvorom det gælder at delmaterialer, færdigblandet beton, betonelementer og andre elementer i det endelige bygværk skal være omfattet af et kvalitetssystem som overholder DS/EN ISO 9001 eller aktuelle produktstandarder.

### **2.4 Præfabrikerede betonelementer – 100 års levetid**

For præfabrikerede betonelementer/betonprodukter med en levetid på 100 år, herunder bl.a. presrør og box culverts, er krav angivet i nærværende afsnit. Ved banekrydsninger kan der være særlige krav med hensyn til designlevetiden, som skal specificeres i projekt- eller udbudsmaterialet.

Beton benyttet til præfabrikerede betonelementer, f.eks. presrør eller box culverts skal opfylde krav givet i aktuelle produktstandarder, medmindre fraveget i nedenstående afsnit.

Den udførende skal oprette et kvalitetssystem, hvorom det gælder at delmaterialer, færdigblandet beton, betonelementer og andre elementer i det endelige bygværk overholder DS/EN ISO 9001 eller aktuelle produktstandarder.

#### **2.4.1 Krav til revner**

Angående krav til revner henvises der til 2.10 og TUN 101

## Kravspecifikation

---

### 2.4.2 Betonkrav

Afhængigt af brugen af de præfabrikerede betonelementer, differentieres der i udvalgte krav til betonsammensætning, mm. Desuden er der krav, som kun er gældende for f.eks. presrør. I så tilfælde er dette tydeligt beskrevet i teksten.

#### 2.4.2.1 Eksponeringsklasser

Krav til eksponeringsklasser, dæklag, styrkeklasse m.m. afhængigt af brugen af præfabrikerede betonelementer er givet i Tabel 2.

Kravene til beton på ydersiden er fastsat ud fra de mest aggressive forhold, som det vurderes konstruktionerne kan udsættes for udvendigt. Med dette refereres der til påvirkning af f.eks. sulfat og chlorid i jord/grundvand i Københavnsområdet. Det er for designet antaget, at f.eks. chlorid- og sulfat-eksponeringen for alle præfabrikerede betonelementer er den højeste mulige i Københavnsområdet, dvs. eksponeringsklasse XS3. Såfremt eksponeringen er lavere end XS3, kan den projekterende foreslå lempelser i krav til dæklag og/eller chloridmigrationskoefficienten på ydersiden. Sådanne lempelser skal godkendes af HOFOR for hvert enkelt projekt, og må kun foretages på baggrund af forundersøgelser af jord/grundvand for det relevante projekt. Forundersøgelser af jord/grundvand skal som minimum følge anvisninger givet i HOFORs kravspecifikation for jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde. Det præciseres, at krav til dæklag gælder i hele udstrækningen af et element eller en rørføring.

For elementer der ikke er i kontakt med jord/grundvand (indvendige elementer) kan den projekterende foreslå lempelser i krav til dæklag og/eller chloridmigrationskoefficienten på baggrund af fastsættelse af den aktuelle eksponering. Den aktuelle eksponering skal godkendes af HOFOR for hvert enkelt projekt.

For rør/konstruktioner til spildevand skal designet i videst muligt omfang undgå områder med høj turbulens eller risiko for aflejringer for at undgå forøget risiko for svovlsyreangreb af beton. Hvorvidt der er forøget risiko for svovlsyreangreb, skal fastlægges i projektspecifik SAB. Såfremt der ikke er forøget risiko for svovlsyreangreb skal beton til spildevand opfylde krav som givet i Tabel 3. Såfremt der er forøget risiko for svovlsyreangreb, skal der benyttes beton som opfylder krav i Tabel 3, og betones bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb skal verificeres ved afprøvning (MPA Berlin Brandenburg proceduren), se særskilt afsnit med krav hertil nedenfor. Som et alternativ til ny afprøvning af betones bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb (MPA Berlin Brandenburg proceduren), kan dette dokumenteres med data fra tidligere afprøvning (MPA Berlin Brandenburg proceduren) til HOFORs accept.

Ved forøget risiko for svovlsyreangreb kan som alternativ til eftervisning af betonens bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb med MPA Berlin Brandenburg proceduren, benyttes offerlag af beton (dvs. et ekstra lag ikke-strukturel beton) eller indvendig foring, se appendix. I så tilfælde, skal dette specificeres i projektspecifik SAB.

Hvis der benyttes særlige tilsætningsstoffer i beton til spildevand, skal krav i Tabel 3 stadig overholdes. Dette gælder også de ekstra krav om afprøvning for beton med forøget risiko for svovlsyreangreb.

## Kravspecifikation

Krav til beton på indersiden differentieres imellem konstruktioner, benyttet til fjernvarme (høj temperatur på indersiden) samt til skybrud/regnvand eller spildevand (varierende aggressivitet af vand eller spildevand).

**Tabel 2** Krav til eksponeringsklasser, styrkeklasser og dæklag afhængigt af brugen af præfabrikerede betonelementer

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Temperatur (indvendig)	~ 50°C	Op til 20°C	Op til 30°C
Eksponeringsklasse mht. chlorid	XS3	XS3	XS3
Eksponeringsklasse mht. sulfat (udvendig)	XA2	XA2	XA2
Eksponeringsklasse mht. spildevand	Ej relevant	XA2/XA3 <sup>a)</sup>	XA3 + svovlsyre
Eksponeringsklasse mht. karbonatisering	XC4	XC4	XC4
Eksponeringsklasse mht. slitage iht. DIN 1045-2	Ej relevant	XM3	XM3
Minimum styrkeklasse – gælder kun for presrør	C50/60	C50/60	C50/60
Nominel dæklag	45 mm <sup>b)</sup>	45 mm <sup>b)</sup>	45 mm <sup>b)</sup>
Minimum dæklag	40 mm <sup>b)</sup>	40 mm <sup>b)</sup>	40 mm <sup>b)</sup>
<sup>a)</sup> Eksponeringsklasse mht. spildevand skal bestemmes på baggrund af information om evt. spildevand og koncentrationen af dette i skybrudstunnel. <sup>b)</sup> Såfremt dæklag ikke overholdes reduceres designlevetiden afhængigt af betonkvaliteten.			

Krav til dæklag gælder alle indvendige og udvendige flader af eksponerede overflader af de præfabrikerede betonelementer. For uarmerede betonkonstruktioner gælder at krav til betonsammensætning og afprøvning som givet heri skal overholdes, såfremt krav til levetid er det samme som for armerede konstruktioner, dog undtaget krav til chloridmigrationskoefficient. Dog tillades det for uarmerede betonkonstruktioner benyttet til skybrud eller skybrud/regnvand, at der

## Kravspecifikation

benyttes ren CEM I eller CEM II A/LL som cement som alternativ til de i Tabel 3 angivne bindersammensætninger, eller at relevant produktstandard følges.

Hvis kravet til levetiden er forskelligt fra krav givet heri, kan der i SAB angives lempelser til krav givet heri. Til banketter, kan der som alternativ til beton benyttes specialmørtel til HOFORs accept.

### 2.4.2.2 Betonsammensætning

Krav til betonsammensætning afhængigt af brugen af præfabrikerede elementer er angivet i Tabel 3. Det bemærkes at krav til tilladte bindersammensætninger er givet i enheden "vægt-% af binderindhold", og ikke som "vægt-% af cementindhold".

Tabel 3 Krav til betonsammensætning afhængigt af brugen af præfabrikerede elementer

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Tilladte bindersammensætninger [vægt-% af binderindhold] <sup>f)</sup>	1) CEM I + 10-30% FA + 0-7% MS, eller  2) CEM III/A + 0-7% MS, eller  3) CEM III/B + 0-7% MS, eller  4) CEM II/A-S + 20% FA + 0-7% MS	1) CEM I + 10-30% FA + 0-7% MS, eller  2) CEM III/A + 0-7% MS, eller  3) CEM III/B + 0-7% MS, eller  4) CEM II/A-S + 20% FA + 0-7% MS	1) CEM I + FA + MS (FA+MS >30% & FA/MS = 2.75/1 - masseforhold), eller  2) CEM III/A + 0-20% FA + 0-7% MS <sup>a)</sup> , eller  3) CEM III/B + 0-7% MS, eller  4) CEM II/A-S + 20% FA + 6% MS
Maksimum ækvivalent v/c forhold	0,40	0,40	0,40
Maksimum chloridmigrationskoefficient for armeret beton afhængig af bindersammensætning <sup>b) c)</sup> [x 10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /s]	1) 2,0  2) 2,0  3) 2,0  4) 2,0	1) 8,0  2) 4,0  3) 2,0  4) 2,0	1) 8,0  2) 2,0  3) 2,0  4) 2,0

## Kravspecifikation

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Minimum cementindhold	270 kg/m <sup>3</sup>	270 kg/m <sup>3</sup>	270 kg/m <sup>3</sup>
Minimum betonfillerindhold inkl. finstof	375 kg/m <sup>3</sup> <sup>d)</sup>	375 kg/m <sup>3</sup> <sup>d)</sup>	410 kg/m <sup>3</sup> <sup>e)</sup>
Minimum indhold af 8-16 mm tilslag	Intet krav	Intet krav	50-vol.-%
Maksimum SO <sub>3</sub> indhold	4,0% af binderindhold	4,0% af binderindhold	4,0% af binderindhold
E-modul, gælder kun for presrør	Bestemmes iht. DS/EN 12390-13	Bestemmes iht. DS/EN 12390-13	Bestemmes iht. DS/EN 12390-13
Spaltetrækstyrke, gælder kun for presrør	Bestemmes iht. DS/EN 12390-6	Bestemmes iht. DS/EN 12390-6	Bestemmes iht. DS/EN 12390-6

<sup>a)</sup> I tilfælde af at sulfat i miljøet fører til eksponeringsklasse XA3, skal der tilsættes flyveaske svarende til min. 10% af binderindholdet ved brug af CEM III/A, medmindre der benyttes CEM III/A som er EAD/ETA certificeret.  
<sup>b)</sup> Krav til chloridmigrationskoefficienten er sat på basis af modellering ifølge *fib* Bulletin 34. Chloridmigrationskoefficienten skal testes iht. NT Build 492 ved 28 modenhedsdøgn (eller 56 for bindersammensætninger med FA ≥ 20% af binderindhold). Konditionering og forberedelse af prøveemner iht. forskrifter givet i NT Build 492. Krav til chloridmigrationskoefficienten (og samhörrende afprøvning) er kun gældende for beton med traditionel armering (sort stangarmering).  
<sup>c)</sup> Krav til chloridmigrationskoefficienten er angivet for de tilladte bindersammensætninger.  
<sup>d)</sup> Inkl. finstof < 0.125 mm  
<sup>e)</sup> Inkl. finstof < 0.25 mm  
<sup>f)</sup> FA er flyveaske, GGBS er højvovsslagge og MS er mikrosilica

Beton skal opfylde alle krav, givet i Tabel 3, og afprøvning skal udføres som beskrevet i Europæiske standarder inkl. nationale tillæg for produktionslandet, med tillæg/fravigelser som givet i denne specifikation. Der henvises til afsnit 2.9.1 Delmaterialer for krav til delmaterialer.

Såfremt det nominelle dæklag øges i forhold til værdi angivet i Tabel 3, kan krav til chloridmigrationskoefficienten lempes. Ændringer af krav til chloridmigrationskoefficienten skal godkendes af HOFOR.

Specifikt for presrør gælder der, at der kun må benyttes vådstøbte presrør.

Betonens maksimaltemperatur under hærkning må aldrig overstige 65°C.

Det antages, at præfabrikerede betonelementer ikke udsættes for frost under transport og opbevaring samt i brugstilstand. Såfremt præfabrikerede betonelementer udsættes for frost, skal

## Kravspecifikation

---

frostbestandighed for beton dokumenteres iht. gældende standard for produktionsland under hensyntagen til den aktuelle frostbelastning.

### 2.4.2.3 Forprøvning

Forprøvning udføres i henhold til DS/EN 206 samt nationalt annekts for produktionsland, samt som beskrevet i nærværende specifikation. Resultatet af den samlede forprøvning bestående af prøveblandinger skal dokumenteres i prøvningsrapport til HOFOR inden opstart af støbning. Rapporten skal både dokumentere og evaluere de forskellige egenskaber, der er påkrævet af HOFOR for det pågældende bygværk. HOFOR skal acceptere resultaterne i forprøvningsrapporten før arbejde med permanente præfabrikerede betonelementer må påbegyndes. For projekter hvor den samlede mængde beton ikke overstiger 50 m<sup>3</sup>, tillades det at dokumentationen for forprøvningen erstattes helt eller delvist af dokumentation fra tidligere brug af samme betonsammensætning, dog ikke ældre end 12 måneder.

Forprøvningsrapporten kan bestå helt eller delvist af resultater fra produktionen det seneste halve år.

For hvert læs skal indholdet af delmaterialer (cement, flyveaske, mikrosilica, pulver) pr. m<sup>3</sup> beton beregnes ud fra doserede mængder og det målte luftindhold. Vand/cementforholdet og indholdet af chlorid, alkalier og SO<sub>3</sub> skal beregnes ud fra de doserede mængder. Indholdet af chlorider og alkalier skal overholde krav i DS/EN 206 inklusiv NA for produktionsland. Indholdet af SO<sub>3</sub> skal overholde kravet angivet i Tabel 3.

Der skal defineres tilstræbte værdier for vand/cementforholdet på mindst 0,02 mindre end maksimumværdierne.

I tillæg til ovenstående krav til forprøvning skal forprøvning som angivet nedenfor foretages.

#### **Forprøvning af chloridmigrationskoefficienten**

Krav til forprøvning af chloridmigrationskoefficienten iht. NT Build 492 er givet nedenfor. Disse krav gælder for præfabrikerede betonelementer uafhængigt af deres brug.

Ved forprøvning bestemmes chloridmigrationskoefficienten på cylindriske prøvelegemer med en diameter på 100 mm og en længde på 50 mm fra støbte cylindre (100 mm diameter, 200 mm længde) i henhold til NT Build 492. Chloridmigrationskoefficienten skal bestemmes efter 28 modenhedsdøgn eller efter 56 modenhedsdøgn se Tabel 3. Til hver afprøvning skal der benyttes 3 cylindere.

Cylindre til afprøvning skal støbes som cylindre til bestemmelse af trykstyrken og opbevares 1 døgn ved 20 °C og 99 % RF. Efter afformning lagres cylindrene som beskrevet i DS/EN 12390-2, dvs. i chloridfrit vand med en temperatur på 20°C. Før afprøvningen skæres cylindrene i stykker med en længde på 50 mm. Disse skal lagres i chloridfrit vand med en temperatur på 20°C indtil afprøvning.

Middelværdien af chloridmigrationskoefficienten af de 3 prøver skal ikke være større end værdien anført i Tabel 3 efter 28 modenhedsdøgn (56 modenhedsdøgn) og variationskoefficienten skal ikke overskride 20%.

Resultater af forprøvningen skal forelægges HOFOR til godkendelse.



## Kravspecifikation

---

Hvis resultaterne fra forprøvningen afslører, at der er problemer med at overholde den foreskrevne chloridmigrationskoefficient, skal der undersøges for alternativer for at opnå den foreskrevne betonkvalitet, f.eks. øget indhold af binder, reduceret v/c forhold, tilsætning af MS (op til max 7% af totalt binderindhold) etc.

### Forprøvning af mekaniske egenskaber

For presrør skal nedenstående mekaniske egenskaber af betonen afprøves.

Betonens trykstyrke skal afprøves iht. standarden.

Betonens spaltetrækstyrke skal afprøves på 3 prøvelegemer ved 28 modenhedsdøgn iht. DS/EN 12390. Den opnåede spaltetrækstyrke skal dokumenteres og kan benyttes til statistiske beregninger.

Betonens E-modul skal afprøves på 3 prøvelegemer ved 28 modenhedsdøgn iht. DS/EN 12390-13. Det opnåede E-modul skal dokumenteres og kan benyttes til statistiske beregninger.

### Forprøvning af betons syrebestandighed

For beton til spildevand hvor eftervisning af betonens syrebestandighed er påkrævet, se afsnit 2.4.1, skal betonens syrebestandighed afprøves under forprøvning i henhold til MPA Berlin Brandenburg proceduren. 4 prøveemner lagres i 12 uger i  $H_2SO_4$  med pH 3,5. Efterfølgende måles den angrebne dybde. Den gennemsnitlige dybde af det beskadigede område skal være mindre end 1,3 mm.

Derudover, skal følgende krav overholdes:

- Total porøsitet: < 11 vol.-%
- Kumulativ porevolumen: < 40 mm<sup>3</sup>/g
- Gennemsnitlig porevolumen. < 0,1 µm

Testprocedurer for ovenstående som givet i MPA Berlin Brandenburg proceduren skal følges.

Hvor eftervisning af betonens syrebestandighed er påkrævet skal ovenstående krav dokumenteres opfyldt, før betonsammensætningen kan benyttes til produktion af presrør eller andre præfabrikerede betonelementer til spildevand.

Resultater af forprøvningen skal forelægges HOFOR til godkendelse.

### 2.4.2.4 Produktionskontrol

Produktionskontrol udføres i henhold til DS/EN 206 samt nationalt annekst for produktionsland med tillæg som beskrevet i nærværende specifikation.

Den forprøvede betonblanding må ikke fraviges uden at HOFOR adviseres på forhånd. Fravigelser uden ny forprøvning er tilladt såfremt følgende grænser overholdes:

- Total pulver, cement ± 20 kg/m<sup>3</sup>
- Slagge ± 10 kg/m<sup>3</sup>
- Flyveaske ± 10 kg/m<sup>3</sup>
- Mikrosilica, vand ± 5 kg/m<sup>3</sup>
- Tilsætningsstoffer ± 25% (ingen begrænsning for luftindblandende tilsætningsstof)

## Kravspecifikation

---

- Samlet indhold af tilslag  $\pm 5\%$
- Den friske betons egenskaber dokumenteres at være de samme eller bedre
- Formålet med fravigelsen oplyses og forbedringerne dokumenteres.

Mængderne af ovennævnte delmaterialer skal dokumenteres at opfylde ovenstående krav for betonsammensætninger for hvert læs, hvor der ikke ønskes udført en ny forprøvning. Indholdet af chlorid, alkali og  $\text{SO}_3$  skal for hvert læs dokumenteres at overholde kravene angivet i afsnit 2.4.2.3.

### Frisk betons egenskaber

Krav og testfrekvenser for den friske beton skal følge DS/EN 206 inkl. Tabel 29 med tilføjelser/fravigelser som angivet i nationalt annekse fra produktionsland ved produktionskontrol.

### Hærdnende og hærdnet betons egenskaber

Krav og testfrekvenser for hærdnende og hærdnet beton skal følge DS/EN 206 inkl. Tabel 29 samt med tilføjelser/fravigelser som angivet i nationalt annekse for produktionsland. Tillægskrav er givet nedenfor.

### Produktionskontrol af chloridmigrationskoefficienten

I forbindelse med produktionskontrol skal chloridmigrationskoefficienten bestemmes på støbte cylindre ved 28 (56) modenhedsdøgn i henhold til NT Build 492. Konditionering og afprøvning er som beskrevet under forprøvning af chloridmigrationskoefficienten, se afsnit 2.4.2.3.

Minimumsafprøvningsfrekvens for chloridmigrationskoefficienten er 1 prøve á 3 emner fra støbte cylindre pr påbegyndt  $200 \text{ m}^3$  eller pr måned hvad end der giver den højeste afprøvningsfrekvens. For konstruktioner/projekter, hvor den samlede mængde er mindre end  $200 \text{ m}^3$  beton, skal der som minimum afprøves 1 prøve á 3 emner. Såfremt den samlede betonmængde til et projekt ikke overstiger  $50 \text{ m}^3$ , tillades det at kravet om afprøvning af 1 prøve á 3 emner erstattes af resultater fra tidligere afprøvning af chloridmigrationskoefficienten af den samme betonsammensætning, når disse resultater ikke er ældre end 12 måneder. Middelværdien af den målte chloridmigrationskoefficient skal overholde krav angivet i Tabel 3, og variationskoefficienten skal ikke overskride 20%.

### Produktionskontrol af mekaniske egenskaber

Der er ikke særlige krav til produktionskontrol af betonens trykstyrke, spaltetrækstyrke og E-modul i forbindelse med produktionskontrol ud over krav givet i gældende standarder.

### Produktionskontrol af betons syrebestandighed

For beton hvor syrebestandigheden skal verificeres ved afprøvning, se afsnit 2.4.1, er produktionskontrol af betonens syrebestandighed ikke påkrævet såfremt eventuelle fravigelser i betonsammensætningen er inden for tolerancer fastsat ovenfor i dette afsnit. Hvis betonsammensætningen fraviges ud over disse tolerancer, skal betonens syrebestandighed afprøves og dokumenteres som beskrevet under Forprøvning af betons syrebestandighed, se afsnit 2.4.2.3.

### 2.4.2.5 Kvalitetskontrol

Inspektion af præfabrikerede betonelementer med 100 års levetid skal følge aktuel produktstandard med fravigelser/tillægskrav som givet nedenfor. Det bemærkes, at der i nedenstående er krav der kun er gældende for bestemte typer betonelementer. I så tilfælde er dette angivet i forbindelse med beskrivelsen af det pågældende krav. For presrør specifikt gælder, at efterbehandling af presrør skal følge krav givet i DS/EN 13369 med fravigelser/tillæg givet nedenfor.

## Kravspecifikation

---

### Dæklagsmålinger

Dækklag skal måles med godkendt og kalibreret dæklagsmåler.

For alle præfabrikerede betonelementer, undtagen presrør, skal dækklaget måles som følger: Dækklaget skal måles på 10% af den ydre overflade samt 10% af den indre overflade hver dag i løbet af den første måned. Efterfølgende udføres de samme målinger en gang om ugen. Krav til dækklag angivet i Tabel 2 skal overholdes.

For presrør skal dækklaget måles som følger: For hvert presrør skal dækklaget måles i 6 punkter på ydersiden samt 6 punkter på indersiden. Krav til dækklag angivet i Tabel 2 skal overholdes.

### Skader og revner på presrør inden installation

Der tillades ikke skader og revner i presrør uafhængigt af deres brug, hverken under produktion eller efterfølgende transport, opbevaring m.m. Presrør med gennemgående revner skal kasseres. Alle presrør skal visuelt inspiceres efter afformning. I tilfælde af skader skal disse dokumenteres og forslag til udbedring skal følge Tysk Merkkblatt "*Sichtbeton*" og "*Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für die Herstellung und Lieferung von Abwasserrohren aus Beton und Stahlbeton*". Som alternativ til disse referencer, kan DS/EN 1504-3 benyttes.

På betonens overflade må der kun være mindre "lufthuller" og betonen skal støbes uden overflade revner. Reparation af betonen skal aftales med HOFOR og må ikke påbegyndes før metodebeskrivelsen er accepteret.

Skulle der opstå en fejl i produktionen, skal der laves en udførlig beskrivelse af fejlen (inkl. fotodokumentation) samt et forslag til reparation. For presrør skal porer/lunker i overfladen større end 15 mm og dybde > 5 mm repareres iht. DS/EN 1504. Alle presrør skal inspiceres mht. porer/lunker.

### Overflade af hærdnet beton – presrør

Presrør skal opfylde krav mht. porer/lunker til klasse P1, se Tysk Merkkblatt "*Sichtbeton*".

Presrør må ikke overfladebehandles hverken helt eller delvist, f.eks. med maling, grunder eller tilsvarende. Se endvidere HOFORs kravspecifikation for tunnelering.

### 2.4.2.6 Transport og opbevaring af presrør

Presrør må tidligst afformes 8 timer efter støbning. Mens presrør er i støbeformen, skal også den øvre endeflade beskyttes mod udtørring samt eventuelle negative indflydelser fra den omgivende temperatur. Efter afforskalling skal presrør opbevares i minimum 64 timer i et kontrolleret klima (lukket afdækning eller klimakammer) med RF > 85%. Temperatur og RF skal dokumenteres 3 gange dagligt.

Presrør må tidligst løftes fra bundringen, når de har opnået en trykstyrke på 35 MPa. Tiden for at opnå denne styrke skal bestemmes og dokumenteres i forbindelse med forundersøgelser. Såfremt sådan dokumentation ikke haves, må presrørene ikke løftes fra bundringen tidligere end 64 timer efter afforskalling. Løft af presrør fra stålmuffe skal tage så kort tid som muligt for at minimere udtørring af presrøret. Ved brug af løfteankre skal betonens opnåede trykstyrke tages i betragtning.

Presrør må ikke flyttes til opbevaring tidligere end 72 timer efter støbning.

Presrør  $\geq$  DN 1400 mm må ikke stables.

## Kravspecifikation

---

Som alternativ til ovenstående tillades følgende:

Presrør må tidligst afformes 8 timer efter støbning. Mens presrør er i støbeformen, skal også den øvre endeflade beskyttes mod udtørring samt eventuelle negative indflydelser fra den omgivende temperatur. Efter afformning skal presrør opbevares i minimum 88 timer i et kontrolleret klima (lukket afdækning eller klimakammer) med RF  $\geq$  80%. Temperatur og RF skal dokumenteres 3 gange dagligt.

Presrør må tidligst løftes fra bundringen når de har opnået en trykstyrke på 20 MPa. Tiden for at opnå denne styrke skal bestemmes og dokumenteres i forbindelse med forundersøgelser. Presrørene må dog ikke løftes fra bundringen tidligere end 24 timer efter støbning. Løft af presrør fra bundringen skal tage så kort tid som muligt for at minimere udtørring af presrøret. Ved brug af løfteankre skal betonens opnåede trykstyrke tages i betragtning.

Presrør må ikke flyttes til opbevaring tidligere end 96 timer efter støbning.

### 2.5 In situ-støbte betonkonstruktioner – 50 års levetid

I det følgende er der fastsat krav til beton til forskellige typer af in situ-støbte konstruktioner for 50 års levetid. Den påkrævede levetid for de enkelte konstruktionselementer specificeres i projektspecifik beskrivelse.

#### 2.5.1 Krav til revner

Angående krav til revner henvises der til 2.10 og TUN 101.

#### 2.5.2 Betonkrav

Dette afsnit omhandler beton til in situ-støbte konstruktioner og konstruktionsdele som projekteres til 50 års levetid.

Det skal specificeres i projektspecifik beskrivelse (SAB), hvilke eksponeringsklasser betonen skal udføres til. Afhængigt af eksponeringsklasser følges krav til design, udførelse, betonsammensætning, forprøvning, produktionskontrol mm. som angivet i DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 206-1 inkl. DK NA. For krav til revnevidder henvises dog til afsnit 2.5.1 Krav til revner.

Den udførende skal oprette et kvalitetssystem, hvorom det gælder at delmaterialer, færdigblandet beton, betonelementer og andre elementer i det endelige bygværk skal være omfattet af et kvalitetssystem som overholder DS/EN ISO 9001 eller aktuelle produktstandarder.

### 2.6 In situ-støbte betonkonstruktioner – 100 års levetid

Ved fastlæggelse af krav til in situ-støbte betonkonstruktioner med 100 års levetid skelnes der mellem miljøeksponeringen på indersiden, hhv. fjernvarme, skybrud/regnvand og spildevand på indersiden. Miljøeksponeringen, der skal antages, er angivet i projektspecifik SAB. Der skelnes desuden imellem ydre og indre betonkonstruktionselementer, som beskrevet nedenfor.

## Kravspecifikation

---

Beton benyttet til in situ-støbte betonkonstruktioner med 100 års levetid skal opfylde krav givet i DS/EN 206 og DS/EN 13670 samt DS 2427 inklusiv de tilføjelser og eventuelle ændringer, der er i nedenstående afsnit.

### 2.6.1 Krav til revner

Angående krav til revner henvises der til 2.10 og TUN 101.

### 2.6.2 Ydre elementer

Dette afsnit omfatter beton til in situ-støbte konstruktioner med 100 års levetid f.eks. skakte og lignende konstruktioner, der udføres i udgravninger, udsat for vandtryk samt som har kontakt mod jord, grundvand eller havvand. Desuden skal disse konstruktioner designes, så de er holdbare overfor eksempelvis høje temperaturer på indersiden (i forbindelse med fjernvarmetunnel), samt aggressive miljøeksponeringer på indersiden i forskellig grad (i forbindelse med skybrud/regnvands- og spildevandstunneler).

Krav til beton benyttet til in situ-støbte konstruktioner, f.eks. skakte eller lignende, er beskrevet nedenfor. Afhængigt af konstruktionens brug differentieres der i udvalgte krav til beton.

#### 2.6.2.1 Eksponeringsklasser

Krav til eksponeringsklasser, dæklag samt styrkeklasser for in situ-støbte konstruktioner er givet i Tabel 4. Eksponeringsklasser er fastsat iht. DS/EN 206 inkl. DS/EN 206 DK NA.

Kravene til beton på ydersiden er fastsat ud fra de mest aggressive forhold, som det vurderes konstruktionerne kan udsættes for udvendigt. Med dette refereres der til påvirkning af f.eks. sulfat og chlorid i jord/grundvand i Københavnsområdet. Det er for designet antaget, at f.eks. chlorid- og sulfat-eksponeringen for alle skakte er den højeste mulige i Københavnsområdet, dvs. eksponeringsklasse XS3. Såfremt eksponeringen er lavere end XS3, kan projekterende foreslå lempelser i krav til dæklag på ydersiden. Sådanne lempelser skal accepteres af HOFOR for hvert enkelt projekt og må kun foretages på baggrund af forundersøgelser af jord/grundvand for det relevante projekt. Forundersøgelser af jord/grundvand skal som minimum følge anvisninger givet i HOFORs kravspecifikation for jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde. Det præciseres, at krav til dæklag gælder i hele højden af f.eks. en skakt.

Krav til beton på indersiden differentieres imellem konstruktioner benyttet til fjernvarme (høj temperatur på indersiden) samt til skybrud/regnvand eller spildevand (varierende aggressivitet af vand eller spildevand).

Krav til dæklag, som angivet i Tabel 4, gælder for inderside og yderside af det pågældende element, f.eks. bundplade, ydre vægge og topplade.

## Kravs-specifikation

Tabel 4 Krav til eksponeringsklasser og dæklag for in situ-støbte konstruktioner afhængigt af disses brug.

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Temperatur (indvendig)	~ 50°C	Op til 20°C	Op til 20°C
Eksponeringsklasse, chlorid (udvendig)	XS3	XS3	XS3
Eksponeringsklasse, sulfat (udvendig)	XA2	XA2	XA2
Eksponeringsklasse, spildevand, max.	Ej relevant	XA2/XA3 <sup>a)</sup>	XA3 + svovlsyre
Eksponeringsklasse, karbonatisering, max	XC4	XC4	XC4
Frosteksponering	Ikke eksponeret <sup>b)</sup>	Ikke eksponeret <sup>b)</sup>	Ikke eksponeret <sup>b)</sup>
Nominelt dæklag <sup>c)</sup>	85 mm	85 mm	85 mm
Minimum dæklag <sup>c)</sup>	75 mm	75 mm	75 mm
Udvendig membran	Se afsnit 3.5	Se afsnit 3.5	Se afsnit 3.5
<sup>a)</sup> Eksponeringsklasse mht. spildevand skal bestemmes på baggrund af information om evt. spildevand og koncentrationen af dette i konstruktionen. <sup>b)</sup> Såfremt konstruktionerne er udsat for frost/tø eksponering, skal betonen overholde krav til luftindblanding samt luftporesystem eller frost/tø bestandighed som angivet i DS/EN 206 DK NA Anneks F. For konstruktionsdele, der kun udsættes midlertidigt for frost under udførelse, skal alene krav til luftindblanding i den friske beton iht. DS/EN 206 DK NA Anneks F overholdes. <sup>c)</sup> Såfremt dæklag ikke overholdes reduceres designlevetiden afhængigt af betonkvaliteten.			

Såfremt der benyttes udvendig membran, kan krav til dæklag, som angivet i Tabel 4, reduceres med 15 mm. Reducering af dæklag skal godkendes af HOFOR.

For uarmerede betonkonstruktioner gælder at krav til betonsammensætning og afprøvning som givet heri skal overholdes, såfremt krav til levetid er det samme som for armerede konstruktioner, dog undtaget krav til chloridmigrationskoefficient. Dog tillades det for uarmerede betonkonstruktioner benyttet til skybrud eller skybrud/regnvand, at der benyttes ren CEM I eller CEM II A/LL som cement som alternativ til de i Tabel 5 angivne bindersammensætninger.

## Kravspecifikation

Hvis dette ikke er tilfældet, kan der i SAB angives lempelser til krav givet heri. Til banketter, kan der som alternativ til beton benyttes specialmørtel til HOFORs accept.

For beton til spildevand skal designet i videst muligt omfang undgå områder med høj turbulens eller risiko for aflejring for at undgå forøget risiko for svovlsyreangreb af beton. Hvorvidt der er forøget risiko for svovlsyreangreb, skal fastlægges i projektspecifik SAB. Såfremt der ikke er forøget risiko for svovlsyreangreb skal beton til spildevand opfylde krav som givet i Tabel 5. Såfremt der er forøget risiko for svovlsyreangreb, skal der benyttes beton som opfylder krav i Tabel 5, og betones bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb skal verificeres ved afprøvning (MPA Berlin Brandenburg proceduren), se særskilt afsnit med krav hertil nedenfor. Som et alternativ til ny afprøvning af betones bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb (MPA Berlin Brandenburg proceduren), kan dette dokumenteres med data fra tidligere afprøvning (MPA Berlin Brandenburg proceduren) til HOFORs accept.

Ved forøget risiko for svovlsyreangreb kan som alternativ til eftervisning af betonens bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb med MPA Berlin Brandenburg proceduren, benyttes offerlag af beton (dvs. et ekstra lag ikke-strukturel beton) eller indvendig foring, se appendix. I så tilfælde, skal dette specificeres i projektspecifik SAB.

Hvis der benyttes særlige tilsætningsstoffer i beton til spildevand, skal krav i Tabel 5 stadig overholdes. Dette gælder også de ekstra krav om afprøvning for beton med forøget risiko for svovlsyreangreb.

Specielt for beton til spildevandskonstruktioner gælder, at der for konstruktionsbeton beskyttet af betonbanket mod direkte eksponering mod spildevand ikke påkræves afprøvning af betons bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb.

### 2.6.2.2 Betonsammensætning

HOFORs specifikke krav til betonsammensætning for in situ-støbte betonkonstruktioner er angivet i Tabel 5. Det bemærkes at krav til tilladte bindersammensætninger er givet i enheden "vægt-% af binderindhold", og ikke som "vægt-% af cementindhold".

**Tabel 5** Krav til betonsammensætning for in situ-støbte betonkonstruktioner afhængigt af deres brug.

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Maksimum ækvivalent v/c forhold	0,40	0,40	0,40
Tilladte bindersammensætninger [vægt-% af binderindhold] <sup>c)</sup>	CEM I + 10-30% FA + 0-5% MS	CEM I + 10-30% FA + 0-5% MS	CEM I + 10-30% FA + 0-5% MS

## Kravspecifikation

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Maksimum chloridmigrationskoefficient for armeret beton afhængig af bindersammensætning [ $\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ] <sup>a) b)</sup>	8,0	10,0	10,0
Maksimum SO <sub>3</sub> indhold	4,0% af binderindhold	4,0% af binderindhold	4,0% af binderindhold

<sup>a)</sup> Krav til chloridmigrationskoefficienten er fastsat på basis af modellering ifølge *fib* Bulletin 34. Chloridmigrationskoefficienten skal testes iht. NT Build 492 ved 28 modenhedsdøgn (eller 56 for bindersammensætninger med FA  $\geq$  20% af binderindhold). Konditionering og forberedelse af prøveemner iht. forskrifter givet i NT Build 492. Krav til chloridmigrationskoefficienten (og samhørende afprøvning) er kun gældende for beton med traditionel armering (sort stangarmering).

<sup>b)</sup> Der tillades også bindersammensætninger for de forskellige brug af beton som angivet i Tabel 3 med korresponderende krav til chloridmigrationskoefficient og afprøvning.

<sup>c)</sup> FA er flyveaske og MS er mikrosilica

Beton skal opfylde alle krav givet i Tabel 5, og afprøvning skal udføres som beskrevet i DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA. Der henvises til Afsnit 2.9.1 Delmaterialer for krav til delmaterialer.

Andre cementtyper, kan tillades, til HOFORs accept, og skal i så tilfælde specificeres i den projektspecifikke SAB.

### 2.6.2.3 Forprøvning

Forprøvning udføres i henhold til DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA med tillæg som i nærværende specifikation. Resultatet af den samlede forprøvning bestående af prøveblandinger samt prøvestøbninger skal dokumenteres i prøvningsrapport til HOFOR inden opstart af støbning af permanente konstruktioner/konstruktionsdele. Rapporten skal både dokumentere og evaluere de forskellige egenskaber, der er påkrævet af HOFOR for det pågældende bygværk. HOFOR skal acceptere resultaterne i forprøvningsrapporten før støbning af permanente in situ-støbte betonkonstruktioner må påbegyndes. For projekter hvor den samlede mængde beton ikke overstiger 50 m<sup>3</sup>, tillades det at dokumentationen for forprøvningen erstattes helt eller delvist af dokumentation fra tidligere brug af samme betonsammensætning, dog ikke ældre end 12 måneder.

Forprøvning skal udføres eller dokumenteres for hver enkelt betontype (betonsammensætning).

For hvert læs skal indholdet af delmaterialer (cement, flyveaske, mikrosilica, pulver) pr. m<sup>3</sup> beton beregnes ud fra doserede mængder og det målte luftindhold. Vand/cementforholdet og indholdet af chlorid, alkalier og SO<sub>3</sub> skal beregnes ud fra de doserede mængder. Indholdet af chlorider og alkalier skal overholde krav i DS/EN 206 inklusiv DS/EN 206 DK NA. Indholdet af SO<sub>3</sub> skal overholde kravet angivet i Tabel 5.



## Kravspecifikation

---

Der skal defineres tilstræbte værdier for vand/cementforholdet på mindst 0,02 lavere end maksimumværdierne.

I tillæg til ovenstående krav til forprøvning skal forprøvning som angivet nedenfor foretages.

### **Forprøvning af chloridmigrationskoefficienten**

Krav til forprøvning af chloridmigrationskoefficienten iht. NT Build 492 er givet nedenfor. Såfremt der ikke benyttes traditionel armering (sort stangarmering), er det ikke påkrævet at afprøve chloridmigrationskoefficienten.

Ved forprøvning bestemmes chloridmigrationskoefficienten på cylindriske prøvelegemer med en diameter på 100 mm og en længde på 50 mm fra støbte cylindre (100 mm diameter, 200 mm længde) i henhold til NT Build 492. Chloridmigrationskoefficienten skal bestemmes efter 28 modenhedsdøgn (56 modenhedsdøgn). Til hver afprøvning skal der bruges 3 prøvelegemer.

Cylindre til afprøvning skal støbes som cylindre til bestemmelse af trykstyrken og opbevares 1 døgn ved 20 °C og 99 % RF. Efter afformning lagres cylindrene som beskrevet i DS/EN 12390-2, dvs. i chloridfrit vand med en temperatur på 20°C. Før afprøvningen skæres cylindrene i stykker med en længde på 50 mm. Disse skal lagres i chloridfrit vand med en temperatur på 20°C indtil afprøvning.

Middelværdien af chloridmigrationskoefficienten af de 3 prøver skal ikke være større end værdien anført i Tabel 5 efter 28 modenhedsdøgn (56 modenhedsdøgn) og variationskoefficienten skal ikke overstige 20%.

Resultater af afprøvningsne skal forelægges HOFOR til accept.

Hvis resultaterne fra forprøvningen afslører, at der er problemer med at overholde den foreskrevne chloridmigrationskoefficient, skal der undersøges for alternativer for at opnå den foreskrevne betonkvalitet, f.eks. ved valg af anden cementtype eller producent, øget indhold af binder, reduceret v/c forhold, tilsætning af mikrosilica (op til max 5% af totalt binderindhold) etc.

### **Forprøvning af betons syrebestandighed**

For beton til spildevand hvor eftervisning af betonens syrebestandighed er påkrævet, se afsnit 2.6.1, skal betonens syrebestandighed afprøves under forprøvning i henhold til MPA Berlin Brandenburg proceduren. 4 prøveemner lagres i 12 uger i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> med pH 3,5. Efterfølgende måles den angrebne dybde. Den gennemsnitlige dybde af det beskadigede område skal være mindre end 1,3 mm.

Derudover, skal følgende krav overholdes:

- Total porøsitet: < 11 vol.-%
- Kumulativ porevolumen: < 40 mm<sup>3</sup>/g
- Gennemsnitlig porevolumen. < 0,1 µm

Testprocedurer for ovenstående som givet i MPA Berlin Brandenburg proceduren skal følges.

Hvor eftervisning af betonens syrebestandighed er påkrævet skal ovenstående krav dokumenteres opfyldt, før betonsammensætningen kan benyttes til støbning af in-situ støbte spildevandskonstruktioner.

Resultater af forprøvningen skal forelægges HOFOR til godkendelse.

## Kravspecifikation

---

### Prøvestøbning

Såfremt der skal udføres prøvestøbning, er dette angivet i projektspecifik beskrivelse. Udformning inkl. geometri af prøvelegemet skal accepteres af HOFOR før prøvestøbning kan påbegyndes.

Ved prøvestøbning gælder følgende krav:

Der skal udstøbes et stort prøvelegeme, som er repræsentativt for den færdige konstruktion, bestående af f.eks. minimum en del af skaktens væg og bundplade med samling mellem delene.

Til prøvestøbningen skal der anvendes samme udstyr, mandskab, samt udførsels- og støbemetode, som anvendes under produktionen. Så vidt muligt bør prøvestøbningen udføres med samme mandskab som anvendes under produktion.

Ved prøvestøbningen skal der anvendes den aktuelle transportmetode samt den maksimale transporttid, der garanteres af producenten for den pågældende betontype.

Det skal demonstreres til HOFORs godkendelse, at betonen kan transporteres, udstøbes, vibreres, afrettes, efterbehandles etc. samt at armering og afstandsklodser omstøbes tilfredsstillende, og at den anvendte betontype ikke udviser separationstendenser. Herudover skal prøvestøbningen dokumentere, i hvor stort omfang vibrering kan tillades ved støbepauser o.l. Det skal dokumenteres, at krav til dæklag for alle overflader overholdes.

Mindst 2x3 stk. Ø100 mm borekerner skal udbores af prøvelegemet til nedenstående målinger:

- En luftporeanalyse i henhold til DS/EN 480-11 til 28 modenhedsdøgn (kun for beton udsat for frost), minimum 3 borekerner
- Måling af chloridmigrationskoefficienten til 28 modenhedsdøgn (eller 56 modenhedsdøgn, jf. anvisning angivet i Tabel 5), på minimum tre prøvelegemer iht. NT Build 492. Dette krav gælder kun for traditionel armeret (sort stangarmering) beton.

Desuden skal der i forbindelse med støbningen af prøvelegemet udstøbes minimum 3 cylindre pr. betontype til måling af chloridmigrationskoefficienten til 28 modenhedsdøgn, der udføres iht. NT Build 492 og som beskrevet i afsnit om forprøvning af chloridmigrationskoefficienten ovenfor.

Det skal ved prøvestøbningen eller ved beregning dokumenteres, at de planlagte foranstaltninger, inkl. valg af betonsammensætning, støbeprogram, eventuel køling af beton m.m. er egnede til at sikre opfyldelse af de stillede temperaturkrav i betonen, se afsnit 3.4.4.2, under de vejrforhold, der med rimelighed kan forventes at forekomme.

Beregning af betonens temperaturtilstande og modenhedsudvikling skal foretages på baggrund af målinger af betonens varmeudvikling målt ved adiabatisk eller semiadiabatisk kalorimetri.

Valg af udstyr til måling af betonens temperatur, herunder program for målingens udførelse, antal placeringer af målesteder samt journalføring af måleresultaterne, skal forelægges HOFOR til accept.

Viser resultaterne fra prøvestøbningen, at den forlangte betonkvalitet ikke opnås, skal delmaterialer, blandingsforhold, materiel eller udførelsesteknik ændres og nye forprøvninger og prøvestøbninger udføres indtil den forlangte kvalitet opnås.

De ved prøvestøbningen opnåede resultater danner referencegrundlag for betonkvaliteten i bygværket.

## Kravspecifikation

---

Forprøvningsrapport inkl. resultater fra prøvestøbning (stort prøvelegeme) skal forelægges HOFOR til accept før påbegyndelse af permanente støbninger.

### 2.6.2.4 Produktionskontrol

Produktionskontrol udføres i henhold til DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA, med tillæg som i nærværende specifikation.

Den forprøvede betonblanding må ikke ændres uden at HOFOR adviseres på forhånd. Fravigelser uden ny forprøvning er tilladt såfremt følgende grænser overholdes:

- Total pulver, cement  $\pm 20 \text{ kg/m}^3$
- Slagge  $\pm 10 \text{ kg/m}^3$
- Flyveaske  $\pm 10 \text{ kg/m}^3$
- Mikrosilica, vand  $\pm 5 \text{ kg/m}^3$
- Tilsætningsstoffer  $\pm 25\%$  (ingen begrænsning for luftindblandende tilsætningsstof)
- Samlet indhold af tilslag  $\pm 5\%$
- Den friske betons egenskaber dokumenteres at være de samme eller bedre
- Formålet med fravigelsen oplyses og forbedringerne dokumenteres.

Mængderne af ovennævnte delmaterialer skal dokumenteres at opfylde ovenstående krav for betonsammensætninger for hvert læs, hvor der ikke ønskes udført en ny forprøvning. Indholdet af chlorid, alkali og  $\text{SO}_3$  skal for hvert læs dokumenteres at overholde kravene angivet i afsnit 2.6.2.3.

### Produktionskontrol af delmaterialer

Den udførende skal for hver påbegyndt  $1.000 \text{ m}^3$  beton i entreprisen udtage følgende repræsentative delmaterialeprøver:

- 10 kg cement
- 10 kg slagge
- 10 kg flyveaske
- 10 kg mikrosilica
- 10 kg sand
- 20 kg sten pr fraktion pr type
- 10 kg af øvrige delmaterialer med undtagelse af drikkevand.

Prøverne opbevares efter aftale med HOFOR indtil afleveringen.

### Produktionskontrol af luftindhold

For konstruktioner, udsat for frost, måles luftindholdet samt konsistensen af den friske beton på betonfabrik ved hver prøveudtagning for trykstyrke dog mindst én gang pr dag. Ved levering udtages prøver på pladsen i samme omfang. Ved anvendelse af pumpe skal målingerne foretages efter pumpning.

For konstruktionsdele, der kun udsættes midlertidigt for frost under udførelse, skal luftindholdet i den friske beton under produktionskontrol ligeledes bestemmes.

## Kravspecifikation

---

### Produktionskontrol af styrke

Antallet af udtagne prøver til styrkebestemmelse skal følge DS/EN 206. Udtagning af prøver foretages på betonfabrikken og udføres iht. DS/EN 12390-3.

Såfremt det på grundlag af de udtagne prøver ikke er muligt at dokumentere, at styrkekravet er opfyldt, er det pågældende kontrolafsnit afvigende, medmindre udførende ved prøvning af udborede cylindre af konstruktionsbeton kan eftervise, at konstruktionsbetonen har en karakteristisk styrke på mindst 90 % af den krævede karakteristiske styrke. Denne prøvning sker for udførendes regning. Prøvningen udføres ved udboring af 6 kerner senest 3 arbejdsdage efter, at afprøvningen af de støbte cylindre viser, at styrkekravet ikke er opfyldt.

Kernerne udbores i henhold til DS/EN 12504-1, idet højde/diameter-forholdet skal være 200/100 mm. Såfremt højden på grund af konstruktionens udformning ikke kan blive 200 mm, tillades undtagelsesvis mindre højder, dog minimum 150 mm. Udboringsstederne fastlægges efter aftale med HOFOR.

Afhængigt af konstruktionsbetonens modenhed for det pågældende kontrolafsnit, udføres følgende:

- Under 28 døgns modenhed: Kernerne trykprøves i vandmættet tilstand, når de har opnået en modenhed svarende til 28 døgn
- Over 28 døgns modenhed: Kernerne trykprøves straks efter vandmættet tilstand er opnået, jf. kravene til opbevaring inden prøvning i DS/EN 12504-1.

Styrkekravet anses for opfyldt, såfremt trykstyrkernes middelværdi, beregnet i henhold til DS/EN 206 eller DS/EN 206 DK NA, opfylder kravene i projektmaterialet.

Prøvningsprogrammet skal på forhånd accepteres af HOFOR.

### Produktionskontrol af chloridmigrationskoefficienten

I forbindelse med produktionskontrol skal chloridmigrationskoefficienten bestemmes på støbte cylindre ved 28 (56) modenhedsdøgn i henhold til NT Build 492. Konditionering og afprøvning er som beskrevet under forprøvning af chloridmigrationskoefficienten, se afsnit 2.6.2.3.

Minimumsafprøvningsfrekvens for chloridmigrationskoefficienten er 1 prøve á 3 emner fra støbte cylindre pr. påbegyndt 200 m<sup>3</sup> eller pr. måned, hvad end der giver den højeste afprøvningsfrekvens. For konstruktioner/projekter, hvor den samlede betonmængde er under 200 m<sup>3</sup>, skal der som minimum afprøves 1 prøve á 3 emner. Såfremt den samlede betonmængde til et projekt ikke overstiger 50 m<sup>3</sup>, tillades det at kravet om afprøvning af 1 prøve á 3 emner erstattes af resultater fra tidligere afprøvning af chloridmigrationskoefficienten af den samme betonsammensætning når disse resultater ikke er ældre end 12 måneder. Middelværdien af den målte chloridmigrationskoefficient skal overholde krav angivet i Tabel 5, og variationskoefficienten skal ikke overskride 20%.

### Produktionskontrol af betons syrebestandighed

For beton hvor syrebestandigheden skal verificeres ved afprøvning, se afsnit 2.6.1, er produktionskontrol af betonens syrebestandighed ikke påkrævet såfremt eventuelle fravigelser i betonsammensætningen er inden for tolerancer fastsat ovenfor i dette afsnit. Hvis betonsammensætningen fraviges ud over disse tolerancer, skal betonens syrebestandighed afprøves og dokumenteres som beskrevet under Forprøvning af betons syrebestandighed, se afsnit 2.6.2.3.

## Kravsifikation

---

### 2.7 Indvendige elementer

Dette afsnit omfatter beton til konstruktioner, der skal have en levetid på 100 år, men som ikke er udsat for spildevand, høje temperaturer, skybrudsvand, regnvand eller chloridholdigt vand (f.eks. fra grundvand eller tørsaltpåvirkning). Eksempler på dette kunne være indvendige konstruktionsdele i skaktkonstruktioner, såsom indre trappeskakte, indre teknikrum etc.

#### 2.7.1.1 Eksponeringsklasser

Krav til eksponeringsklasser, dæklag samt styrkeklasser for indvendige konstruktioner er givet i Tabel 6.

**Tabel 6** Krav til eksponeringsklasser og dæklag for indvendige, in situ-støbte betonkonstruktioner med krav til 100 års levetid.

Emne	Krav
Eksponeringsklasse, karbonatisering	XC4
Frosteksponering	Ikke eksponeret
Nominelt dæklag <sup>a)</sup>	50
Minimum dæklag <sup>a)</sup>	40
Yderligere beskyttelse / indvendig foring	Ej relevant

<sup>a)</sup> Såfremt dæklag ikke overholdes reduceres designlevetiden afhængigt af betonkvaliteten.

Det præciseres, at krav til dæklag er gældende for alle sider af konstruktionen eller dele deraf.

#### 2.7.1.2 Betonsammensætning

Krav til betonsammensætning for indvendige betonkonstruktioner som defineret ovenfor er angivet i Tabel 7. Det bemærkes at krav til tilladte bindersammensætninger er givet i enheden "vægt-% af binderindhold", og ikke som "vægt-% af cementindhold".

**Tabel 7** Krav til betonsammensætning for indvendige betonkonstruktioner med krav til 100 års levetid.

Emne	Krav
Maksimum ækvivalent v/c forhold	0,50
Tilladte bindersammensætninger [vægt-% af binderindhold] <sup>a) b)</sup>	CEM I + 0-30% FA + 0-5% MS
Maksimum SO <sub>3</sub> indhold	4,0% af binderindhold

<sup>a)</sup> Der tillades også bindersammensætninger som angivet i Tabel 3  
<sup>b)</sup> FA er flyveaske og MS er mikrosilica

## Kravspecifikation

---

Beton skal opfylde alle krav givet i Tabel 7, og afprøvning skal udføres som beskrevet i DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA. Der henvises til Afsnit 2.9.1 Delmaterialer for krav til delmaterialer.

Andre cementtyper som givet i DS/EN 197-1, f.eks. CEM III/A eller CEM III/B med/uden flyveaske og/eller mikrosilica kan tillades og skal i så tilfælde specificeres i den projektspecifikke SAB.

### 2.7.1.3 Forprøvning

Forprøvning udføres i henhold til DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA med tillæg som i nærværende specifikation. Resultatet af den samlede forprøvning bestående af prøveblandinger skal dokumenteres i prøvningsrapport til HOFOR inden opstart af støbning af permanente konstruktioner/konstruktionsdele. Rapporten skal både dokumentere og evaluere de forskellige egenskaber, der er påkrævet af HOFOR for det pågældende bygværk. HOFOR skal acceptere resultaterne i forprøvningsrapporten før støbning af permanente in situ-støbte betonkonstruktioner må påbegyndes.

Forprøvning skal udføres eller dokumenteres for hver enkelt betontype (betonsammensætning). For projekter hvor den samlede mængde beton ikke overstiger 50 m<sup>3</sup>, tillades det at dokumentationen for forprøvningen erstattes helt eller delvist af dokumentation fra tidligere brug af samme betonsammensætning, dog ikke ældre end 12 måneder.

For hvert læs skal indholdet af delmaterialer (cement, flyveaske, mikrosilica, pulver) pr. m<sup>3</sup> beton beregnes ud fra doserede mængder og det målte luftindhold. Vand/cementforholdet og indholdet af chlorid, alkalier og SO<sub>3</sub> skal beregnes ud fra de doserede mængder. Indholdet af chlorider og alkalier skal overholde krav i DS/EN 206 inklusiv DS/EN 206 DK NA. Indholdet af SO<sub>3</sub> skal overholde kravet angivet i Tabel 7.

Der skal defineres tilstræbte værdier for vand/cementforholdet på mindst 0,02 lavere end maksimumværdierne.

### 2.7.1.4 Produktionskontrol

Produktionskontrol udføres i henhold til DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA, med tillæg som i nærværende specifikation.

Den forprøvede betonblanding må ikke ændres uden at HOFOR adviseres på forhånd. Fravigelser uden ny forprøvning er tilladt såfremt følgende grænser overholdes:

- Total pulver, cement  $\pm 20$  kg/m<sup>3</sup>
- Slagge 10 kg/m<sup>3</sup>
- Flyveaske  $\pm 10$  kg/m<sup>3</sup>
- Mikrosilica, vand  $\pm 5$  kg/m<sup>3</sup>
- Tilsætningsstoffer  $\pm 25\%$  (ingen begrænsning for luftindblandende tilsætningsstof)
- Samlet indhold af tilslag  $\pm 5\%$
- Den friske betons egenskaber dokumenteres at være de samme eller bedre
- Formålet med fravigelsen oplyses og forbedringerne dokumenteres.

## Kravspecifikation

---

Mængderne af ovennævnte delmaterialer skal dokumenteres at opfylde ovenstående krav for betonsammensætninger for hvert læs, hvor der ikke ønskes udført en ny forprøvning. Indholdet af chlorid, alkali og SO<sub>3</sub> skal for hvert læs dokumenteres at overholde kravene angivet i afsnit 2.7.1.3.

### Produktionskontrol af delmaterialer

Den udførende skal for hver påbegyndt 1.000 m<sup>3</sup> beton i entreprisen udtage følgende repræsentative delmaterialeprøver:

- 10 kg cement
- 10 kg flyveaske
- 10 kg slagge
- 10 kg mikrosilica
- 10 kg sand
- 20 kg sten pr fraktion pr type
- 10 kg af øvrige delmaterialer med undtagelse af drikkevand.

Prøverne opbevares efter aftale med HOFOR indtil afleveringen.

### Produktionskontrol af styrke

Antallet af udtagne prøver til styrkebestemmelse skal følge DS/EN 206. Udtagning af prøver foretages på betonfabrikken og udføres iht. DS/EN 12390-3.

Såfremt det på grundlag af de udtagne prøver ikke er muligt at dokumentere, at styrkekravet er opfyldt, er det pågældende kontrolafsnit afvigende, medmindre udførende ved prøvning af udborede cylindre af konstruktionsbeton kan eftervise, at denne har en karakteristisk styrke på mindst 90 % af den krævede karakteristiske styrke. Denne prøvning sker for udførendes regning. Prøvningen udføres ved udboring af 6 kerner senest 3 arbejdsdage efter, at de støbte cylindre viser, at styrkekravet ikke er opfyldt.

Kernerne udbores i henhold til DS/EN 12504-1, idet højde/diameter-forholdet skal være 200/100 mm. Såfremt højden på grund af konstruktionens udformning ikke kan blive 200 mm, tillades undtagelsesvis mindre højder, dog minimum 150 mm. Udboringsstederne fastlægges efter aftale med HOFOR.

Afhængigt af konstruktionsbetonens modenhed for det pågældende kontrolafsnit, udføres følgende:

- Under 28 døgns modenhed: Kernerne trykprøves i vandmættet tilstand, når de har opnået en modenhed svarende til 28 døgn
- Over 28 døgns modenhed: Kernerne trykprøves straks efter vandmættet tilstand er opnået, jf. kravene til opbevaring inden prøvning i DS/EN 12504-1.

Styrkekravet anses for opfyldt, såfremt trykstyrkens middelværdi, beregnet i henhold til DS/EN 206 eller DS/EN 206 DK NA, opfylder kravene i projektmaterialet.

Prøvningsprogrammet skal på forhånd accepteres af HOFOR.

# Kravsifikation

---

## 2.8 Betonkrav - Sekantpæle

### 2.8.1 Midlertidige sekantpæle

HOFOR har ikke særskilte krav til beton for midlertidige sekantpæle.

### 2.8.2 Permanente sekantpæle

Dette afsnit omhandler beton til sekantpæle, der påtænkes anvendt som del af permanente konstruktioner, som udgangspunkt op til 100 års levetid. For beton til sekantpæle gælder krav som givet for danske eksponeringsklasser, dog med krav til bindersammensætning mm. som givet i Tabel 8,

#### 2.8.2.1 Betonsammensætning

Betonsammensætningen samt dæklag for armerede, permanente sekantpæle skal opfylde kravene som beskrevet i Tabel 8. Uarmerede, permanente sekantpæle skal opfylde kravene som beskrevet i Tabel 8, på nær krav til dæklag. Det bemærkes at krav til tilladte bindersammensætninger er givet i enheden "vægt-% af binderindhold", og ikke som "vægt-% af cementindhold".

**Tabel 8** Krav til betonsammensætning og dæklag for armerede, permanente sekantpæle.

Emne	Krav
	Armerede sekantpæle
Maksimum ækvivalent v/c forhold	0,45
Tilladte bindersammensætninger [vægt-% af binderindhold]	CEM I + 10-35% FA + 0-5% MS, eller CEM I + 36-80% GGBS + 0-5% MS, eller CEM III/A, eller CEM III/B
Maksimum SO <sub>3</sub> indhold	4,0% af binderindhold
Nominelt dæklag <sup>a)</sup>	110 mm
Minimum dæklag <sup>a)</sup>	90 mm

<sup>a)</sup> Såfremt dæklag ikke overholdes, reduceres designlevetiden afhængigt af betonkvaliteten.

Permanente sekantpæle skal udføres uden defekter. For permanente sekantpæle skal det overvejes om disse er udsat for frost. Der henvises til Afsnit 2.9.1 Delmaterialer for krav til delmaterialer.

Betonsammensætningen og egenskaberne af den friske beton, såsom betonens reologi, konsistens, bearbejdelighed og afbindingstid skal bestemmes og evalueres af udførende, således at betonens



## Kravspecifikation

---

egenskaber er egnede til udstøbning med tremie, og at kravene til pæle uden defekter med det påkrævede dæklag opnås.

Sekantpælene skal som udgangspunkt udstøbes ved brug af casing i hele dybden.

### 2.8.2.2 Prøvning

Afprøvning af permanente sekantpæle skal bestå af følgende:

- Forprøvning – prøveblandinger og prøvestøbninger fra blandedanlæg
- Forprøvning – fuldskala prøvestøbning(er) og
- Produktionskontrol

Forprøvning udføres i henhold til DS/EN 206 samt DS/EN 206 DK NA med tillæg som i nærværende specifikation. Resultatet af den samlede forprøvning bestående af prøveblandinger samt prøvestøbninger skal dokumenteres i prøvningsrapport til HOFOR inden opstart af støbning. Rapporten skal både dokumentere og evaluere de forskellige egenskaber, der er påkrævet af HOFOR for det pågældende bygværk. Arbejde med permanente sekantpæle må først påbegyndes når HOFOR har accepteret resultaterne i forprøvningsrapporten.

#### **Forprøvning – prøveblandinger og prøvestøbninger fra blandedanlæg**

Der skal udføres et program for prøveblandinger for at bestemme de reologiske egenskaber på en række overvejede betonblandinger og for at udarbejde passende acceptkriterier til demonstration af overensstemmelse (deklarerede krav) og for accept på pladsen. Forprøvningen skal inkludere karakterisering af reologien for frisk beton, inklusiv parametre som foreslået i EFFC/DFI Best Practice Guide sammen med bestemmelse af den hærdnede betons egenskaber. Disse bør som minimum indeholde:

- Luftindhold
- Flydespænding
- Plastisk viskositet
- Bleeding
- Densitet
- Temperatur
- Konsistens, flydesætmål, sætmål
- Udvikling af de reologiske egenskaber over tid

For ovenstående skal der bestemmes egnede acceptkriterier (deklarerede krav) for at eftervise overensstemmelse og til accept på pladsen. Den udførende skal fremvise foreslåede testmetoder til HOFOR tilsyns accept.

Der skal udføres et prøveprogram for blandedanlæg for at verificere betonens karakteristika og for at bekræfte acceptkriterierne (deklarerede værdier). Prøveblandinger fra blandedanlæg skal dokumenteres fuldstændigt ud fra afprøvning af alle krævede egenskaber for frisk og hærdnet beton og i overensstemmelse med EFFC/DFI Best Practice Guide (1. udgave).

#### **Forprøvning - fuldskala prøvestøbninger**

En fuldskala prøvestøbning af et antal pæle skal udføres med samme udførelsesmetode, mandskab

## Kravspecifikation

---

og udstyr som bruges til selve konstruktionen og udgravet til en given dybde som aftalt med HOFORs tilsyn.

Fuldskalaprøvningen skal udføres i god tid før sekantpæleproduktionens opstart, således at der er tid til rapportering af afprøvningen, HOFORs tilsyns gennemgang og accept af denne samt for indarbejdning af eventuelle modifikationer af betonsammensætning, metoder og design i tilfælde af at resultaterne af afprøvningen ikke kan accepteres.

Afprøvningen skal eftervise følgende:

- Design og detaildedesign
- Egenskaber af frisk beton
- Den udførendes generelle erfaring og formåen
- Egnethed til de specifikke jordforhold

Fuldskala prøvestøbningen skal dokumenteres fuldstændigt med afprøvning af alle de krævede egenskaber for frisk og hærdnet beton samt i overensstemmelse med EFFC/DFI Best Practice Guide.

De eksponerede overflader af pælene i fuldskalaafprøvningen skal afvaskes og eventuelle betonrester skal fjernes. Efterfølgende skal pælene efterses for defekter og dæklaget skal bestemmes ved ikke-destruktive målemetoder som kalibreres mod udborede kerner.

Produktionen af pæle må ikke påbegyndes, før den udførende har demonstreret, at han kan producere pæle fri for defekter og som til fulde overholder kravene i denne specifikation.

### Produktionskontrol

Produktionskontrol under udførelse af arbejdet skal udføres for at sikre at egenskaberne for frisk og hærdnet beton er indenfor de givne og deklarerede krav. Udover kravene, som er givet i DS/EN 206 og DS/EN 206 DK NA, hvor disse er anvendelige, skal følgende afprøvninger, som angivet i Tabel 9, udføres:

**Tabel 9** Krav til test af friske betonegenskaber for permanente sekantpæle i forbindelse med produktion.

Egenskab	Krav	Testmetode	Hyppighed
			Produktion
Luftindhold	Min. 4,5%, max. 8,5%, Deklareret værdi	DS/EN 12350-7	En test for hver 3 læs, men ikke mindre end én gang pr. produktionsdag <sup>a)</sup>
Konsistens	Deklareret værdi	DS/EN 12350-2 DS/EN 12350-5	En inspektion for hvert læs <sup>a)</sup>
Temperatur	Registreres	ASTM C 1064	En test for hver 3 læs, men ikke mindre end én gang pr. produktionsdag

## Kravspecifikation

Egenskab	Krav	Testmetode	Hyppighed
			Produktion
Bleeding	Deklareret	DS/EN 480-4	I tvivlstilfælde ved visuel inspektion
a) Ikke overensstemmende læs skal forkastes. Hvis en bil med læs har stået i mere end 40 min skal prøvningen gentages.			

I tillæg til afprøvning af den friske betons egenskaber som krævet ovenfor, skal den hærdnede betons egenskaber afprøves i henhold til DS/EN 206 og DS/EN 206 DK NA hvor anvendeligt.

### 2.8.2.3 Tilsyn

Udførelse af sekantpæle, som kan accepteres som en del af de permanente konstruktioner, og som er uden defekter, kræver nøje omhu samt at designet, betonen og metoderne er omhyggeligt udvalgte til formålet. Desuden kræves det, at skærpet kvalitetskontrol udføres. Den udførende er ansvarlig for den samlede proces, og ved involvering af underentreprenører skal det sikres, at relevante krav til fulde overholdes.

Den udførende skal sørge for passende kvalitetskontrol og tilsyn af arbejderne og skal føre tilsyn med eget mandskab, som skal have erfaring med sekantpælearbejder.

Den udførende skal aflevere udspecificering af de foreslåede metoder til forsegling af alle eventuelle lækager, der måtte opstå i forbindelse med udgravningen således at krav til vandtæthed opfyldes til HOFOR tilsyns accept. Planer og metodebeskrivelser for forsegling af lækager skal udarbejdes inden udgravningen påbegyndes, og materialer anvendt til reparationer skal forelægges HOFOR tilsyn til accept. Lækager skal forsegles så snart de opdages for at undgå jordtab og uforholdsmæssigt stor indstrømning.

## 2.9 Generelle krav

### 2.9.1 Delmaterialer

Generelt gælder følgende krav til delmaterialer benyttet til al beton omfattet af denne kravspecifikation for beton.

#### 2.9.1.1 CEM I

CEM I skal opfylde krav i DS/EN 197-1 med tillægskrav som angivet i

Tabel 10. Vurdering af cementens overensstemmelse med kravene i DS/EN 197-1 skal følge DS/EN 197-2.

## Kravspecifikation

---

**Tabel 10 Tillægskrav til CEM I**

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
Maksimum C <sub>3</sub> A indhold	8,0% <sup>a)</sup>	DS/EN 196-2
Maksimum ækvivalent alkali indhold	0,6%	DS/EN 196-21
<sup>a)</sup> I tilfælde af at sulfat i miljøet afgør eksponeringsklasser XA2 eller XA3 skal der anvendes en sulfatresistent cement iht. DS/EN197-1 eller supplerende nationale annekser.		

### 2.9.1.2 CEM II/A-S

CEM II/A-S skal opfylde krav i DS/EN 197-1 med tillægskrav som angivet i Tabel 11. Vurdering af cementens overensstemmelse med kravene i DS/EN 197-1 skal følge DS/EN 197-2.

**Tabel 11 Tillægskrav til CEM II/A-S**

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
C <sub>3</sub> A indhold <sup>a)</sup>	Max. 3,0 %	DS/EN 196-2
MgO i slagge	Max. 18,0 %	DS/EN 196-2
Ækvivalent Na <sub>2</sub> O <sup>b)</sup>	Max. 0,95 %	DS/EN 196-2
<sup>a)</sup> C <sub>3</sub> A indhold skal beregnes som $2,650 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 1,692 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ og enheden skal være masseprocent (%). Kun Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> og Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> indholdet i Portland cement klinker skal anvendes i beregningen. <sup>b)</sup> Ækvivalent Na <sub>2</sub> O skal beregnes som $\text{Na}_2\text{O} + 0,58 \text{ K}_2\text{O}$ og enheden skal være masseprocent (%).		

Det er tilladt for producenten at blande CEM I og slagge til et produkt der opfylder krav til CEM II/A-S som givet i DS/EN 197-1. I så tilfælde skal CEM I opfylde krav i DS/EN 197-1 og slagge opfylde krav givet i DS/EN 15167-1 & -2. Såfremt der benyttes et sådant produkt skal krav for C<sub>3</sub>A indhold og ækvivalent Na<sub>2</sub>O indhold som givet i Tabel 11 overholdes for det samlede, blandede produkt.

### 2.9.1.3 CEM III/A

CEM III/A skal opfylde krav i DS/EN 197-1 med tillægskrav som angivet i Tabel 12. Vurdering af cementens overensstemmelse med kravene i DS/EN 197-1 skal følge DS/EN 197-2.

**Tabel 12 Tillægskrav til CEM III/A**

## Kravspecifikation

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
C <sub>3</sub> A indhold <sup>a)</sup>	Max. 3,0 %	DS/EN 196-2
MgO i slagge	Max. 18,0 %	DS/EN 196-2
Ækvivalent Na <sub>2</sub> O <sup>b)</sup>	Max. 0,95 % (slaggeindhold < 50 %) 1,10 % (slaggeindhold ≥ 50 %)	DS/EN 196-2
<sup>a)</sup> C <sub>3</sub> A indhold skal beregnes som 2,650 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 1,692 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> og enheden skal være masseprocent (%). Kun Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> og Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> indholdet i Portland cement klinker skal anvendes i beregningen. <sup>b)</sup> Ækvivalent Na <sub>2</sub> O skal beregnes som Na <sub>2</sub> O + 0,58 K <sub>2</sub> O og enheden skal være masseprocent (%).		

Det er tilladt for producenten at blande CEM I og slagge til et produkt der opfylder krav til CEM III/A som givet i DS/EN 197-1. I så tilfælde skal CEM I opfylde krav i DS/EN 197-1 og slagge opfylde krav givet i DS/EN 15167-1 & -2. Såfremt der benyttes et sådant produkt skal krav for C<sub>3</sub>A indhold og ækvivalent Na<sub>2</sub>O indhold som givet i Tabel 12 overholdes for det samlede, blandede produkt.

### 2.9.1.4 CEM III/B

CEM III/B skal opfylde krav i DS/EN 197-1 med tillægskrav som angivet i Tabel 13. Vurdering af cementens overensstemmelse med kravene i DS/EN 197-1 skal følge DS/EN 197-2.

**Tabel 13 Tillægskrav til CEM III/B**

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
C <sub>3</sub> A indhold <sup>a)</sup>	Max. 3,0 %	DS/EN 196-2
MgO i slagge	Max. 18,0 %	DS/EN 196-2
Ækvivalent Na <sub>2</sub> O <sup>b)</sup>	Max. 1,10 %	DS/EN 196-2
<sup>a)</sup> C <sub>3</sub> A indhold skal beregnes som 2,650 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 1,692 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> og enheden skal være masseprocent (%). Kun Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> og Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> indholdet i Portland cement klinker skal anvendes i beregningen. <sup>b)</sup> Ækvivalent Na <sub>2</sub> O skal beregnes som Na <sub>2</sub> O + 0,58 K <sub>2</sub> O og enheden skal være masseprocent (%).		

Det er tilladt for producenten at blande CEM I og slagge til et produkt der opfylder krav til CEM III/B som givet i DS/EN 197-1. I så tilfælde skal CEM I opfylde krav i DS/EN 197-1 og slagge opfylde krav givet i DS/EN 15167-1 & -2. Såfremt der benyttes et sådant produkt skal krav for C<sub>3</sub>A indhold og ækvivalent Na<sub>2</sub>O indhold som givet i Tabel 12 overholdes for det samlede, blandede, produkt.

## Kravsifikation

---

### 2.9.1.5 Flyveaske

Flyveaske skal opfylde krav i DS/EN 450-1. Brug af biokulflyveaske tillades ikke til konstruktioner designet til 100 års levetid. Biokulflyveaske som opfylder krav givet i DS/EN 206 DK NA Anneks I tillades til konstruktioner designet til 50 års levetid.

Til bestemmelse af ækvivalent v/c forhold indgår flyveaske med k-værdien angivet i nationalt anneks for produktionsland.

### 2.9.1.6 Mikrosilica

Mikrosilica skal opfylde krav i DS/EN 13263-1.

Til bestemmelse af ækvivalent v/c forhold indgår mikrosilica med k-værdien,  $k = 2,00$ .

### 2.9.1.7 Tilslag

Prøveudtagning af tilslag skal overholde kravene i DS/EN 932-1.

#### Sand

Sand, undtagen til beton for presrør (se nedenfor), skal opfylde krav til miljøpåvirkning "Ekstra Aggressiv" som angivet i DS/EN 206 DK NA med fravigelser som angivet i Tabel 14. For beton til uarmerede betonkonstruktioner til fjernvarme eller skybrud/regnvand tillades sand til miljøklasse "Passiv" som angivet i DS/EN 206 DK NA.

Tabel 14 Tillægskrav til sand til beton (undtagen presrør).

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
Sortering	GF85	Iht. DS/EN 12620
Maksimum indhold af materiale < 0,063 mm	3,0% (kategori f <sub>3</sub> )	DS/EN 933-1
Maksimum indhold af organiske urenheder	Lysere farve	DS/EN 1744-1
Maksimum udtørringssvind	0,050%	DS/EN 1367-4

Sand benyttet til beton til presrør skal opfylde krav til miljøpåvirkning "Ekstra Aggressiv" (eksponeringsklasser XD2, XD3, XS3, XF4 og XA3) i nationalt anneks til EN 206 for produktionsland, med fravigelser som angivet i Tabel 15. Krav givet i Tabel 15 er gældende for hver kornkurve.

For beton til miljøpåvirkning "Passiv", tillades brug af genanvendt tilslag iht. afsnit E.3.3 i DS/EN 206 DK NA.

## Kravs-specifikation

Tabel 15 Tillægskrav til sand til beton til presrør.

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
Maksimum indhold af materiale < 0.063 mm	3,0% (kategori f <sub>3</sub> )	DS/EN 933-1
Maksimum indhold af organiske urenheder	Lysere farve	DS/EN 1744-1
Maksimum udtørringssvind	0,050%	DS/EN 1367-4
Maksimumkrav til alkali-kisel-reaktivitet. <sup>a)</sup>	E I	Som beskrevet i " <i>Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton</i> "
<sup>a)</sup> Beton fremstillet i Danmark skal følge DS 2426 mht. afprøvning for alkalikiselreaktivitet.		

### Sten

Sten, undtagen til beton for presrør (se nedenfor), skal opfylde krav til "Ekstra Aggressiv" som angivet i DS/EN 206 DK NA med fravigelser som angivet i Tabel 16. For beton til uarmerede betonkonstruktioner til fjernvarme eller skybrud/regnvand tillades sten til miljøpåvirkning "Passiv" som angivet i DS/EN 206 DK NA.

Tabel 16 Tillægskrav til sten til beton (undtagen presrør).

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
Sortering	G <sub>c</sub> 85/20 eller G <sub>c</sub> 90/15	Iht. DS/EN 12620
Maksimum indhold af materiale < 0,063 mm	1,5% (kategori f <sub>1,5</sub> )	DS/EN 933-1
Maksimum indhold af organiske urenheder	Lysere farve	DS/EN 1744-1
Maksimum absorption	1,0%	DS/EN 1097-6
Maksimum udtørringssvind	0,075%	DS/EN 1367-4
Maksimum stenstørrelse	16-32 mm afhængigt af armeringsintensiteten	

For beton til miljøpåvirkning "Passiv", tillades brug af genanvendt tilslag iht. afsnit E.3.3 i DS/EN 206 DK NA.

Sten til beton for presrør skal opfylde krav til miljøpåvirkning "Ekstra Aggressiv" (eksponeringsklasser XD2, XD3, XS3, XF4 og XA3) i nationalt annekset til EN 206 for produktionsland, med fravigelser som angivet i Tabel 17. Krav givet i Tabel 17 er gældende for hver kornkurve.

## Kravspecifikation

---

Maksimum stenstørrelse til presrør er 16 mm.

Tabel 17 Tillægskrav til sten til beton til presrør.

Materiale/egenskab	Krav	Testmetode
Maksimum indhold af materiale < 0.063 mm	1,5% (kategori f <sub>1,5</sub> )	DS/EN 933-1
Maksimum indhold af organiske urenheder	Lysere farve	DS/EN 1744-1
Maksimum absorption	1,0%	DS/EN 1097-6
Maksimum udtørningsvind	0,075%	DS/EN 1367-4

### 2.9.1.8 Vand

Vand benyttet til blandevand, køling, vask og køling af tilslag samt efterbehandling skal være rent drikkevand og opfylde krav givet i DS/EN 1008. Det tillades ikke at bruge genbrugsvand.

### 2.9.1.9 Tilsætningsstoffer

Tilsætningsstoffer skal opfylde krav angivet i DS/EN 934-2. Kvalitetskontrollen af tilsætningsstoffer skal overholde kravene angivet i DS/EN 934-6.

### 2.9.1.10 Levering og opbevaring af delmaterialer

De dage, hvor der leveres beton i henhold til nærværende bestemmelser, skal der udføres kontrol af at samtlige delmaterialer opbevares i henhold til de stillede krav.

Der skal føres journal over ovenstående kontrolprocesser.

## 2.9.2 Frisk betons egenskaber

Krav og testfrekvenser for den friske beton skal følge relevante krav i nærværende kravspecifikation for den pågældende beton/konstruktionstype, DS/EN 206 inkl. Tabel 29 med tilføjelser/fravigelser som angivet i DS/EN 206 DK NA ved forprøvning og produktionskontrol.

## 2.9.3 Hærdnende og hærdnet betons egenskaber

Krav og testfrekvenser for hærdnende og hærdnet beton skal følge relevante krav i nærværende kravspecifikation for den pågældende beton/konstruktionstype, DS/EN 206 inkl. Tabel 29 med tilføjelser/fravigelser som angivet i DS/EN 206 DK NA.



# Kravsifikation

## 2.10 Projektering af permanente konstruktioner

### 2.10.1 Minimumsarmering

Hvis konstruktionen har behov for minimumsarmering for at kontrollere revnedannelsen, skal den armeres, så den lever op til kravene angivet i afsnit 7.3.2 (1)P □ for rent træk under hærkning. HOFOR tillader, at når formel 7.100 NA anvendes, kan følgende revnevidder antages, hvis ikke andet er angivet i SAB:

Konstruktionstykkelse  $t < 400\text{mm}$ :  $w_k = 0,35$

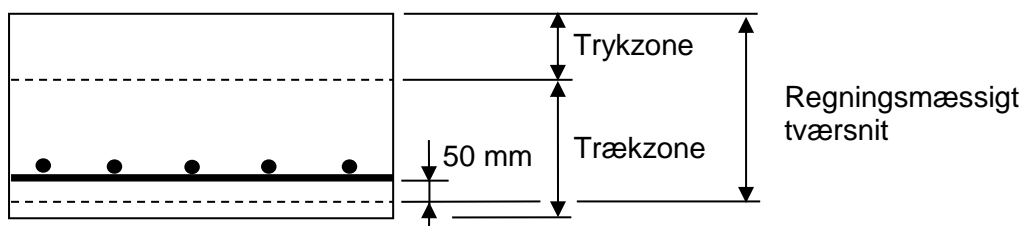
Konstruktionstykkelse  $t \geq 400\text{mm}$ :  $w_k = 0,40$

Disse revnevidder må ikke bruges til andre beregninger, f.eks. til revner fra eksterne laster (bøjningsrevner eller rene trækrevner)

### 2.10.2 Revnevidder

Gennemgående revner som følge af temperatur, svind, tvang, last, sætninger osv. er ikke tilladt. Dette inkluderer hærderevner og revner i den hærdede beton.

Alle revneviddeberegninger og bestemmelse af minimumsarmering for konstruktioner med et nominelt dæklag større end 50 mm skal beregnes som om dæklaget i træksiden, der overskrider 50 mm, ikke eksisterer.



Figur 1 Princip for dæklag og regningsmæssigt tværsnit

Grænseværdi for **bøjningsrevner** er 0,3 mm. Minimum trykzonehøjde, jf. DS/EN 1992-3, skal overholdes. Grænseværdi for bøjningsrevner målt på betonoverfladen af udførte konstruktioner med et nominelt dæklag større end 50 mm skal fastlægges af den projekterende.

### 2.10.3 Betonkonstruktioner støbt mod skakt/byggegrube vægge

Dette omhandler vægge støbt mod sekantpæle, slidsevægge, jetgroutvægge og lignende, hvor der er risiko for revner som følge af den friske betons udvidelse og sammentrækning mod en ueftergivelig og ru overflade.

## Kravspecifikation

---

Der skal installeres en vandtæt membran. Der henvises til Bilag 1.

Membran kan undlades, såfremt det kan eftervises at der ikke vil opstå gennemgående revner, se afsnit 2.10.2 Revnevidder. Dette skal dokumenteres vha. bl.a. temperatur-spændingsanalyser, tommelfingerregel til temperaturforskul jf. HOFORs kravspecifikation for beton (BET 101), støbeprogram og det strukturelle design. Hvis der alligevel opstår utætheder, skal disse injiceres hurtigst muligt efter observation.

### 2.10.4 Støbeskel

Der tillades ikke støbehøjder større end 4 meter ved vægstøbninger uden forudgående konkret aftale med HOFOR.

Alle støbeskel skal være vandtætte (ingen gennemsvivning), og der skal installeres fugebånd i reces samt injektionsslanger for efterinjicering. Hvis der alligevel opstår utætheder, skal disse injiceres hurtigst muligt efter observation.

I alle bevægelsesfuger skal der installeres et indvendigt og udvendigt fugebånd, som dimensioneres for de forventede deformationer.

For alle fugebånd skal leverandørens specifikationer og anvisninger følges. Ved valg af fugebånd skal der tages hensyn til størrelsen af vandtryk.

### 2.10.5 Opnået vandtæthed

Efter støbning af den permanente struktur er kun fugtige områder tilladt. De tilladte fugtige områder er defineret som: "Områder, hvor betonen viser tegn på fugt ved at have en mørk farve. Rører man overfladen med hånden, må der efterfølgende ikke være vand på hånden. Dette betyder selvfølgelig, at ingen løbende vand eller vanddråber er tilladt". I tilfælde af utætheder, som ikke opfylder ovenstående kriterier, skal disse injiceres, medmindre det kan dokumenteres at utæthederne er ukritiske med hensyn til blandt andet holdbarheden af konstruktionen.

Ovenstående krav til vandtæthed gælder for alle permanente konstruktioner udsat for vandtryk.

## Kravspecifikation

---

### 3 Udførelse

#### 3.1 Mål og tolerancer

Der henvises generelt til HOFORs øvrige kravspecifikationer vedrørende bestemte konstruktionstyper samt DS/EN 13670 og DS 2427. Hvis ikke andet er angivet for den bestemte konstruktionstype i anden kravspecifikation eller i udbudsdokumenterne, gælder generelt følgende:

- De enkelte bygningsdele skal placeres efter målsætningslinjer og -planer, jf. gældende DS/EN normer, så fejlphobninger undgås.
- Alle mål skal overholdes med en nøjagtighed, der svarer til god håndværksmæssig udførelse under hensyntagen til målets størrelse.
- Specifikke krav skal angives på tegninger.
- Ved toleranceangivelser er anvendt principperne i gældende DS/EN normer. Basismålene er de mål, der er angivet på tegningerne. Ved placeringsmål anvendes målet til den nærmeste kendte modullinje som basismål, medmindre andet fremgår af tegningen. Tolerancerne (T) er afhængig af målsætningslinjens længde (M):
  - $T = \pm 5 \text{ mm}$ , for  $M < 2,4 \text{ m}$
  - $T = \pm 8 \text{ mm}$ , for  $2,4 \text{ m} < M < 9,6 \text{ m}$
  - $T = \pm 12 \text{ mm}$ , for  $M > 9,6 \text{ m}$

Tolerancen for koter er  $\pm 10 \text{ mm}$ .

#### 3.2 Form

DS/EN 13670 samt DS 2427 er gældende.

Formsystem vælges svarende til kravene i den pågældende opgave.

Normalt skal der anvendes glatte forme (både plader og systemforme). Andre typer forme må kun anvendes efter aftale med HOFOR.

Formene skal opstilles sikkert afstivet og skal være dimensioneret til forventet dynamisk støbetryk. Vær særlig opmærksom ved anvendelse af vibreringsfri beton.

Særlig opmærksomhed skal rettes mod øget hydrostatisk tryk til stede under brugen af vibreringsfri beton. Den udførende skal være opmærksom på, at der kan kræves en risikoanalyse, når der benyttes vibreringsfri beton. Risikoanalysen skal i så tilfælde udarbejdes af den udførende og accepteres af HOFOR.

Udsparingskasser for huller, der senere skal udstøbes, skal forsynes med receslister, så der efterfølgende kan monteres kvællende fugebånd.

Udsparingskasser i vægge skal forsynes med det nødvendige antal støberør, der sikrer udstøbning under kassen, samt evakuering af luft.

## Kravspecifikation

---

Formene skal være så tætte, at der ikke kan forekomme mørtelgennemsivning i et omfang, så der opstår grove sandstriber.

Inden formene lukkes, skal støbeskel være afrenset, sandblæst, rengjorte og inspiceret af tilsynet og HOFOR, se afsnit 3.4.3 Støbeskel for krav til støbeskel. Det yderste lag af den eksisterende beton skal være vandmættet og overfladetør inden udstøbning. Om vinteren skal formen opvarmes og anvendelse af varmt vand og/eller andre vinterforanstaltninger, se Afsnit 3.4.5.1, kan komme i betragtning.

Alle formflader af ubehandlet træ skal vandes grundigt før støbningen, dog må der ikke stå blankt vand i formen når støbningen påbegyndes.

Ved bygværker til vakuum eller til konstruktioner udsat for vandtryk må der ikke anvendes gennemgående udtagelige clampsjern. I stedet anvendes spyd med indstøbningsdel eller lignende.

Der skal være så få støbeskel som muligt. Støbeskel, udover de på tegningerne viste, må kun forekomme efter accept fra HOFORs tilsyn.

### 3.2.1 Kontrol

Inden formen lukkes kontrolleres placering af udsparinger, fugebånd, strittere, også iborede, trekantlister, støbehøjder etc.

Efter lukning og opspænding af forme, skal de indvendige mål kontrolleres og dokumenteres inden udstøbning.

Dækklag kontrolleres og dokumenteres inden udstøbning.

Opspænding, understøtninger, formlåse og tilspænding af clampsjern mv. kontrolleres inden udstøbning.

## 3.3 Armering

DS/EN 10080, DS/EN 13670 samt DS 2427 er gældende.

Armeringen skal bindes, så den er sikkert fastholdt under støbning.

Svejste net kan anvendes.

Armeringsafstand er minimum 100 mm, maksimum 200 mm for lodrette konstruktioner (vægge) og 150 mm for vandrette konstruktioner (dæk, bundplader etc.)

Der skal anvendes afstandsholdere, der sikrer det nødvendige dækklag. Afstandsholdere skal kunne tåle enhver påvirkning, de kommer ud for under arbejdets udførelse, uden at de beskadiges eller vælter. Krav til afstandsklodser er givet i afsnit 3.3.1 Afstandsklodser

Alle frie armeringsender, som udgør en risiko for personskade, skal sikres med "propper", buk af endejern eller tilsvarende, frem til støbning.

## Kravspecifikation

---

Ved anvendelse af forskellige armeringsdimensioner i samme konstruktion bør der mindst være 2 dimensionsspring i forskel, f.eks. Y12 og Y16. Dette for at undgå fejl under bindingsarbejdet.

Strittere skal holdes fri for betonrester etc. helt frem til omstøbning.

Der skal udføres supplerende revnearmering ved udsparinger og huller.

Alle frie rande skal lukkes med U-bøjler.

Armeringen skal renholdes.

I forbindelse med fundamentsjord, skal der sikres, at der er kontinuitet i armeringen, idet der skal udføres potentieludledning/ jording til udføringsplader for fundamentsjord jf. HOFORs kravspecifikation for EI og SRO.

### 3.3.1 Afstandsklodser

Afstandsklodser skal overholde kravene i BS 7973-1. Afstandsklodser skal være af beton eller mørtel med samme type delmaterialer og med samme eller bedre holdbarhedsegenskaber end den omkringliggende beton. For sekantpæle tillades dog afstandsklodser af plastik.

Afstandsklodsernes dimensioner skal vælges så kravene til de nominelle dæklag overholdes, se krav til nominelle dæklag afhængig af konstruktionstype som angivet i denne kravspecifikation. Afstandsklodserne skal have en udformning, som sikrer imod, at de vælter i formen, og sikrer at betonen kan udstøbes uden risiko for stenreder.

Udførende skal ved hjælp af prøvestøbninger påvise, at afstandsklodserne overholder ovennævnte krav, herunder BS 7973-1. Afstandsklodsernes kvalitet og vedhæftningen mellem afstandsklodserne og den omkringliggende beton skal godkendes af HOFOR ved undersøgelse af planslib fra udborede kerner. Det tillades ikke at overgangen mellem afstandsklodser og omkringliggende beton er gennemrevnet.

### 3.3.2 Fibre

Anvendelse af fibre tillades normalt ikke og må kun anvendes under særlige forhold efter aftale med HOFOR.

### 3.3.3 Kontrol

- Armeringen skal kontrolleres visuelt og dokumenteres for rust og anden forurening.
- Armeringsafstande og -placering kontrolleres og dokumenteres.
- Armeringsdiameter kontrolleres og dokumenteres.

Kontrolafsnit og hyppighed aftales med HOFORs tilsyn.

## Kravspecifikation

---

### 3.4 Støbearbejde – udførelse

Generelt skal udførelse ske i henhold til DS/EN 13670 samt DS 2427 medmindre andet er nævnt i nærværende specifikation.

#### 3.4.1 Generelt

Støbeprogram samt planlagte støbeafsnit skal forevises HOFORs tilsyn 5 arbejdsdage inden planlagt støbning.

Den udførende skal føre journal for hver støbning. Journalen skal indeholde alle relevante oplysninger angående støbningen. Disse er som minimum:

- Tidspunkt for påbegyndt og afsluttet støbning
- Støbt betonmængde pr. time
- Evt. afbrydelser og forstyrrelser
- Angivelse af placering af den beton, hvorfra der er udtaget prøver
- Vejrlig under støbning

#### 3.4.2 Støbning

Der skal anvendes rør eller strømpe ved faldhøjder større end 1,0 m. Generelt bør faldhøjden ikke overstige 1,0 m.

Den maksimalt tilladelige støbehøjde, bortset fra sekantpæle, er 4.0 m.

Beton skal anvendes inden afbinding er påbegyndt. Der må ikke tilsættes retarder eller lignende på pladsen.

Vibrering skal ske kontrolleret og i et tempo, der sikrer mod afblanding, samtidig med betonen komprimeres som forudsat. Betonen må ikke flyttes vandret i formen.

Størrelsen af støbningen og støbetakten skal nøje overvejes afhængigt af den aktuelle fastholdelse fra den tidligere støbte (hærdnede) betondel, for at minimere risikoen for gennemgående hærderevner. Dette gælder især ved støbning af inderforing imod sekantpæle eller andre konstruktionsdele.

Det skal overvejes ved dybe skakte og skakte med grundvandsbelastning at installere et dræn (platonplade) eller membran for at undgå at der trænger vand ind mellem inderforing og ydre konstruktion (f.eks. sekantpæle) under støbningen.

Den udførende skal udarbejde en plan for håndtering af uforudsete stop under støbningen med henblik på at sikre kvaliteten af det støbte arbejde.

Støbning sekantpæle se TUN 102

#### 3.4.3 Støbeskel

Støbeskel skal placeres som vist på tegningerne. Støbeskel omfatter også fuger mellem præfabrikerede og in situ-støbte sektioner.

## Kravspecifikation

---

Støbeskel skal forsynes med fugebånd i reces. Se 2.10.4 Støbeskel.

Før støbningen genoptages skal betonoverfladen fugtes med vand af samme kvalitet, som er anvendt til betonblandingen og på en sådan måde, at når støbningen genoptages, er overfladen vandmættet og overfladetør.

Krav til overfladekvaliteten i støbeskel for konstruktioner udsat for vandtryk er OK-1 svarende til at grove tilslag blotlægges til en dybde på 5 til 10 mm ved maksimal stenstørrelse på 25 mm. Det anbefales, at den ønskede overflade opnås ved brug af en passende retarder samt efterfølgende spuling af overfladen.

For øvrige konstruktioner er kravet til støbeskel at disse skal udformes som OK-2, svarende til at cementslamlaget fjernes og porerne fremstår åbne.

### 3.4.4 Efterbehandling

Beton skal beskyttes mod kritisk udtørring i hærdeperioden.

Beskyttelse mod udtørring skal udføres som beskrevet i afsnit 8.5 i DS 2427, Tabel 2427-3.

Efterbehandlingen med hensyn til beskyttelse mod udtørring kan for overflader mod form ske ved, at formen bliver siddende, indtil den krævede modenhed er opnået. Såfremt afformning finder sted, inden betonen har opnået den krævede modenhed, skal der senest 1 time efter afformningen etableres beskyttelse med vanddamptætte plastpresenninger eller svær plastfolie af alle afformede overflader. Samlinger skal udføres tætte, og tildækningsmaterialerne skal fastholdes effektivt til betonoverfladen også under vindpåvirkning. Alternativt kan anvendes påsprøjtning af betonforseglingmiddel.

Ved brug af forseglingmiddel skal det dokumenteres, at dette ikke medfører skader på betonen, misfarvning af betonen eller reduceret vedhæftning af evt. membran. Der tillades ikke brug af forseglingmiddel på støbeskel.

Betonforseglingmiddel skal have en vandtilbageholdelsesevne i 3 døgn på mindst 75 %, i henhold til TI-B 33.

Såfremt fordampningsforholdene ikke vurderes på grundlag af de aktuelle forhold, skal beskyttelsen etableres inden 1 time efter støbning. Beskyttelsen skal, om nødvendigt, etableres midlertidigt inden afretning foretages.

Efterbehandlingen kan, for frie overflader, ske ved tildækning som for overflader mod form.

Beskyttelsen mod udtørring skal opretholdes i henhold til Tabel 2427-4 for den respektive miljøklasse.

Maskinglitning må kun udføres, når vejrforholdene er til det. Som alternativ kan anvendes slibning.

Alle frie kanter skal affases maskinelt, hvis ikke der er anvendt trekantlister eller lign. i forarbejdet.

Clampshuller skal lukkes vandtæt efter leverandørens anvisning. Inden prop- og clampshuller udsættes, oprives siderne f.eks. med en stålbørste, således at der skabes en ru overflade.

## Kravspecifikation

---

### 3.4.4.1 Kontrol

Den udførende skal føre journal, der for hvert støbeafsnit angiver alle for efterbehandlingen relevante forhold som:

- Tidspunkt for støbningens påbegyndelse og afslutning
- Formmaterialets art og type
- Vejrliget under efterbehandlingen (nedbør, vind, lufttemperatur, solindfald og relativ fugtighed)
- Den friske betons temperatur
- Afformningstidspunkt
- Efterbehandlings art og varighed.

Herudover skal betonens temperaturer fra støbningstidspunktet registreres i et antal punkter i hvert støbeafsnit til konstatering af, om de stillede krav til maksimaltemperatur og maksimaltemperaturdifferencer, se afsnit 3.4.4.2, er opfyldt i hele støbeafsnittet.

Ovennævnte kontrol skal sikre, at hærdningsforløbet forløber som forventet. Såfremt der konstateres afvigelser i hærdeudviklingen, skal den udførende foretage foranstaltninger, således at kravene kan overholdes.

De trufne foranstaltninger skal meddeles HOFOR og journalføres.

Arbejdsoperationer, der er afhængige af betonens hærdningsudvikling og styrke, må først iværksættes, når den udførende har dokumenteret, at den nødvendige modenhed er opnået.

I journalen skal endvidere noteres på hvilket tidspunkt og af hvem, inspektionerne er udført.

### 3.4.4.2 Temperaturkrav og revner

Betonens temperatur under hærdningen må ikke overstige 65 °C, medmindre det kan dokumenteres at en højere temperatur ikke har nogen negativ indflydelse på betonens egenskaber for den pågældende betonsammensætning.

Gennemgående revner tillades ikke for konstruktioner udsat for vandtryk, . Gennemgående revner kan opstå i den unge beton som følge af tvang (temperatur og/eller svind af beton). I den hærdede beton kan gennemgående revner opstå pga. af last eller tvang (temperatur og/eller svind af beton). Risikoen for gennemgående revner i den unge beton skal nøje vurderes enten ved at begrænse temperaturforskellen mellem den hærdede og hærdenende beton og/eller optimering af støbesektioner.

For at minimere risikoen for hærde revner i den unge beton kan følgende tommelfingerregler for temperaturkrav benyttes:

- Temperaturforskellen under betonens hærdning mellem et konstruktionstværsnits middeltemperatur og overfladetemperatur må ikke overstige 15 °C. Hvor temperaturprofilen kan antages at være parabolisk, kan denne temperaturgrænse erstattes med en grænse på 20 °C for den maksimale temperaturforskel mellem midte og overflade (i dybde 10 mm).



## Kravspecifikation

---

- I støbeskel gælder at forskellen mellem gennemsnitstemperaturen af det nyligt støbte (hærdnende beton) og gennemsnitstemperaturen af det tidligere støbte (hærdnet beton) element ikke bør overstige 15 °C under hærdningen.

Som alternativ til ovenstående tommelfingerregler, kan der udføres temperatur-spændingsanalyser. For at overholde krav til temperaturdifferencer mellem en ny og en gammel konstruktion, må der påregnes køling af beton med kølerør, opvarmning af tidligere støbt beton, isolering af beton, mm.

### 3.4.4.3 Hærdnet beton, overflader

Den udførende skal straks meddele HOFOR, såfremt der ved afformningen viser sig fejl på betonoverfladerne eller i bygværkets geometri. Synlige betonoverflader skal fremtræde ensartede i kulør og overfladekarakter, uden misfarvninger og uden skæmmende ujævnheder.

Grater etc. afslibes, hvor der er mulighed for menneskelig kontakt efterfølgende, dvs. typisk indvendige flader. Desuden skal kanter være affasede.

Før ophugninger og reparationer af fejl udføres, skal der udarbejdes en procedure, som beskriver omfang og reparationsmetode. Proceduren skal forelægges HOFOR til accept. Fejl skal udbedres hurtigst muligt.

### 3.4.4.4 Reparation og injicering

Se 2.10.5 Opnået vandtæthed.

Reparationer samt injicering af utætte revner samt bøjningsrevner over de tilladte revnevidder, se Kravspecifikation for skakte, skal udføres i henhold til henholdsvis DS/EN 1504-3 og DS/EN 1504-5. Til revneinjicering skal benyttes én af følgende materialer afhængig af revnevidden, fugtforhold, evt. vandgennemstrømning, og bevægelser.

- Tokomponent PUR,
- Acryl med høj pH værdi, eller
- Epoxy.

Utætheder, f.eks. ved støbeskel, skal også injiceres som angivet ovenfor.

Revneinjicering må kun udføres af et erfarent firma med dokumenteret erfaring fra tilsvarende konstruktioner.

Injeceringsfirma eller organisation må kun påbegynde arbejde på pladsen efter HOFORs skriftlige accept.

## 3.4.5 Specielle udførselskrav

### 3.4.5.1 Vinterstøbning

Ved støbning under vinterforhold, lufttemperatur under 5°C, skal det sikres at skadelig frysning af betonen ikke indtræder.

For foranstaltninger i forbindelse med vinterstøbninger henvises endvidere til SBI-anvisning 125.

## Kravspecifikation

---

Formene og nyudstøbte betonflader skal isoleres passende til lufttemperatur. Der skal udarbejdes en hærdesimulering, der danner grundlag for aftale af tiltag, der gør vinterstøbning mulig.

Såfremt det er nødvendigt, skal formen være opvarmet.

Temperatur af forskalling, form og armering skal være over frysepunktet.

Der må ikke være is og sne i formene, heller ikke på armeringen.

Ved støbning mod eksisterende konstruktioner skal temperaturen i støbeskellet overvåges, og den eksisterende beton opvarmes til nogenlunde samme temperatur som den friske beton.

### 3.4.5.2 Specielt for betonarbejder i vandværker

#### Beton i kontakt med drikkevand/skyllevand

Betonrecepter skal godkendes af HOFOR i god tid inden støbning.

#### Formarbejde

Der skal anvendes formolie. Formolie, der anvendes på flader, der skal være i kontakt med drikkevand/skyllevand, skal være fødevaregodkendt.

#### Fugearbejde

Ekspanderende fugebånd må ikke benyttes.

#### Støbning

Nyudstøbt beton skal sikres mod udtørring. For konstruktioner, der skal være i kontakt med drikkevand/skyllevand, må der ikke anvendes forseglingsmiddel. Afdækning skal udføres med plast, presenning eller lignende.

#### Efterbearbejdning/finish

Overflader, der skal i kontakt med drikkevand, skal afvaskes for formolie med et egnet produkt (oxiderende).

#### Formclamps

Lukning af formclamps skal være glatte, lukkede og vandtætte.

#### Beton i bassiner

Beton i bassiner skal overfladebehandles med DDS (Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed) godkendte materialer.

#### Rørgennemføringer

Rørgennemføringer skal udføres med indstøbningskrave. I eksisterende konstruktioner bores, ruhugges og forankres.

### 3.4.5.3 Specifikke udførelseskrav for dæk og gulve

Gulve bør udføres uden pudslag. Fald indbygges i gulv/bundpladen. Overfladen skal være glat som glittet med stålbræt. Glitningen kan udelades, hvis gulvet i stedet slibes. Slebet overflade er at foretrække, da denne er stærkere/mere holdbar end glitning. Frie overflader bør støvbindes.

## Kravspecifikation

---

Dæk skal udformes med fald på overside, således at vand kan dræne af. På jorddækkede konstruktioner skal det overvejes, om yderligere fugtsikring (membran eller lign.) er nødvendig. Dæk må om nødvendigt kondensisoleres.

For vandværker gælder i øvrigt specielt at:

Vægge, lofter, søjler og bjælker skal være glatte med lukket overflade, eksempelvis malede / overfladebehandlet.

Gulve i procesrum skal udføres med en skridfast epoxybehandling i en farve efter nærmere aftale. Gulve i mandskabsrum skal være klinkebelagte med hulkant mod vægge og hjørner. Klinker skal være syrefaste og med lukkede overflade. Klinker skal være skridfaste i våd stand. Gulve i kældre udføres som betongulve med støvbinder.

### 3.4.6 Kvalitetskontrol

Kontrol af beton skal ske iht. DS/EN 206 og DS/EN 13670 samt DS/EN 206 DK NA og DS 2427, samt i øvrigt som beskrevet i nærværende specifikation.

#### 3.4.6.1 Dækklag

Dækklaget skal måles på 10% af overfladen på en konstruktionsdel og efter aftale med HOFORs tilsyn. Krav til dækklag angivet i denne kravspecifikation for den pågældende konstruktionstype skal overholdes.

## 3.5 Udvendige membraner

Skakte og lignende skal forsynes med vandtæt membran, hvis angivet på tegningerne. Udvendig membran anvendes kun, hvis specificeret i det relevante projekt.

Liste over mulige membrantyper er listet i Tabel 18, for yderligere beskrivelser af membranarbejder henvises til Bilag 2 Membraner.

**Tabel 18 Membrantyper**

Materiale/egenskab	Krav	Anvendelsesområde
Plastfolie med opdeling i felter og injektionsmulighed	Plastfolie kan være PVC, polyolefine eller polyethylen.	Plastfolie membraner, der skal anvendes på overflader, hvortil der ikke er adgang efter støbningen, skal monteres på underlaget, før støbningen udføres.
Selvklæbende membraner til påføring efter støbning	Membranen består af en HDPE folie kombineret med et polymer-modificeret bitumenlag, der kan koldklæbes til underlaget.	Der findes flere typer bitumenbaserede membraner, der kan monteres på en ren og tør betonoverflade ved klæbning

## Kravspecifikation

---

Materiale/egenskab	Krav	Anvendelsesområde
<p>Membraner, der hæfter til frisk beton</p>	<p>Membraner, der er forsynet med et trykfølsomt klæbelag.</p> <p>Membran af polyethylen / polypropylen, der er forsynet med et netværk, på den side der vender mod betonen.</p> <p>Membran af PVC eller HDPE forsynet med T-formede ribber, som sikrer mekanisk vedhæftning til betonen</p>	<p>Der findes flere membrantyper, der placeres før støbningen, og som hæfter til betonen efter at denne er hærdnet.</p>
<p>Bitumenplademembraner</p>	<p>Plader fremstilles af polymermodificeret bitumen og armeres med indstøbt polyestervæv.</p>	<p>Bitumenplademembraner kan anvendes på væggene og toppladen.</p>
<p>Påsprøjtede membraner</p>	<p>Påsprøjtede membraner udføres typisk af acryl- eller polyurethanbaserede materialer.</p>	<p>Påsprøjtede membraner omfatter systemer, hvor membranen påføres ved sprøjtning og hærder på stedet</p>

## Kravspecifikation

---

### 4 Indberetning og dokumentation

Som slutdokumentation skal leveres:

- "Som-udført" tegninger og øvrig anlægsdokumentation i henhold til HOFORs Kravspecifikation ANL 101 med tilhørende bilag
- GIS registrering og opmåling iht. HOFORs kravspecifikation OPM1 med tilhørende bilag
- Betonrecepter og følgesedler
- Journaler udført for alle støbninger og efterbehandling per støbeafsnit (jf. afsnit 03.4.1 Generelt og 3.4.4 Efterbehandling)
- Armeringscertifikat samt følgesedler
- Kontrolplaner og tegninger med påførte kontroller

## Kravsifikation

---

### **Appendix, konstruktioner til spildevand – alternative tiltag ved forøget risiko for syreangreb**

For konstruktioner til spildevand hvor der er forøget risiko for svovlsyreangreb, kan der som alternativ til eftervisning af betonens bestandighed overfor forøget risiko for svovlsyreangreb benyttes følgende alternative tiltag for at beskytte betonkonstruktionen. Disse tiltag kan enten være:

- Foring med HDPE eller GRP, eller
- Offerlag af beton

Såfremt der benyttes indvendig foring med enten HDPE eller GRP skal der i den projektspecifikke "Særlige Arbejdsbeskrivelse" (SAB) fastlægges krav til materialer, udførelse, etc. til denne, til HOFORs accept

Såfremt der benyttes offerlag, skal offerlaget udføres med beton som opfylder krav til spildevand og tykkelsen af offerlaget skal fastsættes i SAB på baggrund af ekspertvurdering.