

# Möjligheter med kvalifikationsprovning

(enligt SS 137003:2021)

Anders Lindvall

Thomas Concrete Group, C-lab

(anders.lindvall@c-lab.se)

# Vad är kvalifikationsprovning?

- En metod där det med funktionsprovning tas fram **användningskriterier för cement och bindemedelskombinationer (BK)**.
- Förfarandet beskrivs i bilaga T i SS 137003:2021. (hänvisning från tabellerna 7-9)

## Vilka möjligheter finns med en kvalifikationsprovning?

- Tillämpa ett **högre  $vct_{ekv}$**  för ett specifikt cement (+0,05 enheter)
  - **XC2**. CEM II/B & CEM III/A (0,55  $\Rightarrow$  0,60).
  - **XC3-XC4**. CEM II/B & CEM III/A (0,50  $\Rightarrow$  0,55).
  - **XF4**. CEM II/B.
- Bestämma användningskriterier och högsta  $vct_{ekv}$  för **specifika cement**
  - **XC1-XC4**. CEM II/A & CEM II/B.
  - **XD1/XS1-XD3/XS3**. CEM II/A & CEM II/B.
  - **XF1-XF4**. CEM II/A & CEM II/B.

Högre  $vct_{ekv}$  (+0,05 enheter)

Fler CEMII/A och CEM II/B

# Vad är kvalifikationsprovning?

- Tillämpning av kvalifikationsprovning
  - Förfarande beskrivs i **bilaga T** (normativ) i SS 137003:2021
  - Vilka **cementtyper** som är aktuella för kvalifikationsprovning anges i tabellerna 7-9. Kvalifikationsprovning kan även tillämpas på **specifika bindemedelkombinationer** enligt EPCC-konceptet eller k-värdeskonceptet.
- Förfarande vid en kvalifikationsprovning
  - Ta fram **användningskriterier** och **högsta  $vct_{ekv}$**  för specifika cement där dessa inte anges i tabellerna 7-9.
  - Kvalificera ett specifikt cement för användning vid **högre  $vct_{ekv}$**  än vad som anges för cementtypen i tabellerna 7-9.
- Principer för provning
  - XC-, XD- och XS-klasserna. **Jämförande provning** med en referensbetong.
  - XF-klasserna. **Funktionsprovning** med utvärdering mot angivna gränsvärden.

# Kvalifikationsprovning (bilaga T i SS 137003:2021)

- En funktionsprovning som används för att
  - Fastställa **användningskriterier** och  $vct_{ekv}$  för **specifika cement** (CEM II/A och CEM II/B)
    - XC1-XC4.
    - XD1/XS1-XD3/XS3.
    - XF1-XF4.
  - Kvalificera ett **specifikt cement** för användning vid ett **högre  $vct_{ekv}$** .
    - XC2-XC4. (CEM II/B och CEM III/A)
    - XF4. (CEM II/B)
- Genomförande av kvalifikationsprovning
  - I XC-, XD- och XS-klasserna fastställs användningskriterier genom **jämförande provning** mot en **referensbetong**.
  - I XF-klasserna fastställs användningskriterier genom **provning** och **utvärdering** mot **angivna gränsvärden**.

Tabell 7 — Accepterade bindemedelssammansättningar och krav avseende högsta  $vct_{ekv}$  i exponeringsklasserna X0 och XC1 till XC4

Exponeringsklass	Ingen risk för korrosion eller angrepp X0		Korrosion föranledd av karbonatisering							
			XC1 <sup>a</sup>	XC2	XC3	XC4				
Accepterade cement och sammanhörande högsta tillåtna $vct_{ekv}$	Alla cement enligt SS-EN 197-1:2011 accepteras.  Inget krav på $vct_{ekv}$	Accepterade cement enligt SS-EN 197-1: 2011	Högsta tillåtna $vct_{ekv}$							
		CEM I	0,90	0,60	0,55	0,55				
		CEM II/A-D								
		CEM II/A-LL								
		CEM II/A-S								
		CEM II/A-V								
		CEM II/A-M <sup>b</sup>	0,90	0,55 <sup>e</sup>	0,50 <sup>e</sup>	0,50 <sup>e</sup>				
		Övriga CEM II/A					c	c	c	c
		CEM II/B-S								
		CEM II/B-M <sup>b, d</sup>								
		CEM II/B-V	0,90	0,55 <sup>e</sup>	0,50 <sup>e</sup>	0,50 <sup>e</sup>				
		Övriga CEM II/B					c	c	c	c
		CEM III/A								
Hållfasthetsklass hos cement	≥ 32,5	–	≥ 32,5	≥ 32,5	≥ 42,5	≥ 42,5				
Andel PC-klinker av bindemedel, i % <sup>f</sup>	≥ 30 <sup>g</sup>	–	≥ 35	≥ 35	≥ 35	≥ 35				
Andel av bindemedlet, i % <sup>h, i</sup>										
Silikastoft	≤ 10	–	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10				
Flygaska	≤ 35 <sup>j</sup>		≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35				
ggs	≤ 70 <sup>i</sup>		≤ 65	≤ 65	≤ 65	≤ 65				

Kvalifikationsprovning för acceptans och fastställande av användningskriterier.

Krav på lägre  $vct_{ekv}$ .  
Kvalifikationsprovning för höjning av  $vct_{ekv}$ .

Tabell 8 — Accepterade bindemedelsammansättningar och krav avseende högsta  $vct_{ekv}$  i exponeringsklasserna XS1 till XS3 samt XD1 till XD3

Exponeringsklass		Korrosion föranledd av kloridinträngning		
		XS1 och XD1	XS2 och XD2	XS3 och XD3
Accepterade cement och sammanhörande högsta tillåtna $vct_{ekv}$	Accepterade cement enligt SS-EN 197-1:2011.	Högsta $vct_{ekv}$		
	CEM I	0,45	0,45	0,40
	CEM II/A-D			
	CEM II/A-LL <sup>f</sup>			
	CEM II/A-S			
	CEM II/A-V			
	CEM II/A-M <sup>a, f</sup>	b	b	b
	Övriga CEM II/A			
	CEM II/B-S	0,45	0,45	0,40
	CEM II/B-M <sup>a, c, f</sup>			
	CEM II/B-V			
	Övriga CEM II/B	b	b	b
CEM III/A	0,45			
Hållfasthetsklass hos cement	–	≥ 42,5	≥ 42,5	≥ 42,5
Andel PC-klinker av bindemedel i % <sup>d</sup>	–	≥ 35	≥ 35	≥ 35
Andel av bindemedlet i % <sup>e</sup>	Silikastoft	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	Flygaska	≤ 35	≤ 35	≤ 35
	ggbs	≤ 65	≤ 65	≤ 65

Kvalifikationsprovning för acceptans och fastställande av användningskriterier.

Tabell 9 — Accepterade bindemedelsättningar och krav avseende högsta  $vct_{ekv}$  samt frostbeständighet i exponeringsklasserna XF1 till XF4

Exponeringsklasser		Angrepp av frysning/upptining			
		XF1	XF2	XF3	XF4
Accepterade cement och sammanhörande högsta tillåtna $vct_{ekv}$	Accepterade cement enligt SS-EN 197-1:2011	Högsta $vct_{ekv}$			
	CEM I	0,60	0,45	0,55	0,45
	CEM II/A-D	0,60	0,45	b	b
	CEM II/A-LL	0,60	0,45	0,55	0,45
	CEM II/A-S				
	CEM II/A-V				
	CEM II/A-M <sup>a</sup>				
	Övriga CEM II/A	b	b	b	b
	CEM II/B-S	0,60	0,45	0,55 <sup>d</sup>	0,40 <sup>e, f</sup>
	CEM II/B-M <sup>a, c</sup>				
	CEM II/B-V				
	Övriga CEM II/B	b	b	b	b
CEM III/A	0,60	-	-	-	
Hållfasthetsklass hos cement	-	≥ 42,5	≥ 42,5	≥ 42,5	≥ 42,5
Andel PC-klinker av bindemedlet i % <sup>g</sup>	-	≥ 35	≥ 65	≥ 65	≥ 65
Andel av bindemedlet i % <sup>h, i</sup>					
Silikastoft	-	≤ 10	≤ 10	≤ 5 <sup>j</sup>	≤ 5 <sup>j</sup>
Flygaska	-	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
ggbs	-	≤ 65	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Krav på frostbeständig ballast	-	Ja	Ja	Ja	Ja
Krav på provning av frostbeständighet	-	-	-	-	Ja
Krav på lägsta lufthalt eller provning av frostbeständighet	-	-	Ja	Ja	-

Kvalifikationsprovning för acceptans och fastställande av användningskriterier.

Krav på lägre  $vct_{ekv}$ .  
Kvalifikationsprovning för höjning av  $vct_{ekv}$ .

# Möjligheter vid kvalifikationsprovning

Möjlighet att använda fler cement (XC-, XD/XS- samt XF-klasserna)

- **Övriga CEM II/A** i SS-EN 197-1 (andel PC klinker  $\geq 80$  %)
  - CEM II/A-Q (Naturliga kalcinerade puzzolaner).
  - CEM II/A-P (Naturliga puzzolaner).
  - CEM II/A-T (Bränd skiffer).
  - CEM II/A-Q (Kalkrik flygaska).
  - CEM II/A-L (kalksten TOC  $\leq 0,50$ ).
  - CEM II/A-D (silikastoft), i XF3 och XF4.
  - CEM II/A-M (alla beståndsdelar i SS-EN 197-1).
- **Övriga CEM II/B** i SS-EN 197-1 (som ovan fast med en andel PC-klinker 65-80 %).

Möjlighet att använda ett högre  $vct_{ekv}$  (CEM II/B och CEM III/A)

- XC2. (CEM II/B och CEM III/A;  $vct_{ekv}$ : 0,55  $\rightarrow$  0,60)
- XC3-XC4. (CEM II/B och CEM III/A;  $vct_{ekv}$ : 0,55  $\rightarrow$  0,60)
- XF4. (CEM II/B;  $vct_{ekv}$ : 0,40  $\rightarrow$  0,45)



# Referens- och kvalifikationsbetonger

## Sammansättning

- Konsistens S4 (uppnås genom användning av flyttillsats).
- Ballast avsedd för betongtillverkning och med siktrest på 16 mm sikten i intervallet 5-25 % (enligt gradering i SS-EN 480-1).
- Referenscement CEM II eller CEM II/A
  - Minst hållfasthetsklass 42,5 N.
  - Accepterat i aktuell exponeringsklass.

**Tabell T.1 — Gränser för cementhalt till referens- och kvalifikationsbetongen vid olika vattencementtal**

Högsta $v_{ct_{ekv}}$	Bindemedelshalt (kg/m <sup>3</sup> )	
	min	max
0,35	470	540
0,40	410	480
0,45	360	420
0,50	330	380
0,55	300	350
0,60	270	320

Tabell T.2 — Möjliga tillåtna provningsmetoder och krav vid kvalifikationsprovning av cement där användningskriterier saknas i tabell 7 och tabell 8 eller för kvalificering för högre högsta  $vct_{ekv}$  än som anges för cementtypen

Nedbrytningsmekanism/ Exponeringsklass	Provningsmetoder	Tilläggs-kriterier	Acceptanskriterier
Karbonatisering <sup>a, b</sup> : XC1 till XC4	SS-EN 12390-12 (korttidsprovning)	Exponeringstiden förlängs till 16 veckor	Karbonatiseringsdjupet ska inte överstiga referensbetongens vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i aktuell exponeringsklass.
	SS-EN 12390-10 (långtidsprovning)	Exponeringstid minst 2 år. Karbonatiseringsdjupet bestäms efter 1 och 2 år	
Klorider: XD1 till XD3 XS1 till XS3	NT BUILD 492 (korttidsprovning)	–	Kloridmigrationskoefficienten vid $(56 \pm 7)$ dygn ska inte överstiga referensbetongens vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i aktuell exponeringsklass.
	SS-EN 12390-11 (korttidsprovning)	Koncentrationen av NaCl ska ökas till 6 % <sup>d</sup>	Diffusionskoefficienten ska inte överstiga referensbetongens vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i aktuell exponeringsklass.
	SS-EN 12390-11 (långtidsprovning)	Exponeringstiden förlängs till 2 år.	Diffusionskoefficienten ska inte överstiga referensbetongens vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i aktuell exponeringsklass.
	SS-EN 12390-18 (korttidsprovning)	–	Kloridmigrationskoefficienten ska inte överstiga referensbetongens vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i aktuell exponeringsklass.
<sup>a</sup>	Referensbetongen ska provas vid minst det högsta tillåtna $vct_{ekv}$ för exponeringsklassen och betongen med det cement som ska kvalificeras provas vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ för exponeringsklassen samt vid minst ett lägre $vct_{ekv}$ sänkt i steg om högst 0,05 enheter.		
<sup>b</sup>	Resultat från kvalifikationsprovning för XC2 kan användas som underlag för bedömning av högsta tillåtna $vct_{ekv}$ i XC1.		
<sup>c</sup>	Referensbetongen ska provas vid minst det högsta tillåtna $vct_{ekv}$ för exponeringsklassen och betongen med det cement som ska kvalificeras provas vid högsta tillåtna $vct_{ekv}$ för exponeringsklassen samt vid minst ett lägre $vct_{ekv}$ sänkt med 0,05 enheter.		
<sup>d</sup>	Betongen ska härdas i minst 90 dygn före exponering.		

**Tabell T.3 — Provningsmetoder och krav vid kvalifikationsprovning av specifika cement där användningskriterier saknas i tabell 9 eller för kvalificering för högre högsta  $vct_{ekv}$  än som anges för cementtypen**

Exponeringsklass	Provningsmetod	Tilläggs-kriterier	Acceptanskriterier
Frost XF1 <sup>a</sup>	SS 137244:2019 Metod IB	-	Acceptabel frostbeständighet
Frost XF2 <sup>a</sup>	SS 137244:2019 Metod IA	b	Acceptabel frostbeständighet
Frost XF3 <sup>a</sup>	SS 137244:2019 Metod IB	b	God frostbeständighet <sup>d</sup>
Frost XF4 <sup>a</sup>	SS 137244:2019 Metod IA	b, c	God frostbeständighet <sup>d</sup>
<p>Anm: Provningsförfarandet i SS 137244:2019 metod A överensstämmer med förfarandet för "slab method" i CEN/TS 12390:2016 med 3 % NaCl-lösning som frysmEDIUM, och metod B i SS 137244:2019 överensstämmer med "slab method" i CEN/TS 12390:2016 med avjoniserat vatten som frysmEDIUM. I CEN/TS 12390-9:2016 anges inga krav på avflagning.</p>			
<p><sup>a</sup> Kvalifikationsbetongen ska provas vid det högsta tillåtna <math>vct_{ekv}</math> i exponeringsklassen samt vid minst ett lägre <math>vct_{ekv}</math> sänkt i steg om högst 0,05 enheter.</p> <p><sup>b</sup> Provnigen ska pågå i 112 cykler och uppfylla givna acceptanskriterier.</p> <p><sup>c</sup> Om andelen klinker är mindre än 80 % ska frostprovning även utföras på provkroppar med karbonatiserad yta med SS 137244:2019 metod IA med de ändringar som beskrivs i 5.3.3 (1).</p> <p><sup>d</sup> Avskalningen för enskild kub får inte överstiga 1,5 kg/m<sup>2</sup>.</p>			

# Genomförande av provning

## Allmänt

- XC-, XD- och XS-klasserna. **Jämförande provning** med en referensbetong.
- XF-klasserna. **Funktionsprovning** med utvärdering mot angivna gränsvärden.
- Utvärdering och fastställande utförs mot **acceptanskriterier** i
  - Tabell T.2 (**karbonatisering och kloridinträngning**).
  - Tabell T.3 (**frostresistens**).
- $vct_{ekv}$  på **referensbetongen**. Högst tillåtna för exponeringsklassen.
- $vct_{ekv}$  på **betongen med cement som ska kvalificeras vid provning**
  - Högsta tillåtna  $vct_{ekv}$  för aktuell exponeringsklass.
  - Vid minst ett lägre  $vct_{ekv}$  sänkt i steg om 0,05 enheter.

För varje betong med cement som ska kvalificeras behövs således minst två olika sammansättningar (med olika  $vct_{ekv}$ ).

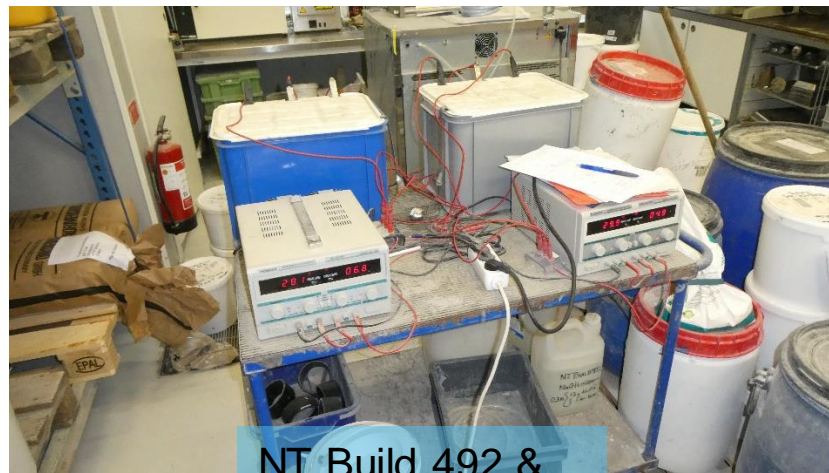
# Provningsmetoder (Tabell T.2)

## Provkroppar och varaktighet

Provningsmetod	Antal prov	Varaktighet
SS-EN 12390-12 (korttidsprovning)	≥2 (betongprismor; $l \geq 280$ mm)	16 veckor
SS-EN 12390-10 (långtidsprovning)	≥2 (betongprismor; $l \geq 350$ mm)	Minst 2 år
NT Build 492 (korttidsprovning)	3 (cirkulära betongskivor; $d \approx 100$ mm)	1 dygn + 6-96 timmar
SS-EN 12390-11 (korttidsprovning)	≥2 (cylindrar eller kuber)	90 dygn
SS-EN 12390-11 (långtidsprovning)	≥2 (cylindrar eller kuber)	2 år
SS-EN 12390-18 (korttidsprovning)	≥3-5 (cirkulära betongskivor; $d=50-110$ mm)	1 dygn + 6-168 timmar



SS-EN 12390-12



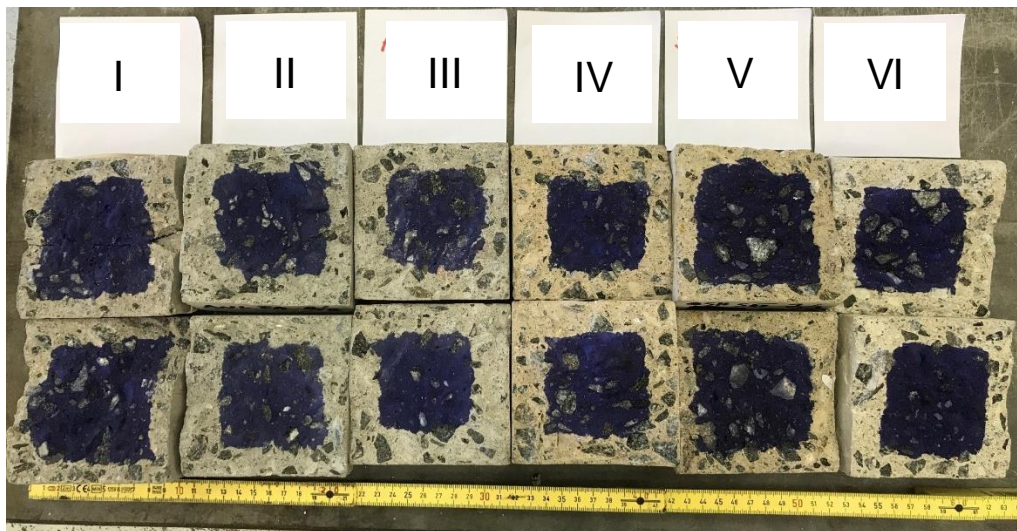
NT Build 492 &  
SS-EN 12390-18



# Exempel på resultat vid en kvalifikationsprovning

Bestämning av karbonatisering i referensbetonger med SS-EN 12390-12

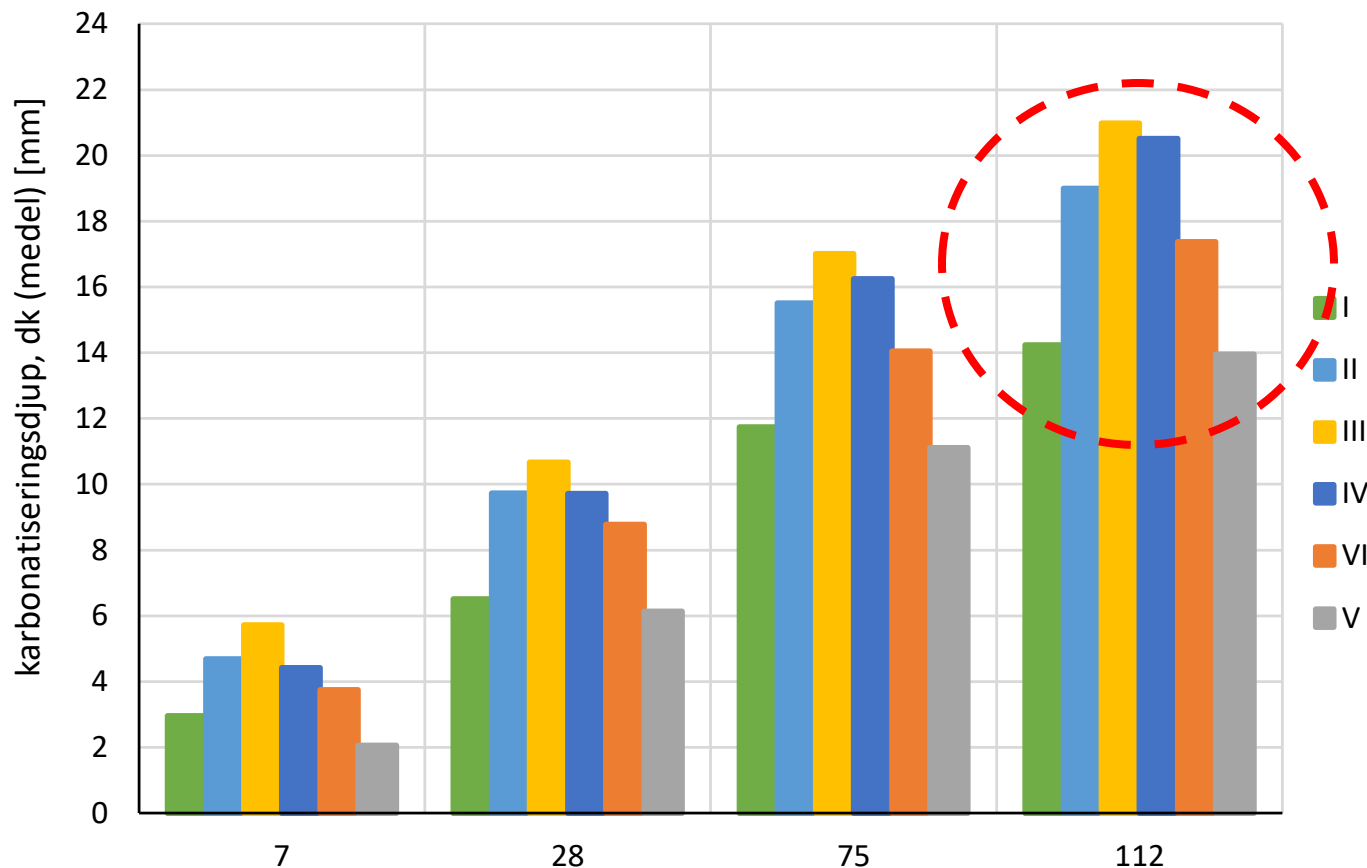
- Exponeringsklass XC2 (högsta tillåtna  $vct_{ekv}=0,60$ ).
- Provkroppar med sex olika cement tillgängliga i Sverige (CEM I & CEM II/A,  $vct_{ekv}=0,60$ ).
- Exponeringstid 16 veckor i en atmosfär med 3 % CO<sub>2</sub> (+20°C, 57 % RF)



Bestämning av karbonatiseringsdjup med 1 % thymolphthaleinlösning på betongprismor.

Exponeringstid 112 dygn.

## Accelererad karbonatisering (SS-EN 12390-12)



Referensbetonger  
CEM I & CEM II/A  
 $vct_{ekv}=0,60$

Utvärdering görs mot  
dessa  
karbonatiseringsdjup



# Alternativ metod

## Bilaga N

- Användning av andra bindemedel i exponeringsklass än vad som anges i Tabell 7-10.
- Exempel på lämpliga provningsmetoder i Tabell N.1.
- Bilaga N gäller för en **specifik betong!** (Kvalifikationsprovning är inte kopplat till en specifik betong)

Tabell N.1 — Provning av betong med bindemedel än vad som anges i tabell 7 till tabell 10, egenskaper och metoder

Laboratorieförsök	
Egenskaper som utvärderas med jämförelseprovning	Exempel på lämpliga provningsmetoder
Tryckhållfasthet (även kort- och långtids-)	SS-EN 12390-2 alternativt enligt 5.5.1.1 (2), SS-EN 12390-3
Krympning	SS-EN 12390-16 SS 137215
Inre frostbeständighet	SIS-CEN/TR 15177 Andra metoder beskrivs i RILEM Recommendations "Test methods of frost resistance of concrete"
Kloridpermeabilitet/migration	NT Build 492
	SS-EN 12390-11 Kan lämpligen genomföras som korttidsprovning med exponering för 6 % NaCl-lösning under 90 dygn eller som långtidsprovning med exponering för 3 % NaCl-lösning under 2 år.
	SS-EN 12390-18
Karbonatiseringsmotstånd	SS-EN 13295
	SS-EN 12390-12 (accelererad metod)
	SS-EN 12390-10 (långtidsprovning)
Inverkan på armeringens korrosionskänsligheten	SS-EN 480-14
Värmeutveckling	NT Build 388 SS-EN 12390-14 SS-EN 12390-15
Sulfatresistens	CBI Rapport 3:94
	Andra metoder beskrivs i SIS-CEN/TR 15697
Egenskaper som utvärderas mot kravvärden	Exempel på lämpliga provningsmetoder
Saltfrostbeständighet/avflagnig	För XF4: SS 137244:2019 metod A. Förfarande och utvärdering som vid förundersökning av betong för XF4 enligt 9.5.(1).
	För XF2: SS 137244:2019 metod A. Förfarande och utvärdering som vid förundersökning för XF2 enligt 9.5 (1).
Frostbeständighet/avflagnig (utan salt)	För XF3: SS 137244:2019 metod B. Förfarande och utvärdering som vid förundersökning för XF3 enligt 9.5.(1).
	För XF1: SS 137244:2019 metod B: Förfarande och utvärdering som vid förundersökning för XF1 enligt 9.5 (1).

# Sammanfattning

## Att tänka på

- Vissa av provningarna tar lång tid (>2 år).
- Användningskriterier är framtagna med avseende på
  - Beständighet (beskrivet av exponeringsklasser)
  - Till viss del hållfasthet (beskrivet av  $vct_{ekv}$ ).
- Eventuellt kan hållfasthetstillväxten ske långsammare
  - Stötta kunder, t.ex. genom att prognostisera hållfasthetstillväxten.
  - Informera/utbilda kunder om lämplig hantering av den färska betongen.

Extra silo för bindemedel kan behövas

## Fördelar

- Möjlighet att utnyttja vad som tillåts i SS 137003:2021
  - Fastställa **användningskriterier** och  $vct_{ekv}$  för **specifika cement** (CEM II/A och CEM II/B).
  - Kvalificera ett **specifikt cement** för användning vid ett **högre  $vct_{ekv}$**
- Minst likvärdiga egenskaper på den hårdnade betongen jämfört med traditionell betong.
- Minskad klimatpåverkan.

Informera/utbilda kunder om lämplig hantering av den färska betongen.