

Il calcestruzzo secondo la norma SN EN 206: 2013 + A1: 2016

Edizione febbraio 2022

Holcim (Svizzera) SA

Premessa

La presente brochure riporta informazioni essenziali ed errata corrige relative alla norma SN EN 206: 2013 + A1: 2016, valida a decorrere dall'1.1.2018. Le informazioni si riferiscono esclusivamente al calcestruzzo secondo le relative caratteristiche. I requisiti basilari, riportati nella sezione iniziale della brochure, sono contrassegnati da codici a colori. Nella sezione conclusiva della brochure sono invece indicati ulteriori requisiti e dati per l'utilizzo di aggiuntivi e additivi, con un sommario dei tipi di calcestruzzo.

Specifiche per il calcestruzzo in base alle caratteristiche



Conformità

I produttori di calcestruzzo non certificati in accordo all'allegato C della norma SN EN 206, non possono fornire calcestruzzo secondo la norma SN EN 206.

Venite a scoprire pratici strumenti per il cantiere, informazioni tecniche, competenze specialistiche e molto altro sulla nostra piattaforma.

→ www.holcimpartner.ch

Classe di resistenza alla compressione

Calcestruzzo

Classe di resistenza alla compressione	Resistenza caratteristica minima a compressione ^{a)} su cilindri ^{b) c)} $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Resistenza caratteristica minima a compressione ^{a)} su cubi ^{b) d)} $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
C8/10 C12/15	8 12	10 15
C16/20 C20/25	16 20	20 25
C25/30 C30/37	25 30	30 37
C35/45 C40/50	35 40	45 50
C45/55 C50/60	45 50	55 60
C55/67 C60/75	55 60	67 75
C70/85 C80/95	70 80	85 95
C90/105 C100/115	90 100	105 115

Calcestruzzo leggero

Classe di resistenza alla compressione	Resistenza caratteristica minima a compressione ^{a)} su cilindri ^{b) c)} $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Resistenza caratteristica minima a compressione ^{a)} su cubi ^{b) d)} $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
LC8/9 LC12/13	8 12	9 13
LC16/18 LC20/22	16 20	18 22
LC25/28 LC30/33	25 30	28 33
LC35/38 LC40/44	35 40	38 44
LC45/50 LC50/55	45 50	50 55
LC55/60 LC60/66	55 60	60 66
LC70/77 LC80/88	70 80	77 88

a) Tenuto conto del 5% di valore frattile.

b) Stoccaggio dei provini in acqua, età di prova 28 giorni.

c) Cilindri: Ø 150 mm, h = 300 mm.

d) Cubi: lato 150 mm.

Le classi di resistenza usate più spesso sono indicate in grassetto.

Classe di esposizione

Azione aggressiva su	Classe	Ambiente	Esempi di utilizzo	rapporto massimo a/c o rispettivamente rapporto massimo a/c _{eq} [-]	dosaggio minimo di cemento ^{b)} C _{min} [kg/m ³]	Tipi di cemento ammessi (+) e non ammessi (-)									
						Normo, Albaro, Protego, Superblanc (CEM I)	Fluivio, Superblanc (CEM II/A-LI)	Fortico (CEM II/A-D)	Moderio 3B (CEM III/B)	Optimo (CEM II/B-M (T-LI))	Robusto (CEM II/B-M (S-TI))	Provato (CEM II/A-S)	CEM II/B-LI ^{d)}		
Armatura	Assenza di rischio														
	X0		Per calcestruzzo privo d'armatura o inserti metallici, in ambiente non aggressivo. Fondazioni non armate protette dal gelo, elementi strutturali interni non armati con umidità ridotta.			+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Corrosione dell'armatura, indotta da carbonatazione del calcestruzzo														
	XC1	asciutto o permanentemente bagnato	Elementi strutturali armati in interni con umidità ridotta, elementi strutturali costantemente immersi in acqua.	0,65	280	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	XC2	bagnato, raramente asciutto	Fondazioni	0,65	280	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	XC3	umidità moderata	Elementi strutturali in esterni, protetti dalla pioggia, magazzini aperti, locali umidi.	0,60	280	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	XC4	ciclicamente bagnato e asciutto	Elementi strutturali in esterni, esposti agli agenti atmosferici, piloni, balconi, elementi di facciate, balaustre.	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Corrosione dell'armatura indotta da cloruri														
	XD1	umidità moderata	Superfici di calcestruzzo nelle vicinanze di strade, esposte a nebbia salina contenente cloruri.	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	XD2a	bagnato, raramente asciutto, percentuale di cloruri ≤ 0,5 g/l («acqua dolce»)	Piscine con acqua dolce	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
XD2b	bagnato, raramente asciutto, percentuale di cloruri > 0,5 g/l («acqua salata»)	Piscine con acqua salata, elementi strutturali esposti ad acque industriali contenenti cloruri.	0,45	320	+	+	+	+	+	+	+	+	-		
XD3	ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti, piani di parcheggi, mura di sostegno, manti stradali esposti a spruzzi d'acqua contenente cloruri.	0,45	320	+	+	+	+	+	+	+	+	-		
Calcestruzzo	Attacco del gelo con o senza sali di disgelo														
	XF1	moderata saturazione d'acqua, senza impiego di sali di disgelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte a pioggia e gelo.	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	XF2	moderata saturazione d'acqua, con impiego di sali di disgelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte a nebbia salina contenente cloruri e gelo.	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	XF3	elevata saturazione d'acqua senza impiego di sali di disgelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte a pioggia e gelo (senza impiego di sali di disgelo).	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	XF4	elevata saturazione d'acqua con impiego di sali di disgelo	Superfici di calcestruzzo esposte a spruzzi d'acqua contenenti cloruri: profili di coronamento di ponti, manti stradali, fermate degli autobus.	0,50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Attacco chimico														
	Attacco dovuto ai solfati (s) nelle acque freatiche e nei terreni e altri attacchi chimici ...			(definiti da ulteriori requisiti)											
	XA1s	ambiente con aggressione debole	Elementi strutturali a diretto contatto con il terreno. Fondamenta, gallerie, piloni	0,50	300 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	-	
	XA2s	ambiente con aggressione moderata		0,50	300 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	-	
	XA3s	ambiente con forte aggressione		0,45 ^{b)}	320 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	-	
Attacco dovuto a elementi con effetto dissolvete (c) nelle acque freatiche e nei terreni e altri attacchi chimici...			(definiti da ulteriori requisiti)												
XA1c	ambiente con aggressione debole	Serbatoi di liquami, vasche di sedimentazione di impianti di depurazione	0,50	300	In caso di attacco chimico, la norma indica i tipi di calcestruzzo idonei. Non prescrive i tipi di cemento ammessi né le prove da effettuare e rimanda agli specialisti di settore.										
XA2c	ambiente con aggressione moderata	Vasche di trattamento acque (nitrificazione/denitrificazione) di impianti di depurazione, serbatoi per acqua potabile con acqua dolce, depurazione chimica di piscine.	0,45	320											
XA3c	ambiente con forte aggressione	Torri di raffreddamento, impianti di biogas, silo per mangimi, fognature	0,45	320											

a) Il dosaggio minimo di cemento vale senza conteggiare gli additivi e per una dimensione massima dell'aggregato D_{max} = 32 mm. Per altri D_{max}, il dosaggio minimo di cemento deve essere adeguato in base alla tabella «Dosaggio minimo di cemento» (pagina 8).

b) Per i piloni vigono i requisiti per i tipi P1 o P2, ed eventualmente è necessario consultare specialisti del settore.

c) Solo per cementi CEM I-SR0 (con percentuale di C₃A del clinker ≈ 0 %).

d) I dosaggi minimi di cemento vanno aumentati di 20 kg/m³.

Valori limite per la classe di esposizione XA, correlati a terreno e acque freatiche

La classe di esposizione XA riguarda unicamente l'attacco chimico dovuto a terreni e acque freatiche (non correnti) naturali. Per tutti gli altri tipi di attacco chimico sono solitamente necessari chiarimenti particolari.

Caratteristica chimica	Classi di esposizione (CH)		
	XA1	XA2	XA3
Acqua freatica			
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	≥ 200 e ≤ 600	> 600 e ≤ 3000	> 3000 e ≤ 6000
Valore pH	≤ 6,5 e ≥ 5,5	≤ 5,5 e ≥ 4,5	≤ 4,5 e ≥ 4,0
CO ₂ aggressivo [mg/l]	≥ 15 e ≤ 40	> 40 e ≤ 100	> 100 fino a saturazione
NH ₄ ⁺ [mg/l]	≥ 15 e ≤ 30	> 30 e ≤ 60	> 60 e ≤ 100
Mg ²⁺ [mg/l]	≥ 300 e ≤ 1000	> 1000 e ≤ 3000	> 3000 fino a saturazione
Terreno			
SO ₄ ²⁻ [mg/kg] totale*	≥ 2000 e ≤ 3000*	> 3000* e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Grado di acidità [ml/kg]	> 200 Baumann-Gully	Nella pratica non si riscontra.	

* Vedi SN EN 206, Tabella 2.

Cementi ammessi in Svizzera con elevata resistenza ai solfati^{a)}

Tipo di cemento	Designazione	Normativa di riferimento	Cemento Holcim
Cemento Portland	CEM I-SR0	Norma SN EN 197-1	Protego 4R
Cemento d'altoforno	CEM III/B-SR		Modero 3B
Cemento Portland composito	CEM II/B-M (S-T) HS-CH ^{b)}	Allegato nazionale NB a SN EN 197-1	Robusto 4R-S
Cemento Portland con microsilice	CEM II/A-D HS-CH ^{b)}	Allegato nazionale NB a SN EN 197-1	Fortico 5R
Cemento pozzolanico	CEM IV/A-SR	Norma SN EN 197-1	Pozzolanico

a) I calcestruzzi realizzati con cementi ammessi a notevole resistenza ai solfati sono considerati resistenti ai solfati senza ulteriori test.

b) Produttore Holcim (Svizzera) SA.

I requisiti per i tipi di calcestruzzo ammessi per l'attacco chimico (pagina 16) soddisfano i requisiti di resistenza ai solfati del calcestruzzo. Per questi tipi di calcestruzzo, non sono necessarie prove di resistenza ai solfati per i controlli di produzione aziendali, come da norma SIA 262/1, Appendice D, se si utilizza un cemento con elevata resistenza ai solfati ammesso in Svizzera.

Il controllo in produzione come da norma SN EN 206 copre unicamente la miscela base del calcestruzzo proiettato. Per il calcestruzzo proiettato applicato, sono necessari regolamenti diversi e/o supplementari.

Dimensione massima dell'aggregato

Il valore nominale della dimensione massima dell'aggregato (D_{max}) deve essere specificato in base alle condizioni poste dalla posizione, dalla distanza dell'armatura e dalla geometria dell'elemento strutturale. D_{max} corrisponde al valore più piccolo (D_{lower}) e più grande (D_{upper}) ammissibile di D , per la frazione maggiore dell'aggregato della pietra nel calcestruzzo, se non diversamente indicato.

Nota: la dimensione massima dell'aggregato nel calcestruzzo può essere modificata solo su approvazione dei committenti/progettisti.

Dosaggio minimo di cemento

Il dosaggio minimo di cemento nella tabella «Classi di esposizione» è valido solo per un valore nominale della dimensione massima dell'aggregato $D_{max} = 32$ mm. Nel caso di altri valori nominali della dimensione massima dell'aggregato, è necessario modificare il dosaggio minimo di cemento, in base alla tabella seguente:

	Valore nominale della dimensione massima dell'aggregato [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Correzione del dosaggio minimo di cemento	+15%	+10%	+5%	0	-5%	-10%

Tenore in polveri

Deve essere garantito un tenore in polveri sufficiente (cemento, additivo e quote di aggregati $d \leq 0,125$ mm). I valori indicativi per i tenori in polvere, in funzione del valore nominale della dimensione massima dell'aggregato, sono riportati nella tabella seguente:

	Valore nominale della dimensione massima dell'aggregato [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Valore indicativo del tenore in polveri [kg/m^3]	450	400	375	350	325	300

Classe di contenuto in cloruri

Impiego del calcestruzzo	Classe di contenuto in cloruri	Massimo contenuto di cloruri ammesso, riferito al cemento in percentuale di massa
Calcestruzzo non armato	Cl 1,0	1,0%
Calcestruzzo armato	Cl 0,20	0,20%
Calcestruzzo precompresso	Cl 0,10	0,10%

Classe di consistenza

La classe di consistenza indicata è a titolo informativo. Essa deve essere verificata nella fase dell'offerta da chi utilizza il calcestruzzo, in relazione alle condizioni quadro specifiche dell'oggetto e alle relative esigenze (p.es. procedimenti di getto), e adattata secondo necessità.

Calcestruzzo compattato

Grado di assetto		Indice di costipamento secondo Walz		Abbassamento al cono	
Classe	Valore [mm]	Classe	Valore [-]	Classe	Valore [mm]
		C0*	$\geq 1,46$		
F1*	≤ 340	C1	da 1,45 a 1,26	S1	da 10 a 40
F2	da 350 a 410	C2	da 1,25 a 1,11	S2	da 50 a 90
F3	da 420 a 480	C3	da 1,10 a 1,04	S3	da 100 a 150
F4	da 490 a 550			S4	da 160 a 210
F5	da 560 a 620			S5*	≥ 220
F6*	≥ 630				

* Non consigliabile, a causa della scarsa sensibilità del metodo di prova.

Calcestruzzo autocompattante (SCC)

Classe	Classe di spandimento (Slump Flow) [mm]
SF1	da 550 a 650
SF2	da 660 a 750
SF3	da 760 a 850

Per la maggior parte delle applicazioni pratiche con elementi strutturali ad armatura normale (pavimenti, solette, pareti e pilastri), si consiglia di specificare la consistenza con la classe di spandimento SF2 o con un valore obiettivo compreso tra 650 e 700 mm. La tolleranza per il valore obiettivo corrisponde a ± 50 mm. La consistenza dovrebbe essere indicata dal valore obiettivo solo in casi particolari.

Massa volumica

A seconda della massa volumica dopo l'essiccamento in fornace, il calcestruzzo viene definito calcestruzzo normale, calcestruzzo leggero o calcestruzzo pesante.

- Calcestruzzo leggero $800 \text{ kg/m}^3 \leq$ massa volumica $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$
- Calcestruzzo normale $2000 \text{ kg/m}^3 \leq$ massa volumica $\leq 2600 \text{ kg/m}^3$
- Calcestruzzo pesante massa volumica $> 2600 \text{ kg/m}^3$

Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero

Se la classificazione del calcestruzzo leggero avviene in base alla sua massa volumica, si applica la seguente tabella:

Classe di massa volumica	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Intervallo di massa volumica [kg/m ³]	≥ 800 e ≤ 1000	> 1000 e ≤ 1200	> 1200 e ≤ 1400	> 1400 e ≤ 1600	> 1600 e ≤ 1800	> 1800 e ≤ 2000

Impiego di additivi

Per l'impiego di additivi, vigono le seguenti regole:

- Se la quantità complessiva di additivi liquidi supera i 3 l/m³ di calcestruzzo, è necessario tenerne conto nel calcolo del valore del rapporto a/c.
- La quantità complessiva di additivi non può superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore, né eccedere il 5% della massa di cemento contenuta nel calcestruzzo (tranne nel caso in cui la resistenza e la durabilità del calcestruzzo siano dimostrabili).
- Le aggiunte di additivi inferiori allo 0,2% della massa di cemento devono essere diluite nell'acqua di impasto.
- Nel caso di combinazioni di diversi additivi, deve esserne dimostrata la compatibilità.
- Se si utilizzano aggiuntivi, si consiglia di riportare i quantitativi di aggiuntivi esclusivamente alla percentuale di cemento.

Impiego di aggiuntivi

Gli aggiuntivi sono suddivisi in due tipi.

Gli aggiuntivi di **tipo I** comprendono sostanze inerti (p.es. filler e pigmenti) che non danno luogo a legami chimici.

Gli aggiuntivi di **tipo II** sono materiali pozzolanici (p.es. cenere volante di carbon fossile, microsilice) o ad attività idraulica latente (p.es. loppa d'altoforno) i quali, durante l'idratazione del cemento, incrementano la resistenza della pasta di cemento. Il loro effetto è determinato grazie al coefficiente k, applicato al dosaggio minimo di cemento ($C_{\min, AGG}$) e al valore del rapporto equivalente a/c (a/C_{eq}).

Aggiuntivo Tipo II	Tipo di cemento	Classe di resistenza del cemento	Classi di esposizioni/ tipi di calcestruzzo	Quantità massime applicabili ^{d)} per a/ C_{eq} e $C_{\min, AGG}$ [kg/m ³]	
Cenere volante secondo SN EN 450-1	0,4	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	tutte	$0,33 \cdot C$
		CEM II/A-LL	32,5; 42,5; 52,5	XC1 fino a XC4, XD1, XF1	$0,25 \cdot C$
		CEM II/B-M (T-LL) ^{a)}	42,5	XC1; XC2; XC4; XD1; XF1	$0,25 \cdot C$
		CEM II/B-M (S-T) ^{a)}	42,5 R	XC3	$0,15 \cdot C$
Microsilice secondo SN EN 13263-1	1,0	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	tutte	$0,11 \cdot C$
		(CEM II/A-LL)	32,5; 42,5; 52,5	tutte	$0,11 \cdot C$
Loppa d'altoforno secondo SN EN 15167-1	0,5	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	Tipi di calcestruzzo da D a G, in via eccezionale anche i tipi di calcestruzzo da A a C	$0,50 \cdot C$
Hydrolith F200 ^{b)}	0,4	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	tutte eccetto XF2 e XF4	$0,25 \cdot C$
		(CEM II/A-LL)	42,5; 52,5	XC1 fino a XC4; XD1; XF1	$0,25 \cdot C$
		CEM II/B-M (T-LL) ^{a)}	42,5	XC1 fino a XC4; XD1; XF1	$0,20 \cdot C$

a) L'autorizzazione si limita ai cementi Optimo 4 o Robusto 4R-S, in combinazione con la cenere volante di Holcim (attestato come da allegato NC).

b) Per il calcestruzzo AAR (resistente alla reazione alcali-aggregato) è possibile utilizzare Hydrolith F200 solo con attestato, secondo scheda tecnica SIA 2042.

c) Quantità massima applicabile di aggiuntivi di tipo II = $a \cdot C$ con

a = rapporto massimo di aggiuntivo di tipo II/cemento [-]

C = percentuale effettiva di cemento [kg/m³]

Per il calcolo delle quantità massime applicabili di aggiuntivi di tipo II si hanno due varianti:

Variante a)

Per il calcolo del dosaggio minimo di cemento ($C_{min,AGG}$) in caso di aggiunta di aggiuntivi di tipo II, è possibile usare la seguente equazione:

$$(Z_{min,ZS}) \geq \frac{Z_{min}}{1 + (k \cdot a)}$$

$C_{min,AGG}$ dosaggio minimo di cemento all'aggiunta di aggiuntivi di tipo II [kg/m³]

C_{min} dosaggio minimo di cemento secondo SN EN 206, tabella NA 2 [kg/m³]

k coefficiente k dell'aggiuntivo secondo SN EN 206, tabella NA 2 [-]

a rapporto di massa massimo tra aggiuntivo di tipo II/cemento [-]

Variante b)

Per il calcolo del dosaggio minimo di cemento ($C_{min,AGG}$) in caso di aggiunta di aggiuntivi di tipo II, è possibile usare le seguenti equazioni, in base al tipo di aggiuntivo:

Cenere volante o Hydrolith F200

$$Z_{min,ZS} \geq Z_{min} - \left[(k \cdot (Z_{min} - 200)) \cdot \left(1 - \left(\frac{KG}{(100 - KG)} \right) \right) \right] \quad \text{in kg/m}^3$$

Microsilice

$$Z_{min,ZS} \geq Z_{min} - k \cdot S \quad \text{in kg/m}^3$$

Loppa d'altoforno

$$Z_{min,ZS} \geq Z_{min} - (k \cdot (Z_{min} - 200)) \quad \text{in kg/m}^3$$

$C_{min,AGG}$ dosaggio minimo di cemento all'aggiunta di aggiuntivi di tipo I [kg/m³]

C_{min} dosaggio minimo di cemento secondo SN EN 206 per i tipi di calcestruzzo da A a G e da P1 a P4 [kg/m³]

k coefficiente k dell'aggiuntivo (tipo II) [-]

KG percentuale di calcare del CEM II/A-LL utilizzato [M %], per Fluvio 4 corrisponde a $KG = 17 M \%$, in caso di dubbio è $KG = 20 M \%$. Se si utilizza CEM I e con combinazioni di cemento nuove e aggiuntivi, esaminati secondo l'appendice NC, si indica $KG = 0$.

S quantità aggiuntiva di microsilice [kg/m³]

Nota: il calcolo con la variante b) comporta, rispetto alla variante a), dosaggi insufficienti di aggiuntivi. Il contenuto d'acqua è però decisamente minore e quindi è necessario aggiungere agenti fluidificanti.

Quantità massime di aggiuntivi di tipo II per garantire le caratteristiche alcaline

L'impiego di aggiuntivi di tipo II comporta una riduzione delle caratteristiche alcaline del calcestruzzo e aumenta il rischio di corrosione dell'armatura.

Pertanto, la quantità massima ammessa per gli aggiuntivi è limitata:

CEM I	
Cenere volante	$\leq 0,66 \cdot \text{cemento}$
Hydrolith F200	$\leq 0,66 \cdot \text{cemento}$
Microsilice	$\leq 0,11 \cdot \text{cemento}$
Loppa d'altoforno	$\leq 0,80 \cdot \text{cemento}$
Cenere volante e microsilice	$\leq (0,66 \cdot \text{cemento} - 3 \cdot \text{microsilice})$
Hydrolith F200 e microsilice	$\leq (0,66 \cdot \text{cemento} - 3 \cdot \text{microsilice})$

CEM II/A-LL	
Cenere volante	$\leq 0,45 \cdot \text{cemento}$
Hydrolith F200	$\leq 0,45 \cdot \text{cemento}$
Microsilice	$\leq 0,11 \cdot \text{cemento}$
Loppa d'altoforno	$\leq 0,60 \cdot \text{cemento}$
Cenere volante e microsilice	$\leq (0,45 \cdot \text{cemento} - 3 \cdot \text{microsilice})$
Hydrolith F200 e microsilice	$\leq (0,45 \cdot \text{cemento} - 3 \cdot \text{microsilice})$

Concetto di prestazione concreta equivalente del calcestruzzo (ECPC) e concetto della prestazione equivalente di combinazioni di cemento e aggiuntivi (EPCC)

I due concetti non sono applicabili in Svizzera.

Tipi usuali di calcestruzzo

	Tipo 0	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D (T1)	Tipo E (T2)	Tipo F (T3)	Tipo G (T4)	P1 all'asciutto (CPN H)	P2 in acqua (CPN I)	P3 all'asciutto (CPN K)	P4 in acqua (CPN L)
	Opere edili				Genio civile				Pali trivellati e paratie			
Requisiti basilari												
Conformità alla norma	Calcestruzzo secondo la norma SN EN 206											
Classe di resistenza alla compressione ^{a)}	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C25/30	C25/30	C20/25	C20/25
Classi di esposizione (CH)	X0	XC1, XC2	XC3	XC4, XF1	XC4, XD1, XF2, XF3, XD2a	XC4, XD1, XF4, XD2a	XC4, XD3, XF2, XD2b, XAA	XC4, XD3, XF4, XD2b	– f)	– f)	– f)	– f)
Valore nominale della dimensione massima dell'aggregato ^{b)}	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
Classe di contenuto in cloruri ^{c)}	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
Classe di consistenza ^{d)}	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	F4	F5	F4	F5
Requisiti supplementari (specifici per il progetto)												
Resistenza AAR (alla reazione alcali-aggregato)	Può essere richiesta in accordo alla scheda tecnica SIA 2042											
Resistenza ai solfati	–	–	–	–	può essere richiesto				– g)	può essere richiesto	–	–
Resistenza al gelo in presenza di sale	–	–	–	–	media ^{h)}	alta ^{h)}	media ^{h)}	alta ^{h)}	ev. media	ev. media	–	–
Requisiti minimi della composizione												
Rapporto massimo a/c o risp. a rapporto massimo a/c _{eq} [-]	–	0,65	0,60	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50	0,60	0,60
Dosaggio minimo di cemento ^{e)} [kg/m ³]	–	280	280	300	300	300	320	320	330 ⁱ⁾ j)	380 ⁱ⁾ j)	330 ⁱ⁾	380 ⁱ⁾
Prove di durabilità ^{k)}	–	–	PA, RCarb	RCarb	KW, FT	KW, FT	CW, FT	CW, FT	–	–	–	–
Tenore in polveri [kg/m ³]	D _{max} > 8 mm		–									
	D _{max} ≤ 8 mm		–									
									≥ 400			
									≥ 450			

A) È possibile specificare un'altra classe di resistenza alla compressione per il progetto.

b) È possibile specificare un altro valore nominale della dimensione massima dell'aggregato per il progetto.

c) La classe di contenuto in cloruri indicata è idonea per calcestruzzo armato e precompresso.

d) La classe di consistenza indicata è a titolo informativo. Essa deve essere verificata da chi utilizza il calcestruzzo, in relazione alle condizioni quadro specifiche dell'oggetto e alle relative esigenze (p.es. procedimenti di getto) nella fase dell'offerta, nonché adattata secondo necessità (v. AN, cifra 5.3.4.1). Eventuali adattamenti sono da fissare e considerare nell'offerta. Nota: secondo la cifra 5.4.1 (5), EN 206, i requisiti della consistenza del calcestruzzo devono essere adempiuti al momento della consegna del calcestruzzo dal produttore all'utilizzatore.

e) Il dosaggio minimo di cemento vale senza conteggiare gli additivi e per una dimensione massima dell'aggregato D_{max} = 32 mm. Per altre dimensioni massime dell'aggregato D_{max}, il dosaggio di cemento va adeguato secondo la tabella «Dosaggio minimo di cemento» (pagina 8).

f) Per evitare malintesi, viene tralasciata l'indicazione di una classe di esposizione.

g) Nel caso di pali trivellati e paratie all'asciutto, l'aggressione da parte di solfati è improbabile.

h) Esigenza non imperativa, in quanto si ricava direttamente in base alla selezione della classe di esposizione XF. Evitare requisiti differenti.

i) Per i calcestruzzi per pali trivellati e paratie con D_{max} = 16 mm, si applicano gli stessi dosaggi minimi di cemento come per il calcestruzzo con D_{max} = 32 mm.

j) Se si garantisce che il calcestruzzo non è esposto al gelo e a gelo/disgelo con sale, è possibile utilizzare anche i cementi ammessi per il tipo di calcestruzzo C.

k) Abbreviazioni per le prove di durabilità: PA = permeabilità all'acqua, RCarb = resistenza alla carbonatazione, RG = resistenza al gelo in presenza di sale, TCl = resistenza ai cloruri.

Tipi di calcestruzzo ammissibili per diversi attacchi chimici

Classificazione secondo il contenuto di solfati nell'acqua sotterranea o nel terreno ¹⁾			Classificazione in presenza di altri attacchi chimici (solventi)		
Classe di esposizione (CH)	Edilizia e genio civile	Piloni	Classe di esposizione (CH)	Edilizia e genio civile	Piloni
XA1s	C o D (T1)	P2 ³⁾	XA1c	C o D (T1)	P2 ³⁾
XA2s			XA2c	F (T3) ⁴⁾	
XA3s	F (T3) ²⁾		XA3c	F (T3) ²⁾	

- 1) Il calcestruzzo va prodotto con un cemento ad alta resistenza ai solfati oppure specificatamente per l'oggetto.
- 2) Misure di protezione possibili o necessarie saranno da verificare con degli specialisti.
- 3) Secondo il caso, consultare degli specialisti.
- 4) Questo tipo di calcestruzzo copre anche dall'attacco chimico provocato da acque di scarico delle fosse biologiche comunali (classe di esposizione XAA), in accordo alla scheda tecnica 01 cemsuisse.

Calcestruzzo impermeabile (calcestruzzo IM)

- I tipi di calcestruzzo C e D–G sono considerati impermeabili fino a 10 m al massimo di colonna d'acqua (max. 1 bar). Per questi calcestruzzi non sono necessarie prove.
- Il tipo di calcestruzzo B è considerato impermeabile fino a 10 m al massimo di colonna d'acqua, se la permeabilità all'acqua è $q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$ (prova come da norma SIA 262/1, Appendice A).
- Sono necessari chiarimenti e/o prove (norma SIA 272)
 - in caso di requisiti più severi per la tenuta, come da norma SIA 272 oppure
 - con spessori degli elementi strutturali di < 250 mm oppure
 - in presenza di una pressione dell'acqua superiore ai 10 m di colonna d'acqua (> 1 bar).

Resistenza AAR come da scheda tecnica SIA 2042

Classe di prevenzione = combinazione delle classi di rischio e ambientale

Classe di rischio	Classe ambientale		
	U1	U2	U3
R1	P1	P1	P1
R2	P1	P2	P2
R3	P2	P2	P3

- Classe di prevenzione P1: non sono necessarie misure particolari.
- Classe di prevenzione P2: è richiesto un calcestruzzo resistente AAR (reazione alcali-aggregato), p.es. attestato con prova di prestazione del calcestruzzo.
- Classe di prevenzione P3: è richiesto un calcestruzzo resistente AAR (reazione alcali-aggregato) con ulteriori misure, p.es. protezione della superficie.

Determinazione della classe di rischio

Le classi di rischio R1, R2 e R3 sono determinate per l'intera opera edile o per singoli elementi dell'opera. La classe di rischio R3 può essere attribuita direttamente all'opera o a un elemento dell'opera. In caso contrario, le classi di rischio sono determinate in base alla valutazione globale N, sulla scorta dei tipi e dei criteri di rischio.

Determinazione della classe ambientale

Abbr.	Classi di esposizione (CH)	Esempi di elementi costruttivi	Tipo di calcestruzzo
U1	XC1	all'interno dell'opera edile (umidità relativa dell'aria ridotta)	A
U1	XC3, XF1 o XC4, XF1	in esterni (non esposto agli agenti atmosferici, esposto agli agenti atmosferici, gelo ridotto)	C
U2	XC1 o XC2 o XC3	all'interno dell'opera edile (umidità relativa dell'aria elevata); calcestruzzo non armato in interni	A o B
U2	XC4, XD1, XF2 o XC4, XD1, XF4	in esterni (esposto agli agenti atmosferici); gelo da ridotto a notevole	D o E
U3	XC1 o XC2	fondamenta (piloni)	C (H, I, K, L)
U3	XC4, XD3, XF2 o XC4, XD3, XF4	in esterni; in terreni estremamente alcalini, acque freatiche o di montagna	G o F
U3	XF3	sostegni in acqua; superfici in calcestruzzo orizzontali	D
U3	XD2a o XD2b	serbatoi, vasche di raccolta per acqua estremamente alcalina	D o F

Prove di durabilità in Svizzera

	Permeabilità all'acqua	Resistenza alla carbonatazione		Resistenza ai cloruri	Resistenza al gelo in presenza di sale	
					media	alta
Prova secondo SIA 262/1	Appendice A	Appendice I		Appendice B	Appendice C	
Prova da effettuare per le classi di esposizione (CH)	XC3 ^{a)}	XC3	XC4, XD1, XD2a, XF1	XD2b, XD3	XF2, XF3	XF4
Prova da effettuare per i tipi di calcestruzzo come da tabella AN.5	Tipo B ^{a)}	Tipo B	Tipo C, D ed E	Tipo F e G	Tipo D e F	Tipo E e G
Valore limite per la media	$q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 6,5 \text{ mm/anno}^{1/2}$ b)c)	$K_N \leq 5,0 \text{ mm/anno}^{1/2}$ b)d)	$D_{Cl} \leq 10 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 2500 \text{ g/m}^2$	$m \leq 200 \text{ g/m}^2$ oppure $m \leq 600 \text{ g/m}^2$ e $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
Valore limite per la media + scarto limite	$q_w \leq 12 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 7,0 \text{ mm/anno}^{1/2}$ b)c)	$K_N \leq 5,5 \text{ mm/anno}^{1/2}$ b)d)	$D_{Cl} \leq 13 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 3000 \text{ g/m}^2$	$m \leq 250 \text{ g/m}^2$ oppure $m \leq 800 \text{ g/m}^2$ e $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
Frequenza di prova per produttori di calcestruzzo senza sufficiente esperienza ^{e)}	Almeno 4 volte l'anno oppure ogni 500 m ³ , da 4000 m ³ : ogni 1000 m ³ , da 17 000 m ³ : ogni 1250 m ³ , da 30 000 m ³ : ogni 1500 m ³ , da 60 000 m ³ : ogni 3000 m ³			Almeno 4 volte l'anno oppure ogni 125 m ³ , da 1000 m ³ : ogni 250 m ³ , da 2000 m ³ : ogni 500 m ³		
Frequenza di prova per produttori di calcestruzzo con sufficiente esperienza ^{e)}	Almeno 2 volte l'anno oppure ogni 1000 m ³ , da 4000 m ³ : ogni 2000 m ³ , da 17 000 m ³ : ogni 2500 m ³ , da 30 000 m ³ : ogni 3000 m ³ , da 60 000 m ³ : ogni 6000 m ³			Almeno 2 volte l'anno oppure ogni 250 m ³ , da 1000 m ³ : ogni 500 m ³ , da 2 000 m ³ : ogni 1000 m ³		

a) Vedi tabella AN.6, nota a piè di pagina d).

b) Il valore indicato vale per una durata di servizio di 50 anni.

c) Per XC3 e una durata di servizio di 100 anni: $K_N \leq 4,5 \text{ mm/anno}^{1/2}$ (valore limite per la media + scarto limite: $5,0 \text{ mm/anno}^{1/2}$). Se la copertura di armatura c_{nom} viene portata dal valore di 35 mm (SIA 262) a 40 mm, si applica il valore limite $K_N \leq 5,0 \text{ mm/anno}^{1/2}$ (valore limite per la media + scarto limite: $5,5 \text{ mm/anno}^{1/2}$).

c) Per XC4 e una durata di servizio di 100 anni: $K_N \leq 4,5 \text{ mm/anno}^{1/2}$ (valore limite per la media + scarto limite: $5,0 \text{ mm/anno}^{1/2}$).

e) Vedi cifra AN.8.2.3.4.2.

© 2019 by SIA Zurigo



Holcim (Svizzera) SA
Hagenholzstrasse 83
8050 Zurigo
Svizzera
Telefono +41 58 850 68 68
marketing-ch@holcim.com
www.holcim.ch
www.holcimpartner.ch