

Temperatura del calcestruzzo fresco

La temperatura del calcestruzzo fresco influisce sull'indurimento e sulla presa, quindi anche sulla lavorabilità del calcestruzzo fresco tanto da essere di particolare importanza nei climi freddi. La temperatura del calcestruzzo fresco può essere calcolata con l'aiuto di una formula semplificata:

$$T_{b,fr} = 0,1 \cdot T_z + 0,7 \cdot T_g + 0,2 \cdot T_w$$

$T_{b,fr}$

temperatura del calcestruzzo fresco [°C]

T_z

temperatura del cemento [°C]

T_g

temperatura degli aggregati [°C]

T_w

temperatura dell'acqua [°C]

Esempio:

Temperatura del cemento

$T_z = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura degli aggregati

$T_g = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura dell'acqua

$T_w = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura del calcestruzzo fresco

$$T_{b,fr} = 0,1 \cdot 50 + 0,7 \cdot 8 + 0,2 \cdot 10 = 12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Durata del trattamento successivo per calcestruzzi con requisiti di resistenza

Classi di trattamento successivo (CTS) e durata del trattamento successivo con sviluppo noto della resistenza del calcestruzzo (SIA 262, tab. 22)

Requi- sito	Influssi ambientali	Relativa classe di esposizione	CTS ¹⁾	Resistenza caratteristica dopo 28 d [%]
nessuno	–	–	1	– ²⁾
normale	nessun requisito di ermeticità	p.es. XC2	2	35 ³⁾
supe- riore	componenti esposte agli agenti atmosferici o requisiti superiori per la formazione di fessure	p.es. XC4	3	50 ³⁾
alto	componenti fortemente sollecitate con una lunga durata d'uso o soggetti ad usura oppure requisiti elevati per la formazione di fessure	p.es. XD3, XF4	4	70 ³⁾

Valori indicativi per la durata minima del trattamento successivo delle componenti strutturali nel calcestruzzo senza conoscere lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo (SIA 262, tab. 23)

	Durata minima del trattamento successivo [giorni] ⁴⁾						
Sviluppo della resistenza a 20 °C ai sensi della norma SN EN 206	rapido			medio			
	r ≥ 0,50			0,50 > r ≥ 0,30			
CTS ¹⁾		2	3	4	2	3	4
Temperatura superficiale del calcestruzzo ⁶⁾ [°C]	15 > T ≥ 10	1,5	2,5	7	4	7	13
	10 > T ≥ 5 ³⁾	2	3,5	9	5	9	18

- 1) Le classi di trattamento successivo vengono definite solo per il trattamento successivo di calcestruzzi con requisiti di resistenza.
- 2) Per la classe di trattamento successivo 1 la durata del trattamento successivo deve essere di almeno 12 h. Questo valore rimane valido fino a quando la presa del calcestruzzo non dura più di 5 h e la temperatura del calcestruzzo sulla superficie è di almeno 5 °C.
- 3) Se lo sviluppo della resistenza non è noto, viene applicata la tabella 23.
- 4) In caso di più di 5 h di tempo di lavorazione, si dovrà prolungare di conseguenza la durata del trattamento successivo.
- 5) Con temperature <5 °C, la durata del trattamento successivo dovrà essere prolungata del tempo durante il quale la temperatura è stata inferiore a 5 °C.
- 6) Alternativa: Temperatura dell'aria alle ore 7.00 di mattina misurata all'ombra.

Durata del trattamento successivo per calcestruzzi con requisiti di durabilità

Valori indicativi per la durata minima del trattamento successivo con requisiti superiori o elevati del trattamento successivo (SIA 262, tab. 23a)

		Durata minima del trattamento successivo [giorni] ²⁾	
Sviluppo della resistenza a 20 °C ai sensi della norma SN EN 206		medio e rapido r ≥ 0,30	
Requisiti		superiore	alto
Tipi di calcestruzzo		B e C	B e C, da D a G
Temperatura superficiale del calcestruzzo ³⁾ [°C]	15 > T ≥ 10	5	7
	10 > T ≥ 5 ²⁾	7	9

- 1) In caso di più di 5 h di tempo di lavorazione, si dovrà prolungare di conseguenza la durata del trattamento successivo.
- 2) Con temperature <5 °C, la durata del trattamento successivo dovrà essere prolungata del tempo durante il quale la temperatura è stata inferiore a 5 °C.
- 3) Alternativa: Temperatura dell'aria alle ore 7.00 di mattina misurata all'ombra.

Si consiglia la combinazione dei requisiti per la durata del trattamento successivo secondo la tabella 23 e 23a

Applicabile se non sono stati definiti requisiti aggiuntivi sullo sviluppo della resistenza secondo SIA 262, cpv. 3.1.1.2.2 (p.es. resistenza al precarico, resistenza alla scasseratura).

		Durata minima del trattamento successivo [giorni] ¹⁾			
Tipo di calcestruzzo		A		B e C	B e C, da D a G
Requisito trattamento successivo ⁴⁾		normale		superiore	alto
Sviluppo della resistenza a 20 °C ai sensi della norma SN EN 206		rapido	medio	rapido e medio	
		r ≥ 0,50	0,50 > r ≥ 0,30	r ≥ 0,50 e 0,50 > r ≥ 0,30	
Temperatura superficiale del calcestruzzo ³⁾ [°C]	15 > T ≥ 10	1,5	4	5	7
	10 > T ≥ 5 ²⁾	2	5	7	9

- 1–3) Note a piè di pagina vedi tab. 23a.
- 4) I requisiti per il trattamento successivo – normale, superiore o alto – devono essere definiti dal progettista.

Misure per il trattamento successivo e protezioni con diverse temperature esterne

Tipologia	Misure	Temperatura dell'aria [°C]			
		inferiore a -3	da -3 fino a +5	da +5 fino a +10	da +10 fino a +15
coprire con pellicola impermeabile all'acqua / spruzzare il prodotto di trattamento successivo (prodotto TS)	Coprire o spruzzare prodotto TS, eventualmente misure supplementari come: • inumidire la cassaforma in legno • proteggere la cassaforma in acciaio dal sole • coprire e inumidire le superfici di calcestruzzo libere nella cassaforma			X	X
	• Coprire o spruzzare prodotto TS e applicare un isolamento termico ¹⁾ • Impiego logico di una cassaforma termoisolante (p.es. legno), agganciare la cassaforma in acciaio con pedane isolanti		X		
	• Coprire e applicare un isolamento termico ¹⁾ • Coprire il posto di lavoro (tenda), eventualmente riscaldare (p.es. riscaldatore). Inoltre: mantenere la temperatura del calcestruzzo per almeno 3 giorni = +10 °C	X			
inumidire con acqua	mantenere costantemente un film d'acqua visibile sulla superficie del calcestruzzo			(X)	X

1) Non inumidire; tenere lontano da acqua piovana/condensa.



Gettare il calcestruzzo nei periodi di freddo

Holcim (Svizzera) SA

Hagenholzstrasse 83

8050 Zurigo

Svizzera

Telefono +41 58 850 68 68

Telefax +41 58 850 68 69

marketing-ch@lafargeholcim.com

www.holcim.ch



Introduzione

Le basse temperature influiscono sul calcestruzzo «giovane» e possono causare dei danni:

- Con il calo della temperatura la presa viene ritardata e lo sviluppo della resistenza rallenta. Al di sotto del punto di congelamento addirittura si arresta.
- Il congelamento dell'acqua non legata nel calcestruzzo «giovane» ne danneggia la tessitura.
- Grandi differenze di temperatura tra il centro e il bordo del calcestruzzo possono, in caso di spessori consistenti della struttura, causare una formazione di fessure nella zona marginale del calcestruzzo.

Se è necessario gettare il calcestruzzo a basse temperature, occorre raggiungere rapidamente la resistenza al congelamento:

- Il calcestruzzo «giovane» è resistente al congelamento quando raggiunge una resistenza alla compressione di almeno 5 N/mm² sulla superficie del calcestruzzo.

Quando si deve fare la gettata di calcestruzzo con il freddo, si consiglia di procedere rispettando le tre fasi seguenti:

- Pianificazione di una ricetta invernale
- Messa in opera e compattazione
- Trattamento successivo

1 Pianificazione di una ricetta invernale

Con il freddo si può fare la gettata, se il calcestruzzo viene ottimizzato con una o più delle seguenti misure tecnologiche per il calcestruzzo (ricetta invernale):

- Aumento della temperatura del calcestruzzo fresco con un riscaldamento mirato dell'acqua d'impasto e/o riscaldamento degli aggregati.
- Scelta di una temperatura del calcestruzzo fresco e di un copriferro sufficiente che tengano conto delle oscillazioni di temperatura durante il trasporto e qualsiasi tempo di attesa in cantiere.
- Impiego di cemento con un maggiore sviluppo di calore di idratazione (p.es. Normo 5R).
- Aumento del contenuto di cemento ($Z > 300 \text{ kg/m}^3$).
- Riduzione del valore w/z attraverso l'impiego di un fluidificante accelerante (FM-SBE).
- Impiego di un antigelo (FS) per migliorare la resistenza al congelamento.
- Nessuna sostituzione del cemento con cenere volatile e inuncia a un agente ritardante (VZ) o a un fluidificante ritardante.
- Accelerazione dello sviluppo della resistenza con l'impiego di un accelerante di indurimento (HBE) solo in casi eccezionali.

2 Messa in opera e compattazione

Con il freddo si può fare la gettata di calcestruzzo adottando le precauzioni necessarie in cantiere:

- Non si deve fare la gettata né su un terreno congelato né su componenti congelati, eventualmente prevedere uno «strato da sacrificare».
- Mantenere cassaforma e armatura prive di neve e ghiaccio, tuttavia mai utilizzando lacqua ma l'aria calda.
- Il calcestruzzo preriscaldato deve essere incorporato rapidamente nella cassaforma liberata da neve e ghiaccio, quindi venire subito compattato.
- Proteggere il calcestruzzo fresco dalla perdita di calore durante il trasporto. Non utilizzare il nastro trasportatore, in base alle possibilità. Eventualmente isolare termicamente le linee di pompaggio più lunghe.
- Durante la messa in opera e durante la compattazione il calcestruzzo fresco senza protezioni particolari non deve diventare più freddo di +5 °C. In caso di superfici del calcestruzzo con requisiti superiori, si consiglia di riscaldare la temperatura del calcestruzzo fresco a +10 °C.
- La temperatura del calcestruzzo fresco incorporato deve essere misurata regolarmente ed eventualmente si devono adottare misure per un'ulteriore adduzione di calore.

3 Trattamento successivo

Con basse temperature si deve prestare particolare attenzione alla protezione del calcestruzzo:

- Usare materiali con proprietà termoisolanti per la cassaforma (p.es. legno) e per il post getto (p.es. pedane termiche).
- A basse temperature il calcestruzzo, dopo la messa in opera, va protetto dalla perdita di calore coprendolo con pedane termiche.
- Se non si possono posare le pedane termiche, il calcestruzzo va protetto da correnti d'aria (p.es. teli pvc). Durante il tempo di indurimento il calcestruzzo va protetto dalla perdita di calore e di umidità perchè l'aria, in clima freddo, è molto secca.
- Il tipo di trattamento successivo dipende dalle condizioni climatiche, dalla temperatura del calcestruzzo e dell'aria, dallo sviluppo della resistenza del calcestruzzo, dalla cassaforma e dalla geometria dei componenti.
- La durata del trattamento successivo per calcestruzzi con requisiti di resistenza è definita nella SIA 262, tabelle 22 o 23. Se sono fissati dei requisiti sulla durabilità, viene applicata la SIA 262, tabella 23a.
- Se la temperatura del calcestruzzo durante l'indurimento diminuisce temporaneamente al di sotto del punto di congelamento, si devono prolungare i tempi di disarmo almeno del numero di giorni di gelo.
- In caso di calcestruzzo a vista si deve valutare uno spostamento della gettata per evitare differenze chiaro/scuro (effetto leopardato).

Informazioni tecniche

Resistenza al congelamento del calcestruzzo

Tempo di indurimento necessario per raggiungere una resistenza al congelamento di 5 N/mm² di diverse tipologie di calcestruzzo in base allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo e alla temperatura del calcestruzzo (valori di riferimento).

Sviluppo della resistenza del calcestruzzo a 20 °C ai sensi della norma SN EN 206	Tempo di indurimento del calcestruzzo necessario fino al raggiungimento della resistenza al congelamento [giorni]		
	Temperatura del calcestruzzo durante la gettata		
	5 °C	10 °C	15 °C
rapido	1,5–2,0	1,0–1,5	0,5–1,0
medio	2,0–2,5	1,5–2,0	1,0–1,5

In condizioni invernali si dovrebbe rinunciare all'impiego di calcestruzzi ad indurimento lento perché ne conseguirebbero tempi di indurimento molto lunghi.