Prescrizioni per l'esecuzione di lavori con calcestruzzo spruzzato

Indice

1. Basi 2

2. Variazioni dalla norma 2

3. In generale 2

3.1. Classi di calcestruzzo spruzzato....3

4. Requisiti 3

4.1. Ricette....3
4.2. Requisiti di qualità....3
4.3. Requisiti dei rapporti....4

5. Esame o prova d'idoneità 4

5.1. Esami preliminari....4
5.2. Esami preliminari supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio....5
5.3. Prove supplementari in caso di sostanze chimiche aggressive....5

6. Controllo e prova della qualità 5

7. Esecuzione dei lavori con calcestruzzo spruzzato 6

8. Misure e definizione del sovra profilo 6

9. Regolamentazione per il sovra profilo (pareti chiodate / assicurazione di scavi) 8

10. Procedimento delle prove 9

10.1. Qualità del calcestruzzo fresco a miscela umida....9
10.2. Classe di resistenza precoce....9
10.3. Classe di resistenza....9
10.4. Classe d'esposizione XF3 e XF4(CH), resistenza al gelo....10
10.5. Classe d'esposizione XA1, XD1(CH), impermeabilità all'acqua....10
10.6. Prove supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio....10
10.7. Prove supplementari in caso di prodotti chimici aggressivi XA2 o XA3(CH)....10
10.8. Prove supplementari per calcestruzzo resistente alla RAA....11

edizione / versione	rilascio	validità
2027 / 2027	muc	dal 01.11.2026

1. Basi

Valgono le norme e le direttive all'appendice 02 come pure quanto elencato nel contratto d'appalto e le rispettive parti integranti. In particolare:

- Norma SIA 198, Lavori sotterranei, Esecuzione
- Norma SN EN 14487-1: Spritzbeton -Teil 1; Begriffe, Festlegungen und Konformität
- Norma SN EN 14487-2: Spritzbeton -Teil 2; Ausführung
- Norma SN EN 206: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- Norma SIA 262/1: Betonbau - Ergänzende Festlegungen
- Norma SN EN 14488: Prüfung von Spritzbeton, Teil 1 bis 7
- Norma SN EN 14889-1: Fasern für Beton, Stahlfasern
- CPN 164, Ancoraggi e pareti chiodate, Appendice classi e tipi di calcestruzzo spruzzato

2. Variazioni dalla norma

Per la classe di calcestruzzo spruzzato SC13 il valore massimo permesso per il rapporto acqua cemento w/z è 0.5.

Contrariamente alla tabella 12 della norma SN EN 14487-1 le analisi delle caratteristiche del calcestruzzo fresco e della resistenza al gelo sono da eseguire periodicamente. Per semplificare i procedimenti, l'onere dei controlli di qualità durante l'esecuzione è stato parzialmente modificato.

In divergenza alla norma SN EN 206-1 vale per la classe di calcestruzzo spruzzato SC13 della classe d'esposizione XF4(CH) solamente la resistenza al gelo. Se il calcestruzzo spruzzato è esposto al gelo e ai sali, il caso sarà regolato specificatamente a secondo dell'oggetto.

Per parti d'opera speciali può essere richiesto calcestruzzo resistente alla RAA.

3. In generale

Per l'Ufficio tecnico dei Grigioni fanno stato le caratteristiche dei calcestruzzi spruzzati secondo la norma SN EN 14487.

La classificazione rispecchia la norma SIA 198 „Lavori sotterranei" rispettivamente secondo il CRB 164 (Ancoraggi e pareti chiodate).

Le esigenze della norma sono precisate e completate mediante queste direttive. Per una miglior comprensione sono in forma riassuntiva. In caso di contraddizioni le regole della DP2 precedono quanto elencato prima (in caso di contestazioni fa stato la DP2 in linga tedesca).

Queste disposizioni valgono per calcestruzzo a spruzzo secco o bagnato. Valgono pure per calcestruzzi spruzzati forniti dall'impianto di betonaggio e per miscele di calcestruzzi spruzzati secchi.

Le richieste di qualità della malta del calcestruzzo spruzzato per risanamenti sono elencati nel documento DP2 appendice 15 (Prescrizioni di qualità per l'esecuzione di risanamento del calcestruzzo).

3.1. Classi di calcestruzzo spruzzato

Per tutte le opere dell'Ufficio tecnico dei Grigioni si utilizzano le seguenti 5 classi di calcestruzzo spruzzato. In caso di voler utilizzare un calcestruzzo spruzzato con altre qualità, durante la fase di progettazione, l'ufficio Costruzioni ponti (Kunstbauten) dovrà approvare il nuovo prodotto.

Classi di calcestruzzo spruzzato	**SC1**	**SC3**	**SC6**	**SC11**	**SC13**
Basi	Norma SIA 198 Lavori sotterranei			CPN 164 Ancoraggi e pareti chiodate	
Utilizzo	Riempimento di fessure e cavità	Primo strato per provvedimenti di sicurezza	Rivestimento per anello semplice	Sicurezza temporanea	Sicurezza permanente
Per miscela bagnata Classe di consistenza	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5
Classe di resistenza alla compressione	C16/20	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30
Classe d'esposizione (CH)	X0	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF1	XF4
In presenza di solfati0	Irrilevante	XA2 oppure XA3	XA2 oppure XA3	Irrilevante	XA2 oppure XA3
Classe di contenuto in cloruri mass.	Cl 1.0	Cl 0.2	Cl 0.2	Cl 0.2	Cl 0.2
Categoria di sorveglianza addensamento del terreno	Irrilevante	Categoria 3	Categoria 2	Irrilevante	A dipendenza dell'oggetto
D_{max} [mm]	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16
Calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio Classe d'assorbimento energetico	Irrilevante	E800	E800	E800	E800
Sviluppo alla resistenza iniziale, verificato dopo 12 h	Nessuna esigenza	J2	J2	J2	J2
Requisiti in parti d'opera speciali per RAA	Irrilevante	Irrilevante	Irrilevante	Irrilevante	Resistente alla RAA, eccetto per scavi di fondazione

Tabelle delle classi di calcestruzzo spruzzato

4. Requisiti

4.1. Ricette

Per i requisiti minimi richiesti per la composizione granulometrica del calcestruzzo spruzzato, fa stato la norma SN EN 14487-1.

Per ridurre la lisciviazione delle classi d'esposizione XA.., XD1(CH), si deve aggiungere al minimo 15 kg/m3 di polvere di silicato. Il dosaggio della polvere di silicato si riferisce alla miscela umida di 1 m3 di calcestruzzo costipato oppure per miscele secche a 1 m3 d'inerti leggermente umidi.

Se a causa del contenuto di solfati nell'acqua di falda o nel terreno è necessaria la classe d'esposizione XA2 o XA3(CH), bisognerà utilizzare un cemento ad alta resistenza ai solfati (*www.sia.ch ricerca parola chiave "Register"*).

La ricetta autorizzata non può essere cambiata e deve quindi essere mantenuta.

4.2. Requisiti di qualità

I requisiti di qualità del calcestruzzo spruzzato corrispondono alle rispettive norme e sono riassunti nella tabella T1.

4.3. Requisiti dei rapporti

I rapporti delle prove d'idoneità e della sorveglianza della qualità del prodotto durante l'esecuzione devono contenere al minimo le seguenti indicazioni:

- Committente, direzione lavori locale
- Strada, oggetto, parte dell'oggetto, posizione della prova o prova d'idoneità
- Fornitore del calcestruzzo, classe del calcestruzzo spruzzato, ricetta del calcestruzzo con il numero TBA GR
- Data di applicazione del calcestruzzo spruzzato, macchina con la quale è stato spruzzato, nome dell'operatore
- Data della prova, nome della persona che ha eseguito i provini
- Risultato della prova con riferimento alle richieste secondo la tabella T1.

Dal laboratorio, per ogni cantiere, classe e tipo di calcestruzzo, è da allestire continuamente un riassunto in forma tabellare di tutti i risultati con i rispettivi rapporti di controllo. I documenti sono da inviare immediatamente all'UT GR, sezione tecnologia dei materiali, in formato pdf tramite email.

Rapporti corretti devono essere riconoscibili come tali applicando la data di correzione. La correzione deve essere ben visibile.

5. Esame o prova d'idoneità

Durante la prova d'idoneità e prima dell'inizio dei lavori, l'imprenditore dovrà dimostrare che la miscela del calcestruzzo spruzzato ed il modo di applicazione scelto adempiono a tutte le richieste.

L'esame d'idoneità si svolge con delle prove e comprende una prova d'idoneità della ricetta come pure di una prova d'applicazione all'oggetto. La prova d'idoneità della ricetta può essere fatta anticipatamente su una superficie di prova (per esempio su una superficie già eseguita). L'onere della prova è descritto nella tabella T2. La prova d'idoneità all'oggetto è eseguita mediante prove anticipate in sito su delle superfici definite secondo le richieste della tabella T2.

Tutte le prove sono eseguite dall'impresa tramite un laboratorio accreditato.

Il rapporto dell'esame d'idoneità completo è da inviare per l'accettazione all'UTG GR, sezione tecnologia dei materiali in forma cartacea. La prova d'idoneità approvata deve essere disponibile almeno 5 giorni prima dell'inizio effettivo dei lavori.

l'UTG GR, sezione tecnologia dei materiali gestisce una lista di ricette approvate per calcestruzzo spruzzato SC 3, SC6 e SC 13. Attestazioni di ricetta che sono datate di oltre 5 anni, non vengono accettate.

5.1. Esami preliminari

Quanto richiesto dalle prove preliminari per la prova d'idoneità è descritto nella tabella T2.

Di regola il campione di prova ha una superficie di almeno 4 m^2 ed uno spessore di min. 15 cm. Il numero delle superfici di prova è descritto nella tabella T2 mentre la realizzazione delle superfici di prova avviene secondo la norma SN EN 14488-1. I carotaggi possono essere estratti solamente a partire dal terzo giorno.

La norma SN EN 14488-1 fa particolarmente notare come i parametri che saranno applicati per le prove all'oggetto devono corrispondere il più possibile a quanto realmente si farà. Se per motivi di tempo non si fosse in grado di portare a termine tutte le prove, è possibile che la ricetta sarà dichiarata provvisoriamente idonea. Per l'autorizzazione definitiva delle prove d'idoneità per uno specifico manufatto, bisognerà applicare al più presto il calcestruzzo spruzzato ad una superficie di prova in condizioni uguali a quanto si farà per analizzare in opera le qualità del prodotto. Le prove richieste sono descritte nella tabella T2.

La verifica alla RAA si effettua su provini, i quali vengono realizzati secondo SNR 592042.

5.2. Esami preliminari supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio

L'energia d'assorbimento deve essere provata con campioni a superficie quadrata secondo la cifra 10.6 e corrisponde all'incirca ad una piastra armata al centro con una rete K 335.

Il controllo dell'assorbimento dell'energia al manufatto avviene direttamente mediante la quantità di fibre d'acciaio. Questo significa che la quantità di fibre necessarie nel calcestruzzo spruzzato, che è richiesto per raggiungere il valore d'assorbimento energetico alle piastre deve essere raggiunto anche in sito alla parete. Per questo motivo bisogna dimostrare la quantità delle fibre d'acciaio nelle superfici di prova della parete.

Il tipo delle fibre d'acciaio ed il dosaggio sono da indicare.

5.3. Prove supplementari in caso di sostanze chimiche aggressive

È da provare la resistenza ai solfati.

6. Controllo e prova della qualità

Il controllo costante della qualità durante l'esecuzione da parte dell'impresario deve garantire che il calcestruzzo spruzzato sia qualitativamente irreprensibile. L'impresario dichiara e fornisce anticipatamente al committente il piano di controllo con un concetto di come intende sorvegliare durante tutto il cantiere la qualità del calcestruzzo spruzzato.

Le prove richieste per la sorveglianza della qualità sono descritte nella tabella T3. Queste si basano a quanto elencato nella tabella 12 della norma SN EN 14487-1 "Bodenverfestigung".

La dimostrazione dell'adempimento della qualità richiesta si esegue tramite carotaggi prelevati al manufatto. In caso di spessore troppo piccolo del carotaggio è permesso durante i lavori di messa in opera del calcestruzzo spruzzato di fare un campione di prova. Tutti i campioni necessari per un controllo di qualità devono essere fatti dalla stessa fornitura di beton e dalla stessa macchina.

L'impresa incarica un laboratorio accreditato di eseguire le prove richieste. I rapporti sono da inviare immediatamente alla direzione lavori ed all'UTG GR, sezione tecnologia dei materiali per posta elettronica in formato pdf direttamente dal laboratorio incaricato dell'impresa. Rapporti non completi e/o dai risultati insufficienti sono comunque da inviare immediatamente alla direzione lavori ed all'UTG GR, sezione tecnologia dei materiali. Alla cifra 4.3 si deduce quanto è richiesto per l'allestimento del rapporto di prova.

La direzione lavori, può separatamente dal controllo di qualità dell'impresa, eseguire dei controlli di qualità. La remunerazione è regolata dalla norma SIA 118. Art. 137.

In caso che non si dovesse raggiungere la qualità richiesta, il progettista definisce i provvedimenti necessari da adottare.

7. Esecuzione dei lavori con calcestruzzo spruzzato

La superficie dove sarà applicato il calcestruzzo spruzzato va pre-trattata con mezzi adeguati. Particelle dannose e inutili, così come il materiale di rimbalzo, sono eliminate prima dell'applicazione.

Le reti d'armatura sono posate e fissate in modo tale che durante lo spruzzo mantengano la loro posizione, non vibrano ma che possono essere ricoperte completamente di calcestruzzo spruzzato.

L'applicazione del calcestruzzo spruzzato va eseguito a regola d'arte. Possono essere impiegati unicamente operai qualificati con esperienza. Il riempimento completo di spazi vuoti, fessure e crepe così come la spruzzatura impeccabile delle reti d'armatura, deve essere garantito mediante una corretta manipolazione della macchina.

8. Misure e definizione del sovra profilo

Costi (prima cifra 3.2)

Di principio il sovra profilo è remunerato secondo la SIA 118/198 Art. 8.5 in base alla linea limite G. Quindi sarà remunerato il prezzo completo del beton per riempimenti senza centine o lamiere, rispettivamente il prezzo completo del calcestruzzo spruzzato con centine o lamiere.

La remunerazione del sovra profilo rimanente avviene secondo la norma SIA 118/198, Art. 21.2 in base al calcestruzzo e calcestruzzo spruzzato effettivamente utilizzato e messo in opera, tenendo conto della ripartizione del rischio tra committente e impresa. La parte del rischio dell'impresa aumenta secondo la media del sovra profilo. Le quantità effettive rimanenti sono definite in contraddittoria tra committente e impresa in base ai bollettini di fornitura.

Prezzi unitari

Il capitolato d'oneri tiene conto dei volumi teorici come pure di presunti volumi supplementari causati dal sovra profilo, da crepe o da fessure.

Per la riduzione di prezzi si definiscono dei prezzi unitari (A_x) in posizioni separate (273.451 e seguenti) del capitolato appalto. Di regola equivalgono ai prezzi unitari del beton o del beton spruzzato del sovra profilo.

Fattore di riduzione „R"

Il fattore di riduzione „R" per determinare il volume di calcestruzzo effettivamente spruzzato è descritto nella norma SIA 118/198 all'articolo 21.2:

Miscela umida: *„0.8 volte la quantità della miscela fornita"*
R = 0.80 (1.0 m^3 calcestruzzo fresco equivale a 0.8 m^3 in opera)

Miscela secca: *„0.5 volte la quantità della miscela fornita"*
R = 0.50 (1.0 m^3 miscela secca equivale a 0.5 m^3 in opera)

In complemento alla norma SIA 118/198 per il riempimento dietro le centine valgono i seguenti fattori:

Miscela umida: **R = 0.95** (1.0 m^3 calcestruzzo fresco equivale a 0.95 m^3 in opera)

Miscela secca: **R = 0.75** (1.0 m^3 miscela secca equivale a 0.75 m^3 in opera)

Prescrizioni per l'esecuzione di lavori con calcestruzzo spruzzato

Fattore dipendente della classe di scavo "a"

Diversamente da quanto indicato nella norma SIA, per il metodo di calcolo il fattore "a" è utilizzato come cifra percentuale e non come valuta. Questo perché si vuole inserire una cifra nell'elenco delle prestazioni e non una valuta.

Il fattore "a" è definito come segue:
- per classe di scavo I-III a_{CS} = 1.0 %
- per classe di scavo IV-V a_{CS} = 0.8 %

Determinazione per la riduzione del calcestruzzo spruzzato di sovra profilo

1. Calcolo del volume effettivo del calcestruzzo spruzzato $V_{S,eff} = V_{S,LS} \times R$
2. Considerazione di eventuali sovra profili rilevati separatamente $V_{geol.\ ÜP}$
3. Calcolo del sovra profilo (volume) effettivo calcestruzzo spruzzato in opera $V_S = V_{S,eff} - V_{S,theor.} - V_{geol.ÜP,S} - V_{Brust} - V_{Sohle}$
4. Calcolo del sovra profili (volume) di calcestruzzo spruzzato che è stato effettivamente messo in opera $V_B = V_{B,eff} - V_{B,theor.} - V_{geol.ÜP,B}$
5. Calcolo dello spessore medio teorico
   S_S = perimetro teorico esterno di scavo
   S_B = perimetro teorico esterno del rivestimento interno (intradosso)
   $$d_m = \frac{V}{S \times L}$$
   L = lunghezza della stessa classe di scavo
   (In caso di differenze, d_m è calcolato separatamente
   Q è stabilito tramite la somma dei due d_m)
6. Determinazione di a (in base alla classe di scavo) e di R secondo BB2
7. Calcolo della qualità (con posa di centine metalliche $V_B = 0$) $Q_x = V_x \times d_m \times a_{AK}$
8. Il risultato è inserito nelle misure rilevate la riduzione avviene automaticamente tramite il prezzo unitario (A_x) Q_x = misura del calcestruzzo di sovra profilo

Esempio di calcolo per calcestruzzo spruzzato umido in classe di scavo II senza posa di centine metalliche:

Dati	tratta considerata	L	100	m'
	perimetro teorico calcestruzzo spruzzato	S_S	20	m'
	Perimetro teorico anello interno	S_B	18	m'
	spessore teor. calcestruzzo spruzzato	d_S	0.10	m'
	spessore teor. del calcestruzzo	d_B	0.30	m'
	fattore di riduzione	R	0.80	
	sovra profilo già computato ÜP	$V_{geol.ÜP,B}$	20	m^3
	classe di scavo II	a_{AK}	1.0	%
Cubature teoriche	calcestruzzo spruzzato	$V_{S,theor.} = L \times S_S \times d_S$	200	m^3
	calcestruzzo	$V_{B,theor.} = L \times S_B \times d_B$	540	m^3
Cubature effettive	calcestruzzo spruz. sec. bollettini	$V_{S,LS}$	460	m^3
	correzione della cubatura	$V_{S,eff} = V_{S,LS} \times R$	368	m^3
	calcestruzzo	$V_{B,eff}$ =	780	m^3
Calcolo	sovra profilo calcestruzzo spruzzato	$V_S = V_{S,eff} - V_{S,theor.} - V_{geol.ÜP,S} - V_{Brust} - V_{Sohle}$	168	m^3
	sovra profilo calcestruzzo	$V_B = V_{B,eff} - V_{B,theor.} - V_{geol.ÜP,B}$	220	m^3
	spessore medio calc. spruzzato	$d_{mS} = \frac{V_S}{S_S \times L}$	8	cm'
	spessore medio calcestruzzo	$d_{mB} = \frac{V_B}{S_B \times L}$	12	cm'
	spessore medio totale	$d_m = d_{mS} + d_{mB}$	20	cm'
Quantità totale computata (riduzione sul calcestruzzo di sovra profilo)		$Q_S = V_S \times d_m \times a_{AK}$	**34.0**(m^4)	
		$Q_B = V_B \times d_m \times a_{AK}$	**44.0**(m^4)	

(Le cubature sono arrotondate al m^3 mentre lo spessore medio d_m al cm. Il risultato finale è arrotondato ad una cifra dopo la virgola)

9. Regolamentazione per il sovra profilo (pareti chiodate / assicurazione di scavi)

La regolamentazione per la remunerazione sono definite nel CPN 164. Le perdite causate dal rimbalzo come pure il sovra profilo tecnico sono da calcolare nei prezzi unitari. Consumo maggiore causato dalla messa in opera non adeguata è a carico dell'impresa. Il sovra profilo geologico e il consumo maggiore di beton spruzzato, causato da quest'ultimo, sono calcolati in volume compatto (fattori riduttivi "R" per beton spruzzato umido o secco si rimanda al cap. 8).

Nel capitolato d'appalto è definito lo spessore minimo da applicare e il probabile volume supplementare per colmare le cavità causate la sovra profilo geologico.

Le prestazioni vengono misurate come segue:

- Messa in opera del calcestruzzo spruzzato: superficie (m^2) (spessore secondo piano)
- Sovraprofilo geologico: volume (m^3) (misura compatta in opera)

10. Procedimento delle prove

10.1. Qualità del calcestruzzo fresco a miscela umida

Le prove avvengono secondo la norma SN EN 14488-1.

Determinazione delle seguenti qualità del calcestruzzo fresco alla miscela di base:

- Contenuto d'acqua del calcestruzzo fresco secondo norma SIA 262/1, appendice H.
  Indicazione del valore w/z- o w/z_{eq}
  Bisogna tenere conto dell'acqua contenuta nell'additivo accelerante)
- Spandimento SN EN 12350-5
- Massa volumica del calcestruzzo fresco secondo norma SN EN 12350-6
- Quantità dei pori d'aria nel calcestruzzo fresco secondo la norma SN EN 12350-7
- Temperatura dell'aria e del suolo

10.2. Classe di resistenza precoce

Resistenza alla compressione di calcestruzzo spruzzato giovane (Prova secondo la norma SN EN 14488-2, procedure A e B)

Valutazione della resistenza alla compressione secondo la profondità di penetrazione e forza di estrazione di un bullone.

Indicazione della resistenza precoce in Mpa. La classe di resistenza iniziale deve essere sempre rispettata.

10.3. Classe di resistenza

(Prova secondo la norma SN EN 12504-1, valutazione secondo la norma SN EN 13791)

Vale il confronto tra il risultato della resistenza alla compressione con la resistenza alla compressione del cubo (1:1 BK)

La resistenza alla compressione deve essere definita dopo 7 e 28 giorni.

La dimostrazione della classe di resistenza dopo 28 giorni avviene secondo la norma SN EN 13791 cifra 9.2, Tabella 8 per un volume limitato come area di prova con 3 punti di misurazione (3 risultati $f_{c,is}$).
Per quanto riguarda il numero di provini per punto di misura, si applica la cifra NA.7.2. Nell'area di prova limitata, il numero minimo di fori (provini) è per il calcestruzzo proiettato con una granulometria massima ≤ 16 mm:

- 3 carotaggi Ø = h e Ø ≥ 75 mm

oppure

- 9 carotaggi Ø = h e Ø < 75 mm

Si presume la conformità della resistenza alla compressione nella limitata area di prova esaminata, se è soddisfatto il seguente criterio:

Criterio : $f_{c,is,\text{valore più basso},1:1\ BK} \geq 0.85\ (f_{ck,spec,1:1\ BK} - M)$ M = 4 per la classe ≥ C20/25

Es: C25/30: $f_{c,is,\text{valore più basso},1:1\ BK} \geq 0.85\ (30 - 4)$ MPa = 22 MPa

$f_{c,is}$ Risultato della prova di resistenza alla compressione del calcestruzzo strutturale in un punto di misurazione ($f_{c,is}$ è in ogni caso: il risultato di un provino con Ø = h e Ø ≥ 75 mm oppure la media di 3 provini con Ø = h e Ø < 75 mm

$f_{ck,spec}$ Resistenza alla compressione caratteristica minima della classe di resistenza alla compressione specificata

10.4. Classe d'esposizione XF3 e XF4(CH), resistenza al gelo

(Prove secondo VSS SN 640 464)

La dimostrazione della resistenza al gelo avviene tramite prove cicliche di gelo e disgelo secondo BE II F. Il fattore WF-L è la misura quale dimostrazione della resistenza al gelo. La prova inizia 28 giorni dopo la confezione del calcestruzzo e dura ulteriori 28 giorni.

Di regola la prova ed i risultati sono valevoli anche per le richieste di qualità del calcestruzzo spruzzato della classe SC13 della classe d'esposizione XFA(CH). Se in casi particolari è richiesta la prova alla resistenza al gelo ed ai sali, si eseguirà sul calcestruzzo spruzzato la prova ciclica BE II FT. La misura quale dimostrazione della resistenza al gelo ed ai sali è il fattore WF-L.

Se il prodotto è resistente al gelo e ai sali, secondo quanto esposto prima, è considerato pure resistente al gelo.

10.5. Classe d'esposizione XA1, XD1(CH), impermeabilità all'acqua

(Prova secondo SN EN 12390-8)

Prova che dimostra la penetrazione dell'acqua in pressione durante un periodo definito su di un provino di calcestruzzo spruzzato. La prova dura 28 giorni.

Il valore considerato per definire la resistenza alla penetrazione dell'acqua è la media di tre campioni $Ø \geq 150$ mm ai quali è stata misurata in mm la profondità dell'acqua che è penetrata nel calcestruzzo.

10.6. Prove supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio

Assorbimento energetico (secondo la norma SN EN 14488-5)

L'assorbimento energetico del calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio deve essere provata su lastre di grandezza 60 x 60 x 10 cm^3. La confezione delle lastre di prova avviene secondo la norma SN EN 14488-1.

Sarà indicata l'energia assorbita E in J per flettere la lastra al centro di 25 mm. Come valore E sarà considerato la media delle diverse lastre sottoposte a flessione.

Per ogni lastra bisogna definire la quantità di fibre d'acciaio secondo la cifra 9.7.

Il rapporto è stipulato secondo le indicazioni della norma SN EN 14488-5.

Quantità di fibre d'acciaio (secondo la norma SN EN 14488-7)

La prova della quantità di fibre nel calcestruzzo indurito si fa secondo il procedimento A. Per una veloce determinazione della quantità di fibre presenti in un calcestruzzo spruzzato in parete, è consentito eseguire la prova secondo il procedimento B.

Per il controllo corretto del dosaggio e per la determinazione del materiale di rimbalzo, la quantità delle fibre d'acciaio deve essere determinata alla fornitura presso l'autobetoniera.

Indicare la quantità di fibre d'acciaio in kg/m^3 e il tipo (prodotto).

10.7. Prove supplementari in caso di prodotti chimici aggressivi XA2 o XA3(CH)

Resistenza ai solfati (prova secondo appendice D, norma SIA 262/1).

Prova di dilatazione causata dai solfati su sei carote di Ø 28 mm e lunghezza 150 mm dopo la conservazione in una soluzione a contenuto di solfati e un'asciugatura ciclica. La prova inizia 28 giorni dopo il getto del calcestruzzo e dura 12 settimane.

Come misura della resistenza ai solfati vale la dilatazione media causata dai solfati Δl_s in ‰ durante la conservazione supplementare

10.8. Prove supplementari per calcestruzzo resistente alla RAA

Verifica del comportamento alla RAA

Le verifiche alla RAA hanno un periodo di validità di 5 anni nel caso sia accertato, che sono soddisfatti i criteri per la trasferibilità dei risultati di una prova "Beton-Performance" secondo la tabella T2 delle istruzioni tecniche del SNR 592042.

La verifica alla RAA comprende per ogni singolo prodotto una prova "Beton-Performance secondo SNR 592042 da effettuare da parte di un laboratorio accreditato.

Per aggregati, i quali in seguito ad una prova "microbar" secondo SNR 592042 sono considerati non reattivi agli alcali, è possibile rinunciare alla prova "Beton-Performance". La prova deve essere effettuata da un laboratorio accreditato. L'identificazione degli aggregati utilizzati deve essere documentata da informazioni sul produttore e sulla provenienza degli aggregati.

Nel caso siano utilizzati per più prodotti aggregati con la stessa provenienza e composizione, è sufficiente una prova "Beton-Performance" per ogni fornitore, a condizione che questa venga effettuata sulla ricetta con il più alto potenziale di reattività per RAA. La scelta della ricetta con il più alto potenziale di reattività deve essere esaustivamente argomentata e documentata (contenuto di cemento clinker, parte dei granuli frantumati, composizione, eventuale valore di reattività degli aggregati mediante prova microbar). In caso di incertezza deve essere effettuata la prova "Beton-Performance" su più ricette.

Per aggregati provenienti da luoghi di estrazione differenti è necessario presentare le verifiche per ogni luogo di estrazione. Le prove "Beton-Performance" devono essere estese all'intera gamma di rapporti di miscela utilizzati.

Nel caso di considerevoli variazioni della ricetta o di modifica dei parametri iniziali delle sostanze la verifica alla RAA deve essere ripetuta.

Si riservano cambiamenti delle norme e/o disposizioni dell'Ufficio tecnico dei Grigioni.

Tabella T1, richieste di qualità

Classi di calcestruzzo spruzzato SC	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Applicazione	Primo strato dei provvedimenti di sicurezza	Rivestimenti per anello semplice	Sicurezza permanente
Consistenza [ ] cifra 10.1	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5
Valore w/z [ ] cifra. 10.1	0.50	0.50	0.50
Resistenza alla compressione cifra 10.3 criterio medio ** [MPa] criterio del valore più basso [MPa]	C25/30 ≥ 32 ≥ 22	C30/37 ≥ 37 ≥ 28	C25/30 ≥ 32 ≥ 22
Classe d'esposizione (CH)	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF4*
XA1, XD1(CH) cifra 10.5 Resistenza alla penetrazione d'acqua [mm]	≤ 50	≤ 50	Nessuna richiesta
XC3(CH)	Nessuna richiesta	Nessuna richiesta	Nessuna richiesta
XF3, XF4(CH) cifra 10.4 Fattore resistente WF-L [%]	Nessuna richiesta	≥ 50	≥ 50 *
Classe di contenuti in cloruri, mass. cifra. 4.1	Cl 0.2	Cl 0.2	Cl 0.2
Resistenza precoce iniziale dopo 12 ore [MPa] cifra 10.2	Min. classe J2 ≥ 3	Min. classe J2 ≥ 3	Min. classe J2 ≥ 3
Prove supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio			
Assorbimento energetico [J] cifra 10.6	≥ 800	≥ 800	≥ 800
Quantità di fibre d'acciaio [kg/m³] cifra 10.7	Per la garanzia dell'assorbimento energetico		
Quantità di fibre d'acciaio alla parete [kg/m³] cifra 10.7	Definizione in base all'assorbimento energetico alle lastre di prova		
Prove supplementari per le classi d'esposizione XA2 e XA3(CH) in presenza di solfati			
Penetrazione dell'acqua [mm] cifra 10.5	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Dilatazione causata dai solfati Δℓs [‰] cifra 10.8	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
Prove supplementari per calcestruzzo resistente alla RAA			
Resistente alla RRA cifra 10.9 - prova "Performance-Beton" oppure - prova microbar			Valutazione secondo SNR 592042 - resistente alla RAA oppure - aggregati non reattivi

* di regola WF-L. In casi particolari e specifici dell'oggetto può essere richiesto il fattore resistente WFT-L.

**Questo criterio si applica solo alle prove d'idoneità (verifica di ricette/oggetti) in conformità all'Allegato A.5 della direttiva. SN EN 206 con una resistenza preliminare specificata di 6 MPa.

La classe SC1 non richiede una prova d'idoneità Per la classe SC11 bisogna solamente controllare la resistenza alla compressione dopo 28 giorni ma senza la prova al gelo ed eventualmente l'assorbimento energetico della ricetta prima dell'impiego. Per questo motivo le due classi non sono elencate nelle tabelle da T1 a T3.

Tabelle T2 Prove preliminari per gli esami d'idoneità per la ricetta e per l'idoneità su superfici campioni in situ

Classi di calcestruzzo spruzzato SC	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Campo d'applicazione	Primo strato nei provvedimenti della messa insicurezza	Rivestimento per anello semplice	Assicurazione permanente
Classe di consistenza cifra 10.1	1 prova	1 prova	1 prova
Acqua/cemento w/z cifra 10.1	1 prova	1 prova	1 prova
Classe di resistenza cifra 10.3	1 prova dopo 7 e 28 giorni	1 prova dopo 7 e 28 giorni	1 prova dopo 7 e 28 giorni
Classe d'esposizione (CH)	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF4
XA1, XD1(CH) cifra 10.5 Penetrazione dell'acqua	1 prova	1 prova	
XF3, XF4(CH) cifra. 10.4 Fattore resistente WF-L	1 dimostrazione	1 dimostrazione	1 dimostrazione
Classe di cloro cifra 4.1	1 prova	1 prova	1 prova
Classe di resistenza precoce cifra 10.2	1 prova	1 prova	1 prova
Prove supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio			
Assorbimento energetico cifra 10.6, prova con 3 piastre	1 prova	1 prova	1 prova
Dosaggio fibre cifra 10.7	1 prova	1 prova	1 prova
Dosaggio fibre in parete cifra 10.7	1 prova	1 prova	1 prova
Prove supplementari per le classi d'esposizione XA2 e XA3(CH) in presenza di solfati			
Penetrazione d'acqua cifra 10.5	1 prova	1 prova	1 prova
Dilatazione causata dai solfati $\Delta\ell$ [‰] cifra 10.8	1 prova	1 prova	1 prova

Tabelle T3, Insieme del controllo della qualità durante l'esecuzione

Classi di calcestruzzo spruzzato SC	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Campi d'applicazione	Primo strato nei provvedimenti della messa insicurezza	Rivestimento per anello semplice	Assicurazione permanente
Classe di consistenza cifra 10.1	1 / 250 m3	1 / 500 m3	A dipendenza dell'oggetto
Acqua/cemento w/z cifra 10.1	1 / 250 m^3	1 / 500 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Classe di resistenza precoce cifra 10.2	1 / 250 m^3	-	A dipendenza dell'oggetto
Classe di resistenza cifra 10.3	1 / 250 m^3	1 / 500 m^3	A dipendenza dell'oggetto
XF3, XF4(CH) cifra 10.4 fattore resistente WF-L	-	1 / 500 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Prove supplementari per calcestruzzo spruzzato con fibre d'acciaio			
Assorbimento energetico cifra 10.6	2 lastre / 250 m^3	2 lastre / 500 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Dosaggio fibre cifra 10.7	1 / 125 m^3	1 / 250 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Dosaggio fibre in parete cifra 10.7	1 / 125 m^3	1 / 250 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Prove supplementari per le classi d'esposizione XA2 e XA3(CH) in presenza di solfati			
Penetrazione d'acqua cifra 10.5	1 / 250 m^3	1 / 250 m^3	A dipendenza dell'oggetto
Dilatazione causata dai solfati $\Delta\ell$ [‰] cifra 10.8	1 / 250 m^3	1 / 250 m^3	A dipendenza dell'oggetto

m^3 corrisponde alla cubatura di calcestruzzo spruzzato in sito senza rimbalzo.
A dipendenza dell'oggetto: di regola almeno 1 prova per oggetto.
La cifra indicata nella tabella T3 vale per i primi 2'500 m^3.

Per ulteriori quantità di calcestruzzo tra i 2'500 e 10'000 m^3 il numero può essere dimezzato.

Per le quantità di calcestruzzo superiori ai 10'000 m^3 il numero può essere ulteriormente dimezzato.