

Speedy Book

NUOVA EDIZIONE

CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER AMBIENTI AGGRESSIVI

Aggiornato
(UNI 11104:2016)
con le zone soggette
a Gelo/disgelo



**GRAS
CALCE**

■ Il calcestruzzo non è eterno

Tra gli anni '50 e '70 si è utilizzato molto calcestruzzo di scarsa qualità. Questo fatto, unito al peggioramento delle condizioni ambientali (piogge acide, inquinanti, sali disgelanti, ecc.), ha portato a forti e diffusi fenomeni di degrado, ad interventi di manutenzione sempre più frequenti, a costi di ripristino sempre più elevati e spesso insostenibili. Da questi problemi, economici e di degrado, è nata l'esigenza di capire come si poteva progettare e realizzare calcestruzzi durevoli: nel 1990 è uscita la prima norma europea sul tema (la ENV 206), e nel 2005 la DURABILITÀ è diventata un requisito prescritto dalle norme Italiane.

Ci si è resi conto che il calcestruzzo degrada, non è eterno, e quindi SERVE UN CALCESTRUZZO MIGLIORE!

Oggi siamo di fronte a due tipi di problemi:

- recuperare le strutture esistenti degradate per riportarle "IN SICUREZZA" (senza demolirle e ricostruirle);
- costruire il nuovo con materiali DUREVOLI che minimizzino il successivo degrado delle strutture.

Tutto questo è possibile utilizzando calcestruzzi moderni ad ALTA DURABILITÀ

■ Un buon calcestruzzo richiede manutenzione ?

Un buon calcestruzzo, da solo, non fa miracoli e bisogna essere consapevoli di alcune verità:

1. Il degrado è inevitabile;
2. È necessario eseguire periodici interventi di "manutenzione Ordinaria";
3. La progettazione e i CALCESTRUZZI DUREVOLI RIDUCONO LE FUTURE MANUTENZIONI ⁽¹⁾.

■ DEGRADO e DURABILITÀ nella Legge Italiana

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni (DM 14/01/2008) utilizzano questi concetti ⁽²⁾:

- **DEGRADO del Cemento Armato:** è la lenta perdita nel tempo delle prestazioni iniziali, dovuta ad ambienti aggressivi naturali (gelo-disgelo, mare, ecc.) o artificiali (industriali, agricoli).
- **DURABILITÀ di una struttura:** è la capacità di mantenere le sue prestazioni (resistenza, stabilità e funzionalità, come ad es. la capacità portante e una ridotta deformabilità), ai livelli di sicurezza previsti per legge, per tutta la vita prevista ("vita utile di progetto") con soli interventi di manutenzione Ordinaria (non straordinaria).
- **VITA UTILE (o NOMINALE, o di PROGETTO) di una struttura:** è il periodo di tempo nel quale deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta a manutenzione Ordinaria. La norma stabilisce tempi diversi in funzione del tipo di opera:

Tipi di costruzione	VITA NOMINALE
Edifici Agricoli Abitazioni, Uffici, Industrie non pericolose Cinema, Teatri, Industrie pericolose	≥ 50 anni
Costruzioni Pubbliche o Strategiche	≥ 100 anni

Quando una struttura degrada troppo velocemente (cioè dura poco o richiede interventi di manutenzione "Straordinari" o troppo frequenti) significa che qualcosa non ha funzionato nel processo edilizio, quindi ...

Chi e che cosa fa in modo che una struttura sia durevole ?

⁽¹⁾ Sulla durabilità della struttura influiscono il microclima ed i dettagli di progetto e di esecuzione. Infatti, anche quando la progettazione è perfetta e la messa in opera accurata, è sempre possibile che in alcuni punti della costruzione, durante il suo uso reale, il microclima sia più aggressivo e la struttura non proprio perfetta. Il degrado, quindi, dipende anche dalla compatibilità fra "microclima locale" e "qualità locale" del calcestruzzo in opera (in altri termini: dai dettagli di progetto e di esecuzione). Queste indicazioni sono tratte dalle "Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale" del STC – Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL PP, paragrafo 7 (edizione 1996).

⁽²⁾ È una sintesi dei punti 2.1, 2.4, 2.5.4 e 11.2.11 del DM 14/01/2008 (NTC). Concetti simili sono contenuti anche in UNI 11417-1:2012.

■ FASI, FIGURE e ASPETTI della DURABILITÀ

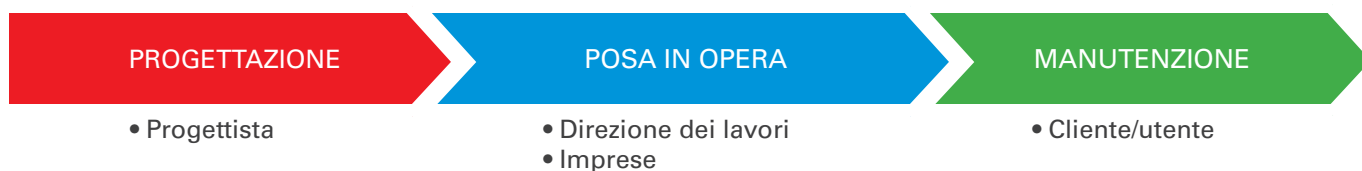
Secondo le NTC ⁽³⁾ la durabilità:

- si ottiene in 3 FASI: Progettazione, Posa, Manutenzione;
- coinvolge 4 FIGURE: Progettista, Direzione Lavori, Impresa, Cliente/Utente;
- dipende da 5 ASPETTI: Destinazione e Ambiente, Materiali e Protezioni, Dettagli, Posa, Manutenzione.

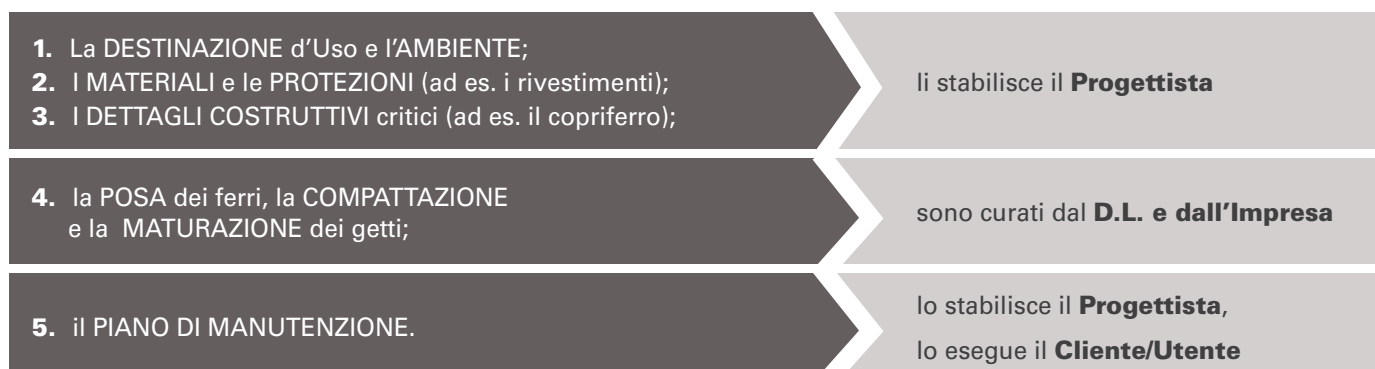
Vediamole più in dettaglio.

FASI E FIGURE - La Durabilità si garantisce prevenendo il Degrado, e si ottiene in 3 fasi:

1. in PROGETTAZIONE (*analisi dell'ambiente, scelta dei materiali e delle protezioni, dimensioni maggiorate della struttura per compensare il degrado, disegno dei particolari costruttivi*);
2. durante la REALIZZAZIONE (*controllo di: copriferro, messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo*). Coinvolge il Direttore dei Lavori e l'Impresa;
3. in ESERCIZIO, durante la VITA UTILE della costruzione (*interventi programmati di manutenzione Ordinaria*). Dipende dal Cliente e/o dall'Utente dell'opera.



ASPETTI da cui dipende la Durabilità:



La DURABILITÀ coinvolge 4 figure:



La DURABILITÀ dipende da 5 aspetti:



⁽³⁾ È una sintesi dei punti 2.1, 2.5.4 e 11.2.11 del DM 14/01/2008 (NTC). Questi concetti sono ripresi anche da UNI 11417-1:2012.

■ Da cosa dipende il DEGRADO del CEMENTO ARMATO?

Si stima⁽⁴⁾ che il degrado delle strutture in Cemento Armato (C.A.) dipenda:

- per il 45% dei casi dal calcestruzzo;
- per il 25% dalla messa in opera;
- per il 25% dalla progettazione e dal controllo dei lavori;
- solo per il 5% da cause ambientali non prevedibili.

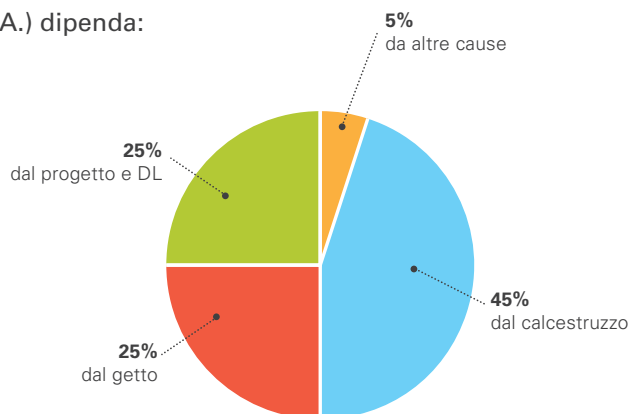
Gli errori più comuni che portano al degrado sono:

- per il calcestruzzo: *dosaggi di cemento bassi, rapporti acqua/cemento elevati, mix-design non corretti*;
- per la messa in opera: *insufficiente compattazione e protezione in fase di maturazione [curing]*;
- per la Progettazione e Direzione Lavori: *copriferro e classe di esposizione ambientale non corretti*.

Osservando questi dati si deduce che ...

il 95 % dei casi di degrado si possono prevenire (in progettazione, con i materiali, con la DL e la posa) e che...

Quasi la metà dei problemi si risolvono usando CALCESTRUZZI DUREVOLI!



■ PREVENIRE O CURARE IL DEGRADO del CEMENTO ARMATO?

Finora abbiamo visto che il degrado:

1. è un fenomeno inevitabile;
2. si analizza valutando l'esposizione ambientale della struttura;
3. si PREVIENE con un progetto e una messa in opera adeguati;
4. si RALLENTA con periodici interventi di **manutenzione ordinaria**;
5. si CURA con saltuari interventi di **manutenzione straordinaria**.

Intervenire bisogna, perché tutti sappiamo che una struttura, lasciata a sé stessa senza manutenzione, pian piano degrada fino ad essere inservibile.

Ma quanto costa intervenire? Conviene "prevenire" o "curare"? E come?

Vale sempre questa legge empirica:

"Regola del 5" ("The rule of Five")
1 € di "Manutenzione Ordinaria"
fa risparmiare almeno 5 € di "Straordinaria"

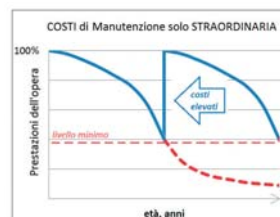
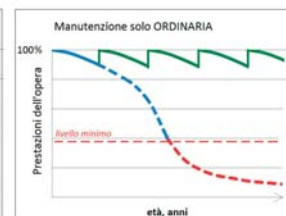
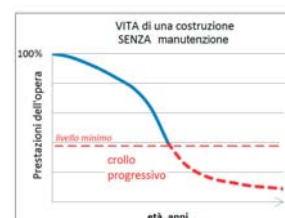
Il concetto è questo: aspettando ad intervenire, il degrado aumenta sia come estensione che come gravità, e si finisce per spendere in "Straordinaria" molto di più che se si fossero fatti modesti e frequenti interventi di "Ordinaria".

Inoltre le "Analisi del Costo nel Ciclo di Vita delle strutture" (LCCA, Life Cycle Cost Analysis) mostrano che:

- Un calcestruzzo durevole costa circa il 10-20% in più ...
- ... ma il costo dell'opera aumenta solo dell'1% circa⁽⁵⁾ ...
- ... e il costo complessivo nel tempo si riduce di molto perché aumenta la VITA UTILE e calano i costi di manutenzione.

Insomma, LA PRIMA E PIÙ IMPORTANTE PREVENZIONE È IL CALCESTRUZZO perché ...

Utilizzando CALCESTRUZZI DUREVOLI si risparmia molto di più nel tempo!



⁽⁴⁾ Rielaborazione di una ricerca di W.C. Olazabel e L. Traversa (FIP Notes 70, 1977); vedi anche Tesi di Dottorato di E. Traettino (Univ. Napoli, 2005).

⁽⁵⁾ Le analisi del prof. L. Coppola (Univ. di Bergamo) indicano un extra-costo per la durabilità di +0,4% per il residenziale e +2,0% per le opere idrauliche. Vedi: http://www.unibg.it/dati/corsi/20057/33201-L22_Durabilit%C3%A00_mecanismiTrasporto.pdf

■ Come si riconosce un CALCESTRUZZO DUREVOLE

Il fattore chiave di un calcestruzzo DUREVOLE è la POROSITÀ (O PERMEABILITÀ): Il degrado (qualunque sia la causa scatenante) è tanto maggiore quanto più il calcestruzzo è poroso, perché è attraverso i “pori capillari” ⁽⁶⁾ che le sostanze aggressive (acqua, cloruri e CO₂) penetrano nella struttura e la degradano.

Un calcestruzzo DUREVOLE, quindi, deve avere una RIDOTTA PERMEABILITÀ ⁽⁷⁾, ma poiché questo parametro è difficile da misurare, lo si stima con i seguenti, dai quali dipende:

1. RAPPORTO “a/c” (acqua/cemento): al diminuire del rapporto “a/c” (dell’impasto del calcestruzzo) diminuisce il volume dei pori capillari.

✓ Il calcestruzzo deve avere un **BASSO RAPPORTO “a/c”**

2. RESISTENZA a COMPRESSIONE: al diminuire del rapporto a/c aumenta la resistenza a compressione del calcestruzzo, che diventa un indicatore sufficientemente affidabile della durabilità di un calcestruzzo.

✓ Il calcestruzzo deve avere una **ELEVATA RESISTENZA a COMPRESSIONE**

3. COMPATTAZIONE del GETTO: deve essere molto accurata per ridurre la presenza di vuoti causati spesso da una distribuzione non omogenea del calcestruzzo nelle casseforme ⁽⁸⁾.

✓ Il calcestruzzo dev’essere **BEN COMPATTATO**

4. STAGIONATURA “PROTETTA” del GETTO: Se in fase di stagionatura si permette all’acqua, che non ha ancora reagito, di evaporare, nello strato superficiale del calcestruzzo aumentano i pori capillari e la permeabilità, proprio nella “pelle” che ha il compito di rallentare la penetrazione degli agenti esterni.

✓ Il calcestruzzo dev’essere **STAGIONATO IN MODO “PROTETTO”**

Altri parametri importanti di un calcestruzzo durevole che qui non tratteremo sono:

- **Contenuto minimo di cemento** (kg/m³): è richiesto dalle norme di riferimento (UNI EN 206:2014 e UNI 11104:2004), ma questa indicazione, obbligatoria per legge (visto che le suddette norme sono richiamate dal DM 14/01/2008), è criticata e messa seriamente in discussione da molti autori ⁽⁹⁾.
- **Diametro massimo dell’aggregato (Dmax):** le tabelle delle norme di riferimento (UNI EN 206:2014 e UNI 11104:2004) sono “idonee” per aggregati con Dmax compreso fra 20 e 32 mm, ma questo non esclude la possibilità di realizzare calcestruzzi durevoli con aggregati più piccoli. È un parametro che dipende, in ogni caso, dal copriferro e dall’interferro (vedi NTC e Circolare).
- **Aggregati non gelivi:** sono prescritti dalle norme per la resistenza al GELO / DISGELO:
- **% di vuoti “non capillari”:** è prescritta dalle norme per la resistenza al GELO DISGELO [Per UNI 11104:2004 vigente in Italia: dal 3 al 7%, mentre UNI EN 206:2014 fissa solo un min. del 4% (nella 206-1:2006 il max era 8%)].
- **Cementi resistenti ai solfati:** sono prescritti dalle norme per gli ATTACCHI CHIMICI.

⁽⁶⁾ Pori capillari: (dimensione da 0.01µm a 1µm, in media = 0.1 µm) attraverso loro l’acqua, i cloruri e la CO₂ entrano nel calcestruzzo.

⁽⁷⁾ A livello normativo non ci sono ancora chiare indicazioni sul metodo più idoneo per misurare la permeabilità e sul valore di riferimento per un calcestruzzo praticamente impermeabile. La EN 206 rimanda a valori e metodi da accordare fra le parti, le NTC rimandano alla EN 12390-8:2002 senza dare valori di riferimento, Le Linee Guida del Ministero si riferiscono a metodi non più utilizzati o imprecisati. Recentemente, per i cantieri di BRE-BE-MI, sono state fatte misure della Permeabilità con vari metodi da diversi laboratori, ottenendo però valori eccessivamente variabili (vedi “Resistenza alla penetrazione di acqua nel calcestruzzo - Aspetti normativi” di Prof. V.A.Rossetti, Ing. A.Ferraro, Ing. P.Mazzoli, IN CONCRETO, marzo 2014). Per questi motivi anziché misurare la permeabilità ci si accontenta del rapporto “a/c” e della resistenza a Compressione del calcestruzzo.

⁽⁸⁾ È prevista da EN 206:2014 (introduzione), è suggerita dalle “Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale” del STC – Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL PP, paragrafo 7 (edizione 1996) e da Collepardi (vedi “Durabilità delle strutture in c.a. e c.a.p. secondo le normative italiana ed europea”, IN CONCRETO nr.119, maggio 2014) che raccomanda un grado di compattazione non inferiore a 0,97 per consentire, già alle prime stagionature senza attendere 28 giorni, di accertare se la resistenza caratteristica della struttura (Rckstrutt) è almeno pari all’85% della Rck dei provini.

⁽⁹⁾ ad es. da Collepardi e altri. Vedi due articoli su ENCO JOURNAL nr 54, 2011 (su: <http://www.enco-journal.com/journal/ej54/giornale.htm>), oppure “Durabilità delle strutture in c.a. e c.a.p. secondo le normative italiana ed europea”, IN CONCRETO nr.119, maggio 2014.

■ COME SI MANIFESTA IL DEGRADO?

Concetti chiave:

- Il degrado è provocato dai gas e dalle sostanze aggressive** che, disciolte nell'acqua, penetrano nel calcestruzzo attraverso i pori capillari e agiscono in vari modi.
- Il degrado è sempre innescato dall'ACQUA** o dalle variazioni di UMIDITÀ.
Indipendentemente dalle cause che li hanno prodotti, gli AMMALORAMENTI si manifestano con:
 - **macchie in superficie:** di ruggine;
 - **copriferro:** espulso;
 - **armature:** portate in luce e corrose;
 - **disgregazione del calcestruzzo:** superficiale o profonda;
 - **fessure.**

■ Le AZIONI AGGRESSIVE e le CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

Tralasciamo il degrado provocato:

- dall'uomo (carichi, sovraccarichi, vibrazioni, urti, incendi, ...);
- dalla natura (vento, sisma, salti termici, ...);
- dai difetti strutturali.

Ci occupiamo invece del degrado provocato dall'Azione Aggressiva dell'AMBIENTE.

Le norme di riferimento (EN 206 e UNI 11104) DISTINGUONO 5 tipi di **AZIONI AGGRESSIVE**:

- la **CARBONATAZIONE** del calcestruzzo, dovuta alla CO₂ (anidride carbonica) dell'aria;
- la corrosione dei ferri dovuta ai **CLORURI NON di mare** (nelle piscine, nei sali disgelanti, ...);
- la corrosione dei ferri dovuta ai **CLORURI presenti nell'acqua di mare** (o nei venti dal mare);
- il **GELO-DISGELO** che disgrega il calcestruzzo;
- gli **ATTACCHI CHIMICI** dovuti ai solfati presenti nei terreni e ad altre sostanze.

In tutti i casi si arriva, o prima o dopo, alla corrosione dei ferri d'armatura.

Le norme classificano queste Azioni Aggressive in **CLASSI (e sottoclassi) di ESPOSIZIONE AMBIENTALE**.

Ogni classe è identificata dalla lettera X ("eXposition") seguita da un'altra lettera caratteristica dell'Azione e da un numero che ne definisce l'intensità (più alto è il numero e più l'effetto è dannoso).

Classe di esposizione		Azione aggressiva	Esempi di strutture
X0	---	Nessun rischio di corrosione	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa
XC 1, 2, 3, 4	Sul FERRO	Carbonatazione („Carbonation“)	Fondazioni, superfici esposte alla pioggia ...
XD 1, 2, 3		Cloruri NON di mare („Deicing salt“)	Pavimenti esterni, piscine, ponti ...
XS 1, 2, 3		Cloruri da acqua di mare („Seawater“)	Superfici esposte a venti dal mare, bagnasciuga
XF 1, 2, 3, 4	Sul CLS	Gelo - Disgelo („Frost“)	Superfici trattate con sali disgelanti ...
XA 1, 2, 3		Attacco chimico („Chemical Attack“)	Terreni e acque industriali inquinate da aggressivi

La scelta della CLASSE DI ESPOSIZIONE di ogni calcestruzzo della costruzione (le fondazioni, le parti esterne, quelle interne) è la prima cosa che deve fare il Progettista, prima di qualsiasi calcolo strutturale

Le norme definiscono, per ogni CLASSE, le caratteristiche che il calcestruzzo deve avere: resistenza min.a compressione, contenuto min. di cemento, rapporto max acqua/cemento (ed altro).

Scelta la classe di ogni struttura, il progettista dispone delle caratteristiche del calcestruzzo da usare e può calcolare la struttura.

■ Classe XC

La Corrosione causata dai CARBONATI (CARBONATAZIONE)

L' **Anidride Carbonica** dell'aria (CO_2) penetra nel CLS e, in presenza di **Umidità** (H_2O) reagisce con la **Calce** presente sempre (in piccola quantità) nel Cemento, formando del carbonato di calcio (CaCO_3 , da cui il nome). Il pH dell'acqua sempre presente nei pori passa da valori > 9 , ambiente alcalino, a < 6 , **ambiente acido**. La carbonatazione procede verso l'interno rendendo l'ambiente sempre più acido e ostile per i **ferri** che, nel tempo, per effetto dell'**Ossigeno** dell'aria (O_2), **arrugginiscono**. La ruggine aumenta di volume (di 5 volte!) e spinge fortemente verso l'esterno provocando l'**espulsione del copriferro** di CLS (effetto "spalling"), la messa a nudo dei ferri e l'accelerazione del degrado. Il processo è più veloce se il CLS è poroso (alto rapporto acqua/cemento).



Pilastro in C.A. esposto alla pioggia

■ Classe XD e XS

La Corrosione causata da CLORURI

I cloruri (presenti nei **Sali Disgelanti**, nell'**Acqua di Mare**, nelle **Acque Clorate delle piscine**) penetrano nel CLS e attaccano direttamente i ferri rimuovendone il film protettivo ("passivante"). In seguito l'**Umidità** (H_2O) e l'**Ossigeno** (O_2) dell'aria fanno **arrugginire i ferri**. Il fenomeno è maggiore per i CLS permeabili (porosi) e si sviluppa solo in presenza di aria (O_2) e umidità (H_2O). Non interessa quindi le strutture totalmente immerse in acqua di mare, ma è massimo nelle zone di bagnasciuga.



Muro di un pontile al mare (zona di bagnasciuga)

■ Classe XA

ATTACCO CHIMICO

L'aggressione chimica del calcestruzzo avviene solo in presenza di umidità (H_2O). I **SOLFATI** sciolti in acqua (nei **terreni**, nelle **acque** e nei **processi industriali**) hanno un **effetto dilatante e disgregante**. Reagiscono col Cemento formando **Gesso** (CaSO_4) e altri composti che aumentano di volume provocano **rigonfiamenti, fessurazioni e distacchi**. **ACIDI**, **GRASSI** ED **OLI VEGETALI** E **ANIMALI** hanno un **effetto solvente**: sciolgono i composti del Cemento e causano una progressiva e lenta **abrasione superficiale del CLS**. Sono più resistenti al fenomeno i CLS impermeabili con un basso rapporto acqua/cemento.



Muro in C.A. di un allevamento di animali

■ Classe XF

GELO E DISGELO

Il CLS viene danneggiato dall'**alternarsi di gelo/disgelo**: l'acqua sempre presente nei pori si trasforma in **ghiaccio**, aumenta di volume (circa + 9%), spinge fortemente verso l'esterno e provoca **distacchi superficiali del CLS**. Gli eventuali **Sali Disgelanti**, per sciogliere la neve tolgono calore al CLS abbassandone bruscamente la temperatura («shock termico»). Ciò fa nascere forti tensioni interne che portano a **distacchi superficiali del CLS**. I CLS più densi (poco porosi) sono più resistenti a questo fenomeno.



Muro in C.A. soggetto a gelo/disgelo

Attaccano direttamente il ferro!

Attaccano il calcestruzzo e mettono a nudo il ferro!

■ COME SCEGLIERE LA CLASSE DI ESPOSIZIONE GIUSTA?

Oggi esistono ben 3 documenti ufficiali che riportano una tabella con i dettagli delle classi di esposizione ambientale (UNI EN 206:2014, UNI 11104:2016 e le Linee guida sul calcestruzzo strutturale del 1996), con lievi differenze fra una e l'altra. Riportiamo nel seguito a titolo indicativo un estratto semplificato di queste tabelle alle quali si rimanda per una loro corretta applicazione.

Queste tabelle sono sufficienti per individuare le classi XC, XD, XS e XA. Per la classe XF invece è necessario valutare anche i parametri climatici, come abbiamo indicato al punto seguente.

Classe di esposiz.	Descrizione dell'ambiente	Esempio (CLS = calcestruzzo)	Rck min
XC	1 Asciutto o permanentemente bagnato.	CLS in interni con umidità relativa bassa. CLS sempre immerso in acqua.	Rck 30
	2 Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi. Fondazioni in terreni non aggressivi. CLS prevalentemente immerso in acqua non aggressiva.	Rck 30
	3 Umidità moderata.	CLS in esterni, riparato dalla pioggia. CLS in interni con umidità da moderata ad alta.	Rck 37
	4 Ciclicamente asciutto e bagnato.	CLS in esterni, con alternanze di asciutto ed umido. CLS a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese in XC2.	Rck 40
XD	1 Umidità moderata.	CLS delle parti di ponti e viadotti esposte a spruzzi d'acqua con cloruri.	Rck 37
	2 Bagnato, raramente asciutto.	CLS in strutture totalmente immersi in acqua con cloruri (Piscine).	Rck 40
	3 Ciclicamente bagnato e asciutto.	CLS di strutture soggetti a disgelanti o spruzzi con disgelanti. CLS con una superficie immersa in acqua con cloruri e l'altra all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	Rck 45
XS	1 Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	CLS di strutture sulle coste o in prossimità.	Rck 40
	2 Permanentemente sommerso in acqua di mare.	CLS di strutture marine completamente immerso in acqua.	Rck 45
	3 Zone esposte agli spruzzi o alla marea.	CLS di strutture esposte alla battigia o agli spruzzi ed onde del mare.	Rck 45
XF	1 Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali (muri, pilastri) esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua (ma non soggette alla completa saturazione).	Rck 40
	2 Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Parti di ponti esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	Rck 30
	3 Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali dove l'acqua può accumularsi, con possibile gelo. Elementi con frequenti bagnature ed esposte al gelo.	Rck 30
	4 Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali (strade, pavimentazioni) esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto. Elementi esposti al gelo e frequenti bagnature con disgelanti o acqua di mare.	Rck 37
XA	1 Ambiente chimicamente debolmente aggressivo (vedi prosp. 2 di UNI EN 206)	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	Rck 37
	2 Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo (vedi prosp. 2 di UNI EN 206)	Strutture o pareti a contatto con terreni aggressivi.	Rck 40
	3 Ambiente chimicamente fortemente aggressivo (vedi prosp. 2 di UNI EN 206)	Strutture o pareti a contatto con acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami di allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	Rck 45

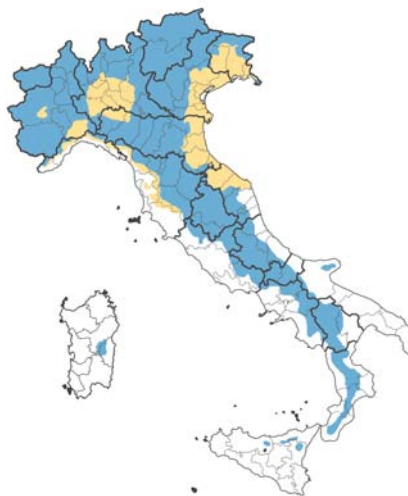
DOVE E' OPPORTUNO PRESCRIVERE LA CLASSE XF ?

I fattori che influiscono sulla scelta della classe XF sono diversi :

- tipo di opera (*muri, solai, strutture orizzontali, verticali, soggette a Sali disgelanti...*) (vedi tabella UNI 11104 e UNI 206);
- microclima da esposizione (*ad es. strutture esposte a Sud e/o a correnti di aria molto fredda*) raffreddare molto velocemente accelerando il degrado del calcestruzzo ⁽⁵⁾.
- microclima geografico (*l'area geografica nella quale si trova la località*) e cioè:
 - **UMIDITÀ DELL'ARIA:** in un clima molto umido i pori del CLS possono superare il "livello critico di saturazione"
 - **SEVERITÀ DEL CICLO giornaliero di GELO/DISGELO:** i cicli termici 0°C/-5°C li possiamo considerare "Deboli" (praticamente non creano danni), mentre i cicli 0°C/-10°C ("Sensibili") e 0°C/-15°C ("Pesanti") fanno degradare rapidamente il calcestruzzo ⁽¹⁾
 - **NUMERO DI CICLI di GELO/DISGELO (G/D):** il nr. di cicli di G/D incide sulla vita della struttura in calcestruzzo in modo "Non rilevante" se sono inferiori a 20 gg/anno (cioè fino al 5% della sua vita), "Significativo" se fra 20 e 60 gg/anno (cioè fino al 15% della sua vita) o "Forte" se sono più di 60 gg/anno (cioè interessano più del 15% della sua vita). ⁽²⁾

La norma UNI 11104:2016 contiene una tabella indicativa del territorio italiano, che indica il livello di rischio di degrado del CLS (dovuto al gelo/disgelo) stimato in base ai precedenti parametri climatici :

A puro titolo indicativo riportiamo questa nostra elaborazione di dati (tratti da UNI 11104:2016 e altre fonti):

Aree Geografiche	Temp. minima	nr. di giorni/anno con T < 0°C (indice dei cicli di gelo/disgelo)	Rischio di danni da gelo/disgelo	Indicazioni progettuali	Nostra elaborazione cartografica dei dati precedenti (indicativa, non riportata in normativa)	
Alpi e Prealpi	-15°C	160-180 gg/anno (50% della sua vita)	Elevato	valutare l'opportunità di prescrivere : XF3 al posto di XF1, HF4 al posto di XF2		
Pianura Padana, Appennino	-9°C	60-80 gg/anno (20% della sua vita)				
Centro Padana, Alto Adriatico	-9°C	40-60 gg/anno (15% della sua vita)	Medio			
Alto Tirreno (zone interne)	-9°C	20-40 gg/anno (10% della sua vita)				
Alto Tirreno (costa), Versante Ligure (costa), Medio Tirreno	-5°C	0-20 gg/anno (5% della sua vita)	Nullo			
Medio e Basso Adriatico	-4°C					
Basso Tirreno, Jonio, Sicilia	-1°C					
Sardegna	-3°C					

⁽¹⁾ A ogni ciclo si aprono nuovi pori, più grandi, dove l'acqua gela più facilmente. Il degrado avviene per "fatica" del CLS.

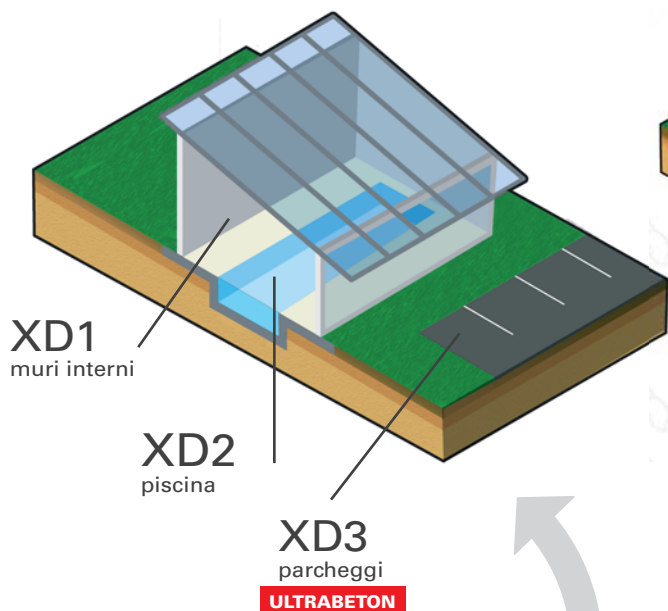
⁽²⁾ Se la velocità è elevata, l'acqua non ancora congelata non fa in tempo a migrare negli spazi liberi del poro.

Esempi "REALI" di UTILIZZO dei CALCESTRUZZI GRAS CALCE

PISCINA

in zona soggetta a GELO-DISGELO

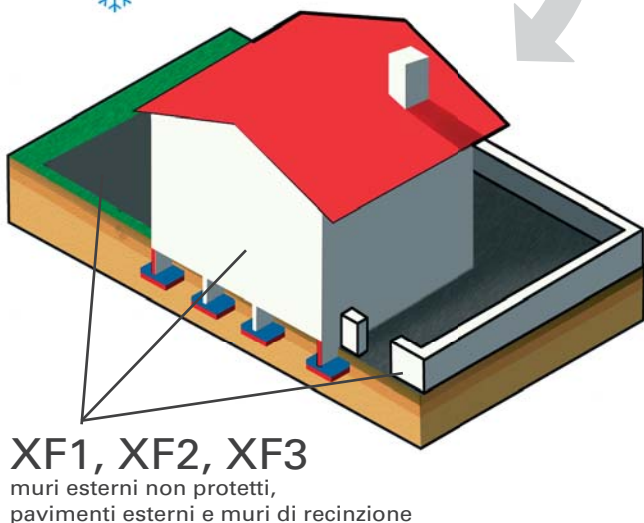
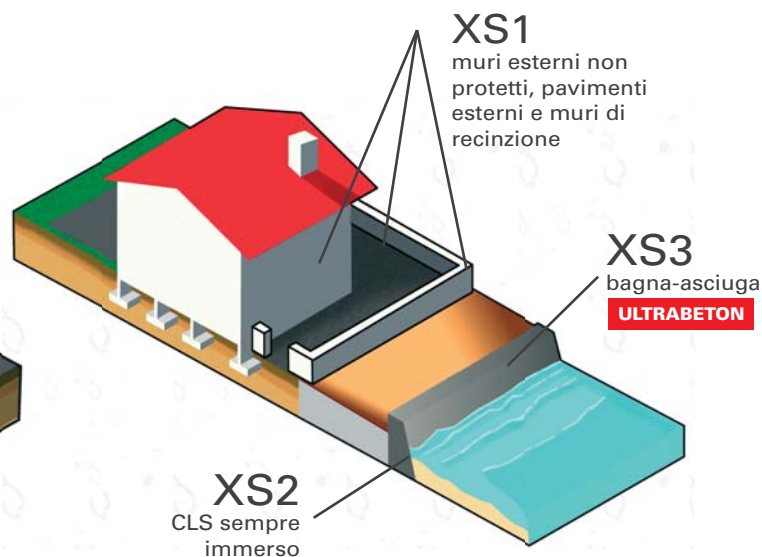
Lontano dal mare, all'esterno, bisogna prevedere il GELO-DISGELO (classe XF) ma con l'aria carica di CLORURI e il possibile uso di Sali Disgelanti probabilmente è più gravosa la classe XD (de-icing = disgelanti)



ABITAZIONE

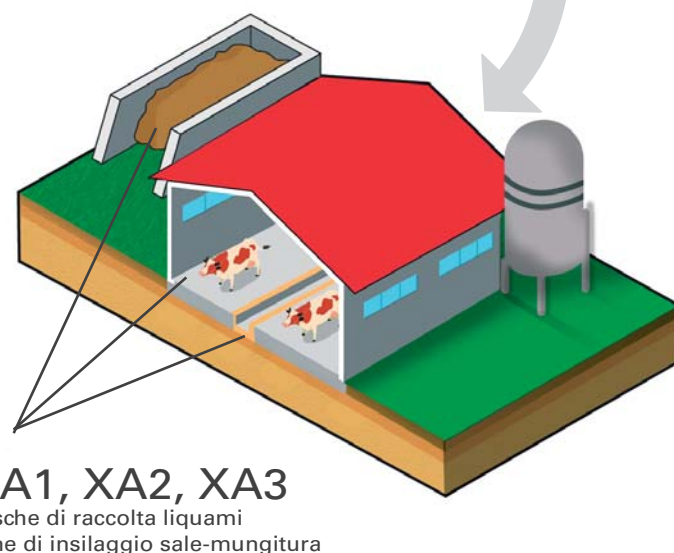
vicina al MARE (senza GELO-DISGELO)

Al mare, senza gelo, si sostituisce la classe XF (frost = gelo) con la classe XS (salt = sale, cloruri)



CALCESTRUZZO 40 COMPAT ULTRABETON

ULTRABETON



ABITAZIONE

in zona soggetta a GELO-DISGELO

All'esterno bisogna prevedere gli attacchi di GELO-DISGELO (classe XF)

Edifici AGRICOLI e ZOOTECNICI

Vanno considerate anche le classi XF (frost = gelo), ma probabilmente è più gravosa la XA (chemical attack)

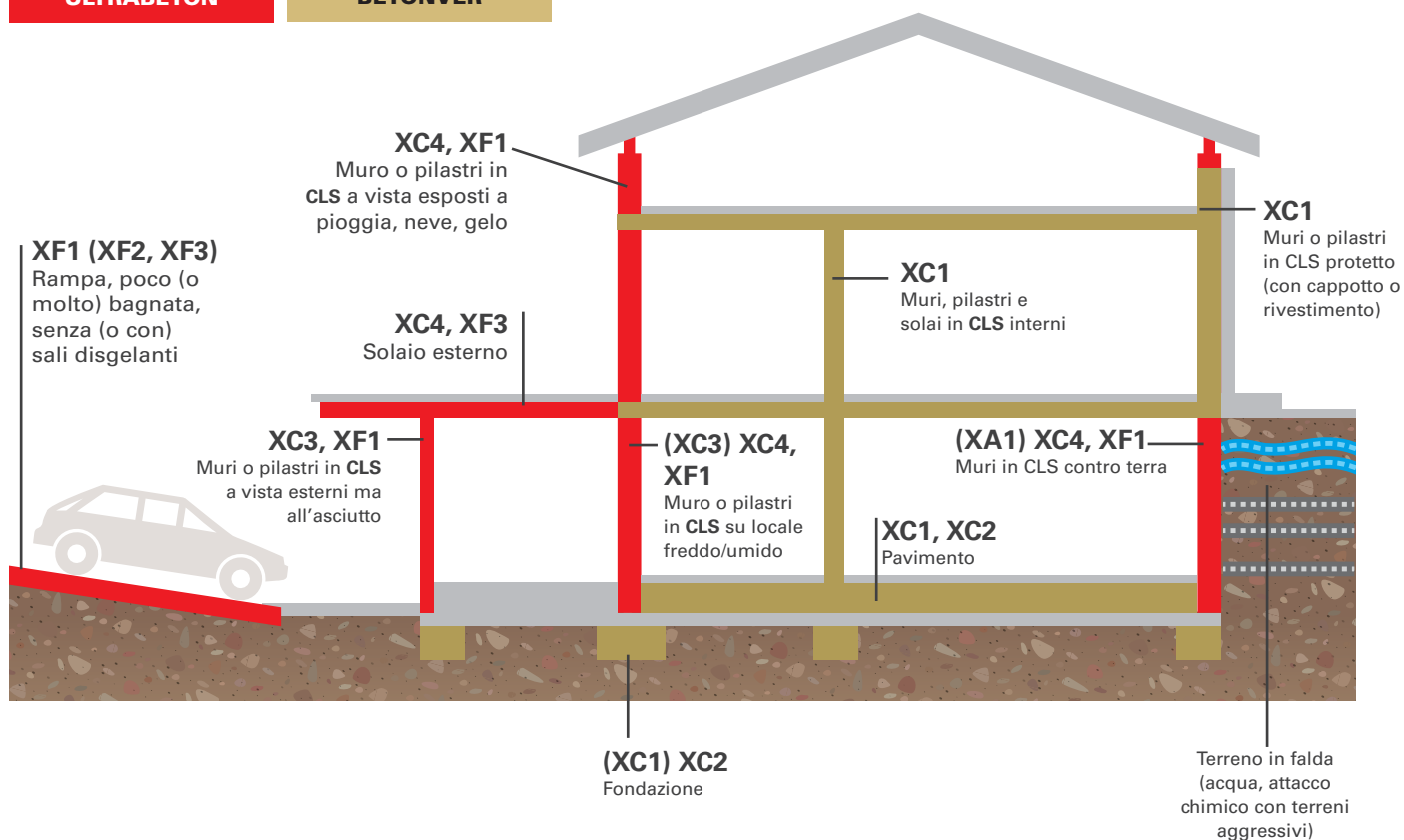
Esempi "REALI" di UTILIZZO dei CALCESTRUZZI GRAS CALCE

EDIFICIO CIVILE

lontano dal mare e da piscine

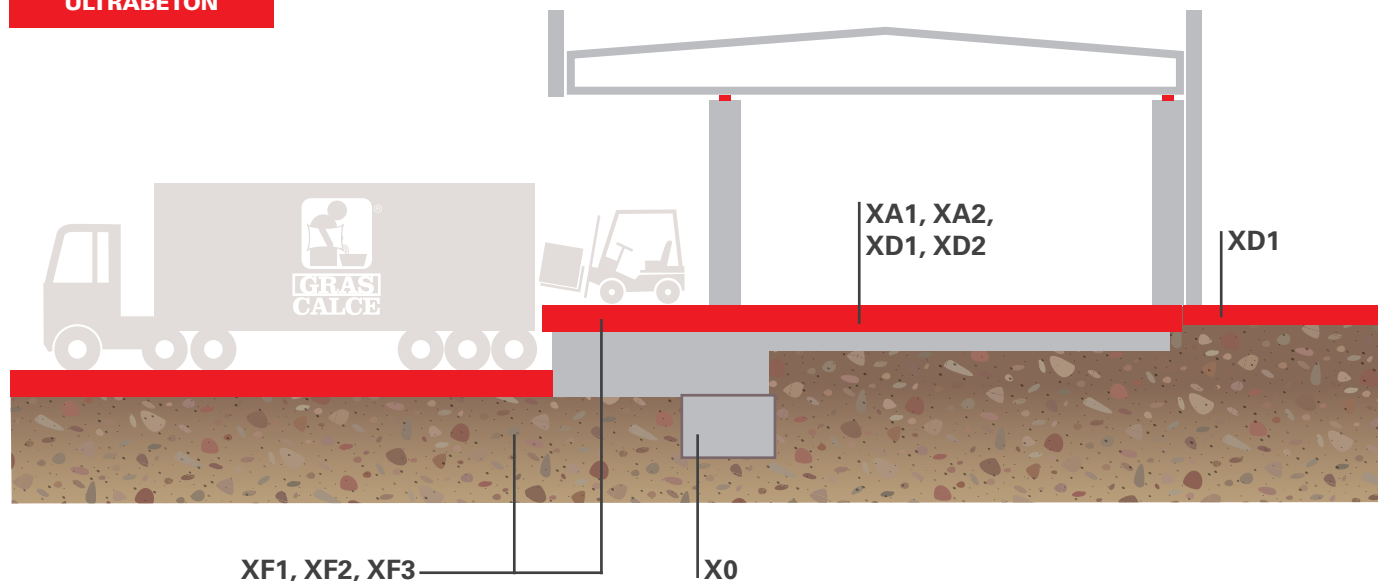
**CALCESTRUZZO 40
COMPAT
ULTRABETON**

**CALCESTRUZZO F.
BETONPIÙ
BETONVER**



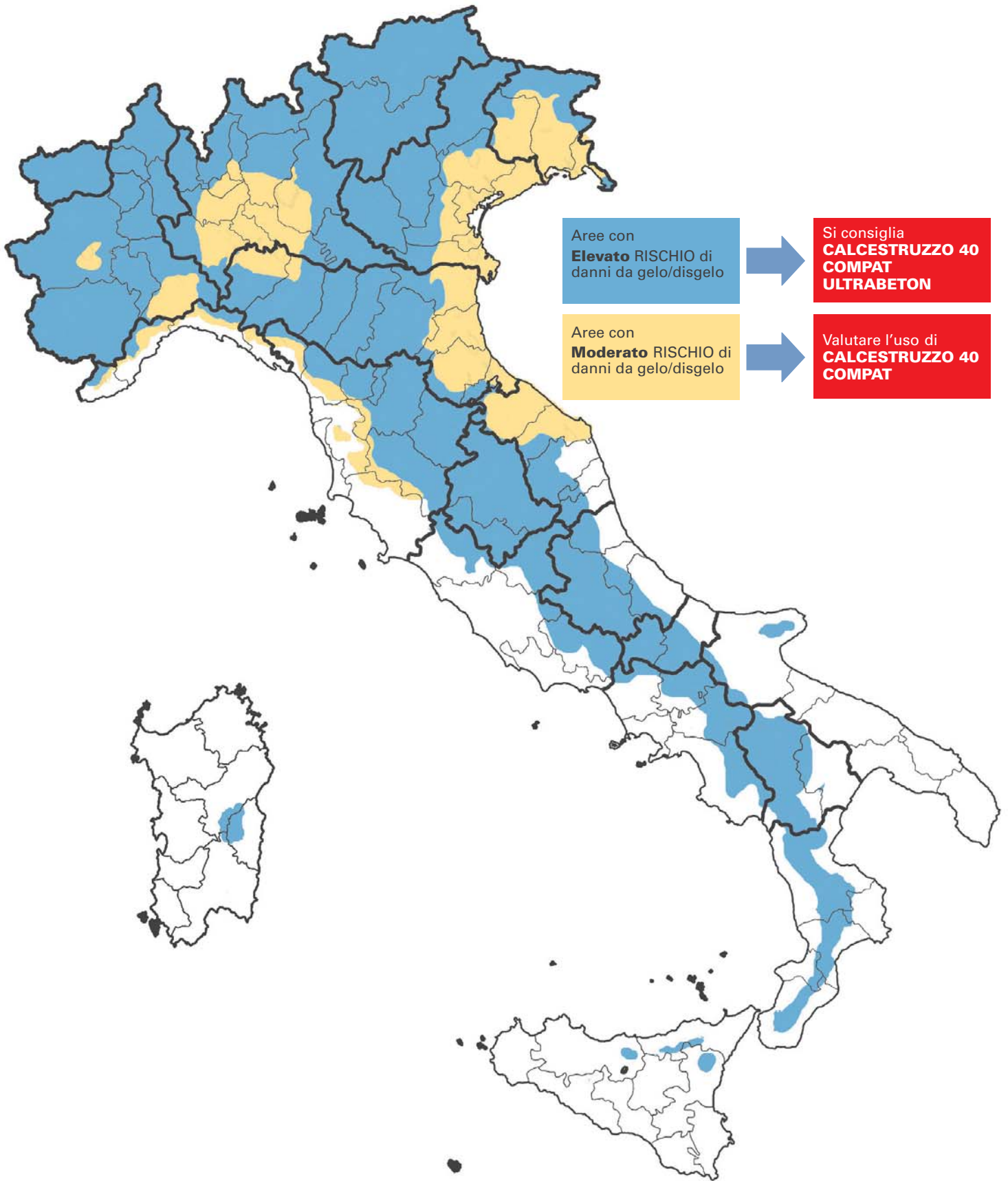
EDIFICIO INDUSTRIALE

**CALCESTRUZZO 40
COMPAT
ULTRABETON**



CALCESTRUZZI PER AMBIENTI AGGRESSIVI

Nostra elaborazione cartografica dei dati riportati nella UNI 11104:2016 (indicativa) per visualizzare più facilmente le zone dove il rischio di danni da gelo/disgelo è "Elevato" o "Medio".



■ I calcestruzzi GRAS CALCE e le CLASSI DI ESPOSIZIONE

BETONVER	CALCESTRUZZO FIBRATO BETONPIÙ	CALCESTRUZZO 40 COMPAT	ULTRABETON
			

X0	-	●	●	●	●
	1	●	●	●	●
	2	-	●	●	●
	3	-	-	●	●
XC	4	-	-	●	●
	1	-	-	●	●
	2	-	-	-	●
	3	-	-	-	●
XS	1	-	-	●	●
	2	-	-	-	●
	3	-	-	-	●
XD	1	-	-	●	●
	2	-	-	●	●
	3	-	-	-	●
XF	1	-	-	●	●
	2	-	-	●	●
	3	-	-	●	●
	4	-	-	-	●
XA	1	-	-	● solo con EN 206:2014	●
	2	-	-	-	●
	3	-	-	-	●

■ SUGGERIMENTI per la SCELTA della CLASSE DI ESPOSIZIONE

NOTA IMPORTANTE. il progettista rimane l'unico responsabile della progettazione e della scelta della "Classe di Esposizione" da applicare ad ogni struttura.

INTERRATI

- **Fondazioni, muri contro-terra:** classe XC2 (salvo anche XA dovuta al terreno).
- **Parcheggi sotterranei, Piscine:** classi XF e/o XD.

NOTA. Trascurare la presenza di **Guaine e altri Impermeabilizzanti** (è sufficiente una parziale rottura per far penetrare l'acqua di falda nella struttura).

STRUTTURE INTERNE

- **Abitazioni:** classe XC1 o XC2.
- **Industrie che producono sostanze aggressive** (ad es.: chimiche, conciarie, ecc.): valutare XD e XA.

STRUTTURE ESTERNE

- **Coperte, non esposte direttamente all'acqua (muri e solai):** classe XC3.
- **Coperte ma in zone inquinate (aree urbane e industriali, vicino a strade con traffico elevato o a industrie che usano sostanze aggressive per il calcestruzzo: concerie, lavorazione della carta, centrali termoelettriche, raffinerie, ecc):** classi XC4 e valutare XA.
- **Scoperte, esposte all'acqua (balconi, porticati, plinti, parapetti...):** classe XC4.

NOTA. Evitare il ristagno e il percolamento dell'acqua (pendenze, gronde, scossaline, canalette, ecc.).

ALTRE STRUTTURE

- **Strutture vicine al mare (< 1 km):** valutare la classe XS2. Se non gela mai escludere XD e XF.
- **Strutture lontane dal mare (> 1 km):** escludere XS.
- **Classe X0:** in Italia non si applica al C.A. (l'umidità media dell'ambiente non è mai "molto asciutta").
- **Strutture a cavallo fra interno ed esterno (ad es. solaio e balcone, muro o pilastro perimetrale, muro interno che prosegue all'esterno):** se vanno realizzati nello stesso momento assegnare la classe di esposizione più gravosa.

NOTA. Trascurare la presenza di Intonaci e Pitture (sono materiali molto porosi, prolungano la vita del "faccia a vista" ma non proteggono la struttura).

■ CONSIGLI PRATICI PER IL CANTIERE

- **Casseri di legno:** devono essere saturi.
- **Casseri metallici:** non devono essere bollenti.
- **Getto del calcestruzzo:** non oltre i 50-70 cm di altezza.
- **Vibrazione:** accurata.
- **Stagionatura:**
 - Coprire con teli di plastica o umidi.
 - Nebulizzare acqua sulla superficie.
 - Applicare prodotti stagionanti che formano pellicole di protezione.

■ Effetti di alcune sostanze sul Cemento Armato

SOSTANZE		SOLVENTE DEL CALCESTRUZZO	DILATANTE DEL CALCESTRUZZO	CORROSIVO DEI FERRI
Acidi	Acido solforico e nitrico	● ●	–	●
	Acido cloridrico (o muriatico)	● ●	–	●
	Acidi organici (acido acetico, lattico, butirrico)	●	–	●
	Acido carbonico (solvente del calcare)	●	–	●
Oli e Grassi	Naturali (animali e vegetali)	●	–	–
	Minerali sintetici	–	–	–
Sali e Solfati	Sali di ammonio e di magnesio	●	–	●
	Solfati disciolti	–	● ●	●
Acqua	Piovana, distillata, demineralizzata	●	–	●
	Dolce, a basso contenuto di calcare	●	–	●
	Con cloruri disciolti (piscine, ..)	–	–	● ●
	Acida (pH < 6,5)	●	–	●

AVVERTENZE

Modalità d'uso e di impasto dei CALCESTRUZZI GRAS CALCE S.r.l.

INFLUENZA DELLE MODALITÀ D'USO SULLE PRESTAZIONI

GRAS CALCE S.r.l. verifica periodicamente in laboratorio, secondo le normative vigenti le caratteristiche e le prestazioni dei prodotti realizzati e la corrispondenza degli stessi con i valori riportati nelle specifiche schede tecniche.

Ogni prodotto è in grado di fornire in opera le prestazioni previste solo se viene conservato preventivamente, preparato e utilizzato in modo corretto e adeguato, rispettando tutte le indicazioni e le avvertenze tecniche specificate.

Ogni scostamento dalle suddette indicazioni (dosaggio dell'acqua, tempo di mescolazione, temperatura e umidità ambientali di cantiere, tempo di messa in opera, ecc.) può alterare in modo significativo le caratteristiche e le prestazioni del prodotto. Per tali

ragioni è di fondamentale importanza che l'Impresa e la direzione Lavori effettuino in cantiere delle prove preliminari per validare il prodotto al fine di parametrarlo con le diverse esigenze e condizioni applicative.

INFLUENZA DELLE MODALITÀ DI DOSAGGIO DELL'ACQUA SULLE PRESTAZIONI

Per definire il corretto apporto di acqua al prodotto, dovendo rispettare la fluidità indicata sulle schede tecniche specifiche, testare ripetutamente durante l'impiego la consistenza dell'impasto ottenuto (misura dello SLUMP), impastando inizialmente col quantitativo minimo di acqua. In ogni caso non aggiungere acqua oltre il massimo previsto dalle nostre indicazioni.



**GRAS
CALCE**

Gras Calce Srl
Via Achille Grandi, 5
20056 Trezzo sull'Adda (MI)
Tel. +39 0290964141
info@grascalce.it
www.grascalce.it

