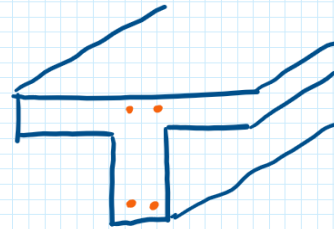


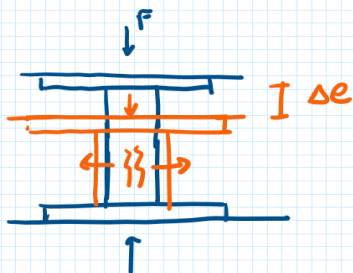
SOLAI



CLS < COMPRESSIONE  
PROTEZIONE ②  
DELLE ARMATURE

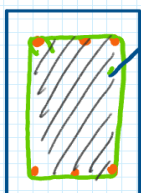
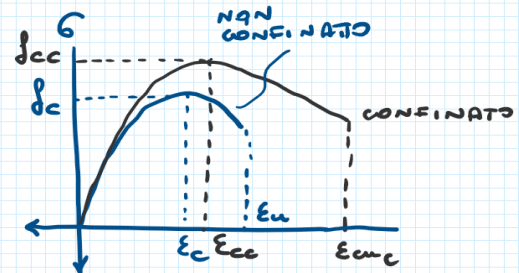
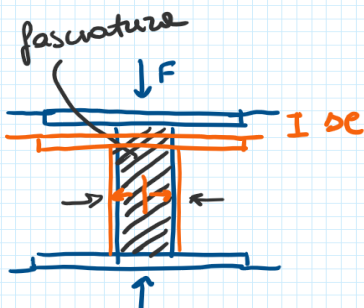
ACCIAIO < TRAZIONE  
CONFINAMENTO ①  
DEL CLS

### ① CONFINAMENTO DEL CLS



$$F \rightarrow \sigma$$

$$\Delta \epsilon \rightarrow \epsilon$$



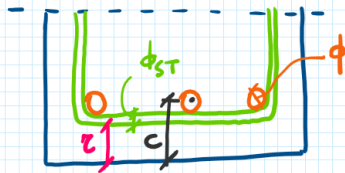
NUCLEO DI CLS → CONFINAMENTO  
DA STAFFE

## ② PROTEZIONE DELLE ARMATURE

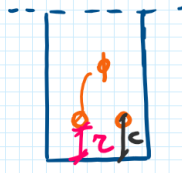


1)  ⇒ RIDUZIONE DELLA SEZ. DELLA BARRA

2) AUMENTO DI VOL. SPECIFICO  
↓  
TENSIONI INTERNE  
↓  
ESPULSIONE DEL COPRI FERRO



ricoprimento  $r$



copri ferro  $c = r + \phi_{ST} + \frac{\phi}{2}$

## DEGRADO

CORROSIONE DELLE ARMATURE

- CARBONATAZIONE
- IONI CLORURO

DANNI AL CLS

- ATTACCO CHIMICO
- GEL/DISGEL

PROTEZIONE DEL CLS:

IDROSSIDO DI Ca  $\rightarrow \text{pH} > 11$

IN AMBIENTE MOLTO BASICO  $\rightarrow \text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}_2$

↓  
PELLICOLA PROTETTIVA DELLE ARMATURE

## CARBONATAZIONE



↓  
 $\text{pH} \leq 11 \rightarrow$  PELLICOLA PROTETTIVA VIENE PERDUTA

SPESORE DI CLS CARBONATATO  $s = K \sqrt{t}$

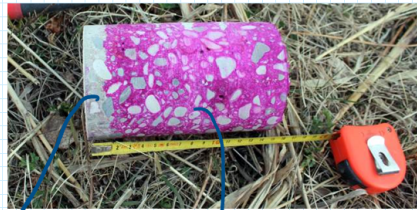
Ricoprimento (mm)	a/c	K (mm/anni <sup>0.5</sup> )	Tempo di carb. (anni)
20	0.60	10.1	3.9
40	0.60	10.1	15.7
20	0.50	7.0	8.2
40	0.50	7.0	32.7
20	0.40	3.8	27.7
40	0.40	3.8	110.8

$$k = f\left(\frac{a}{c}\right)$$

POSSIBILI SOLUZIONI  $\rightarrow \frac{a}{c}$  basso = CLS BUONA QUALITÀ

e più spesso

STRATO DI CLS CARBONATATO  $\rightarrow$  MISURATO DA PROVA DI CARBONATAZIONE CON SOLUZIONE A BASE DI FENOLFTALEINA



CARBONATATO

NON CARBONATATO

## IONI CLORURO

IONE CLORURO NEL CLS  $\rightarrow$  DISTRUZIONE DELLA PELLICOLA PROTETTIVA DELLE ARMATURE

PER LIMITARLO  $\rightarrow \frac{a}{c}$  BASSO = CLS DI BUONA QUALITÀ

## ATTACCO CHIMICO



+ Al Ca IDRATI

"

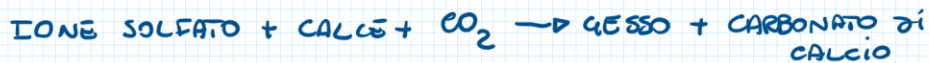
ETTRINGITE

vol specifico maggiore



tensioni interne  
nel cls

Se  $T \leq 10^\circ\text{C}$  ; U.R.  $\geq 95\%$  :



+ Si Ca IDRATI

"

THAUMASITE

↓ vol specifico maggiore  $\Rightarrow$  tensioni interne al cls

- avviene a discapito dei Si Ca idrati  $\Rightarrow$  riduzione della resistenza del cls

PER LIMITARE  $\rightarrow \frac{a}{c}$  BASSO = cls di buona qualità

## GELO / DISGELO

PROVOCA:

- 1) SGRETOLAMENTO PROGRESSIVO DEL CLS  $\rightarrow$  RIDUZIONE DELLA SEZ TRASP. DI CLS
- 2) ESPORRE LE ARM. ALL'AMBIENTE ESTERNO

PER LIMITARE  $\rightarrow \frac{q}{c}$  BASSO = CLS DI BUONA QUALITÀ

$\rightarrow$  ADDITIVI AERANTI

NORMATIVA: UNI - EN - 206

Classe di esposizione	Ambiente	Tipo di struttura	Sottoclassi
<b>XO</b>	Nessun rischio di corrosione (interni di edifici con UR molto bassa)	Non armata e armata	1
<b>XC</b>	Corrosione delle armature promossa dalla carbonatazione	Armata	4
<b>XD</b>	Corrosione delle armature promossa dai cloruri esclusi quelli presenti in acqua di mare	Armata	3
<b>XS</b>	Corrosione delle armature promossa dai cloruri dell'acqua di mare	Armata	3
<b>XF</b>	Degrado del calcestruzzo per cicli di gelo-disgelo	Non armata e armata	4
<b>XA</b>	Attacco chimico del calcestruzzo (incluso quello promosso dall'acqua di mare)	Non armata e armata	3

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>XC1</b>	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa immerse in acqua
<b>XC2</b>	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
<b>XC3</b>	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta
<b>XC4</b>	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precom. in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>XD1</b>	Moderatamente umido	Strutture raramente a diretto contatto superficiale di spruzzi di acqua (pavimenti esposti a spruzzi occasionali di salamoia)
<b>XD2</b>	Bagnato, raramente asciutto	Piscine natatorie; vasche di trattamento di acque industriali contenenti cloruro; parti di ponte
<b>XD3</b>	Ciclicamente asciutto e bagnato	Pavimenti esterni esposti occasionalmente ad acque salate; pavimenti e solai di parcheggi coperti

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>XS1</b>	Moderatamente umido	Strutture in prossimità delle coste esposte al trascinamento eolico dell'acqua (aerosol)
<b>XS2</b>	Bagnato, raramente asciutto	Strutture permanentemente e completamente sotto acqua di mare
<b>XS3</b>	Ciclicamente asciutto e bagnato	Strutture esposte discontinuamente all'acqua marina (alta-bassa marea)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>XF1</b>	Moderata saturazione con acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia ed al gelo
<b>XF2</b>	Moderata saturazione con acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali di strutture stradali esposte al gelo e spruzzi contenenti sali disgelanti
<b>XF3</b>	Elevata saturazione con acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali esposte alla pioggia ed al gelo
<b>XF4</b>	Elevata saturazione con acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali e strutture verticali stradali esposte direttamente ai sali disgelanti

Denom. della classe	Acidità	SO <sub>4</sub> (mg/Kg)
<b>XA1</b>	>200	≥2000 ≤3000
<b>XA2</b>	----	>3000 ≤12000
<b>XA3</b>	-----	>12000

**NTC 18:**

#### 4.1.2.2.2 Condizioni ambientali

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle **classi di esposizione** definite nelle *Linee Guida per il calcestruzzo strutturale* emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, <b>XC3</b> , XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**NEL NOSTRO PROGETTO → XC3 → AMBIENTE ORDINARIO**

C.A. ORDINARIO

C.A.P.

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

CLS min			① barre da c.a. elementi a piastra		② barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
$C_{min}$	$C_0$	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

OSSERVA:

- I valori indicati in tabella si riferiscono a  $V_r = 50$  anni. Se  $V_r = 100$  anni i valori vanno incrementati di +10mm
- Se il cls <  $C_{min}$  i valori vanno incrementati di 5 mm

① → ELEMENTI CON 2 DIMENSIONI PREVALENTI

② → ELEMENTI CON 1 DIMENSIONE PREVALENTE

LA TABELLA FORNISCE  $z_{min}$ 

$$z = z_{min} (TAB.) + \Delta z$$

TOLLERANZA  
di POSA

$$\Delta z = 0$$

PRODUZIONE IN  
STABILIMENTO

$$\Delta z = +5 \text{ mm} \quad \text{CONTROLLO CON DISTANZIATORI}$$

$$\Delta z = +10 \text{ mm} \quad \text{NON CI SONO CONTROLLI}$$

## ESEMPIO

• SOLAIO

 $(\phi 10; \phi 14)$ 

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
$C_{min}$	$C_0$	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

OSSERVA:

- I valori indicati in tabella si riferiscono a  $V_r = 50$  anni. Se  $V_r = 100$  anni i valori vanno incrementati di +10mm
- Se il cls <  $C_{min}$  i valori vanno incrementati di 5 mm

$$z_{min} = 20 \text{ mm}$$

$$z = 20 + 5 = 25 \text{ mm}$$

$$c = z + \frac{\phi}{2} = \begin{cases} \phi = 10 \Rightarrow 25 + \frac{10}{2} = 30 \text{ mm} \\ \phi = 14 \Rightarrow 25 + \frac{14}{2} = 32 \text{ mm} \end{cases}$$

$$c = 30 \text{ mm}$$



## • TRAVI EMERGENTI E PILASTRI

$\phi 14$  ;  $\phi 20$

STAFFE  $\phi 8$

Tabella C4.1.IV - Copriferriti minimi in mm

C <sub>min</sub>	C <sub>0</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C<sub>min</sub> indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

OSSERVA:

- I valori indicati in tabella si riferiscono a V<sub>r</sub> = 50 anni. Se V<sub>r</sub>=100 anni i valori vanno incrementati di +10mm
- Se il cls < C<sub>min</sub> i valori vanno incrementati di 5 mm

$$z_{min} = 25 \text{ mm}$$

$$z = 25 + 5 = 30 \text{ mm}$$

$$c = z + 8 + \frac{\phi_{ST}}{2}$$

$$\begin{cases} 30 + 8 + \frac{14}{2} = 45 \text{ mm} \\ 30 + 8 + \frac{20}{2} = 48 \text{ mm} \end{cases}$$

$c = 50 \text{ mm}$

## • TRAVE A SPESSORE

$\phi 14$  ;  $\phi 20$

STAFFE  $\phi_{ST} = 8 \text{ mm}$

Tabella C4.1.IV - Copriferriti minimi in mm

C <sub>min</sub>	C <sub>0</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>	C>C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> ≤C≤C <sub>0</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C<sub>min</sub> indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

OSSERVA:

- I valori indicati in tabella si riferiscono a V<sub>r</sub> = 50 anni. Se V<sub>r</sub>=100 anni i valori vanno incrementati di +10mm
- Se il cls < C<sub>min</sub> i valori vanno incrementati di 5 mm

$$z_{min} = 20 \text{ mm}$$

$$z = 20 + 5 = 25 \text{ mm}$$

$$c = z + 8 + \frac{\phi_{ST}}{2}$$

$$\begin{cases} 25 + 8 + \frac{14}{2} = 40 \text{ mm} \\ 25 + 8 + \frac{20}{2} = 43 \text{ mm} \end{cases}$$

$c = 45 \text{ mm}$