

A decorative graphic on the left side of the page consisting of a solid black L-shaped line, a tilted grey outline of a rectangle, and a solid blue rectangle below it.

**Guida alla classe di consistenza**

## Argomenti trattati

■	<b>LA CLASSE DI CONSISTENZA:</b> normativa cogente, prescrizione, controllo .....	3
■	<b>AGGIUNTE D'ACQUA IN CANTIERE</b> .....	8
■	<b>DOMANDE FREQUENTI</b> .....	14

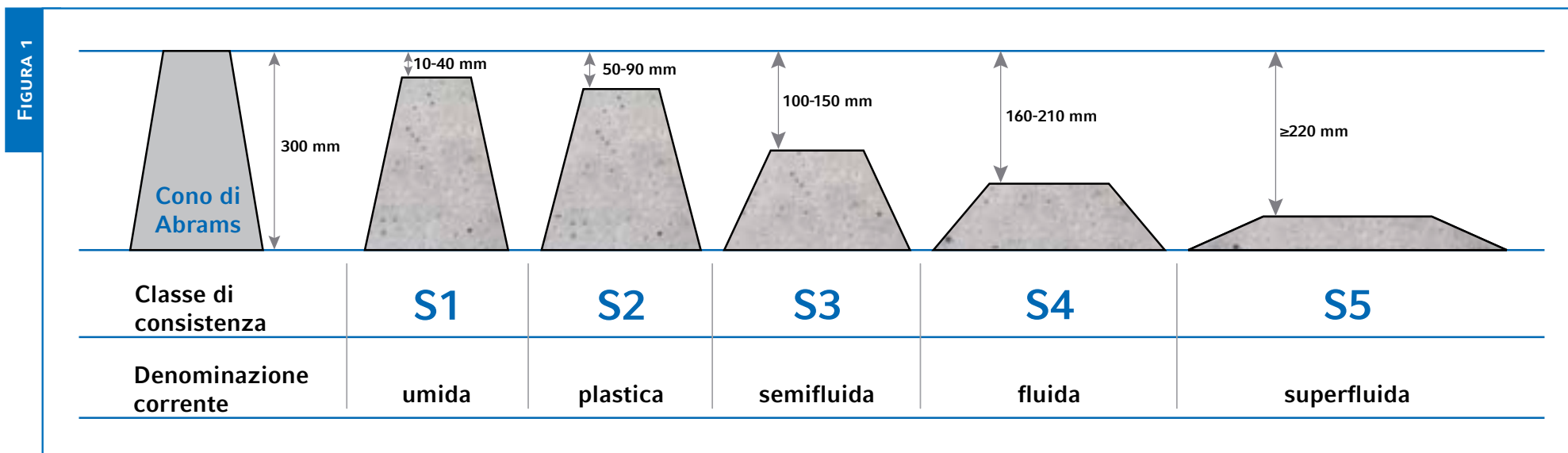
## LA CLASSE DI CONSISTENZA

La consistenza è una proprietà del calcestruzzo allo stato fresco che influenza fortemente le proprietà del calcestruzzo indurito. Introdotta dalla norma UNI EN 206-1, si misura facilmente in cantiere con il cono di Abrams. La classe di consistenza è un indice della lavorabilità del calcestruzzo, cioè la caratteristica che consente di confezionare, trasportare, gettare e compattare il calcestruzzo con una certa facilità. La norma UNI EN 206-1 prevede più modi di classificare la lavorabilità del calcestruzzo fresco: classi di abbassamento al cono, classi Vebé, classi di compattabilità e classi di spandimento. Per le normali applicazioni nel mercato del calcestruzzo preconfezionato, si preferisce utilizzare le classi di abbassamento al cono (**Fig. 1**), in quanto ritenute le più diffuse, versatili e semplici.

La norma UNI EN 206-1 consente inoltre di indicare valori della consistenza

diversi da quelli definiti dalle classi, tramite una consistenza di riferimento che esprime un valore di abbassamento al cono in millimetri con le tolleranze riportate nel prospetto 11 della stessa norma: per abbassamenti superiori a 100 mm (dalla classe S3 in avanti) la tolleranza prevista è  $\pm 30$  mm.

Per passare da una consistenza a quella superiore non è sufficiente variare il dosaggio di un solo componente. Infatti ogni ricetta di calcestruzzo con una determinata classe di consistenza viene progettata e confezionata autonomamente, tenendo conto delle altre prestazioni che il calcestruzzo deve garantire: classe di resistenza, classe di esposizione, classe di contenuto in cloruri, diametro massimo dell'aggregato, resistenza alla segregazione, pompabilità, ed altre. Per cui i dosaggi dei componenti variano da una miscela all'altra in quantità e tipo: aggregati (fusi granulometrici), cementi, additivi, acqua e aggiunte.



Prospetto 3 della norma UNI EN 206-1: classi di abbassamento al cono (slump).

## La consistenza e la normativa cogente

Fino ad oggi i decreti attuativi della Legge Quadro 1086 hanno sempre trascurato di richiedere al prescrittore di definire la classe di consistenza, lasciando all'impresa questo compito. Dal 14 gennaio del 2008, giorno in cui è stata pubblicata l'ultima versione delle Norme tecniche per le costruzioni, le cose sono cambiate, e ora sui disegni e nei capitolati il progettista è chiamato a prescrivere la classe di consistenza adeguata al getto del singolo elemento strutturale.

Le presenti Norme tecniche, richiedendo al progettista di prescrivere la classe di consistenza, vincolano il Direttore dei lavori a controllarla e l'impresa di costruzioni a non modificarla tramite aggiunte d'acqua in cantiere, in quanto altererebbero le prestazioni di resistenza rilevabili con i controlli di accettazione.

## Il controllo della classe di consistenza in cantiere

Le Norme tecniche per le costruzioni del 2008 non prescrivono la frequenza con cui va controllata la classe di consistenza, così come viene fatto per la classe di resistenza. Al fine di tutelare la qualità delle strutture, si raccomanda l'impresa e la DL di far effettuare la prova di abbassamento al cono, almeno in concomitanza del prelievo di accettazione o di conformità (in contraddittorio).

## Il rapporto acqua-cemento (a/c).

È definito come il rapporto tra il peso dell'acqua efficace (tutta l'acqua presente, meno quella di assorbimento degli aggregati) e il peso di cemento in un metro cubo di calcestruzzo. È determinante per molte sue prestazioni: resistenza a compressione, ritiro, porosità, permeabilità, capacità di proteggere le barre di armatura, velocità di indurimento, ed altre.



## La corretta scelta della classe di consistenza

Ogni classe di consistenza ha la sua ragione di esistere, in quanto ognuna consente di realizzare diverse tipologie di elementi strutturali o di utilizzare particolari tecnologie di getto e di compattazione.

La **classe S1** è usata quasi esclusivamente nella prefabbricazione, soprattutto per manufatti ottenuti per estrusione. A volte si utilizza nei misti cementati messi in opera con vibrofinitrice. Non è pompabile e necessita una vibrazione potente e prolungata (casseri e stagge vibranti) tipica della produzione in stabilimento.

La **classe S2** è usata quasi esclusivamente nella prefabbricazione, in quanto non è pompabile e necessita di una vibrazione potente e prolungata (casseri e stagge vibranti). Nei cantieri stradali in cui si fa uso di calcestruzzo preconfezionato, viene utilizzata normalmente con l'ausilio di macchine vibro-finitrici per l'esecuzione di pavimentazioni stradali.

La **classe S3** consente di realizzare getti in pendenza come scivoli, falde dei tetti, scale e comunque poco armati. Può essere utilizzata anche per l'esecuzione di pavimenti in cui si fa uso di laser screed. Si pompa con difficoltà e necessita di una vibrazione accurata e prolungata.

La **classe S4** consente di eseguire strutture verticali non molto armate, gettate tramite l'utilizzo della pompa, come muri e pilastri. È possibile inoltre eseguire strutture orizzontali gettate a canale come plinti, solette (anche in pendenza), pavimenti e platee. La vibrazione è agevole, ma necessita sempre una certa attenzione da parte dell'operatore. Viene utilizzata anche quando si fa uso di casseri rampanti per l'esecuzione di sili, ciminiere, vasche, cisterne e pile di viadotti.

La **classe S5** consente di eseguire quasi tutti i getti più frequenti in cantiere, che oggi giorno vengono realizzati quasi esclusivamente con l'ausilio della pompa. Si presta maggiormente per i getti a prevalente sviluppo orizzontale con pendenze modeste o nulle, come solai, travi, travi rovesce, platee, solette, plinti, pavimenti, ma è la classe indicata anche per setti, muri e pilastri, pali, soprattutto se fortemente armati.

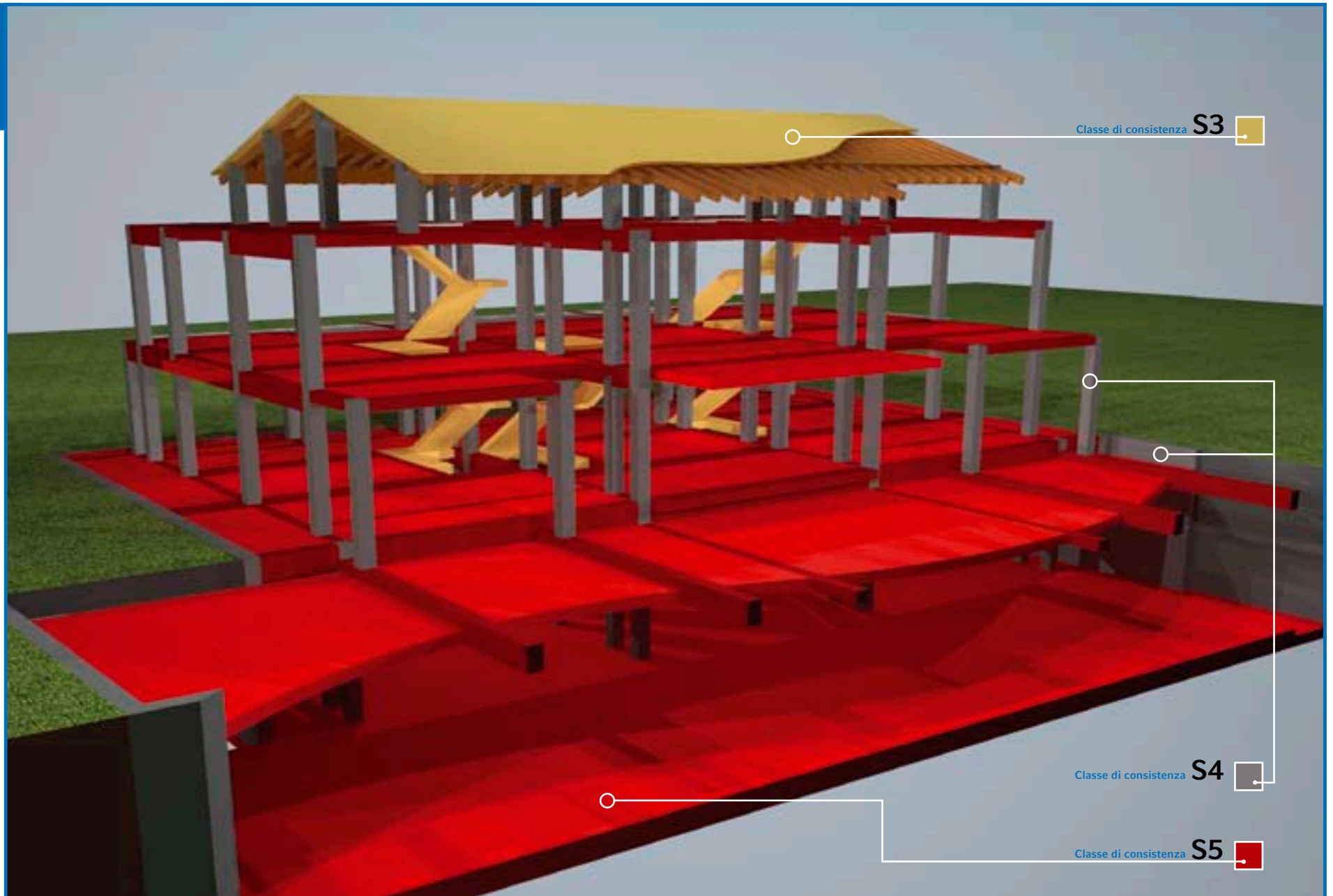
La classe S5 è quella che di fatto viene più utilizzata in cantiere, anche se non riportata nel documento d'accompagnamento del calcestruzzo (bolla).

Si ricorda che la norma UNI EN 206-1 non prevede per la classe di consistenza S5 il limite superiore: a tale proposito Unical raccomanda e garantisce la classe di consistenza S5 fino a 250 mm di abbassamento al cono di Abrams.

## Diminuzione della lavorabilità nel tempo

Il calcestruzzo fresco è un materiale che cambia le proprie caratteristiche col trascorrere del tempo, tra queste la consistenza, che si riduce: si dice che il calcestruzzo *perde lavorabilità*. Questo fenomeno dipende dal tipo e dal dosaggio di materie prime con cui è confezionato, ma anche dalle condizioni ambientali: all'aumentare della temperatura la consistenza si riduce rapidamente. Perciò è buona norma, soprattutto d'estate, evitare lunghi tempi di getto, cercando di frazionare il carico in più autobetoniere. Tipiche strutture con lunghi tempi di getto sono i tetti, i setti, le scale, i pilastri, soprattutto se viene utilizzata la gru e il secchione (benna).

Si riporta in Figura 4 la rappresentazione grafica indicativa della perdita di consistenza di un calcestruzzo ordinario, al trascorrere del tempo per due diverse temperature del materiale. In particolare sono state considerate le classi di consistenza S4 e S5 con abbassamento al cono a fine carico ( $t=0'$ ) al limite superiore e due temperature medie del calcestruzzo tipiche della stagione invernale (10°C) ed estiva (30°C).



Classi di consistenza consigliate per l'esecuzione di una palazzina.

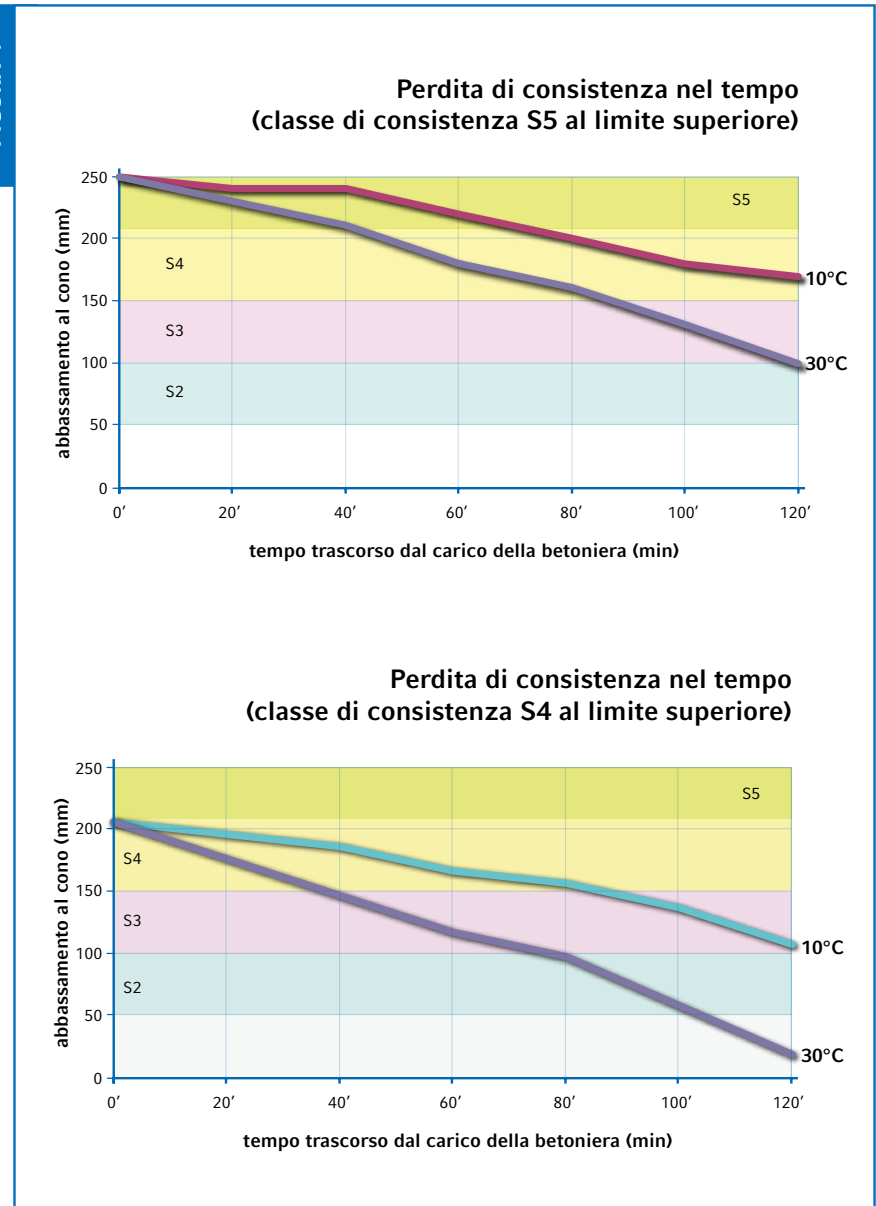
FIGURA 3

Classe di consistenza consigliata	con pompa, con nastro, gru e benna e canale	D <sub>max</sub> aggregato (mm)
archi rovesci	S3 e S4	30
basamenti	S4	30
calotte	S4 e S5	30
cordoli a canale	S4	20
diaframmi con pompa o tubo getto	S5	20
muri	S4	30
muri di basso spessore, setti	S5	20
muri di grande spessore	S4	30
muri fortemente armati	S5	30
pali, pozzi con pompa o tubo getto	S5	30
pavimenti industriali con esecuzione manuale	S5	30
pavimenti industriali eseguiti con laser screed	s.r. 150*	30
pilastrini	S4	30
pilastrini fortemente armati	S5	20
pile con cassero rampante	S4	30
platea di fondazione	S5	30
plinti	S5	30
pulvini con pompa	S5	30
scale	S3	20
sede stradale con vibrofinitrice	S2	30
setti e solette di basso spessore (loculi e simili)	S5	10
sili, ciminiere, vasche, serbatoi con casseri rampanti	S4	30
solai	S5	20
solette piene	S5	30
solette piene con forte pendenza	S4	30
spritz	S5	10
tetti	S3	20
travi rovesce	S5	30

\*slump di riferimento

Classi di consistenza consigliate in funzione delle strutture coinvolte.

FIGURA 4



Rappresentazione grafica indicativa della perdita di consistenza di un calcestruzzo ordinario in funzione del tempo e della sua temperatura.



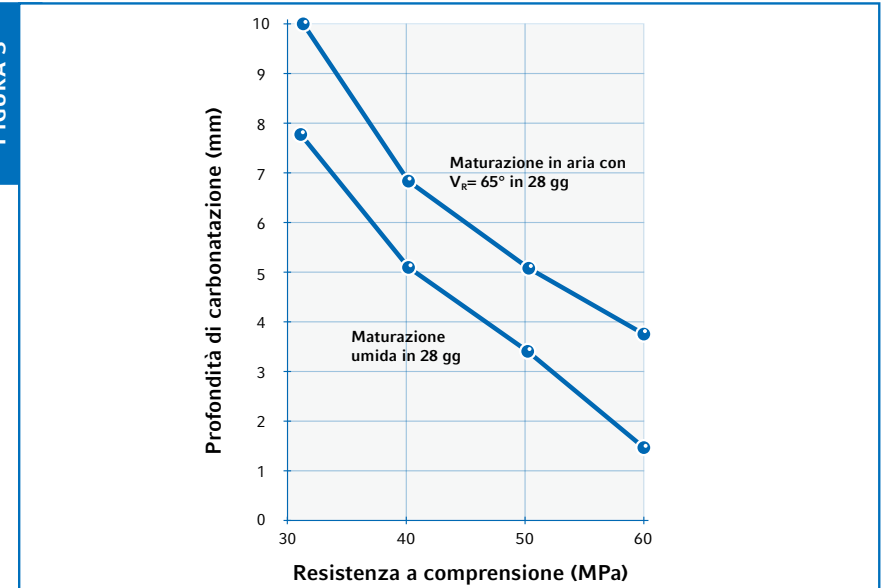
## AGGIUNTE D'ACQUA IN CANTIERE

Si assiste frequentemente in cantiere a richieste da parte delle maestranze di aggiunte di acqua in betoniera per aumentare la lavorabilità del calcestruzzo, dal momento che questo è stato ordinato o prescritto con una classe di consistenza non idonea al tipo di getto.

Vengono di seguito analizzati gli inconvenienti che si celano dietro le diffuse aggiunte d'acqua effettuate in cantiere che possono creare problemi all'impresa, al Direttore Lavori e, soprattutto, all'opera.

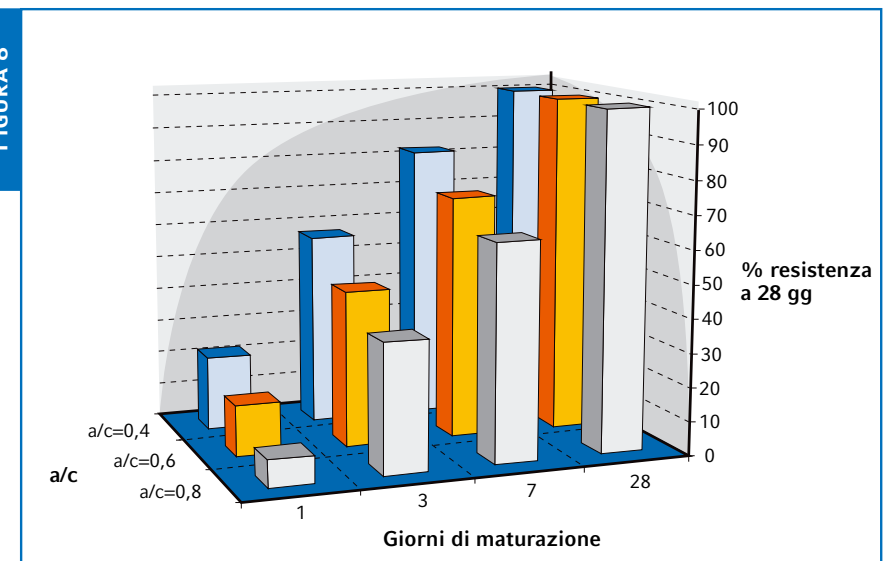
1. Decadimento delle garanzie da parte del produttore e delle prestazioni del materiale consegnato riportate nel documento d'accompagnamento.
2. Decadimento delle prestazioni legate alla capacità del calcestruzzo di proteggere le barre di armatura e quindi la riduzione della durabilità della struttura per aumento della porosità e della permeabilità del materiale consegnato. Quanto affermato è prescritto chiaramente nelle norme UNI 11104 e UNI EN 206-1 e riportato in tutti i testi autorevoli sulle strutture in calcestruzzo. Si può infatti affermare che la prescrizione dei calcestruzzi a dosaggio e le indiscriminate aggiunte d'acqua in cantiere siano state le cause principali della bassa durata delle strutture in c.a. degli ultimi 40 anni (Fig. 5).
3. Allungamento dei tempi di presa e di primo indurimento: spesso questo fenomeno ritarda la rimozione delle casseforme o, nel caso dei pavimenti, allunga i tempi dell'operazione di finitura superficiale (Fig. 6).

FIGURA 5



Influenza della resistenza a compressione del calcestruzzo sulla profondità di carbonatazione dopo una stagionatura di 2 anni a umidità relativa del 65%.

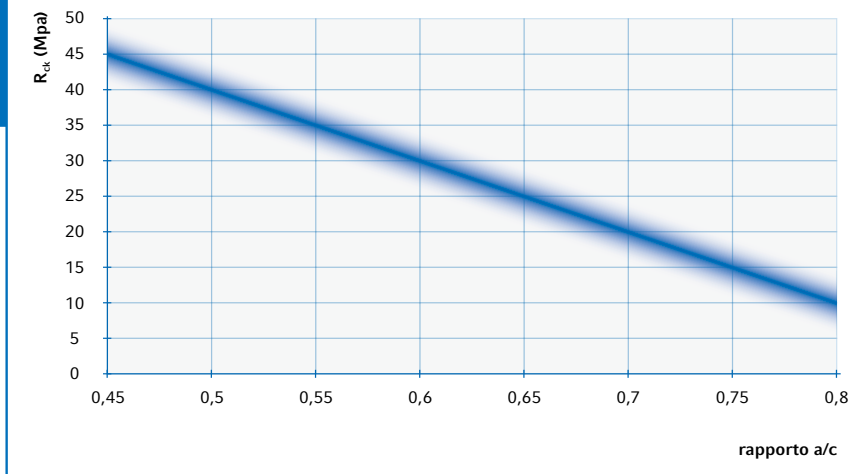
FIGURA 6



Incremento di resistenza nel tempo in calcestruzzi con differenti rapporti  $a/c$  confezionati con ordinari cementi portland.



FIGURA 7



Relazione indicativa tra il rapporto acqua-cemento e la resistenza caratteristica a 28 gg.

4. Decadimento delle prestazioni legate alla resistenza a compressione del calcestruzzo: l'aggiunta di acqua, senza una proporzionale aggiunta di cemento, aumenta il rapporto acqua-cemento e con esso la porosità del calcestruzzo indurito. Questo fenomeno è facilmente misurabile eseguendo un prelievo dopo che è stata effettuata l'aggiunta di acqua. Si fa notare che il decadimento delle prestazioni è proporzionale alla quantità di acqua dosata e inversamente proporzionale al volume di calcestruzzo presente in betoniera. I valori che si ottengono nella pratica non si discostano molto da quelli indicativi riportati dalle tabelle e dai grafici in **Fig. 7 e 8**.

FIGURA 8

10 m <sup>3</sup>						8 m <sup>3</sup>					
R <sub>ck</sub>	25	30	35	40	45	R <sub>ck</sub>	25	30	35	40	45
litri acqua						litri acqua					
50	23	28	33	38	44	50	22	28	33	38	43
100	21	26	32	37	42	100	20	25	31	36	41
150	19	24	30	35	41	150	17	23	28	34	40
200	17	22	28	34	39	200	15	20	26	32	38
250	15	20	26	32	38	250	12	18	24	30	36
300	12	18	24	30	36	300	9	15	22	28	34

6 m <sup>3</sup>						4 m <sup>3</sup>					
R <sub>ck</sub>	25	30	35	40	45	R <sub>ck</sub>	25	30	35	40	45
litri acqua						litri acqua					
50	22	27	32	37	43	50	20	25	31	36	41
100	18	24	29	35	40	100	15	20	26	32	38
150	15	20	26	32	38	150	9	15	22	28	34
200	11	17	23	29	35	200	4	10	17	24	30

Valori indicativi del decadimento della resistenza caratteristica a 28 gg in seguito alle aggiunte di acqua, in funzione del volume di calcestruzzo presente in betoniera (valori in MPa).

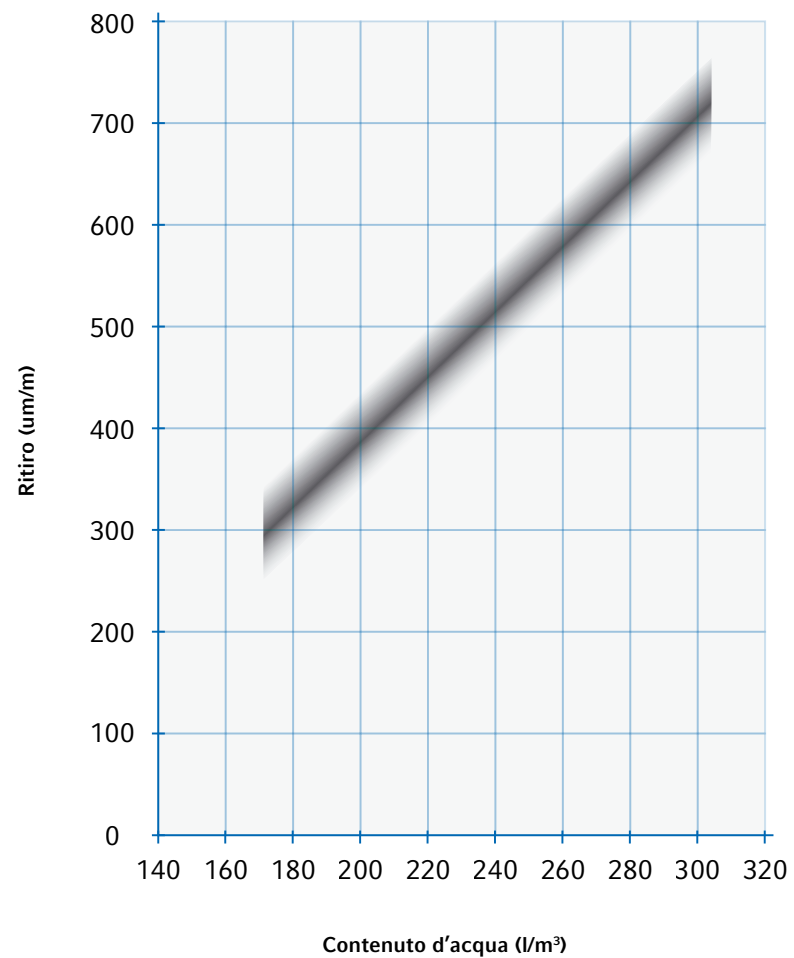
5. Rischio di segregazione dell'impasto: ogni miscela è realizzata in funzione della consistenza di progetto, un aumento del contenuto di acqua può far perdere alla malta la capacità di tenere coeso il calcestruzzo, soprattutto l'aggregato grosso.
6. Faccia a vista scadente: la segregazione dell'impasto facilita la formazione di nidi di ghiaia, soprattutto in prossimità delle zone in cui la cassaforma non ha buona tenuta: nella giunzione tra i pannelli o tra le casseforme e il piano d'appoggio. Queste imperfezioni, oltre a compromettere l'estetica del manufatto, ne riducono ulteriormente la durabilità (**Fig. 9**).
7. Aumento del ritiro: questo fenomeno fisiologico del calcestruzzo, viene amplificato dall'aumento di volume della pasta di cemento, più ricca di acqua, accentuando gli effetti collegati, come imbarcamenti e fessurazioni nocivi quanto antiestetici. In particolare l'aumento di acqua nell'impasto accentua il fenomeno del ritiro plastico e del ritiro idraulico per innalzamento della quantità di pasta e del rapporto a/c (**Fig. 10 e 11**).
8. L'aumento di essudazione accentua il fenomeno di formazione di fessure per assestamento plastico.
9. La diminuzione della resistenza a compressione influenza altre proprietà del calcestruzzo collegate ad essa: ad esempio il modulo di elasticità diminuisce e il fenomeno dello scorrimento viscoso (creep-fluage) aumenta.

FIGURA 9



Esempio di "nido di ghiaia" formatosi per perdita di pasta di cemento tra due pannelli di una cassaforma.

FIGURA 10



Influenza del contenuto d'acqua nel calcestruzzo fresco sul ritiro idraulico.

FIGURA 11



Tipico fenomeno di fessurazione per assestamento plastico su un solaio, accentuato dalle aggiunte d'acqua effettuate per facilitare la stesura della caldana.

10. Danno economico di chi acquista il calcestruzzo. Aggiungendo acqua, per risparmiare pochi euro necessari ad acquistare la classe di consistenza superiore, si ottiene un calcestruzzo meno performante rispetto a quello di partenza, perché con prestazioni inferiori: un prodotto con queste caratteristiche avrebbe un prezzo di vendita inevitabilmente inferiore all'esborso effettuato per il prodotto consegnato.

Occorre infine aggiungere che per miscelare correttamente l'impasto, dopo un'aggiunta d'acqua effettuata a betoniera carica, ci vuole molto tempo (non meno di 5 min) che raramente viene rispettato: la conseguenza è che la maggior parte dell'acqua dosata fluidifica solo la prima metà del carico mentre la seconda metà raramente si discosta dalla consistenza iniziale.



### **Ripristini d'acqua in cantiere da parte del produttore di calcestruzzo: le proposte di Unical**

Per alcune applicazioni può essere opportuno che il produttore trattenga una parte dell'acqua d'impasto al momento del carico e la ripristini in cantiere. È inteso che il produttore esegue questa operazione sotto la propria responsabilità, mantenendo inalterate le garanzie riportate sul documento d'accompagnamento. Le Linee guida sulla produzione, il trasporto e il controllo del calcestruzzo preconfezionato edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e rese cogenti dalle Norme tecniche del 2008, prevedono questa operazione (durante la "fase preliminare alla consegna") nelle modalità sopra descritte.

Si riportano di seguito due esempi in cui si può verificare questo evento.

- La laser screed, macchina vibrofinitrice automatica utilizzata nell'esecuzione di pavimenti industriali, generalmente richiede ridotte tolleranze della classe di consistenza ( $150 \pm 20$  mm).

Se il tempo di trasporto supera 30 min, può essere conveniente al produttore di calcestruzzo centrare la consistenza in cantiere tramite piccole e controllate aggiunte d'acqua, che rientrano nelle tolleranze previste dalla ricetta.

- Quando l'impresa di costruzioni deve eseguire piccoli getti con diverse fluidità (ad esempio scale e solaio o setti vano ascensore), è possibile richiedere a Unical un calcestruzzo progettato nella classe di consistenza superiore, ma confezionato e trasportato nella classe di consistenza inferiore. Ciò è possibile, ad esempio, trattenendo un certo quantitativo di acqua al momento del carico all'impianto. Eseguiti i getti che necessitano della classe inferiore (ad esempio le scale) è possibile aggiungere la quantità d'acqua che ripristina quella di progetto e che riporta il calcestruzzo alla consistenza fissata dal documento d'accompagnamento.

Si riporta di seguito un esempio pratico.

Un'impresa deve eseguire nello stesso giorno di getto le seguenti due strutture:

Struttura	Volume (m³)	Tipo miscela	Caratteristiche della miscela
scale	3	A	C28/35, S3, D <sub>max</sub> 20
solaio	45	B	C28/35, S5, D <sub>max</sub> 20

**Soluzione 1:** l'impresa richiede la prima autobetoniera con la miscela A con almeno 3,5m³ (occorre considerare lo sfrido e il volume che rimane nella vaschetta e nei tubi della pompa). Terminato il getto l'impresa ordina a Unical le autobetoniere con la miscela B per eseguire il solaio.

**Soluzione 2:** l'impresa concorda con Unical che la prima autobetoniera di 10 m³ arrivi in cantiere con la miscela B, ma con consistenza S3 per poter eseguire le scale. Unical, per dare questo servizio, deve caricare la miscela B trattenendo un certo quantitativo di acqua debitamente riportato sul documento d'accompagnamento. Si presuppone che il quantitativo di acqua trattenuto sia 15 l/m³. In cantiere, dopo aver eseguito le scale con la classe di consistenza S3, l'autista ripristina l'acqua trattenuta al momento del carico moltiplicando il volume rimasto in autobetoniera (7 m³) per la quantità di acqua riportata nel documento d'accompagnamento: 15x7=105 l. Il ripristino di acqua riporta la miscela B alla classe S5 di progetto che può essere utilizzata per l'esecuzione del solaio. Si riporta in **Fig. 12** quello che sarebbe il contenuto del documento d'accompagnamento in questo esempio.

FIGURA 12

PRODOTTO						U.M.	Quantità
Codice	Descrizione prodotto						
XXXXXXXX	XXXXXXXX	Rck35	Dm20			M3	10.00
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CALCESTRUZZO							MATERIALE DI RIPRISTINO PREVISTO IN RICETTA
CLASSE di RESISTENZA	A COMPOSIZIONE RICHIESTA	CLASSE E TIPO CEMENTO	DIAMETRO MASSIMO ≤	CLASSE di CONSISTENZA	CLASSE di ESPOSIZIONE	CLASSE di CLORURI	
35			20	S3	Xc3	C1, 0.40	
						ACQUA	ADDITIVO
						litri/m³	15
							Kg/m³

Dettaglio del documento d'accompagnamento del calcestruzzo ipotizzato nella soluzione 2.



## DOMANDE FREQUENTI

### **Il calcestruzzo arriva in cantiere con consistenza diversa da quella riportata sul documento d'accompagnamento: come ci si deve comportare?**

Non si devono accettare carichi con consistenza difforme da quella riportata sul documento d'accompagnamento. Qualsiasi correzione del carico effettuata dal fornitore prima dello scarico, viene eseguita sotto la sua diretta responsabilità e mantiene inalterate le garanzie sulle caratteristiche del calcestruzzo riportate sul documento d'accompagnamento.

### **È possibile richiedere una classe di consistenza al limite superiore della tolleranza (ad esempio una classe S4 con abbassamento al cono di 200-210 mm o una classe S3 con abbassamento di 140-150 mm)?**

Le tolleranze prescritte dalla norma UNI EN 206-1 sono state stabilite per tener conto delle variabili aleatorie che influenzano la ripetibilità della prova e per tener conto dell'oggettiva difficoltà, in fase di confezionamento, ad ottenere le tolleranze richieste. Quindi nessun produttore di calcestruzzo è in grado di soddisfare questo tipo di esigenza con la produzione standard. Nel caso di esigenze particolari, è comunque possibile ridurre le tolleranze sulla consistenza alzando il livello di controllo in centrale e in cantiere, ovviamente a fronte di esplicite richieste e prezzi concordati in fase preliminare alla consegna.

### **È vero che la lavorabilità del calcestruzzo diminuisce nella fase di pompaggio?**

È noto che la lavorabilità del calcestruzzo viene ridotta dal passaggio di questo nelle tubazioni della pompa. L'entità media di tale diminuzione è di circa di 2-3 cm di abbassamento al cono, in una pompa con braccio di 32 m, ed aumenta in maniera proporzionale con la lunghezza del braccio della pompa, con il numero di tubi aggiunti all'uscita di questa e con la temperatura ambientale.

### **È possibile richiedere una determinata classe di consistenza all'uscita della pompa?**

Unical garantisce la classe di consistenza alla bocca dell'autobetoniera. È tuttavia possibile concordare la stessa prestazione all'uscita della pompa introducendo all'ingresso di questa una consistenza adeguata (ovviamente superiore).

### **Si possono gettare con la stessa autobetoniera più strutture che necessitano diverse classi di consistenza (ad esempio scale e solaio)?**

Quando l'impresa di costruzioni deve eseguire piccoli getti con diverse fluidità (ad esempio scale e solaio o setti vano ascensore), è possibile richiedere a Unical un calcestruzzo progettato nella classe di consistenza superiore, ma confezionato e trasportato nella classe di consistenza inferiore. Ciò è possibile, ad esempio, trattenendo un certo quantitativo di acqua al momento del carico all'impianto. Eseguiti i getti che necessitano della classe inferiore (ad esempio le scale) è possibile aggiungere la quantità d'acqua che ripristina quella di progetto e che riporta il calcestruzzo alla consistenza fissata dal documento d'accompagnamento.

### **L'acquirente può richiedere di aggiungere acqua in betoniera?**

Un responsabile dell'acquirente, in quanto proprietario del carico contenuto nell'autobetoniera, potrebbe formulare una simile richiesta, conscio delle conseguenze che ne derivano e non senza aver firmato il documento d'accompagnamento per accettazione dell'acqua aggiunta nell'apposito spazio riservato.

### **In cantiere, chi ha l'autorizzazione di richiedere aggiunte d'acqua in betoniera?**

Solamente personale autorizzato dell'impresa che acquista il calcestruzzo.

### **Qual è il tempo di scarico a disposizione dell'impresa per scaricare un'autobetoniera senza perdere la consistenza riportata sul documento d'accompagnamento?**

Per poter gettare un calcestruzzo con la stessa classe di consistenza riportata nel documento d'accompagnamento, si raccomanda di scaricare l'autobetoniera entro 30 min dall'arrivo in cantiere in estate, mentre d'inverno è possibile prolungare il getto fino a un'ora. È tuttavia consentito fissare con Unical tempi diversi da quelli raccomandati, la cui entità sarà subordinata alle condizioni climatiche e alle materie prime disponibili in cantiere. Simili richieste devono ovviamente essere concordate contrattualmente in fase preliminare alla consegna.





**Unical S.p.A.**

via Luigi Buzzi, 6  
15033 Casale Monferrato (AL) - Italia  
tel +39 0142 416473  
fax +39 0142 416537  
[www.unicalcestruzzi.it](http://www.unicalcestruzzi.it)

