

Dip. di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale

Università Federico II di Napoli

Corso di Laurea in Ingegneria Edile (A.A. 2024-25)

“Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata”

(Prof. Fabio Iucolano)

Normativa sui Cementi



La normativa sui cementi

UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.

- Tale normativa europea è incentrata su due requisiti fondamentali: **il tipo di cemento** e la **classe di resistenza**.
- Esistono **5 diversi tipi principali** di cemento, ulteriormente divisi in **27 sottotipi**, e ciascun può essere disponibile in **6 diverse classi di resistenza**.
- Dunque sono teoricamente possibili $27 \times 6 = 162$ **diversi cementi...!!!**

N.B. In realtà in ogni singolo Paese **non tutti e 27 i tipi vengono prodotti** (mancanza locale di alcuni ingredienti o mancanza di una tradizione pre-esistente a produrre ed impiegare alcuni determinati tipi di cemento). E **neppure tutte e 6 le classi di resistenza sono disponibili** per i vari tipi di cemento realmente prodotti, molto spesso per oggettive difficoltà tecniche.



I tipi di cemento

In funzione della **composizione**, la norma individua **5 tipi** di cemento,
a loro volta suddivisi in **ulteriori sottotipi**:

CEM I: cemento portland (>95% clinker)

➔ 1 sottotipo

CEM II: cementi portland di miscela

➔ 19 sottotipi

- *loppa (S)*

- *fumo di silice (D)*

- *pozzolana (P, Q)*

- *cenere volante (V, W)*

- *scisto calcinato (T)*

- *calcare (L, LL)*

➔ 3 sottotipi

CEM III: cementi d'altoforno

➔ 2 sottotipi

CEM IV: cementi pozzolanici

➔ 2 sottotipi

CEM V: cementi compositi



DI
C
Ma
PI

Dipartimento
di Ingegneria Chimica,
dei Materiali e della
Produzione Industriale
Università degli Studi
di Napoli Federico II

I tipi di cemento

| Tipi Principali | Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune) | | Composizione (percentuale in massa)* | | | | | | | | | | Costituenti secondari | | | | |
|-----------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|--------------------|--------------|-------|-----------------------|-------|-----|-----|-----|
| | | | Costituenti principali | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Clinker K | Loppa di altoforno S | Fumi di silice D ^a | Poz naturale P | zolana naturale calcinata Q | Cenere volante silicea V | calcica W | Scisto calcinato T | Calcare L LL | | | | | | |
| CEM I | Cemento Portland | CEM I | 95-100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | | |
| CEM II | Cemento Portland alla loppa | CEM II/A-S | 80-94 | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | |
| | | CEM II/B-S | 65-79 | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland ai fumi di silice | CEM II/A-D | 90-94 | - | 6-10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | Cemento Portland alla pozzolana | CEM II/A-P | 80-94 | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | CEM II/B-P | | 65-79 | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | CEM II/A-Q | | 80-94 | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | CEM II/B-Q | | 65-79 | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland alle ceneri volanti | CEM II/A-V | 80-94 | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/B-V | 65-79 | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/A-W | 80-94 | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/B-W | 65-79 | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland allo scisto calcinato | CEM II/A-T | 80-94 | - | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/B-T | 65-79 | - | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland al calcare | CEM II/A-L | 80-94 | - | - | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/B-L | 65-79 | - | - | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/A-LL | 80-94 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | 0-5 |
| | | CEM II/B-LL | 65-79 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland composito ^d | CEM II/A-M | 80-94 | ← 6-20 → | | | | | | | | | | 0-5 | | | |
| CEM II/B-M | | 65-79 | ← 21-35 → | | | | | | | | | | 0-5 | | | | |
| CEM III | Cemento d'altoforno | CEM III/A | 35-64 | 36-65 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | |
| | | CEM III/B | 20-34 | 66-80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | |
| | | CEM III/C | 5-19 | 81-95 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | |
| CEM IV | Cemento pozzolanico ^e | CEM IV/A | 65-89 | - | ← 11-35 → | | | | | | | | | | 0-5 | | |
| | | CEM IV/B | 45-64 | - | ← 36-55 → | | | | | | | | | | 0-5 | | |
| CEM V | Cemento composito ^d | CEM V/A | 40-64 | 18-30 | - | ← 18-30 → | | | | | | | | | | 0-5 | |
| | | CEM V/B | 20-38 | 31-49 | - | ← 31-49 → | | | | | | | | | | 0-5 | |

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.

b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.

c) Nei cementi portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento (vedere esempio in 8).



I tipi di cemento

| Sigla | Clinker <i>K</i> | Loppa d'alto- forno <i>S</i> | Micro silice <i>D</i> ^(d) | Pozzolana naturale | | Cenere volante | | Scisto calc. <i>T</i> | Calcare ^(b) | | C. S. ^(c) |
|--------|---------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|----------------------|
| | | | | naturale <i>P</i> | calcinata <i>Q</i> | silicica <i>V</i> | calcica <i>W</i> | | <i>L</i> | <i>LL</i> | |
| I | 95-100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-S | 80-94 | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/B-S | 65-79 | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-D | 90-94 | - | 6-10 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-P | 80-94 | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/B-P | 65-79 | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-Q | 80-94 | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/B-Q | 65-79 | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-V | 80-94 | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | 0-5 |
| II/B-V | 65-79 | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | 0-5 |
| II/A-W | 80-94 | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | 0-5 |
| II/B-W | 65-79 | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | 0-5 |
| II/A-T | 80-94 | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | 0-5 |
| II/B-T | 65-79 | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | 0-5 |
| II/A-L | 80-94 | - | - | - | - | - | - | - | 6-20 | 6-20 | 0-5 |
| II/B-L | 65-79 | - | - | - | - | - | - | - | 21-35 | 21-35 | 0-5 |
| II/A-M | 80-94 | ←————— 6 - 20 —————→ | | | | | | - | - | - | 0-5 |
| II/B-M | 65-79 | ←————— 21 - 35 —————→ | | | | | | - | - | - | 0-5 |
| III/A | 35-64 | 36-65 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| III/B | 20-34 | 66-80 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| III/C | 5-19 | 81-95 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| IV/A | 65-89 | - | ←————— 11-35 —————→ | | | | - | - | - | - | 0-5 |
| IV/B | 45-64 | - | ←————— 36-55 —————→ | | | | - | - | - | - | 0-5 |
| V/A | 40-64 | 18-30 | - | ←————— 18-30 —————→ | | - | - | - | - | - | 0-5 |
| V/B | 30-39 | 31-50 | - | ←————— 31-50 —————→ | | - | - | - | - | - | 0-5 |



Le classi di resistenza

Ognuno dei tipi e sottotipi di cemento previsti dalla norma è disponibile, almeno in teoria, in **6 differenti classi di resistenza** (32.5N, 32.5R, 42.5N, 42.5R, 52.5N e 52.5R).



I cementi d'altoforno (CEM III) hanno anche la **classe di res. a lento indurimento (L)**.

Requisiti meccanici e fisici previsti dalla UNI EN 197-1

| CLASSE DI RESISTENZA | RESISTENZA A COMPRESSIONE (N/mm ²) | | | | TEMPO DI INIZIO PRESA |
|----------------------|--|----------|---------------------------|--------|-----------------------|
| | Resistenza a breve | | Resistenza standardizzata | | |
| | 2 giorni | 7 giorni | 28 giorni | | min |
| 32.5L* | - | ≥ 12 | | | |
| 32.5N | - | ≥ 16 | ≥ 32.5 | ≤ 52.5 | ≥ 75 |
| 32.5R | ≥ 10 | - | | | |
| 42.5L* | - | ≥ 16 | | | |
| 42.5N | ≥ 10 | - | ≥ 42.5 | ≤ 62.5 | ≥ 60 |
| 42.5R | ≥ 20 | - | | | |
| 52.5L* | ≥ 10 | - | | | |
| 52.5N | ≥ 20 | - | ≥ 52.5 | - | ≥ 45 |
| 52.5R | ≥ 30 | - | | | |

La R_C viene valutata in base alla norma **UNI EN 196-1:2016**, Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche

- rapporto acqua/cemento = 0.5;
- rapporto sabbia/cemento = 3;
- sabbia normalizzata (per tipo e granulometria);
- modalità di miscelazione: normalizzata;
- stagionatura: $T=20^{\circ}\text{C}$ ed $H_R=95\%$;
- metodologia per la rottura dei provini: normalizzata.



Le classi di resistenza

- Esempio -

| CLASSE DI RESISTENZA | RESISTENZA A COMPRESIONE (N/mm ²) | | | |
|----------------------|---|----------|---------------------------|--------|
| | Resistenza a breve | | Resistenza standardizzata | |
| | 2 giorni | 7 giorni | 28 giorni | |
| 32.5L* | - | ≥ 12 | ≥ 32.5 | ≤ 52.5 |
| 32.5N | - | ≥ 16 | | |
| 32.5R | ≥ 10 | - | ≥ 42.5 | ≤ 62.5 |
| 42.5L* | - | ≥ 16 | | |
| 42.5N | ≥ 10 | - | | |
| 42.5R | ≥ 20 | - | ≥ 52.5 | - |
| 52.5L* | ≥ 10 | - | | |
| 52.5N | ≥ 20 | - | | |
| 52.5R | ≥ 30 | - | | |

CEM II

(Cem. Portland di miscela)

| Giorni stagionatura | R _c [MPa] |
|---------------------|----------------------|
| 2 | 8 |
| 7 | 30 |
| 28 | 43 |



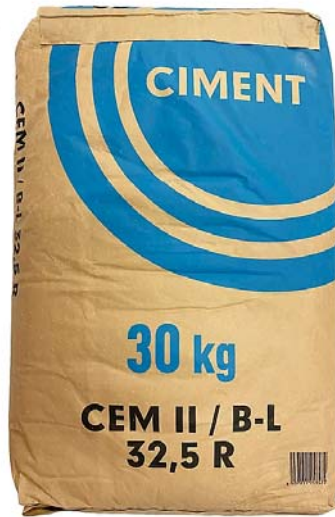
Il cemento deve essere classificato come **32,5 N**, in quanto la resistenza a 2 giorni è minore di 10.



DI
C
Ma
PI

Dipartimento
di Ingegneria Chimica,
dei Materiali e della
Produzione Industriale
Università degli Studi
di Napoli Federico II

Esempi di codici



- CEM II / B-L 32,5R
- CEM IV / B (V-Q) 32,5N
- CEM III / A 32,5R
- **CEM III / C 52,5R**



ARTICOLO
AL
MOMENTO
NON
DISPONIBILE





DI
C
Ma
PI

Dipartimento
di Ingegneria Chimica,
dei Materiali e della
Produzione Industriale
Università degli Studi
di Napoli Federico II

Requisiti fisici

- ✓ UNI EN 196-3:2017. Metodi di prova dei cementi - Parte 3: Determinazione del **tempo di presa e della stabilità**
- ✓ UNI EN 196-6:2019. Metodi di prova dei cementi - Parte 6: Determinazione della **finezza**
- ✓ UNI EN 196-8:2010. Metodi di prova dei cementi - Parte 8: **Calore d'idratazione** - Metodo per soluzione
- ✓ UNI EN 196-9:2010. Metodi di prova dei cementi - Parte 9: **Calore d'idratazione** - Metodo semiadiabatico



Tempo di presa

UNI EN 196-3:2017

Scopo della prova: Valutare il tempo di inizio e fine presa della pasta di cemento

La prova viene effettuata mediante l'ago di Vicat misurando, a partire dal confezionamento della pasta normale, il tempo necessario affinché l'ago di Vicat si arresti a 6 ± 3 mm dal fondo (**tempo di inizio presa**) ed il tempo in corrispondenza del quale l'ago non penetra nella pasta per più di 0,5mm (**tempo di fine presa**).



Tabella 1.13 Requisiti meccanici e fisici definiti come valori caratteristici.

| Classe di resistenza | Resistenza alla compressione MPa | | | Tempo di inizio presa | Stabilità (espansione) |
|----------------------|----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Resistenza iniziale | | Resistenza normalizzata | | |
| | 2 giorni | 7 giorni | 28 giorni | min | mm |
| 32,5 N | – | ≥ 16 | $\geq 32,5$ | $\leq 52,5$ | ≥ 75 |
| 32,5 R | ≥ 10 | – | | | |
| 42,5 N | ≥ 10 | – | $\geq 42,5$ | $\leq 62,5$ | |
| 42,5 R | ≥ 20 | – | | | |
| 52,5 N | ≥ 20 | – | $\geq 52,5$ | – | ≥ 45 |
| 52,5 R | ≥ 30 | – | | | |



Requisiti chimici

UNI EN 196-2:2013

Si valuta la **perdita in peso** del cemento dopo un trattamento termico a 950 °C. La prova stabilisce se il materiale è stato **alterato con l'aggiunta di altre sostanze** (es. calcare o l'argilla) che a tale T si decompongono in parte o se durante lo stoccaggio **ha assorbito acqua**.

N.B. Nel cemento l'unica perdita fisiologica di peso dovrebbe essere quella dovuta alla perdita di acqua del gesso!

E' la parte residua del cemento dopo un **trattamento con acido cloridrico**. La prova ha lo scopo di valutare la percentuale di sostanze insolubili (argilla e sabbia).

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|------------------------|--|-------------------------|----------------------------|
| Proprietà | Metodo di riferimento | Tipo di cemento | Classe di resistenza | Requisiti ^{a)} |
| Perdita al fuoco | EN 196-2 | CEM I CEM III | Tutte le classi | ≤ 5,0% |
| Residuo insolubile | EN 196-2 ^{b)} | CEM I CEM III | Tutte le classi | ≤ 5,0% |
| Solfati (come SO ₃) | EN 196-2 | CEM I CEM II ^{c)} CEM IV CEM V | 32,5N 32,5R 42,5N | ≤ 3,5% |
| | | | 42,5R 52,5N 52,5R | ≤ 4,0% |
| | | CEM III ^{d)} | Tutte le classi | |
| Cloruri | EN 196-21 | Tutte le classi ^{e)} | Tutte le classi | ≤ 0,10% ^{f)} |
| Pozzolanicità | EN 196-5 | CEM IV | Tutte le classi | Esito positivo della prova |

a) I requisiti sono espressi in percentuale in massa del cemento finale.

b) Determinazione del residuo insolubile in acido cloridrico e carbonato di sodio.

c) Il cemento tipo CEM II/B-T può contenere fino al 4,5% di solfato per tutte le classi di resistenza.

d) Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di solfato.

e) Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,10% di cloruri, ma in tal caso si dovrà dichiarare il contenuto massimo di cloruro sull'imballo e/o sulla bolla di consegna.

f) Per utilizzati nel precompresso, i cementi possono essere prodotti con un requisito inferiore. In tale caso il valore 0,10% deve essere sostituito dal detto minore valore che deve essere dichiarato nel documento di consegna.