	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>	<b>IO/LAB04/83</b>  REV00 DEL 03/04/09 Pagina 1 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> <b>LI</b> leganti idraulici	<input type="checkbox"/> <b>CA</b> calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> aggregati	<input type="checkbox"/> <b>LM</b> laterizi per murature	<input type="checkbox"/> <b>LS</b> laterizi per solai	<input type="checkbox"/> <b>AC</b> acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> <b>AP</b> acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> <b>AL</b> Acciai da laminati e profilati
----------------	--	--	--	---	--	--	---	--

## INDICE:

- 1) Scopo
- 2) Campo di applicazione
- 3) Norma di riferimento
- 4) Definizioni e simboli
- 5) Responsabilità
- 6) Apparecchiature
- 7) Modalità esecutive
- 8) Esposizione dei risultati

### **1. Scopo**

Lo scopo della prova è quello di determinare il valore della massa volumica in mucchio di aggregati addensati e la percentuale dei vuoti intergranulari

### **2. Campo di applicazione**


La prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63mm, secondo quanto espresso dalla norma di riferimento: UNI EN 1097-3 (indicata dalla UNI EN 12620 al punto 5.6 e dalla UNI EN 13055-1 al punto 4.2.1). Ai sensi di tale norma, la massa volumica si determina pesando la massa degli aggregati, precedentemente essiccati, contenuti in uno specifico recipiente. Si calcola in seguito la percentuale di vuoti intergranulari a partire dalla massa volumica in mucchio e dalla massa volumica reale delle particelle (determinata su un provino a parte prelevato dal medesimo campione di prova ai sensi della UNI EN 1097-6)

### **3. Norma di riferimento**

- UNI EN 1097-3 (Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati – Determinazione della massa volumica in mucchio)
- UNI EN 932-2 (Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio)
- UNI EN 12620 (Aggregati per calcestruzzo)
- UNI EN 13055-1 (Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione)
- UNI EN 1097-6 (Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua)
- CNR BU n.65/78 (Determinazione della porosità dei granuli – percentuale dei vuoti di aggregati – indice dei vuoti di aggregati)

### **4. Definizioni e simboli**

- SPE      Sperimentatore
- DL        Direttore del Laboratorio
- MIN      Minuta di prova

	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>	<b>IO/LAB04/83</b>  REV00 DEL 03/04/09 Pagina 2 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> <b>LI</b> leganti idraulici	<input type="checkbox"/> <b>CA</b> calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> aggregati	<input type="checkbox"/> <b>LM</b> laterizi per murature	<input type="checkbox"/> <b>LS</b> laterizi per solai	<input type="checkbox"/> <b>AC</b> acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> <b>AP</b> acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> <b>AL</b> Acciai da laminati e profilati
----------------	--	--	--	---	--	--	---	--

## 5. Responsabilità

### 5.1 Responsabilità dello Sperimentatore

Lo sperimentatore è responsabile:

- della precisa e puntuale applicazione di quanto previsto dal MQ del Sistema di Qualità Aziendale;
- della corretta esecuzione della prova;
- della corretta trascrizione ed elaborazione dei dati;
- del corretto uso della strumentazione utilizzata.

### 5.2 Responsabilità del DL

Il Direttore del Laboratorio è responsabile:

- Della precisa e puntuale applicazione di quanto previsto dal MQ del Sistema di Qualità Aziendale;
- Della correttezza delle elaborazioni;
- Della certificazione emessa a fronte della prova fatta

## 6. Apparecchiature

AI SENSI DELLA UNI EN 1097-3

- Recipiente volumetrico da 20litri (ai fini di soddisfare i requisiti minimi previsti nel prospetto 1 della UNI EN 1097-3)
- Bilancia o basculla con precisione pari allo 0,1% della massa del campione da pesare
- Palette
- Riga
- Termometro
- Stufa di essiccamento
- Lastra di vetro

## 7. Modalità Esecutive

### 7.1. Operazioni preliminari:

a. Individuazione del materiale da sottoporre a prova


Lo sperimentatore, dalla lavagna sita in laboratorio evince il campione di prova da mettere in lavorazione.

b. Preparazione del materiale da sottoporre a prova ai sensi della UNI EN 1097-3

Identificato il campione procede, come da UNI EN 932-2 punto10, alla quartatura dello stesso, al fine di ottenere quattro provini da sottoporre a prova (3 per la determinazione della massa volumica in mucchio ed 1 per la massa volumica reale delle particelle), non prima di aver sottoposto il campione ad essiccamento

c. Essiccazione del campione

Per eseguire l'essiccamento, lo sperimentatore ripone il campione in una teglia con biglietto di riconoscimento nel forno ad una temperatura di  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . Dopo un tempo opportuno effettua varie pesate sino a determinare la massa costante, ossia

	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>	<b>IO/LAB04/83</b>  REV00  DEL 03/04/09  Pagina 3 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> LI leganti idraulici	<input type="checkbox"/> CA calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> AG aggregati	<input type="checkbox"/> LM laterizi per murature	<input type="checkbox"/> LS laterizi per solai	<input type="checkbox"/> AC acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> AP acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> AL Acciai da laminati e profilati
----------------	---	---	---	--	---	---	--	---

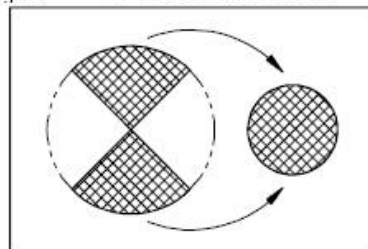
quella che per pesate successive ad intervallo di un'ora non differisce più dello 0,1%.

Nel caso di campione formato da aggregati leggeri (ossia aventi massa volumica particellare non maggiore di 2000kg/m<sup>3</sup> (2,00Mg/m<sup>3</sup>) o massa volumica in mucchio non maggiore di 1200kg/m<sup>3</sup> (1,20Mg/m<sup>3</sup>), come da UNI EN 13055-1) dopo l'essiccamento si potrà, ove opportuno, lasciare che il campione raggiunga un equilibrio di umidità a (23±5)°C con umidità relativa del (50±10)%

d. Operazione di quartatura

Per eseguire la quartatura, al termine dell'essiccamento, lo sperimentatore procede a: porre il campione di laboratorio sulla superficie di lavoro; mescolare attentamente il campione con la sessola ammucchiandolo a formare un cono e rovesciandolo a formare un altro cono; ripetere per tre volte questa operazione; nel formare i coni, posa ogni sessola riempita sulla sommità del nuovo cono, in modo tale che l'aggregato scenda da tutti i lati del cono e sia uniformemente distribuito e le varie granulometrie si mescolino adeguatamente; appiattire il terzo cono ottenuto battendo la sessola con movimento verticale sulla sommità del cono più volte, fino a formare un mucchietto piatto che abbia diametro e spessore uniformi; dividere in quarti il mucchietto appiattito lungo le diagonali intersecantesi ad angolo retto (a tal fine si faccia riferimento alla figura 6 esplicativa estratta dalla norma); scartare una coppia di quarti opposti e riunire con la sessola il rimanente in un mucchietto; ripetere il procedimento di mescolamento e quartatura fino a che non viene ottenuta la porzione di prova specificata. A tal fine ciascun provino dovrà avere una massa compresa tra il 120 e il 150% di quella necessaria a riempire il recipiente

UNI EN 932-2 **Riduzione del campione**  
figura 6 **tramite quartatura**



e. Minuta di Prova


Si munisce della Minuta di Prova per la registrazione dei dati della prova

## 7.2. Esecuzione della prova

AI SENSI DELLA UNI EN 1097-3

### 7.2.1 Determinazione della percentuale dei vuoti intergranulari

- Lo sperimentatore, ai fini dell'esecuzione della prova, pesa il recipiente vuoto, asciutto e pulito, determinando la sua massa ( $m_1$ ) e registra tale valore sulla MIN
- Colloca il recipiente su una superficie orizzontale e lo riempie fino all'orlo utilizzando la paletta. Durante il riempimento del recipiente, riduce al minimo la segregazione appoggiando

	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>	<b>IO/LAB04/83</b>  REV00 DEL 03/04/09 Pagina 4 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> <b>LI</b> leganti idraulici	<input type="checkbox"/> <b>CA</b> calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> aggregati	<input type="checkbox"/> <b>LM</b> laterizi per murature	<input type="checkbox"/> <b>LS</b> laterizi per solai	<input type="checkbox"/> <b>AC</b> acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> <b>AP</b> acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> <b>AL</b> Acciai da laminati e profilati
----------------	--	--	--	---	--	--	---	--

- la paletta sul bordo superiore dello stesso. A tal fine, il bordo della paletta non deve mai superare il bordo del recipiente oltre 50mm
- Rimuove con attenzione l'aggregato in eccesso dalla parte superiore del recipiente assicurandosi che la superficie sia regolare per evitare la segregazione
  - Livella la superficie superiore dell'aggregato con la riga facendo attenzione a non compattarla. Qualora ciò non sia praticabile, livellare la superficie con la mano, cercando di approssimare nel modo più preciso possibile il volume degli aggregati alla capacità del recipiente
  - Pesa il recipiente pieno, determinando la sua massa ( $m_2$ ) e registra tale valore sulla MIN arrotondandolo allo 0,1% più prossimo
  - Svuota e pulisce il contenitore, ripetendo l'operazione per i rimanenti due provini
  - Individua il quarto provino prelevato, e determina la massa reale delle particelle essiccate nella stufa o pre-essiccate, secondo il procedimento espresso nella IO/LAB04/73
  - Al termine dell'ultima operazione di prova, ripone il residuo del campione di prova sul carrello che successivamente sarà depositato nell'area di stoccaggio del materiale provato per almeno 20 gg.
  - Firma la Minuta di Prova

### 7.3. Riferimenti di calcolo

AI SENSI DELLA UNI EN 1097-3

#### 7.3.1 Determinazione della percentuale dei vuoti intergranulari

Per ciascun provino (i), la massa volumica in mucchio si calcola con la formula:

$$\rho_{b,i} = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ in cui:}$$


- $\rho_{b,i}$  = massa volumica in mucchio, in megagrammi al metro cubo, in relazione al provino (i) di riferimento
- $m_1$  = massa del recipiente vuoto, in kilogrammi;
- $m_2$  = massa del recipiente e del provino (i) di riferimento, in kilogrammi;
- $V$  = capacità del recipiente, in litri (nel caso in esame pari a 20dm<sup>3</sup>)

La massa volumica in mucchio del campione di prova,  $\rho_b$ , si esprime come media dei tre valori individuati, arrotondata al secondo decimale per aggregati normali e al terzo decimale per aggregati leggeri.

La percentuale di vuoti intergranulari,  $v$ , è la proporzione volumetrica dei vuoti nel recipiente

e si calcola mediante l'equazione seguente:  $v = \frac{\rho_p - \rho_b}{\rho_p} \cdot 100$  in cui:

- $v$  = la percentuale di vuoti intergranulari, in %
- $\rho_b$  = massa volumica in mucchio, in megagrammi al metro cubo, del campione di prova

	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>	<b>IO/LAB04/83</b>  REV00 DEL 03/04/09 Pagina 5 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> <b>LI</b> leganti idraulici	<input type="checkbox"/> <b>CA</b> calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> aggregati	<input type="checkbox"/> <b>LM</b> laterizi per murature	<input type="checkbox"/> <b>LS</b> laterizi per solai	<input type="checkbox"/> <b>AC</b> acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> <b>AP</b> acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> <b>AL</b> Acciai da laminati e profilati
----------------	--	--	--	---	--	--	---	--

- $\rho_p$  = massa volumica delle particelle essiccate nella stufa o pre-essiccate, in megagrammi al metro cubo, determinata in conformità alla UNI EN 1097-6 sul quarto provino prelevato dal campione originario di prova

AI SENSI DEL CNR BU n.65/78

### 7.3.2 Determinazione della porosità

La porosità dei granuli di un aggregato, che rappresenta il rapporto percentuale tra il volume dei vuoti interni ai granuli (pori) ed il volume apparente dei granuli (materiale solido più vuoti endogranulari), viene calcolato con riferimento alla seguente formula:

$$p\% = \frac{\gamma_r - \gamma_g}{\gamma_r} \cdot 100 \text{ in cui:}$$

- $\gamma_r$  = massa volumica reale dei granuli, calcolata ai sensi del CNR BU n.64/78
- $\gamma_g$  = massa volumica apparente dei granuli, calcolata ai sensi del CNR BU n.63/78

Il valore della porosità (p) deve essere arrotondato alla seconda cifra decimale.

### 7.3.3 Determinazione della percentuale dei vuoti

La percentuale dei vuoti di un aggregato, che rappresenta il rapporto percentuale tra il volume dei vuoti intergranulari ed il volume totale dell'aggregato apparente dei granuli (volume dei granuli più volume dei vuoti), viene calcolato con riferimento alla seguente formula:

$$v\% = \frac{\gamma_g - \gamma}{\gamma_g} \cdot 100 \text{ in cui:}$$

- $\gamma_g$  = massa volumica apparente dei granuli, calcolata ai sensi del CNR BU n.63/78
- $\gamma$  = massa volumica apparente dell'aggregato, calcolata ai sensi del CNR BU n.62/78

Il valore della percentuale dei vuoti (v) deve essere arrotondato alla seconda cifra decimale.


### 7.3.4 Determinazione dell'indice dei vuoti

L'indice dei vuoti di un aggregato, che rappresenta il rapporto percentuale tra il volume dei vuoti intergranulari ed il volume apparente dei granuli dell'aggregato (materiale solido più vuoti endogranulari), viene calcolato con riferimento alla seguente formula:

$$i_v = \frac{\gamma_g - \gamma}{\gamma} \text{ in cui:}$$

- $\gamma_g$  = massa volumica apparente dei granuli, calcolata ai sensi del CNR BU n.63/78
- $\gamma$  = massa volumica apparente dell'aggregato, calcolata ai sensi del CNR BU n.62/78 per aggregati non addensati e ai sensi del CNR BU n.76/80 per aggregati addensati

Il valore dell'indice dei vuoti ( $i_v$ ) deve essere arrotondato alla seconda cifra decimale.

	<b>ISTRUZIONE OPERATIVA:</b> <b>PERCENTUALE DEI VUOTI INTERGRANULARI</b> <b>(DI AGGREGATI NON ADDENSATI ESSICCATI IN MUCCHIO)</b>		<b>IO/LAB04/83</b>  REV00 DEL 03/04/09 Pagina 6 di 6

<b>SETTORE</b>	<input type="checkbox"/> LI leganti idraulici	<input type="checkbox"/> CA calcestruzzi	<input checked="" type="checkbox"/> AG aggregati	<input type="checkbox"/> LM laterizi per murature	<input type="checkbox"/> LS laterizi per solai	<input type="checkbox"/> AC acciai da c. a.	<input type="checkbox"/> AP acciai da c. a. p.	<input type="checkbox"/> AL Acciai da laminati e profilati
----------------	---	---	---	--	---	---	--	---

## 8. Esposizione dei risultati

I dati riportati sulla MIN servono per la successiva certificazione che oltre ai dati individuativi del certificato di prova ed alle notizie fornite dal Committente conterrà:

- Normativa di riferimento
- Identificazione del campione e i dati inerenti gli aggregati costituenti il campione (dichiarati)
- Riferimenti del verbale di prelievo del campione (data e numero dichiarati)
- Identificazione dei provini ricavati dal campione
- Il valore della massa volumica in mucchio dei tre provini (in Mg/m<sup>3</sup>), in caso di prova ai sensi della UNI EN 1097-3
- Il valore della massa volumica in mucchio del campione di prova (in Mg/m<sup>3</sup>) arrotondato al secondo decimale per aggregati normali e al terzo decimale per aggregati leggeri, in caso di prova ai sensi della UNI EN 1097-3
- Il valore della massa volumica in mucchio dei tre provini (in Mg/m<sup>3</sup>), in caso di prova ai sensi della UNI EN 1097-3
- Il valore della massa volumica reale delle particelle del quarto provino (in Mg/m<sup>3</sup>), in caso di prova ai sensi della UNI EN 1097-3
- La percentuale dei vuoti intergranulari, in %, in caso di prova ai sensi della UNI EN 1097-3
- I valori della porosità,  $p$ , dei granuli; della percentuale dei vuoti,  $v$ , degli aggregati addensati e non addensati; dell'indice dei vuoti,  $i_v$ , degli aggregati addensati e non addensati, in caso di prova ai sensi del CNR BU n.65/78
- La data di prova