

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Laurea Specialistica in Ingegneria Civile

Orientamento Infrastrutture di Trasporto



**PROPOSTA DI UNA PROCEDURA PER
LA COMPATTAZIONE IN
LABORATORIO DI PIASTRE IN
CONGLOMERATO BITUMINOSO**

Relatore: Prof. Ing. Emanuele Toraldo

Elaborato di:

Corti Giacomo matr. 734920

Pagani Alessandro, matr. 732140

A.A. 2009 – 2010

Desideriamo ringraziare il Prof. Ing. Emanuele Toraldo per averci sapientemente guidato in questo percorso di tesi, l'Ing. Edoardo Mariani per l'indispensabile confronto e l'aiuto continuo e l'impresa Bacchi per averci permesso di utilizzare i suoi impianti per il taglio dei provini.

Giacomo Corti

Alessandro Pagani

INDICE

| | |
|--|----|
| ABSTRACT | 6 |
| 1. INTRODUZIONE | 8 |
| 2. I ROLLER COMPACTORS | 11 |
| 2.1. LA NORMA UNI EN 12697 – 33:2003 | 11 |
| 2.2. COMPATTATORE CON RUOTE GOMMATE | 13 |
| 2.3. COMPATTATORE CON RULLO LISCIO D’ACCIAIO | 14 |
| 2.4. COMPATTATORE CON USO DI SLIDING PLATES | 16 |
| 2.5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL ROLLER COMPACTOR B120/26 | |
| TECNOTEST | 17 |
| 2.5.1. ASSEMBLAGGIO DELLO STAMPO | 20 |
| 2.5.2. MOVIMENTAZIONE E INSERIMENTO DELLO STAMPO | 21 |
| 2.5.3. NORME DI SICUREZZA E RISCHI RESIDUI | 22 |
| 2.5.4. COMPATTAZIONE | 23 |
| 2.5.5. ORMAIAMENTO | 27 |
| 3. OBIETTIVI, PIANO SPERIMENTALE E MATERIALI UTILIZZATI | 28 |
| 3.1. OBIETTIVI | 29 |
| 3.2. PIANO SPERIMENTALE | 30 |

| | |
|--|-----|
| 3.3. MATERIALI UTILIZZATI | 35 |
| 4. ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI | 42 |
| 4.1. PROCEDURA STANDARD | 42 |
| 4.1.1. CONSIDERAZIONI PROCEDURA STANDARD | 49 |
| 4.2. PROCEDURA A MASSA CORRETTA | 51 |
| 4.2.1. CONSIDERAZIONI PROCEDURA A MASSA CORRETTA | 59 |
| 4.3. PROCEDURA A CICLI APERTI | 60 |
| 4.3.1. CALIBRAZIONE MASSA A CICLI APERTI | 68 |
| 4.3.2. CONSIDERAZIONI PROCEDURA A CICLI APERTI | 73 |
| 4.4. CONSIDERAZIONI FINALI | 74 |
| 5. PROCEDURA DI COMPATTAZIONE | 78 |
| 5.1. PROCEDURA OTTIMIZZATA | 78 |
| 5.2. PROCEDURA SEMPLIFICATA | 79 |
| 6. CONCLUSIONI | 81 |
| BIBLIOGRAFIA | 83 |
| ALLEGATI | 85 |
| INDICE DELLE FIGURE | 105 |
| INDICE DELLE TABELLE | 106 |

INDICE DEI GRAFICI 107

INDICE DEGLI ALLEGATI 107

ABSTRACT

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è la definizione di una procedura per la compattazione in laboratorio di piastre in conglomerato bituminoso tramite il *roller compactor* B120/26 progettato dalla Tecnotest di Modena.

Tale procedura deve rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 12697 – 33 per il metodo di compattazione con *sliding plates* che prevede un carico costante $F \pm 20\%$ in grado di compattare il provino tra 10 e 30 passate, quindi tra 5 e 15 cicli di carico.

Al termine della prova le piastre devono essere omogenee, dello spessore desiderato dall'utente e con un indice dei vuoti ideale del 4%. Le piastre così confezionate possono essere utilizzate per essere sottoposte a test di ormaiamento oppure per l'estrazione di provini da sottoporre a prove successive.

La procedura standard prevede una prima fase di livellamento del materiale a partire da un carico di 0,1 kN, in controllo di deformazione con incremento di 0,5 mm/ciclo per 10 cicli di carico. La seconda fase rappresenta la compattazione vera e propria sotto carico costante di 17 kN fino al raggiungimento dello spessore desiderato o del numero massimo di cicli imposti da normativa.

Ciascuna piastra realizzata è stata in seguito suddivisa in 15 provini per un'agevole determinazione della massa volumica apparente e dell'indice dei vuoti.

Seguendo la procedura imposta dalla normativa, però, pur ottenendo lastre omogenee si ottiene un indice dei vuoti superiore a quello desiderato, pertanto sono

state realizzate piastre variando i parametri in gioco: la massa inserita nello stampo è stata aumentata a seconda dello scarto tra il volume dei vuoti raggiunto ed il desiderato e per i materiali più grossolani il numero massimo di cicli è stato aperto.

In questo modo l'indice dei vuoti calcolato è pari a quello corretto. Dunque, la procedura di compattazione ottimizzata prevede che, a partire dai risultati ottenuti su due piastre di calibrazione compattate con un numero di cicli aperto e con massa inserita calcolata tramite la normativa, vengano in seguito realizzate piastre omogenee, sempre dello spessore desiderato e con indice dei vuoti del 4%.

1. INTRODUZIONE

Le sperimentazioni in laboratorio sulle miscele di conglomerato bituminoso dovrebbero essere in grado di simulare fedelmente le reali condizioni in sito, soprattutto in termini di procedure e metodologie di compattazione.

La compattazione è il processo mediante il quale il volume d'aria in una miscela di conglomerato bituminoso viene ridotto usando carichi esterni per riorganizzare gli aggregati avvicinandoli tra loro il più possibile, aumentando quindi la densità della miscela stessa. Una buona compattazione infatti influenza in maniera positiva le prestazioni di una pavimentazione in termini di durabilità e di resistenza alle deformazioni permanenti. ^[7]



Figura 1.1 Esempio di *roller compactors*

È stato infatti dimostrato in studi precedenti che le condizioni di progettazione delle miscele in laboratorio devono essere il più possibile rispondenti a quelle in situ, altrimenti le stesse non risulterebbero adeguate alle prestazioni effettivamente

richieste.^[8]

Da tali considerazioni è quindi importante che i metodi e le procedure di compattazione in laboratorio permettano di confezionare campioni aventi caratteristiche volumetriche (densità e indice dei vuoti) e meccaniche (resistenza a trazione indiretta, resistenza all'ormaiamento e modulo di rigidità) paragonabili a quelle raggiungibili in vera grandezza.^[5]

Per tali motivi nel corso degli anni sono stati sviluppati metodi ed attrezzature di compattazione differenti tra loro con lo scopo di riprodurre le azioni dinamiche di compattazione indotte dai rulli compattatori (figura 1.1.). Ad oggi le tecniche di compattazione comunemente adottate in laboratorio sono la metodologia Marshall o mediante pressa a taglio giratorio, anche se ultimamente sono state implementate attrezzature in grado di simulare le reali condizioni di compattazione, tra le quali differenti tipologie di *roller compactors*.

I *roller compactors* non vengono molto utilizzati come dotazione standard nei laboratori sperimentali stradali, in quanto, oltre ad essere ingombranti e costosi, necessitano del consumo di molto materiale e presentano difficoltà nel raggiungere l'indice dei vuoti desiderato.^[9]

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è la definizione di una procedura per la compattazione in laboratorio tramite *roller compactor* di piastre in conglomerato bituminoso al fine di ottenere piastre omogenee e con le caratteristiche volumetriche desiderate.

Le piastre così confezionate potranno poi essere utilizzate per sottoporle a test di ormaiamento oppure per l'estrazione di campioni da sottoporre a ulteriori prove.

2. I ROLLER COMPACTORS

2.1. LA NORMA UNI EN 12697 – 33:2003



Figura 2.1 Logo dell'European Committee for Standardization

La norma descrive i metodi per compattare provini parallelepipedi di miscele di conglomerato bituminoso da utilizzare per prove successive oppure da sottoporre a taglio per ricavarne provini. La norma prevede i seguenti metodi di compattazione: metodi che utilizzano ruote gommate, metodi che utilizzano un rullo d'acciaio applicato direttamente sulla miscela bituminosa oppure con *sliding plates*. Per ciascun metodo la normativa stabilisce le dimensioni dello stampo entro cui inserire il materiale alla temperatura di compattazione compresa tra 140° e 180° a seconda della tipologia di materiale. ^[3]

La massa M in kg del conglomerato bituminoso, che deve essere introdotta nello stampo, è funzione della massima densità ρ_m in kg/m^3 del conglomerato, delle dimensioni (L lunghezza, l larghezza, e spessore in mm) del provino e dell'indice dei vuoti v in % secondo la seguente relazione:

$$M = 10^{-6} \cdot L \cdot l \cdot e \cdot \rho_m \cdot \frac{100 - \%V}{100}$$

Metodo con ruote gommate

Il metodo utilizza dispositivi dotati di una singola ruota o di ruote gemellate equipaggiati con gomme lisce e gonfiate ad una pressione compresa tra 2 e 5 ± 0,03 MPa. La macchina deve essere in grado di applicare un carico compreso tra 1 e 10 kN ± 5% e deve poter operare sia in controllo di carico sia in controllo di deformazione. La velocità relativa tra ruote e stampo deve essere costante e compresa tra 200 e 500 mm/s ± 10%.

Metodo con rullo liscio d'acciaio

La macchina deve essere in grado di applicare un carico statico F tale che

$$\frac{F}{l \cdot 2D} \geq 10^{-5}$$

dove l è la larghezza interna dello stampo in mm e D è il diametro del rullo espresso in mm. Il carico deve essere anche tale da ottenere il grado di compattazione desiderato in un numero di passate compreso tra 10 e 50. Il carico di compattazione può essere costante ± 20% oppure con incremento di carico. In questo caso il carico deve essere modulato in maniera tale da raggiungere l'altezza o l'indice dei vuoti desiderati.

Metodo con uso di *sliding plates*

Questo metodo è utilizzato solamente per la preparazione di provini a indice dei vuoti specificato. Il numero n di *sliding plates* di spessore t deve essere tale che n x t sia leggermente inferiore alla lunghezza interna dello stampo. In questo modo le

sliding plates possono scorrere liberamente durante la compattazione e nel contempo viene impedito che la miscela bituminosa entri tra le *sliding plates* stesse. Oltre ad un rullo d'acciaio, sulle *sliding plates* può anche scorrere un rullo segmentato di diametro ed angolo adeguati alle dimensioni dello stampo. La norma indica anche una velocità di scorrimento di 250 ± 100 mm/s. Il carico applicato deve essere costante $\pm 20\%$ durante la prova e dovrebbe essere in grado di compattare il provino tra 10 e 30 passate.

2.2. COMPATTATORE CON RUOTE GOMMATE



Figura 2.2.1 Esempio di *roller compactor* con ruote gommate

L'apparecchiatura è essenzialmente costituito da una cella di carico che compatta il provino attraverso una ruota gommata liscia visibile in figura 2.2.1.

La ruota può essere singola o gemellata. In questo modo è possibile simulare la compattazione in situ effettuata dai più grandi rulli gommati sia sull'asse posteriore che anteriore.

Le macchine che utilizzano questo metodo generalmente sono in grado di fornire un carico massimo di 30 kN e sono progettate per funzionare sia in controllo di carico che di deformazione. Le lastre prodotte hanno dimensioni quadrate o rettangolari con uno spessore variabile tra 40 a 120 mm. Lo spessore viene impostato dall'utente o agendo meccanicamente su un dado di regolazione o tramite interfaccia software. In questo modo è possibile compattare una certa massa di materiale alla densità obiettivo. Alcune tipologie di *roller compactor* a ruota gommata liscia sono in grado di applicare anche un'azione vibrante durante la compattazione.

2.3. COMPATTATORE CON RULLO LISCIO D'ACCIAIO

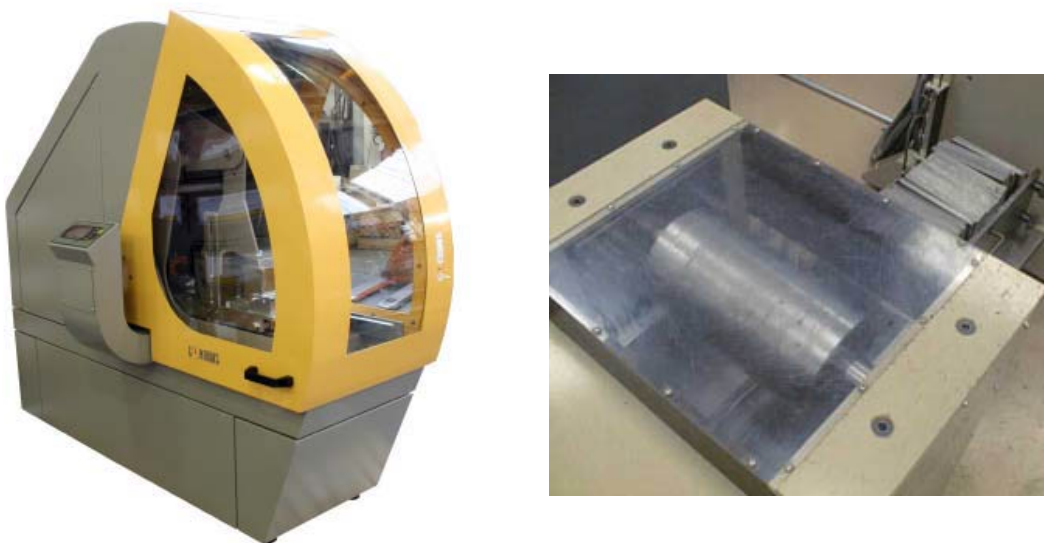


Figura 2.3.1 Esempi di *roller compactors* con rullo liscio d'acciaio

Il macchinario è composto da una fustella metallica e da un rullo compattatore d'acciaio. Il rullo può muoversi avanti e indietro all'interno della fustella oppure può essere la fustella a muoversi su un piano mobile. Rulli e tavole possono anche essere vibranti. Un particolare tipo di compattatore con rullo liscio d'acciaio è *Turamesin*,

sviluppato presso l'università di Putra in Malesia e illustrato in figura 2.3.2. Questo compattatore di miscele di conglomerato bituminoso è in grado di fornire anche una pendenza variabile tra 0° e 20° per poter poi utilizzare i campioni anche per lo *skid test*, analisi sulla formazione delle fessure e del comportamento dell'acqua sulla pavimentazione stradale. *Turamesin* può fornire un carico massimo di 10 kN attraverso un sistema pneumatico. [8]

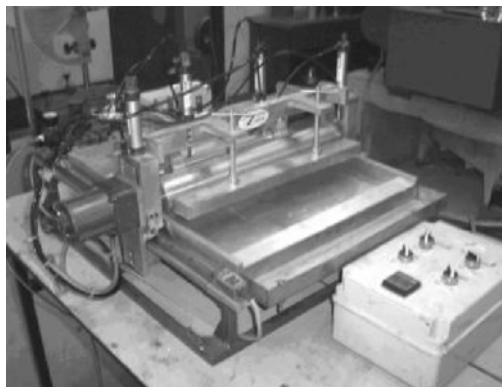


Figura 2.3.2 *Roller compactor Turamesin*

Questo particolare *roller compactor* è stato oggetto di un approfondito studio per definire i parametri significativi per la compattazione di piastre di conglomerato bituminoso. Nel corso dello studio sono state realizzate nove lastre con differenti combinazioni di carico applicato e numero di passaggi. Le lastre poi sono state suddivise in nove provini, di cui è stata calcolata la massa volumica. Si è verificato che l'indice dei vuoti diminuisce all'aumentare del numero di passate e del carico applicato. Questo andamento risulta essere significativo fino alle 80 passate. Aumentando ulteriormente il numero di passate, pur aumentando il carico la densità apparente non riesce più a crescere e di conseguenza l'indice dei vuoti non

diminuisce ulteriormente. Proseguire oltre con l'operazione di compattazione può essere dannoso per la struttura del conglomerato stesso. [6]

Da questa analisi è risultato evidente come la densità apparente e l'indice dei vuoti sono direttamente correlati fra di loro. Al termine dello studio su *Turamesin*, è stato definito che per ottenere un indice dei vuoti del 4%, ideale per le miscele di conglomerato bituminoso, occorre applicare un carico di 8 kN per 75 passate. *Turamesin* è in grado compattare una lastra in 15 minuti, dato che ogni passaggio del rullo dura circa 12 secondi. [8]

2.4. COMPATTATORE CON USO DI SLIDING PLATES

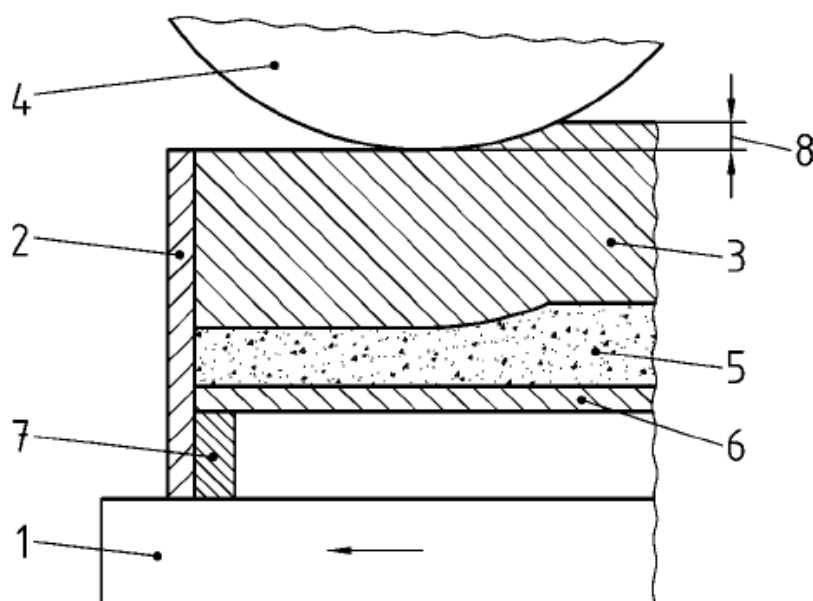


Figura 2.4.1 Schema di funzionamento del metodo con *sliding plates*

1 – tavola mobile, 2 – parete della fustella, 3 – *sliding plate*, 4 – rullo, 5 – c.b., 6 – fondo della fustella, 7 – distanziale, 8 – differenza di altezza tra due *sliding plates*

In queste tipologie di compattatori la miscela di conglomerato bituminoso è posta in uno stampo e caricata attraverso una serie di piastre in acciaio allineate

verticalmente. In figura 2.4.1 è riportato lo schema di funzionamento presente nella normativa di riferimento. Un rullo d'acciaio trasmette il carico attraverso le *sliding plates* alla miscela, che si compatta in una piastra con spessori e densità predeterminati. Queste macchine vengono anche dette *kneading compactors*, perché solo una parte della miscela viene compattata al passaggio del rullo: in questo modo gli aggregati vengono meno stressati durante la prova. Generalmente la durata della compattazione varia tra i 5 e i 15 minuti.

2.5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL ROLLER

COMPACTOR B120/26 TECNOTEST



Figura 2.5.1 Roller Compactor di Tecnotest s.r.l.

La caratteristica peculiare del *roller compactor/wheel tracker* B120/26 progettata e

costruita dall'impresa Tecnotest s.r.l. di Modena è l'integrazione di due funzioni distinte in un unico sistema; la prima consente di ottenere lastre di conglomerato bituminoso a densità controllata, la seconda riguarda il test d'ormaiamento.

Per la costipazione si utilizza il sistema *kneading*, che consiste nell'interporre tra rullo e conglomerato bituminoso una serie di *sliding plates* libere di traslare reciprocamente in direzione verticale, guidati dalle superfici interne dello stampo. Il test d'ormaiamento è conforme al tipo *small size* della normativa con possibilità di scegliere tra le due procedure previste.

L'integrazione dei due modi d'utilizzo è resa possibile dalla particolare architettura della macchina visibile nella figura 2.5.2: il rullo cilindrico è sostituito da due dischi coassiali affacciati che scorrono su appendici laterali delle *sliding plates*. Rimuovendo queste ultime, i dischi possono scendere oltre il bordo dello stampo così da presentare al conglomerato la ruota centrale delegata all'ormaiamento.



Figura 2.5.2 Cella di carico

Sotto il profilo meccanico, la macchina è composta da un asse orizzontale mosso da

un motore accoppiato ad un gruppo vite-chiocciola a ricircolo di sfere e da un asse verticale mosso da un martinetto alimentato da una servo valvola pneumatica. Tre sono i sensori installati: un *encoder* per la posizione dell'asse orizzontale, un trasduttore magnetostrittivo per la posizione dell'asse verticale ed una cella di carico per la forza. Ciascuno di detti sensori può essere assunto a riferimento dal sistema di retroazione che fa capo al computer, di tipo *touch screen* riportato nella figura 2.5.3.



Figura 2.5.3 Pannello operatore

Il vano di prova è racchiuso in una cella climatica ventilata con termoregolazione automatica fino a 60°C per le procedure di ormaiamento.

All'operatore è richiesta l'impostazione dei parametri di base e delle procedure; lo svolgimento della prova, l'acquisizione delle misure d'interesse, la loro elaborazione e la compilazione dei rapporti è svolta in maniera completamente automatica.

Le specifiche tecniche della macchina sono le seguenti:

- alimentazione elettrica: 380 V, 16 A, trifase + N + T, 6000 W

- alimentazione pneumatica: aria deoleata e deumidificata a pressione 10 bar
- carico massimo fornito dal pistone: 20 kN
- dimensioni: 1850 x 800 x 1990 (h) mm
- peso: 800 kg

2.5.1. ASSEMBLAGGIO DELLO STAMPO

Lo stampo (figura 2.5.1.1) risulta costituito da una piastra di base e quattro piastre verticali. L'assemblaggio dello stampo avviene attraverso dodici viti a testa esagonale e due viti a brugola. In prossimità di ognuno dei quattro spigoli verticali è previsto infatti l'inserimento di tre viti a testa esagonale. Al fine di completare l'assemblaggio è previsto l'inserimento delle due viti a brugola in basso, al centro, sia sulla piastra frontale che su quella posteriore.



Figura 2.5.1.1 Stampo assemblato sul carrello

La piastra frontale e posteriore sono caratterizzate da una direzione di assemblaggio orizzontale in virtù di apposite spine di centraggio posizionate sulla piastra di base; quelle laterali, da una direzione di assemblaggio verticale.

2.5.2. MOVIMENTAZIONE E INSERIMENTO DELLO STAMPO

Al fine di agevolare la movimentazione dello stampo e del suo contenuto viene fornito in dotazione un carrello porta stampo ad altezza variabile dotato di apparato riscaldante. Quest'ultimo è stato introdotto per facilitare il riscaldamento dello stampo prima di effettuare una compattazione. Il piano del carrello è dotato di piste adatte al rotolamento dello stampo su appositi rullini. E' stata poi introdotta una sede per le leve di movimentazione. Al fine di fissarle correttamente allo stampo occorre inserirle nei profili a C dello stampo stesso. Per assicurare le leve allo stampo occorre infine inserire gli appositi perni nelle sedi previste.



Figura 2.5.2.1 Tavola mobile

All'interno della camera interna alla macchina è presente una tavola mobile (figura 2.5.2.1) dotata di quattro fori filettati che consentono il fissaggio dello stampo attraverso quattro viti fornite in dotazione.

2.5.3. NORME DI SICUREZZA E RISCHI RESIDUI

Le norme che seguono devono essere osservate scrupolosamente al fine di evitare danni fisici per l'operatore e guasti irreparabili alla macchina.

- Non ostruire o danneggiare i tubi delle connessioni pneumatiche; qualora si ipotizza un loro danneggiamento provvedere all'immediata sostituzione.
- Utilizzare la macchina in ambienti caratterizzati da un'illuminazione sufficiente.
- La macchina e l'apparato di riscaldamento del carrello non devono mai essere lasciati in funzione senza sorveglianza. In caso di sospensione prolungata o definitiva delle operazioni è obbligatorio spegnerli.
- In caso di guasto e/o cattivo funzionamento della macchina, del carrello o degli accessori agire immediatamente sul fungo di emergenza e quindi sull'interruttore generale.
- È vietato l'utilizzo della macchina, del carrello e degli accessori se un dispositivo di sicurezza risulti mal funzionante o danneggiato.
- Non accedere in nessun caso alla camera di prova se l'apparato movimentato orizzontalmente e/o verticalmente non è fermo o nella condizione di fine corsa superiore e quindi di ancoraggio, attraverso le calamite, a telaio. È vietato in ogni caso porre le mani nella zona sottostante l'apparato movimentato verticalmente, al fine di evitare lo schiacciamento degli arti superiori.
- È vietato il contatto con qualsiasi parte della macchina, del carrello o accessorio sottoposta a riscaldamento senza avere indossato guanti che garantiscano

- I rischi che, nonostante le misure di sicurezza adottate, permangono derivano dalla presenza del pericolo di scossa elettrica, di intossicazione, di ustione e di schiacciamento degli arti superiori e inferiori.

2.5.4. COMPATTAZIONE

Dal pannello operatore occorre avviare il software fornito. Prima di qualsiasi operazione è necessario effettuare la calibrazione della tavola mobile per la ricerca dello zero relativo all'asse orizzontale e sganciare dai fermi magnetici l'apparato di compattazione.

Nello stampo vengono inseriti uno o più distanziali sulla piastra di base e su di essi il supporto mobile su cui verrà posto il conglomerato bituminoso.



Figura 2.5.4.1 Distanziali a croce per compattazione

È fornito in dotazione un set di distanziali con assemblaggio "a croce" (figura 2.5.4.1). I valori di H sono: 10 mm, 20 mm, 35 mm, 40 mm, 50 mm, 80 mm.

Per calcolare l'altezza complessiva del distanziale che occorre inserire si deve tener conto che le *sliding plates* dovranno affondare nello stampo almeno per 2 cm dopo l'inserimento del conglomerato e che la loro corsa massima sarà di 6 cm.

Inseriti i distanziali, si montano le piastre laterali e posteriore e si posiziona lo stampo sull'apparato riscaldante del carrello, che deve essere in posizione bloccata. Lo stampo viene coperto con l'apposito coperchio coibentato necessario a sfavorire la dissipazione del calore fornito dalle piastre. Il coperchio è anche dotato di apposita sede per l'inserimento di una sonda di temperatura.

Mentre avviene l'operazione di riscaldamento dello stampo, in un forno vengono inserite le *sliding plates* e il materiale che servirà per la compattazione. In dotazione è fornito un set di trentadue *sliding plates* forate e di due *sliding plates* piene ma di spessore inferiore.

Quando il materiale, lo stampo e *sliding plates* raggiungono la temperatura desiderata il coperchio coibentato viene rimosso e si procede unguendo di grasso la superficie interna allo stampo, interessata dal contatto col conglomerato bituminoso. Il supporto mobile viene coperto con un foglio di carta da forno, facilmente rimovibile in fase di sfustellamento della piastra.

Il conglomerato, precedentemente riscaldato fino a temperatura di compattazione compresa tra 170° e 180°C, viene inserito all'interno dello stampo avendo cura di disporlo nella maniera più omogenea possibile come illustrato nella figura 2.5.4.2.



Figura 2.5.4.2 Disposizione del materiale

Le *sliding plates* vengono immerse sui bordi dello stampo tramite le due aste di ausilio (figura 2.5.4.3). Le due *sliding plates* più sottili devono essere collocate agli estremi, a contatto con le piastre laterali dello stampo onde evitare la risalita del materiale entro le *sliding plates*.



Figura 2.5.4.3 Inserimento delle *sliding plates*

Il carrello viene sbloccato e portato a contatto con la parte anteriore della macchina, avendo cura che le guide di scorrimento dello stampo siano centrate rispetto alle sedi che andranno ad accoglierlo sulla tavola mobile. Il piano delle guide del carrello

deve essere posto lievemente più in alto di 2÷3 mm rispetto al livello del piano della tavola mobile all'interno della camera di prova. Attraverso le leve si movimentano lo stampo sulle apposite guide e si inserisce all'interno della camera di prova dove viene fissato alla tavola mobile.

Dal pannello operatore, oltre all'anagrafica del provino, si inseriscono i parametri di prova. Il software consente di poter fissare il carico iniziale e finale, l'incremento di carico per ciclo, l'incremento di deformazione per ciclo, il numero massimo di cicli e lo spessore finale della piastra desiderato.

La prova termina al raggiungimento dello spessore desiderato oppure al raggiungimento del numero massimo di cicli impostati.



Figura 2.5.4.4 Inizio della prova di compattazione

Al termine della prova lo stampo viene rimosso dalla camera con le apposite leve e smontate le piastre verticali per poter togliere il supporto mobile e i distanziali. Tutti i dispositivi impiegati devono essere accuratamente puliti.

2.5.5. ORMAIAMENTO

Dopo aver avviato il software dal pannello operatore ed aver effettuato la calibrazione, nello stampo vanno inseriti i quattro distanziali per l'ormaiamento. Tali distanziali hanno la particolarità di essere altezza regolabile attraverso un accoppiamento vite – madre vite. Vi sono due ghiera che consentono la regolazione ed il blocco dell'altezza desiderata. Tali distanziali devono essere centrati nell'apposita piastra di centraggio e vanno a sostenere il supporto mobile che, a sua volta, regge la lastra che si desidera sottoporre al test (figura 2.5.5.1).

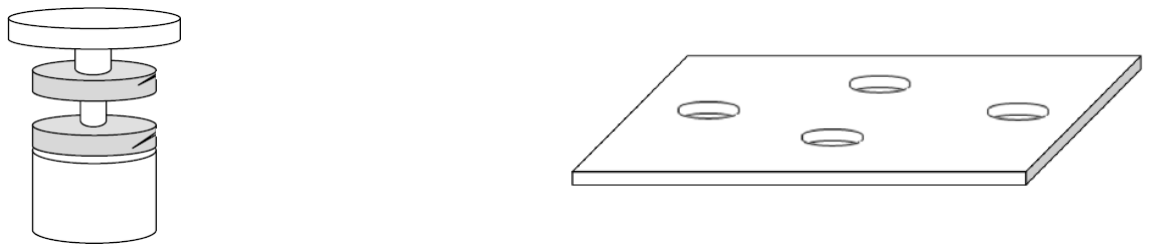


Figura 2.5.5.1 Distanziale e piastra di centraggio per ormaiamento

Una volta inserito lo stampo all'interno della camera di prova occorre collegare le sonde di temperatura alla macchina e fissarle all'interno del provino. Tramite il software si attiva la termostatazione che va mantenuta per il tempo necessario per l'acclimatamento del materiale. Dal pannello operatore, oltre all'anagrafica del provino, si inseriscono i parametri di prova. Il software consente di poter scegliere tra le tipologie di rilevamento dei dati a seconda delle due procedure previste dalla norma e di impostare il valore di carico, di numero massimo di cicli e la profondità massima del solco.

3. OBIETTIVI, PIANO SPERIMENTALE E

MATERIALI UTILIZZATI

La compattazione di piastre di conglomerato bituminoso in laboratorio viene utilizzata per caratterizzare il materiale dal punto di vista prestazionale e di composizione. Infatti, i produttori di conglomerati bituminosi dal 2008 hanno l'obbligo di apporre la marcatura CE ai loro prodotti destinati alle pavimentazioni stradali dopo averli sottoposti a prove di laboratorio.

Le piastre di conglomerato bituminoso vengono utilizzate per essere sottoposte a prove di ormaiamento attraverso una macchina ormaiola. Tali prove sono previste nell'approccio empirico e fornisce una misura della deformazione subita dal provino sottoposto al rotolamento ciclico di una ruota su cui agisce un carico assiale. Dalle piastre possono anche essere estratti travetti da sottoporre a prove di carico dinamiche. Il modulo di rigidezza è universalmente riconosciuto come il parametro rappresentativo delle prestazioni del conglomerato bituminoso, e viene misurato attraverso prove di laboratorio che riproducono, nel provino, le principali sollecitazioni che si creano all'interno della pavimentazione sottoposta al traffico veicolare. La prova a fatica per i conglomerati bituminosi consente di definire la resistenza del conglomerato bituminoso alle sollecitazioni cicliche. Tale prova prevede l'applicazione di un impulso di carico applicato con certe frequenze fino alla

rottura per fessurazione del materiale. Possono anche essere confezionati campioni cilindrici che vengono poi sottoposti a prove di taglio oppure di trazione indiretta. Tali prove per la caratterizzazione fondamentale del conglomerato bituminoso forniscono una misura sul grado di accumulo delle deformazioni plastiche di un materiale soggetto a carichi dinamici. Nelle piastre in conglomerato bituminoso è quindi importante poter controllare le caratteristiche geometriche, quale lo spessore, e le caratteristiche volumetriche, quali la massa volumica e l'indice dei vuoti ideale. Inoltre, le normative che regolano le suddette prove richiedono sempre l'omogeneità della lastra.

3.1. OBIETTIVI

Fatte queste premesse, l'obiettivo della sperimentazione, dunque, è quello di definire una procedura di compattazione che soddisfi le prescrizioni della norma UNI EN 12697 – 33 e che permetta di confezionare piastre omogenee dal punto di vista volumetrico con indice dei vuoti medio del $4\% \pm 0,5\%$. La norma afferma che, utilizzando il metodo con *sliding plates*, il *roller compactor* deve essere in grado di compattare il conglomerato bituminoso con un carico costante $F \pm 20\%$ all'altezza obiettivo $h_{\text{obiettivo}} \pm 2\text{mm}$. Il numero di passate dovrebbe essere tra 10 e 30, quindi tra 5 e 15 cicli. Tale procedura deve essere calibrata a seconda delle diverse tipologie di conglomerato bituminoso utilizzato: usura, binder e base.

3.2. PIANO SPERIMENTALE

La norma UNI EN 12697 – 33 definisce la massa M in kg di conglomerato bituminoso da inserire nello stampo e pari a:

$$M = 10^{-6} \cdot L \cdot l \cdot e \cdot \rho_m \cdot \frac{100 - v}{100}$$

Dove:

L lunghezza stampo in mm

l larghezza stampo in mm

e spessore desiderato della piastra in mm

ρ_m massima massa volumica del materiale in kg/m^3

v indice dei vuoti in %

L'indice dei vuoti desiderato è pari al 4%, mentre lo spessore desiderato delle piastre è di 50 mm. Le dimensioni dello stampo sono fissate e conformi alla norma: 500 x 260 mm. Le piastre debbono quindi avere un volume di 6500 cm^3 .

Dall'analisi di provini già realizzati con questa tipologia di *roller compactor* e con varie procedure, si è desunto che mediamente nei primi dieci cicli di compattazione il materiale versato all'interno della fustella non è in grado di opporre resistenza allo schiacciamento indotto dalle *sliding plates*. I valori di carico registrati sono prossimi allo zero e addirittura in alcuni punti del provino negativi. Anche l'andamento degli abbassamenti risulta essere altalenante, segno di una parziale redistribuzione del materiale all'interno dello stampo. Nei cicli successivi si registra invece un aumento

del carico e anche gli abbassamenti di spessore diventano più significativi.

Per questo motivo si è scelto di adottare una prima fase di precompattazione per il livellamento del materiale della durata di 10 cicli in controllo di deformazione con abbassamento di 0,5 mm/ciclo. La seconda fase invece rappresenta la compattazione vera propria con un carico costante di 17 kN e numero massimo di cicli pari a 15, come prescrive la norma. Tale valore di carico, peraltro, è molto prossimo al limite macchina di 20 kN e pertanto non è modificabile.

Si riassume nelle tabelle 3.2.1 e 3.2.2 la procedura di compattazione ora definita.

PRECOMPATTAZIONE

| | |
|----------------------------|--------|
| Carico iniziale | 0,1 kN |
| Carico finale | 17 kN |
| Incremento di carico | 0,3 kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 mm |
| Altezza desiderata | 50 mm |
| N° massimo cicli | 10 - |

Tabella 3.2.1 Parametri di precompattazione

COMPATTAZIONE

| | |
|----------------------------|--------|
| Carico iniziale | 17 kN |
| Carico finale | 17 kN |
| Incremento di carico | 0 kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 mm |
| Altezza desiderata | 50 mm |
| N° massimo cicli | 15 - |

Tabella 3.2.2 Parametri di compattazione

Definita questa prima procedura nel rispetto delle prescrizioni normative, si è scelto di confezionare due piastre per ciascun materiale utilizzato: usura, binder e base.

Al termine della prova di compattazione, atteso il raffreddamento del conglomerato

bituminoso, ciascuna lastra viene suddivisa in 15 provini di dimensioni 100 x 80 mm mediante sega a disco (figura 3.2.1).



Figura 3.2.1 Suddivisione e taglio della piastra

Per ciascun provino sono stati misurati gli spessori dei quattro lati al fine di verificare l'omogeneità della piastra e la rispondenza ai dati rilevati dalla macchina e, secondo quanto prescritto nelle parti 6 e 8 della norma UNI EN 12697, la massa volumica apparente e l'indice dei vuoti. Per il dettaglio di queste procedure si rimanda agli allegati I e II.

Il piano sperimentale descrive una procedura di compattazione standard conforme alle prescrizioni normative del metodo di compattazione con *sliding plates*. L'obiettivo è ottenere una piastra con indice dei vuoti del 4%.

Qualora la procedura standard non porti al risultato desiderato, allora occorrerebbe modificare i parametri di compattazione: massa inserita nello stampo e numero massimo di cicli di carico. Non si intende agire sul set up del software della *roller compactor*.

La modifica della massa si rende necessaria dalla possibile discordanza tra il volume

geometrico della piastra ed il volume effettivamente ottenuto in seguito alla compattazione. Infatti, senza correzione della massa, il rapporto tra massa inserita nello stampo e volume ottenuto definirebbe una massa volumica diversa da quella desiderata.

Se anche in questo caso la compattazione non dovesse restituire i risultati desiderati, occorrerebbe incrementare l'energia di compattazione aumentando il numero massimo di cicli. La variazione di questo parametro rappresenta un passaggio ulteriore verso una corretta compattazione del materiale, da aggiungersi alla correzione della massa inserita nello stampo.

Ad ogni piastra è stato assegnato un codice identificativo di cui si fornisce un esempio: F – COBIT_1-20101220.

La prima lettera indica il tipo di materiale: F per l'usura, B per il binder e TV per la base. COBIT_1 specifica la provenienza del materiale, mentre il numero 20101220 è la data di confezionamento della piastra espressa nella modalità anglosassone. Se due o più piastre del medesimo materiale sono state confezionate nella stessa data allora nel codice prima della data viene inserito un numero progressivo per distinguerle come nell'esempio riportato:

F – COBIT_1-120101220

F – COBIT_1-220101220

Si illustra il piano sperimentale seguito in figura 3.2.2 tramite un diagramma di flusso.

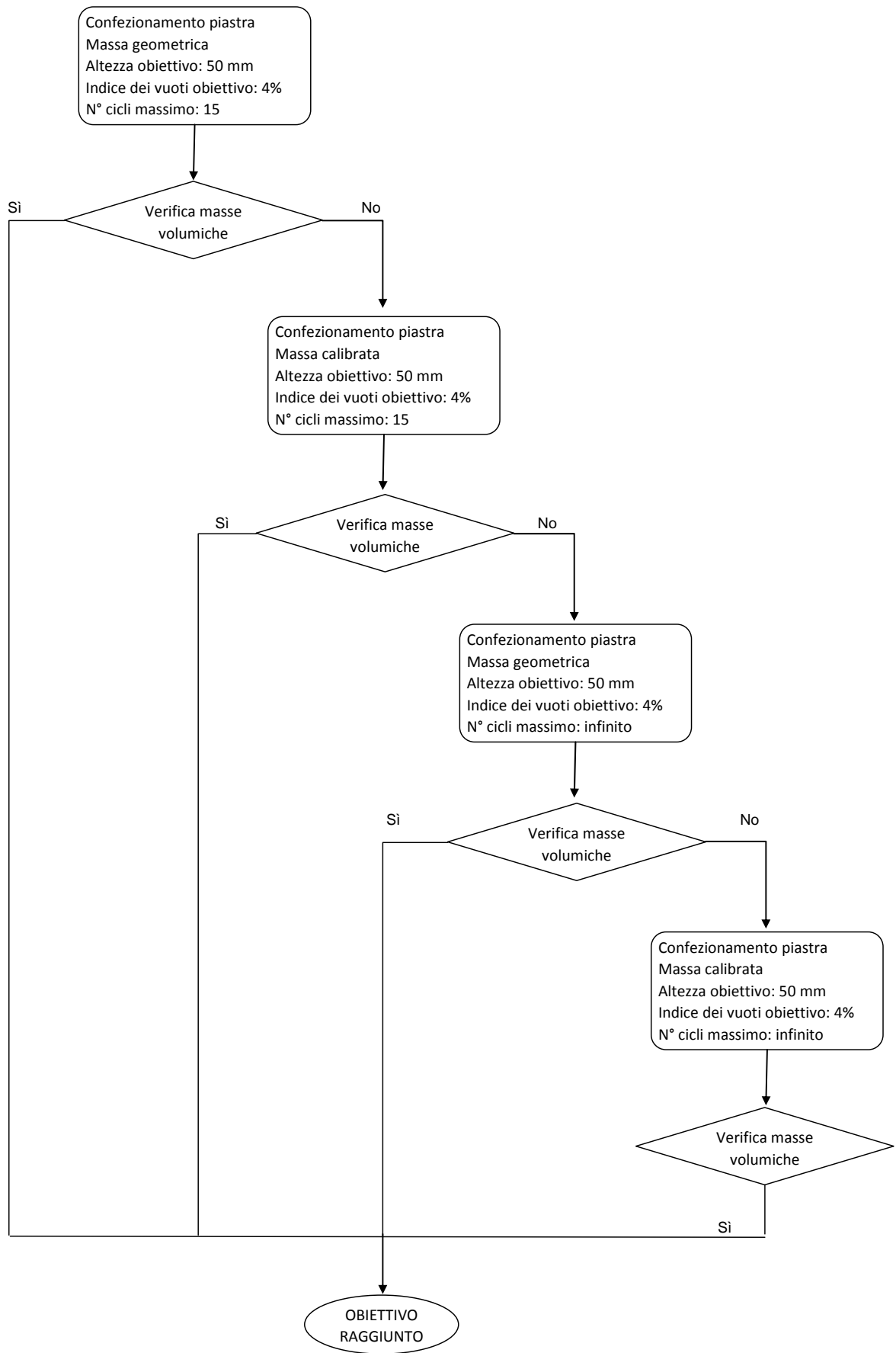


Figura 3.2.2 Diagramma di flusso del piano sperimentale

3.3. MATERIALI UTILIZZATI

Le miscele bituminose utilizzate per realizzare le piastre tramite il *roller compactor* sono state prelevate il 5 luglio 2010.

Le miscele sono state sottoposte a prove standardizzate per la loro caratterizzazione.

L'estrazione tramite tricloroetilene è necessaria per stabilire la percentuale di bitume. Al termine della prova, è stato possibile eseguire l'analisi granulometrica sugli aggregati al fine di determinare le frazioni geometriche del materiale. ^[7]

La determinazione della densità è stata effettuata utilizzando il picnometro.

Si riportano nei grafici e nelle tabelle successive i risultati ottenuti.

USURA 0/9 F – COBIT

Contenuto di bitume riferito agli aggregati 5,86 %

Contenuto di bitume riferito alla miscela 5,53 %

Massa volumica massima 2476 kg/m³

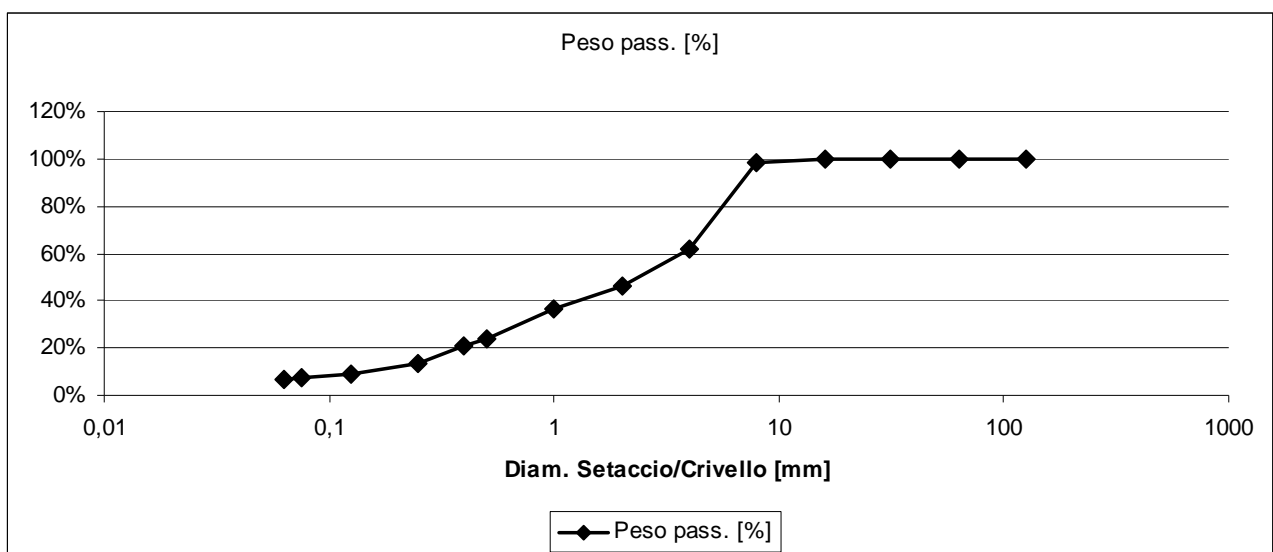


Grafico 3.3.1 Curva granulometrica F-COBIT

| UNI EN 933-1 | | Peso trattenuto | Peso progressivo | Peso passante |
|------------------------|---------|-----------------|------------------|---------------|
| SETACCI ISO 3310-1 e 2 | [mm] | [g] | [%] | [%] |
| | 125 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 63 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 31,5 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 16 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 8 | 18,89 | 1,4% | 98,6% |
| | 4 | 514,60 | 37,8% | 62,2% |
| | 2 | 729,91 | 53,7% | 46,3% |
| | 1 | 865,03 | 63,6% | 36,4% |
| | 0,5 | 1036,37 | 76,2% | 23,8% |
| | 0,4 | 1080,72 | 79,4% | 20,6% |
| | 0,25 | 1182,58 | 86,9% | 13,1% |
| | 0,125 | 1239,78 | 91,1% | 8,9% |
| | 0,075 | 1263,89 | 92,9% | 7,1% |
| 0,063 | 1271,63 | 93,5% | 6,5% | |
| Fondo [g] | | 1281,32 | 94,2% | 5,8% |
| Peso Iniziale [g] | | 1319,82 | | |

Tabella 3.3.1 Analisi granulometrica F-COBIT

| DETERMINAZIONE % DI BITUME | | |
|--------------------------------|---------|----------------|
| METODO ESTRAZIONE | | |
| CESTELLO + C.B. | A | 1592,64 |
| PESO CESTELLO | B | 195,53 |
| PESO C.B. | C=A-B | 1397,11 |
| PESO CEST. + AGGR. + FILLER 1 | D | 1476,85 |
| PESO AGGR. + FILLER 1 | E=D-B | 1281,32 |
| PESO BITUME + FILLER IN SOLUZ. | F=C-E | 115,79 |
| PESO VETRO + CROSTA FILLER 2 | I | 2067,11 |
| PESO VETRO | L | 2028,61 |
| PESO NETTO FILLER 2 | M=I-L | 38,50 |
| PESO NETTO BITUME | N=F-M | 77,29 |
| PESO NETTO INERTI | O=E+M | 1319,82 |
| % BITUME RIFERITA AGLI INERTI | N/O*100 | 5,86 |
| % BITUME RIFERITA AL C.B. | N/C*100 | 5,53 |

Tabella 3.3.2 Determinazione % bitume F-COBIT

| MASSA VOLUMICA MASSIMA | | | |
|--|---------|-------------|-------------|
| Picnometro numero | | 1 | 2 |
| Massa capsula + campione [g] | a | 478,01 | 478,42 |
| Massa capsula [g] | b | 172,65 | 172,66 |
| Massa campione [g] | c=a-b | 305,36 | 305,76 |
| Temperatura prova | d | 29°C | 30°C |
| Massa picnometro + acqua a t prova [g] | e | 781,54 | 781,41 |
| | f=c+e | 1086,90 | 1087,17 |
| Massa picnometro + acqua + campione [g] | g | 964,08 | 964,09 |
| | h=f-g | 122,82 | 123,08 |
| Densità acqua a t prova [kg/m ³] | i | 996,4000 | 996,2000 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | l=i*c/h | 2477 | 2475 |

Tabella 3.3.3 Determinazione massa volumica massima F-COBIT

BINDER 0/15 B – COBIT

Contenuto di bitume riferito agli aggregati 5,25 %

Contenuto di bitume riferito alla miscela 4,99 %

Massa volumica massima 2548 kg/m³

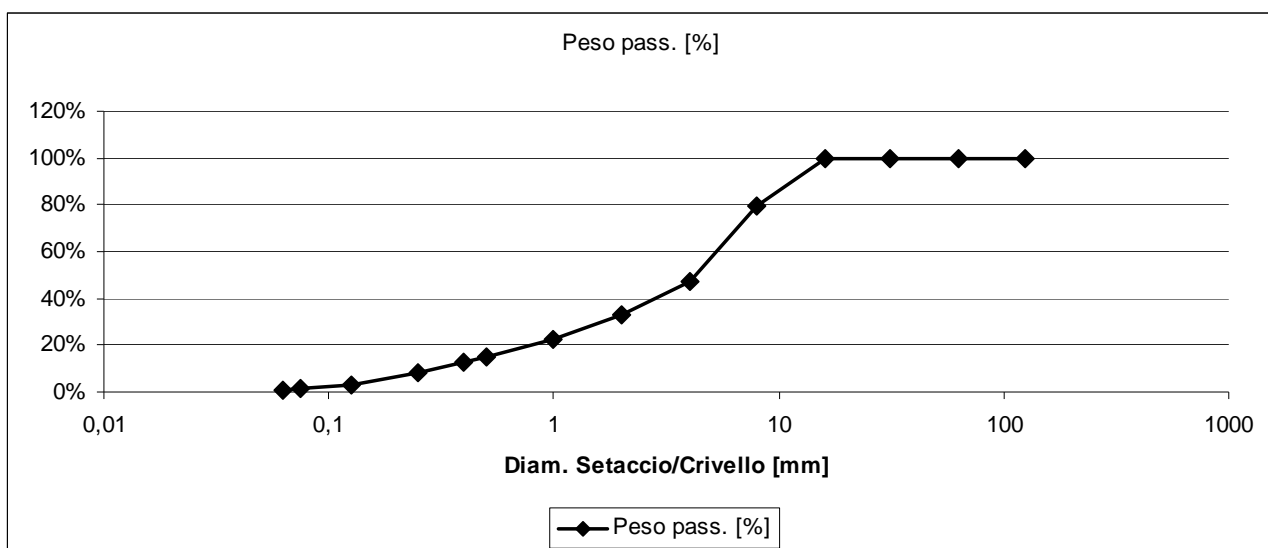


Grafico 3.3.2 Curva granulometrica B-COBIT

| UNI EN 933-1 | | Peso trattenuto | Peso progressivo | Peso passante |
|------------------------|-------|-----------------|------------------|---------------|
| SETACCI ISO 3310-1 e 2 | [mm] | [g] | [%] | [%] |
| | 125 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 63 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 31,5 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 16 | 6,53 | 0,5% | 99,5% |
| | 8 | 282,25 | 20,7% | 79,3% |
| | 4 | 719,03 | 52,9% | 47,1% |
| | 2 | 910,39 | 66,9% | 33,1% |
| | 1 | 1053,07 | 77,4% | 22,6% |
| | 0,5 | 1155,50 | 84,9% | 15,1% |
| | 0,4 | 1183,20 | 87,0% | 13,0% |
| | 0,25 | 1248,54 | 91,8% | 8,2% |
| | 0,125 | 1316,27 | 96,8% | 3,2% |
| | 0,075 | 1337,96 | 98,3% | 1,7% |
| | 0,063 | 1354,04 | 99,5% | 0,5% |
| Fondo [g] | | 1360,44 | 100,0% | 0,0% |
| Peso Iniziale [g] | | 1381,09 | | |

Tabella 3.3.4 Analisi granulometrica B-COBIT

| DETERMINAZIONE % DI BITUME | | |
|--------------------------------|---------|----------------|
| METODO ESTRAZIONE | | |
| CESTELLO + C.B. | A | 1648,88 |
| PESO CESTELLO | B | 195,33 |
| PESO C.B. | C=A-B | 1453,55 |
| PESO CEST. + AGGR. + FILLER 1 | D | 1555,77 |
| PESO AGGR. + FILLER 1 | E=D-B | 1360,44 |
| PESO BITUME + FILLER IN SOLUZ. | F=C-E | 93,11 |
| PESO VETRO + CROSTA FILLER 2 | I | 2049,37 |
| PESO VETRO | L | 2028,72 |
| PESO NETTO FILLER 2 | M=I-L | 20,65 |
| PESO NETTO BITUME | N=F-M | 72,46 |
| PESO NETTO INERTI | O=E+M | 1381,09 |
| % BITUME RIFERITA AGLI INERTI | N/O*100 | 5,25 |
| % BITUME RIFERITA AL C.B. | N/C*100 | 4,99 |

Tabella 3.3.5 Determinazione % bitume B-COBIT

| MASSA VOLUMICA MASSIMA | | |
|--|---------|-------------|
| Picnometro numero | | |
| Massa capsula + campione [g] | a | 551,31 |
| Massa capsula [g] | b | 172,65 |
| Massa campione [g] | c=a-b | 378,66 |
| Temperatura prova | d | 19°C |
| Massa picnometro + acqua a t prova [g] | e | 782,84 |
| | f=c+e | 1161,50 |
| Massa picnometro + acqua + campione [g] | g | 1013,11 |
| | h=f-g | 148,39 |
| Densità acqua a t prova [kg/m ³] | i | 998,4000 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | l=i*c/h | 2548 |

Tabella 3.3.6 Determinazione massa volumica massima B-COBIT

BASE 0/25 TV – COBIT

Contenuto di bitume riferito agli aggregati 4,44 %

Contenuto di bitume riferito alla miscela 4,25 %

Massa volumica massima 2465 kg/m³

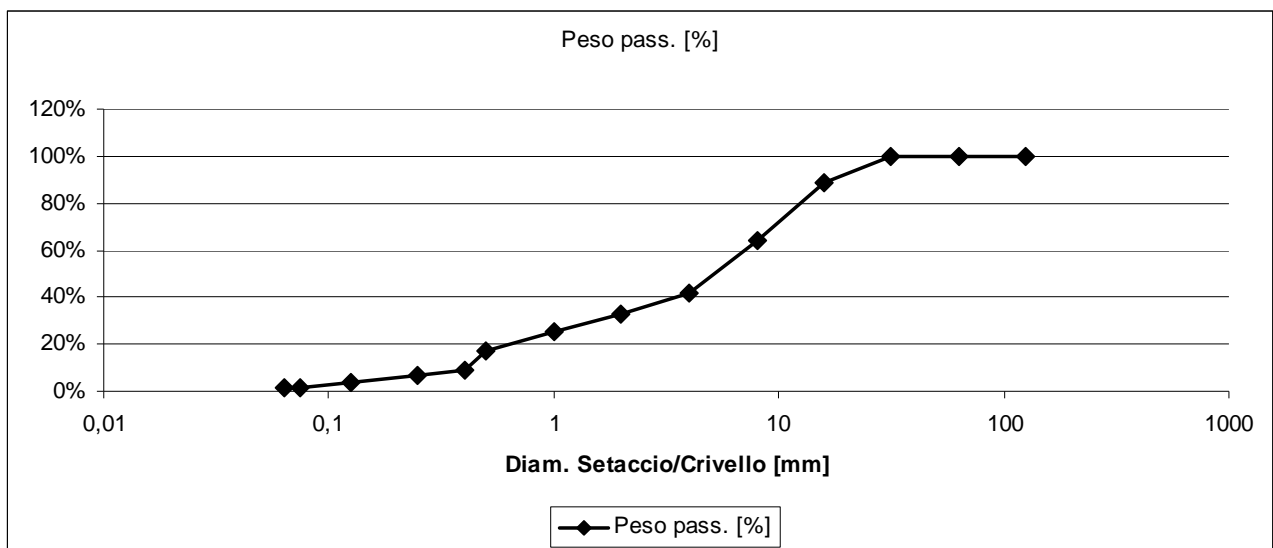


Grafico 3.3.3 Curva granulometrica TV-COBIT

| UNI EN 933-1 | | Peso trattenuto | Peso progressivo | Peso passante |
|------------------------|---------|-----------------|------------------|---------------|
| SETACCI ISO 3310-1 e 2 | [mm] | [g] | [%] | [%] |
| | 125 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 63 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 31,5 | 0,00 | 0,0% | 100,0% |
| | 16 | 161,98 | 11,2% | 88,8% |
| | 8 | 518,41 | 35,8% | 64,2% |
| | 4 | 838,57 | 58,0% | 42,0% |
| | 2 | 968,04 | 66,9% | 33,1% |
| | 1 | 1080,00 | 74,6% | 25,4% |
| | 0,5 | 1203,50 | 83,2% | 16,8% |
| | 0,4 | 1320,10 | 91,2% | 8,8% |
| | 0,25 | 1351,80 | 93,4% | 6,6% |
| | 0,125 | 1398,20 | 96,6% | 3,4% |
| | 0,075 | 1423,22 | 98,4% | 1,6% |
| 0,063 | 1429,93 | 98,8% | 1,2% | |
| Fondo [g] | | 1446,93 | 100,0% | 0,0% |
| Peso Iniziale [g] | | 1456,12 | | |

Tabella 3.3.7 Analisi granulometrica TV-COBIT

| DETERMINAZIONE % DI BITUME | | |
|--------------------------------|---------|----------------|
| METODO ESTRAZIONE | | |
| CESTELLO + C.B. | A | 1817,35 |
| PESO CESTELLO | B | 296,53 |
| PESO C.B. | C=A-B | 1520,82 |
| PESO CEST. + AGGR. + FILLER 1 | D | 1743,46 |
| PESO AGGR. + FILLER 1 | E=D-B | 1446,93 |
| PESO BITUME + FILLER IN SOLUZ. | F=C-E | 73,89 |
| PESO VETRO + CROSTA FILLER 2 | I | 1562,99 |
| PESO VETRO | L | 1553,8 |
| PESO NETTO FILLER 2 | M=I-L | 9,19 |
| PESO NETTO BITUME | N=F-M | 64,70 |
| PESO NETTO INERTI | O=E+M | 1456,12 |
| % BITUME RIFERITA AGLI INERTI | N/O*100 | 4,44 |
| % BITUME RIFERITA AL C.B. | N/C*100 | 4,25 |

Tabella 3.3.8 Determinazione % bitume TV-COBIT

| MASSA VOLUMICA MASSIMA | | | |
|--|---------|-------------|-------------|
| Picnometro numero | | 1 | 2 |
| Massa capsula + campione [g] | a | 575,43 | 575,47 |
| Massa capsula [g] | b | 172,69 | 172,65 |
| Massa campione [g] | c=a-b | 402,74 | 402,82 |
| Temperatura prova | d | 32°C | 32°C |
| Massa picnometro + acqua a t prova [g] | e | 781,22 | 781,15 |
| | f=c+e | 1183,96 | 1183,97 |
| Massa picnometro + acqua + campione [g] | g | 1030,67 | 1029,20 |
| | h=f-g | 153,29 | 154,77 |
| Densità acqua a t prova [kg/m ³] | i | 995,9000 | 995,8000 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | l=i*c/h | 2617 | 2592 |

Tabella 3.3.9 Determinazione massa volumica massima TV-COBIT

4. ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

L'analisi dei risultati deve poter mostrare la validità della procedura utilizzata in relazione ai parametri di riferimento: spessore del campione (50 mm), numero di cicli di compattazione (massimo 15) e indice dei vuoti desiderato (4%).

4.1 PROCEDURA STANDARD

Tutti i campioni sono stati sottoposti ad una prima fase di precompattazione al fine di livellare il materiale all'interno dello stampo, come descritto al paragrafo 3.2.

Vengono riportati di seguito i risultati della compattazione ottenuta su piastre di usura, binder e base seguendo le prescrizioni della norma UNI EN 12697 – 33.

Massa inserita nello stampo: $M = L \cdot l \cdot e \cdot TMD \cdot \left(\frac{100 - \%V}{100}\right)$

Range di variabilità del carico: $F \pm 20\%$

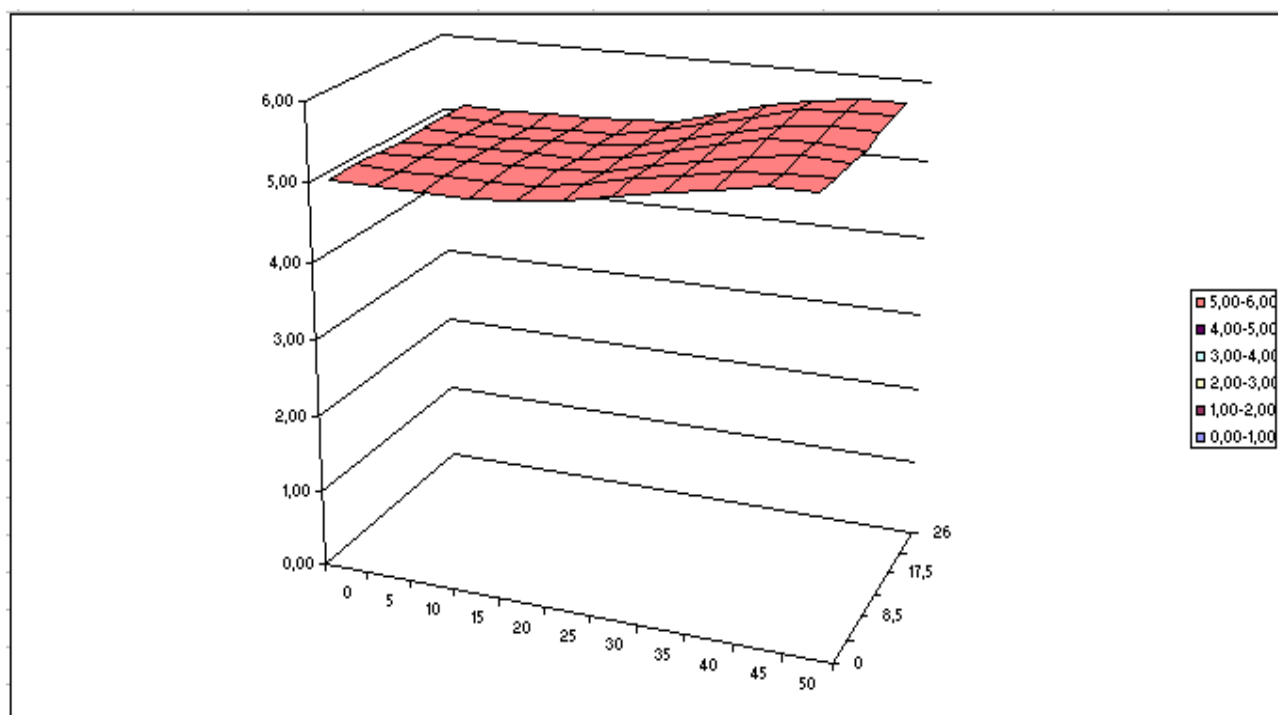
Numero di cicli: $N_c = 5 - 15$

Secondo quanto riportato sempre al paragrafo 3.2 la prova termina al raggiungimento dello spessore medio della piastra di 50 mm oppure al quindicesimo ciclo di carico.

PIASTRA DI USURA F-COBIT_1-120101008

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15450 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,86 | mm |
| N° cicli | 4 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,96 | mm |
| Indice dei vuoti | 7,05 | % |

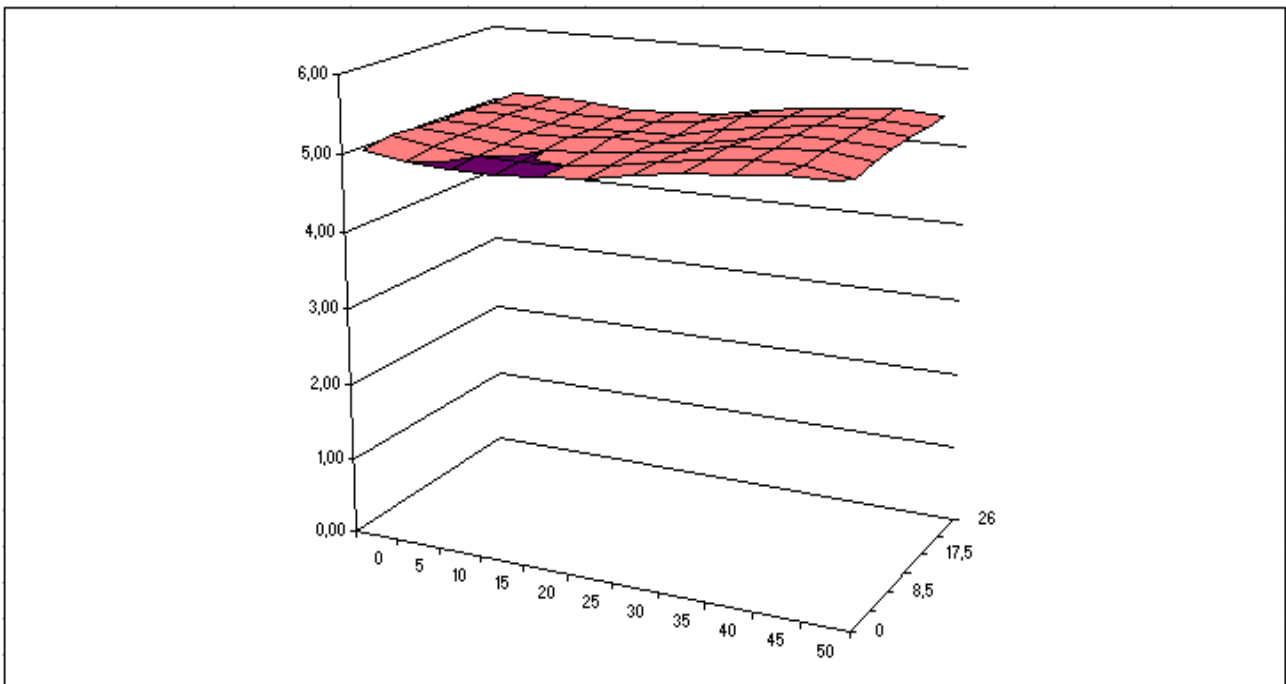
| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 55,3 | Altezza [mm] | 53,3 | Altezza [mm] | 51,6 | Altezza [mm] | 50,1 | Altezza [mm] | 49,3 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2298 | Massa volumica [kg/m ³] | 2287 | Massa volumica [kg/m ³] | 2302 | Massa volumica [kg/m ³] | 2303 | Massa volumica [kg/m ³] | 2297 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,2 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 7,2 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 55,5 | Altezza [mm] | 53,1 | Altezza [mm] | 51,8 | Altezza [mm] | 50,1 | Altezza [mm] | 49,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2292 | Massa volumica [kg/m ³] | 2291 | Massa volumica [kg/m ³] | 2287 | Massa volumica [kg/m ³] | 2290 | Massa volumica [kg/m ³] | 2297 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 | Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,2 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 55,0 | Altezza [mm] | 53,3 | Altezza [mm] | 51,5 | Altezza [mm] | 50,3 | Altezza [mm] | 50,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2304 | Massa volumica [kg/m ³] | 2297 | Massa volumica [kg/m ³] | 2312 | Massa volumica [kg/m ³] | 2307 | Massa volumica [kg/m ³] | 2303 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,9 | Contenuto di vuoti [%] | 7,2 | Contenuto di vuoti [%] | 6,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 |



PIASTRA DI USURA F-COBIT_1-220101008

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15450 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,85 | mm |
| N° cicli | 6 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,68 | mm |
| Indice dei vuoti | 6,54 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 49,9 | Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 52,6 | Altezza [mm] | 53,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2312 | Massa volumica [kg/m ³] | 2307 | Massa volumica [kg/m ³] | 2304 | Massa volumica [kg/m ³] | 2302 | Massa volumica [kg/m ³] | 2327 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 6,0 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 50,1 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 53,1 | Altezza [mm] | 53,6 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2301 | Massa volumica [kg/m ³] | 2291 | Massa volumica [kg/m ³] | 2303 | Massa volumica [kg/m ³] | 2313 | Massa volumica [kg/m ³] | 2307 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 6,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 50,4 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 53,1 | Altezza [mm] | 53,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2314 | Massa volumica [kg/m ³] | 2307 | Massa volumica [kg/m ³] | 2319 | Massa volumica [kg/m ³] | 2329 | Massa volumica [kg/m ³] | 2319 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,3 | Contenuto di vuoti [%] | 6,0 | Contenuto di vuoti [%] | 6,3 |



OSSERVAZIONI

Le piastre in conglomerato bituminoso di usura realizzate secondo la procedura standard presentano una differenza tra spessore raggiunto dalla macchina e spessore misurato con calibro di circa 2 mm. Si osserva inoltre che per entrambe le piastre non si è ottenuto l'indice dei vuoti desiderato.

La prova è terminata rispettivamente dopo 4 e 6 cicli di carico, al di sotto quindi del numero massimo di cicli indicato dalla normativa. Tuttavia l'indice dei vuoti troppo elevato (+3% circa) evidenzia un difetto nella procedura di compattazione utilizzata.

| Campione | Dati macchina | Dati rilevati | | Δ spessore | Δ indice vuoti |
|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| Cod. Provino | Spessore medio [mm] | Spessore medio [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] | [%] |
| F-COBIT 1-120101008 | 49,86 | 51,96 | 7,05 | 2,10 | 3,05 |
| F-COBIT 1-220101008 | 49,85 | 51,68 | 6,54 | 1,83 | 2,54 |
| MEDIA | 49,86 | 51,82 | 6,80 | 1,97 | 2,80 |

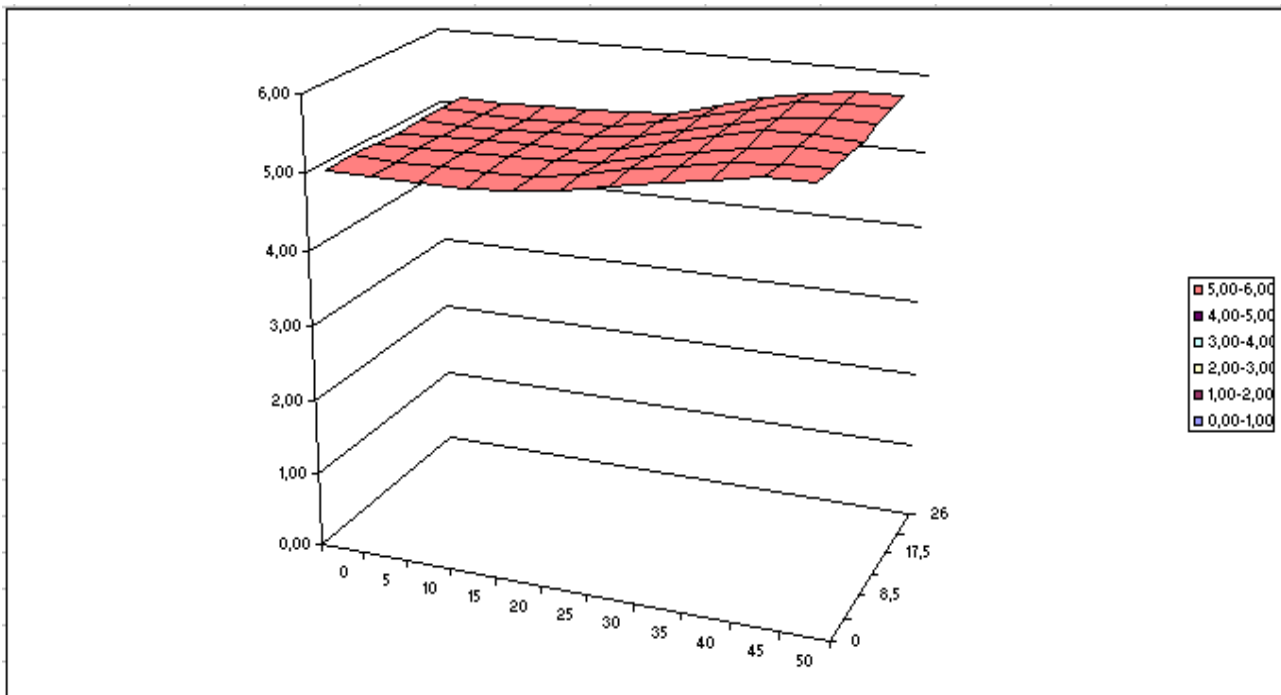
Tabella 4.1.1 Procedura standard piastre di usura

Le piastre in conglomerato bituminoso per lo strato di usura risultano omogenee in termini di spessori e distribuzione dei vuoti.

PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-20101021

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15900 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 51,26 | mm |
| N° cicli | 15 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 52,88 | mm |
| Indice dei vuoti | 7,76 | % |

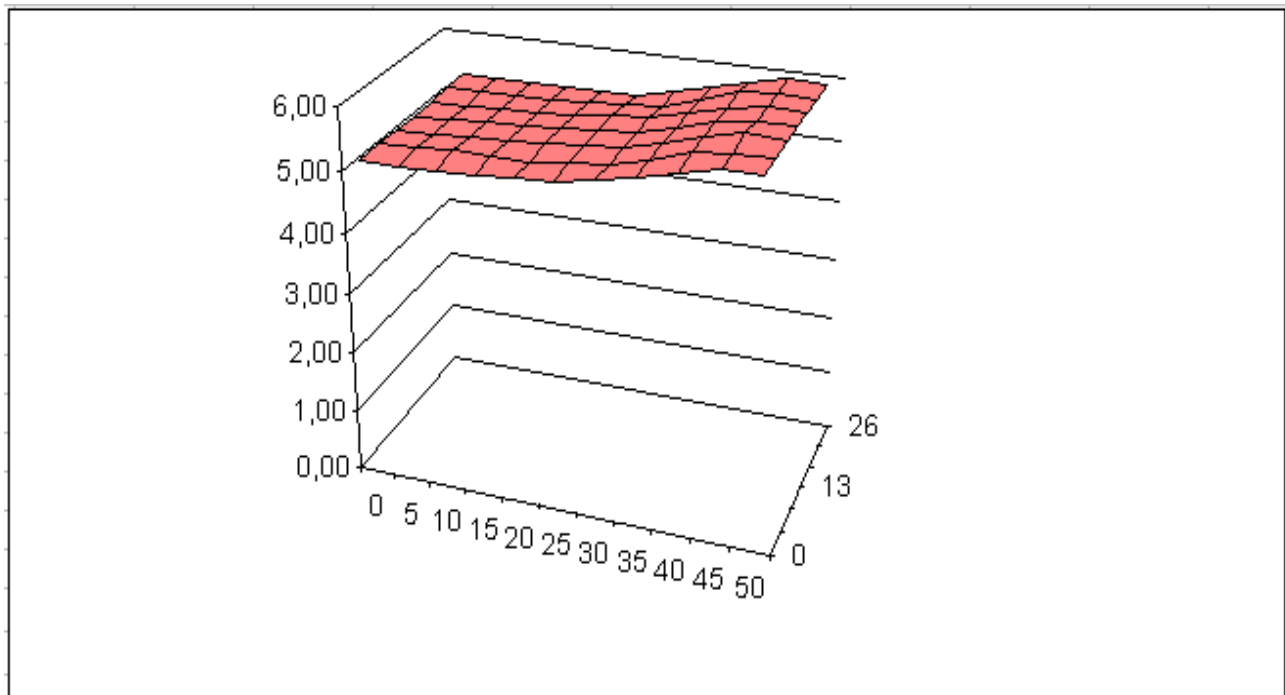
| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 51,6 | Altezza [mm] | 54,4 | Altezza [mm] | 55,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2361 | Massa volumica [kg/m ³] | 2353 | Massa volumica [kg/m ³] | 2348 | Massa volumica [kg/m ³] | 2362 | Massa volumica [kg/m ³] | 2350 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,7 | Contenuto di vuoti [%] | 7,8 | Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,8 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 54,8 | Altezza [mm] | 56,3 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2352 | Massa volumica [kg/m ³] | 2337 | Massa volumica [kg/m ³] | 2340 | Massa volumica [kg/m ³] | 2355 | Massa volumica [kg/m ³] | 2347 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,7 | Contenuto di vuoti [%] | 8,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,2 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 | Contenuto di vuoti [%] | 7,9 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 54,9 | Altezza [mm] | 57,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2351 | Massa volumica [kg/m ³] | 2351 | Massa volumica [kg/m ³] | 2339 | Massa volumica [kg/m ³] | 2362 | Massa volumica [kg/m ³] | 2347 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,7 | Contenuto di vuoti [%] | 7,7 | Contenuto di vuoti [%] | 8,2 | Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,9 |



PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-20101021

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16250 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 53,16 | mm |
| N° cicli | 15 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 54,81 | mm |
| Indice dei vuoti | 8,66 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 52,5 | Altezza [mm] | 52,9 | Altezza [mm] | 53,6 | Altezza [mm] | 56,0 | Altezza [mm] | 59,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2363 | Massa volumica [kg/m ³] | 2394 | Massa volumica [kg/m ³] | 2368 | Massa volumica [kg/m ³] | 2394 | Massa volumica [kg/m ³] | 2385 |
| Contenuto di vuoti [%] | 9,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 9,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,4 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 52,5 | Altezza [mm] | 53,0 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 56,0 | Altezza [mm] | 59,3 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2375 | Massa volumica [kg/m ³] | 2381 | Massa volumica [kg/m ³] | 2363 | Massa volumica [kg/m ³] | 2363 | Massa volumica [kg/m ³] | 2372 |
| Contenuto di vuoti [%] | 8,8 | Contenuto di vuoti [%] | 8,6 | Contenuto di vuoti [%] | 9,3 | Contenuto di vuoti [%] | 9,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,9 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 52,9 | Altezza [mm] | 53,4 | Altezza [mm] | 56,0 | Altezza [mm] | 58,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2404 | Massa volumica [kg/m ³] | 2375 | Massa volumica [kg/m ³] | 2386 | Massa volumica [kg/m ³] | 2388 | Massa volumica [kg/m ³] | 2376 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,7 | Contenuto di vuoti [%] | 8,8 | Contenuto di vuoti [%] | 8,4 | Contenuto di vuoti [%] | 8,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,8 |



OSSERVAZIONI

Le piastre in conglomerato bituminoso per gli strati di binder e base hanno spessori maggiori di quelli richiesti: in entrambi i campioni la prova si è conclusa al quindicesimo ciclo di carico senza aver raggiunto i 50 mm di spessore.

L'indice dei vuoti risente di questo aumento di spessore ed è maggiore di quello desiderato del 3,7% per la piastra di binder e del 4,7% per quella di base. Anche in questo caso la procedura di compattazione utilizzata non ha portato ai risultati desiderati.

Come per le piastre di usura, anche per le piastre di binder e base si osserva una differenza di circa 1,6 mm tra spessore fornito dalla macchina e spessore misurato con calibro.

| Campione | | Dati macchina | Dati rilevati | Δ Spessore |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Spessore medio [mm] | Spessore medio [mm] | [mm] |
| BINDER | B-COBIT 1-20101021 | 51,26 | 52,88 | 1,62 |
| BASE | TV-COBIT 1-20101021 | 53,16 | 54,81 | 1,65 |
| MEDIA | | 52,21 | 53,85 | 1,64 |

Tabella 4.1.2 Procedura standard piastre di binder e base

Le piastre di binder e base possono essere definite omogenee in termini di spessori e distribuzione dei vuoti; tuttavia, dai grafici riportati, si osserva la tendenza delle piastre ad avere uno spessore maggiore lungo il lato destro.

4.1.1 CONSIDERAZIONI PROCEDURA STANDARD

Spessore

Nelle piastre di base, binder e usura realizzate con procedura standard si riscontra una caratteristica costante: la tendenza della piastra a restare più alta lungo il lato destro. La non perfetta omogeneità nella distribuzione degli spessori può essere imputata al sistema di carico e, quindi, alla configurazione che le *sliding plates* assumono nei primissimi cicli di compattazione.

Inoltre, è possibile osservare una differenza tra gli spessori forniti dal software della macchina e gli spessori misurati in laboratorio per mezzo di calibro. Tale differenza è costante in tutte le piastre: lo spessore reale è sempre maggiore di quello fornito con differenze comprese tra 1,5 e 2 mm. Questo porta a pensare a possibili problemi di taratura della macchina. La differenza riscontrata è comunque trascurabile rispetto alle dimensioni in gioco purché le piastre riescano a raggiungere l'indice dei vuoti desiderato (4%).

Stando ai dati macchina, solo le piastre di usura hanno raggiunto lo spessore richiesto di 50 mm mentre binder e base si sono fermate rispettivamente a 51 e 53 mm. La compattazione si è dunque fermata prima di ottenere lo spessore richiesto avendo già raggiunto il numero massimo di cicli imposto.

Indice dei vuoti

L'indice dei vuoti non ha mai raggiunto il valore obiettivo del 4% . La spiegazione può comprendere più fattori: un certo margine di errore dovuto all'effetto parete

dello stampo sul materiale compattato, la relazione tra massa geometrica calcolata da normativa e il solido effettivamente ottenuto da compattazione, e lo spessore effettivo delle piastre maggiore dei 50 mm desiderati. Dalla semplice osservazione delle piastre si riscontra, infatti, una certa rugosità superficiale dovuta alla disposizione del materiale nello stampo che certamente altera l'indice dei vuoti.

Anche spessori maggiori, seppur entro limiti del tutto tollerabili, contribuiscono ad aumentare l'indice dei vuoti della piastra a parità di materiale inserito nello stampo.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti.

| Campione | | Dati macchina | Dati rilevati | | Δ spessore |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Altezza media [mm] | Altezza media [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] |
| USURA | F-COBIT 1-120101008 | 49,86 | 51,96 | 7,05 | 2,10 |
| | F-COBIT 1-220101008 | 49,85 | 51,68 | 6,54 | 1,83 |
| BINDER | B-COBIT 1-20101021 | 51,26 | 52,88 | 7,76 | 1,62 |
| BASE | TV-COBIT 1-20101021 | 53,16 | 54,81 | 8,66 | 1,65 |
| MEDIA | | | | | 1,80 |

Tabella 4.1.1.1 Procedura standard piastre di usura, binder e base

Cicli di carico

Solo le lastre di usura hanno raggiunto lo spessore richiesto fermandosi entro i 15 cicli indicati dalla normativa; binder e base richiedono evidentemente una energia di compattazione maggiore per raggiungere l'altezza e quindi l'indice dei vuoti richiesto. Se in seguito alla compattazione non è possibile raggiungere la densità ideale del materiale, allora lo scarto tra densità ottenuta e densità ideale altera inevitabilmente l'indice dei vuoti desiderato.

4.2 PROCEDURA A MASSA CORRETTA

Da queste considerazioni si deduce la necessità di modificare la procedura di compattazione al fine di arrivare ad ottenere piastre con il 4% dei vuoti. Considerando accettabile la differenza tra spessori forniti dalla macchina e spessori misurati rispetto allo spessore totale voluto, si stabilisce in prima approssimazione di correggere la quantità di materiale inserito nello stampo. Questo dovrebbe limitare l'errore dovuto all'effetto parete, alla configurazione superficiale della piastra e alla differenza tra spessori forniti e spessori misurati. Non si interviene quindi sul set up interno della macchina e sul numero massimo di cicli. La proiezione dei risultati restituisce ancora delle piastre compattate allo spessore di 50 mm, entro 15 cicli di carico ma con un indice di vuoti più basso in relazione alla quantità di materiale aggiunta nello stampo.

La massa da inserire viene calcolata come segue:

$$M = M_{EN} + M_{CORREZIONE} = L \cdot l \cdot e \cdot TMD \cdot \left[\frac{100 - \%V_{obiettivo}}{100} + (V_{reale} - V_{obiettivo}) \right]$$

I *vuoti reali* sono stimati come una media dei vuoti ottenuti nelle piastre a compattazione standard per gli strati di usura, binder e base.

V_{reali} usura 6,80 %

V_{reali} binder 7,76 %

V_{reali} base 8,66 %

Correzione della massa:

$$\text{USURA 0/9} \quad M = M_{\text{EN}} + M_{\text{CORREZIONE}} = 15.450 \text{ g} + 485 \text{ g} = 15.935 \text{ g}$$

$$\text{BINDER 0/15} \quad M = M_{\text{EN}} + M_{\text{CORREZIONE}} = 15.900 \text{ g} + 622 \text{ g} = 16.522 \text{ g}$$

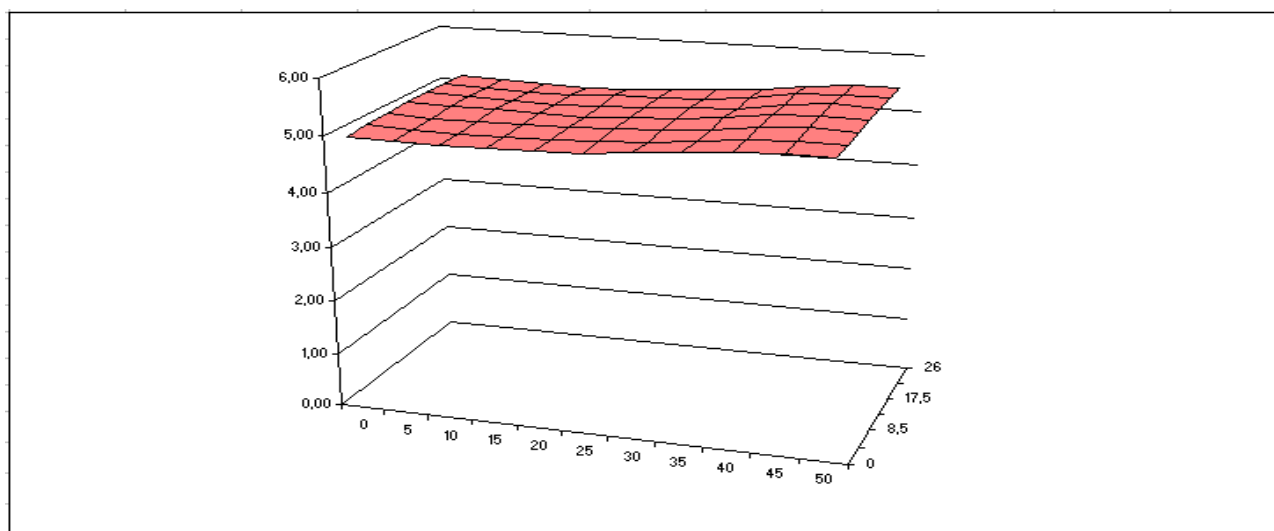
$$\text{BASE 0/25} \quad M = M_{\text{EN}} + M_{\text{CORREZIONE}} = 16.252 \text{ g} + 789 \text{ g} = 17.041 \text{ g}$$

PIASTRA DI USURA F-COBIT_1-20101021

VERIFICA A MASSA CORRETTA

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15933 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,91 | mm |
| N° cicli | 14 | |
| Spessore medio misurato | 51,50 | mm |
| Indice dei vuoti | 3,90 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,1 | Altezza [mm] | 50,1 | Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 53,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2381 | Massa volumica [kg/m ³] | 2378 | Massa volumica [kg/m ³] | 2385 | Massa volumica [kg/m ³] | 2379 | Massa volumica [kg/m ³] | 2386 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 3,6 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 50,4 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 53,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2378 | Massa volumica [kg/m ³] | 2372 | Massa volumica [kg/m ³] | 2373 | Massa volumica [kg/m ³] | 2385 | Massa volumica [kg/m ³] | 2380 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 50,5 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 52,1 | Altezza [mm] | 54,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2383 | Massa volumica [kg/m ³] | 2381 | Massa volumica [kg/m ³] | 2383 | Massa volumica [kg/m ³] | 2372 | Massa volumica [kg/m ³] | 2379 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 |

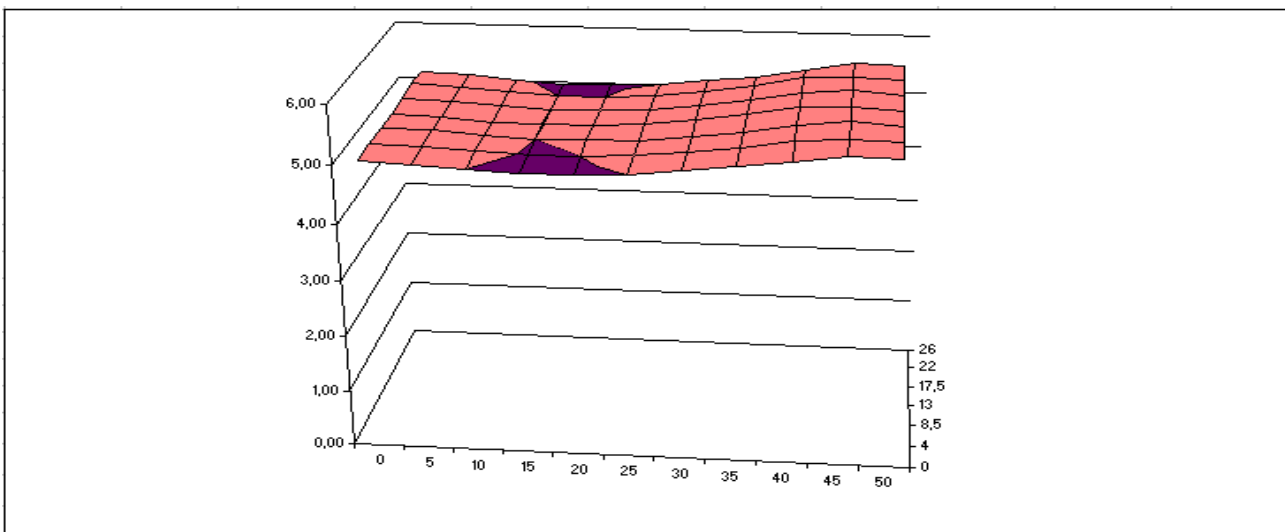


PIASTRA DI USURA F-COBIT_1-20101103

VERIFICA A MASSA CORRETTA

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15933 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,89 | mm |
| N° cicli | 14 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,66 | mm |
| Indice dei vuoti | 3,92 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 49,8 | Altezza [mm] | 50,3 | Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 54,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2383 | Massa volumica [kg/m ³] | 2374 | Massa volumica [kg/m ³] | 2377 | Massa volumica [kg/m ³] | 2388 | Massa volumica [kg/m ³] | 2386 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 3,5 | Contenuto di vuoti [%] | 3,6 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 50,0 | Altezza [mm] | 50,5 | Altezza [mm] | 52,8 | Altezza [mm] | 54,6 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2374 | Massa volumica [kg/m ³] | 2365 | Massa volumica [kg/m ³] | 2364 | Massa volumica [kg/m ³] | 2374 | Massa volumica [kg/m ³] | 2376 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 49,9 | Altezza [mm] | 50,4 | Altezza [mm] | 52,8 | Altezza [mm] | 54,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2385 | Massa volumica [kg/m ³] | 2381 | Massa volumica [kg/m ³] | 2384 | Massa volumica [kg/m ³] | 2389 | Massa volumica [kg/m ³] | 2384 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 3,5 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 |



OSSERVAZIONI

La compattazione dei campioni di usura a massa corretta si è fermata, per entrambe le piastre, al quattordicesimo ciclo di carico. Lo spessore fornito dalla macchina è di 50 mm e l'indice dei vuoti è conforme a quello desiderato: 4%.

Anche in questo caso si rileva una differenza tra spessori forniti e spessori misurati di circa 2 mm.

Rispetto alle piastre di usura standard, quelle realizzate a massa corretta necessitano di una energia di compattazione maggiore in relazione all'aumento di materiale inserito nello stampo. I quattordici cicli necessari a compattare il materiale con le caratteristiche desiderate rientrano comunque nelle indicazioni della normativa.

Si riporta di seguito in tabella 4.2.1 il confronto i risultati ottenuti con e senza correzione di massa.

| Campione | | Dati macchina | | | Dati rilevati | Δ spessore |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------------|------------|---------------------|-------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Spessore medio [mm] | Cicli [n°] | Spessore medio [mm] | [mm] |
| USURA | F-COBIT 1-120101008 | 15450 | 49,86 | 4 | 51,96 | 2,10 |
| | F-COBIT 1-220101008 | 15450 | 49,85 | 6 | 51,68 | 1,83 |
| | F-COBIT 1-20101021 | 15933 | 49,91 | 14 | 51,50 | 1,59 |
| | F-COBIT 1-20101103 | 15933 | 49,89 | 14 | 51,66 | 1,77 |
| MEDIA | | | 49,88 | | 51,70 | 1,82 |

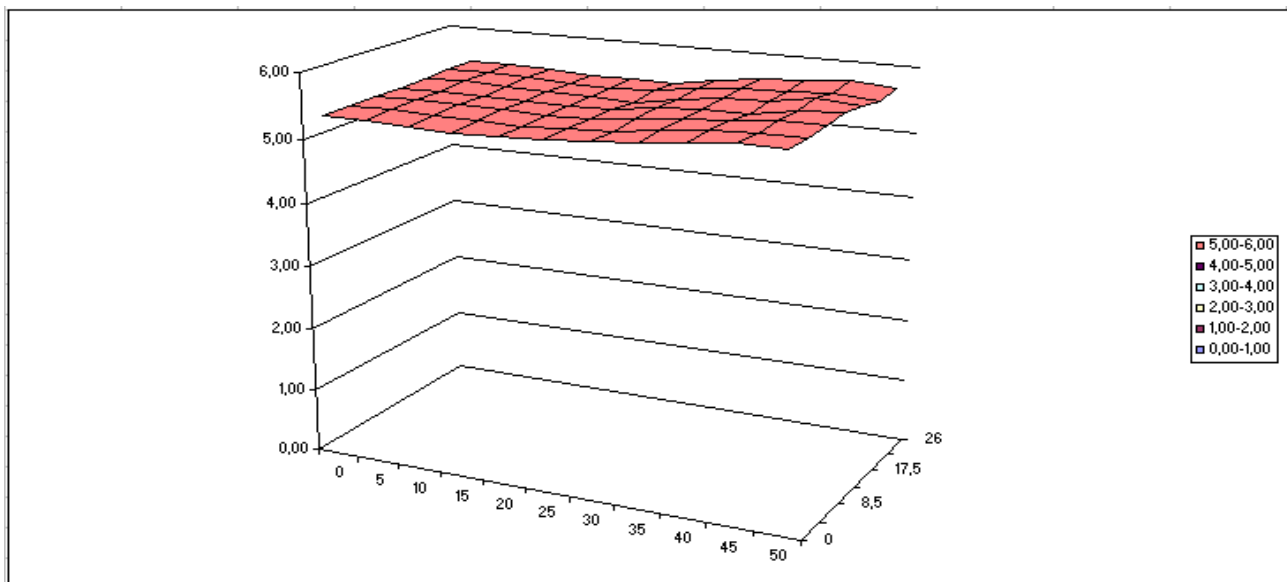
Tabella 4.2.1 Confronto tra procedura standard e a massa corretta piastre di usura

PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-20101102

VERIFICA A MASSA CORRETTA

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16522 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 52,65 | mm |
| N° cicli | 15 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 54,87 | mm |
| Indice dei vuoti | 7,68 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 53,8 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 55,4 | Altezza [mm] | 56,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2339 | Massa volumica [kg/m ³] | 2341 | Massa volumica [kg/m ³] | 2331 | Massa volumica [kg/m ³] | 2363 | Massa volumica [kg/m ³] | 2350 |
| Contenuto di vuoti [%] | 8,2 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,8 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 54,1 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 53,9 | Altezza [mm] | 55,5 | Altezza [mm] | 56,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2361 | Massa volumica [kg/m ³] | 2341 | Massa volumica [kg/m ³] | 2337 | Massa volumica [kg/m ³] | 2366 | Massa volumica [kg/m ³] | 2355 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 54,6 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 55,9 | Altezza [mm] | 56,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2366 | Massa volumica [kg/m ³] | 2355 | Massa volumica [kg/m ³] | 2356 | Massa volumica [kg/m ³] | 2370 | Massa volumica [kg/m ³] | 2354 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 | Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 |

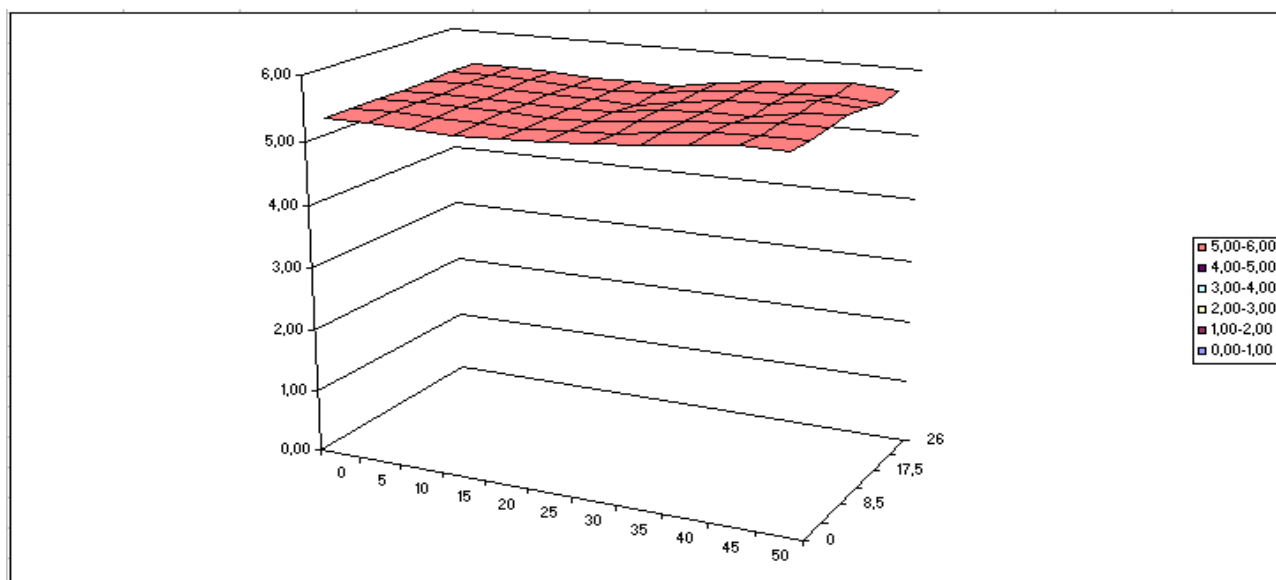


PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-20101102

VERIFICA A MASSA CORRETTA

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 17041 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 54,53 | mm |
| N° cicli | 15 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 56,58 | mm |
| Indice dei vuoti | 8,80 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 53,8 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 55,4 | Altezza [mm] | 56,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2339 | Massa volumica [kg/m ³] | 2341 | Massa volumica [kg/m ³] | 2331 | Massa volumica [kg/m ³] | 2363 | Massa volumica [kg/m ³] | 2350 |
| Contenuto di vuoti [%] | 8,2 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,8 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 54,1 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 53,9 | Altezza [mm] | 55,5 | Altezza [mm] | 56,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2361 | Massa volumica [kg/m ³] | 2341 | Massa volumica [kg/m ³] | 2337 | Massa volumica [kg/m ³] | 2366 | Massa volumica [kg/m ³] | 2355 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,3 | Contenuto di vuoti [%] | 8,1 | Contenuto di vuoti [%] | 8,3 | Contenuto di vuoti [%] | 7,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 54,6 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 54,0 | Altezza [mm] | 55,9 | Altezza [mm] | 56,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2366 | Massa volumica [kg/m ³] | 2355 | Massa volumica [kg/m ³] | 2356 | Massa volumica [kg/m ³] | 2370 | Massa volumica [kg/m ³] | 2354 |
| Contenuto di vuoti [%] | 7,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 | Contenuto di vuoti [%] | 7,5 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 7,6 |



OSSERVAZIONI

Dopo i corretti risultati ottenuti per le piastre di usura a massa corretta, si osservino ora quelle di binder e base realizzate con la stessa procedura: lo spessore reale delle piastre è sensibilmente maggiore di quello richiesto (+5 mm per il binder e +7 mm per la base) e l'indice dei vuoti è intorno all' 8%. La compattazione si è arrestata al quindicesimo ciclo di carico senza ottenere i risultati prefissati.

La tabella seguente permette di confrontare le piastre di binder e base realizzate con procedura standard e a massa corretta.

| Campione | | | Dati macchina | Dati rilevati | | Δ spessore | Δ indice vuoti |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Spessore medio [mm] | Spessore medio [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] | [%] |
| BINDER | B-COBIT 1-20101021 | 15900 | 51,26 | 52,88 | 7,76 | 1,62 | 3,76 |
| | B-COBIT 1-20101102 | 16522 | 52,65 | 54,87 | 7,68 | 2,22 | 3,68 |
| BASE | TV-COBIT 1-20101021 | 16250 | 53,16 | 54,81 | 8,66 | 1,65 | 4,66 |
| | TV-COBIT 1-20101102 | 17041 | 54,53 | 56,58 | 8,80 | 2,05 | 4,80 |

Tabella 4.2.2 Confronto tra procedura standard e a massa corretta piastre di binder e base

Rispetto alle piastre di binder e base a procedura standard, in questi nuovi campioni cambia solo lo spessore: l'incremento di spessore correlato all'incremento di materiale inserito nello stampo porta al medesimo indice di vuoti finali.

4.2.1 CONSIDERAZIONI PROCEDURA A MASSA

CORRETTA

Spessore

Ritornano i 2 mm di differenza tra dati macchina e misure in laboratorio come per le piastre precedenti. Differenza accettabile e su cui si è deciso di non intervenire per non cambiare il set up interno della macchina.

Le piastre di usura hanno raggiunto lo spessore desiderato di 50 mm mentre quelle di binder e base si sono fermate a spessori maggiori dopo 15 cicli di carico. Questo è certamente dovuto alla correzione sul materiale da inserire nello stampo e alla insufficiente energia di compattazione.

Indice dei vuoti

Anche questo parametro è stato soddisfatto solo dalle piastre di usura (3,9%) mentre quelle di binder e base hanno indicativamente lo stesso indice dei vuoti delle piastre a procedura standard (rispettivamente 7,7 e 8,8%). Queste ultime infatti, realizzate e compattate a massa corretta, non avendo raggiunto la stessa altezza delle piastre precedenti, non presentano nessun miglioramento nell'indice dei vuoti.

Cicli di carico

Le piastre di usura hanno raggiunto lo spessore obiettivo di 50 mm al quattordicesimo ciclo di carico; la compattazione è quindi avvenuta entro i limiti

indicati dalla normativa.

Le piastre di binder e base, come per la procedura standard si sono fermate a 15 cicli senza aver di fatto compattato sufficientemente il materiale, come evidenziato da spessore e indice di vuoti.

Si può quindi affermare che per lo strato di usura è possibile ottenere una corretta compattazione entro 15 cicli di carico, non altrettanto per gli strati di binder e base.

Conclusione

Con l'opportuna aggiunta di materiale al fine di correggere difetti di lettura di spessori, effetto parete e difetti superficiali, si è riusciti ad ottenere delle piastre di usura omogenee e rispondenti ai criteri desiderati: spessore di 50 mm (± 2 mm), vuoti al 4% ($\pm 0,5\%$), entro 15 cicli di carico.

Per gli strati di binder e base occorre modificare, dopo la massa inserita nello stampo, anche il secondo parametro di riferimento: il numero di cicli.

4.3 PROCEDURA A CICLI APERTI

I risultati ottenuti con il materiale di usura indicano che è possibile, correggendo il materiale da inserire nello stampo, ottenere delle piastre con vuoti al 4%. Occorre quindi verificare se, lasciando libero il numero di cicli di carico, la macchina sia in grado di compattare adeguatamente anche materiali con pezzatura più grossa, come binder e base.

Prima di liberare questo secondo parametro è però necessario ricalibrare la massa

corretta da inserire nello stampo: si noti infatti come precedentemente la massa corretta sia stata calcolata in base ad un indice dei vuoti ottenuto con un numero di cicli insufficiente alla compattazione.

Aprire il numero di cicli di compattazione rappresenta quindi il secondo passaggio verso la corretta compattazione del materiale di binder e base, passaggio che comunque non può prescindere dalla correzione di massa che ha portato al risultato desiderato per le piastre di usura.

È quindi necessario realizzare nuovamente due piastre di binder e due piastre di base lasciando aperti i cicli: da queste si ricava l'indice dei vuoti reali con cui calcolare la massa corretta da inserire nello stampo, come indicato al paragrafo 4.2 e riportato di seguito:

$$M = M_{EN} + M_{CORREZIONE} = L \cdot l \cdot e \cdot TMD \cdot \left[\frac{100 - \%V_{obiettivo}}{100} + (V_{reale} - V_{obiettivo}) \right]$$

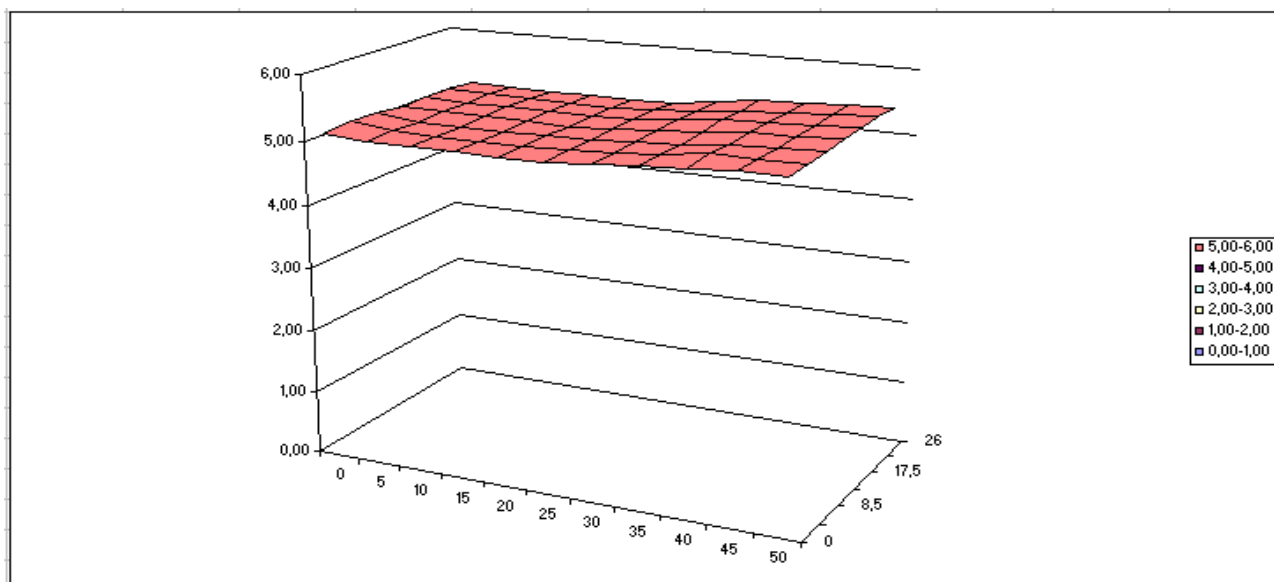
Le piastre necessarie a calibrare il materiale da inserire nello stampo vengono chiamate *piastre di calibrazione*.

PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-120101105

CALIBRAZIONE A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15900 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,98 | mm |
| N° cicli | 26 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,85 | mm |
| Indice dei vuoti | 6,26 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 52,1 | Altezza [mm] | 53,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2382 | Massa volumica [kg/m ³] | 2372 | Massa volumica [kg/m ³] | 2390 | Massa volumica [kg/m ³] | 2403 | Massa volumica [kg/m ³] | 2392 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,9 | Contenuto di vuoti [%] | 6,2 | Contenuto di vuoti [%] | 5,7 | Contenuto di vuoti [%] | 6,1 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 52,4 | Altezza [mm] | 53,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2400 | Massa volumica [kg/m ³] | 2379 | Massa volumica [kg/m ³] | 2377 | Massa volumica [kg/m ³] | 2390 | Massa volumica [kg/m ³] | 2403 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,7 | Contenuto di vuoti [%] | 6,2 | Contenuto di vuoti [%] | 5,7 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 52,8 | Altezza [mm] | 53,5 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2389 | Massa volumica [kg/m ³] | 2374 | Massa volumica [kg/m ³] | 2383 | Massa volumica [kg/m ³] | 2408 | Massa volumica [kg/m ³] | 2385 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,2 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,5 | Contenuto di vuoti [%] | 5,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,4 |

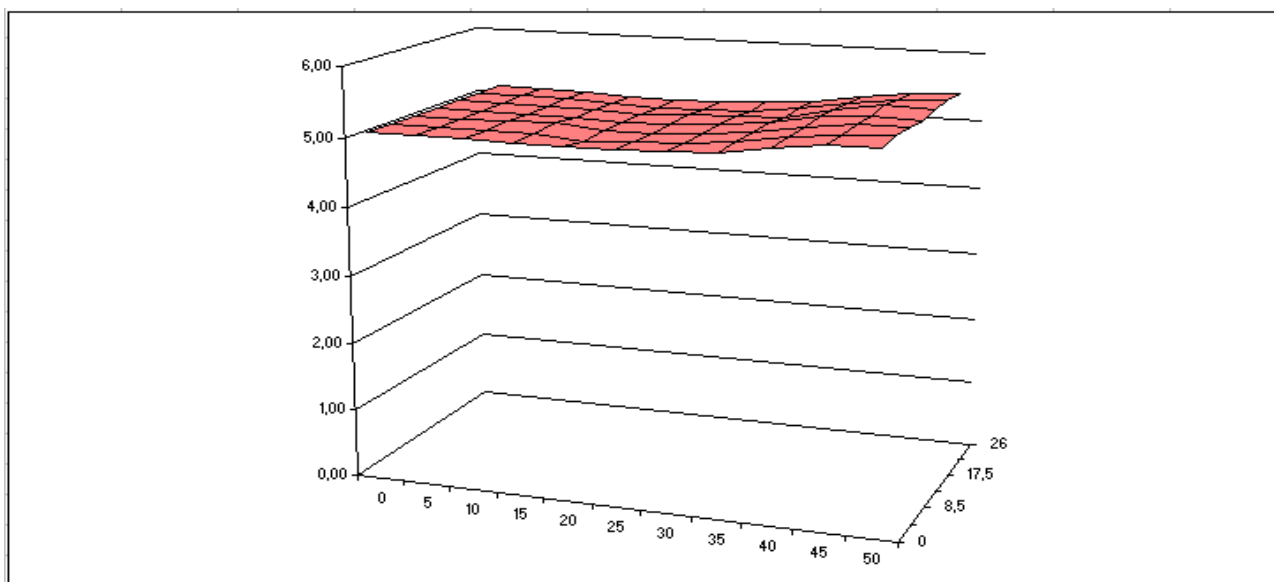


PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-120101109

CALIBRAZIONE A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 15900 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,95 | mm |
| N° cicli | 35 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,58 | mm |
| Indice dei vuoti | 5,67 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 51,6 | Altezza [mm] | 53,5 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2410 | Massa volumica [kg/m ³] | 2395 | Massa volumica [kg/m ³] | 2396 | Massa volumica [kg/m ³] | 2410 | Massa volumica [kg/m ³] | 2419 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,4 | Contenuto di vuoti [%] | 6,0 | Contenuto di vuoti [%] | 6,0 | Contenuto di vuoti [%] | 5,4 | Contenuto di vuoti [%] | 5,1 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 53,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2404 | Massa volumica [kg/m ³] | 2400 | Massa volumica [kg/m ³] | 2390 | Massa volumica [kg/m ³] | 2399 | Massa volumica [kg/m ³] | 2422 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,7 | Contenuto di vuoti [%] | 5,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,2 | Contenuto di vuoti [%] | 5,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,9 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 50,5 | Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 51,6 | Altezza [mm] | 53,6 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2400 | Massa volumica [kg/m ³] | 2393 | Massa volumica [kg/m ³] | 2401 | Massa volumica [kg/m ³] | 2402 | Massa volumica [kg/m ³] | 2411 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 5,8 | Contenuto di vuoti [%] | 5,7 | Contenuto di vuoti [%] | 5,4 |



OSSERVAZIONI

Le piastre di binder hanno raggiunto lo spessore desiderato rispettivamente con 26 e 35 cicli di carico. L'indice dei vuoti ottenuto è maggiore di quello desiderato, ma permette di calcolare la massa corretta da inserire nello stampo.

La tabella 4.3.1 riassume i risultati appena ottenuti.

| Campione | | | Dati macchina | | Dati rilevati | | Δ spessore | Δ indice vuoti |
|-----------|--------------------|-------------------|---------------------|------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Spessore medio [mm] | Cicli [n°] | Spessore medio [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] | [%] |
| BINDER | B-COBIT 1-20101105 | 15900 | 49,98 | 26 | 51,85 | 6,26 | 1,87 | 2,26 |
| | B-COBIT 1-20101109 | 15900 | 49,95 | 35 | 51,58 | 5,67 | 1,63 | 1,67 |
| MEDIA | | | 49,97 | | 51,72 | 5,97 | 1,75 | 1,97 |

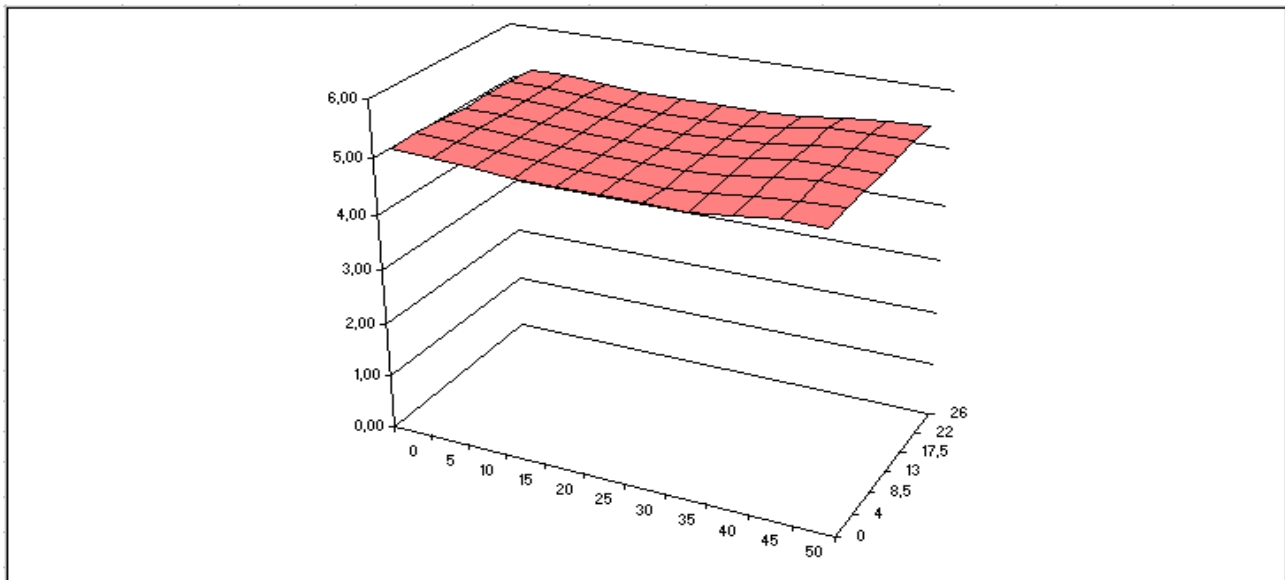
Tabella 4.3.1 Procedura a cicli aperti piastre di binder

PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-20101109

CALIBRAZIONE A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16250 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 50,03 | mm |
| N° cicli | 98 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,78 | mm |
| Indice dei vuoti | 6,37 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 52,6 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2445 | Massa volumica [kg/m ³] | 2439 | Massa volumica [kg/m ³] | 2438 | Massa volumica [kg/m ³] | 2421 | Massa volumica [kg/m ³] | 2453 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 6,3 | Contenuto di vuoti [%] | 6,4 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 5,8 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,8 | Altezza [mm] | 53,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2447 | Massa volumica [kg/m ³] | 2423 | Massa volumica [kg/m ³] | 2426 | Massa volumica [kg/m ³] | 2442 | Massa volumica [kg/m ³] | 2454 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 7,0 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,3 | Contenuto di vuoti [%] | 5,8 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 53,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2436 | Massa volumica [kg/m ³] | 2438 | Massa volumica [kg/m ³] | 2427 | Massa volumica [kg/m ³] | 2440 | Massa volumica [kg/m ³] | 2451 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,4 | Contenuto di vuoti [%] | 6,8 | Contenuto di vuoti [%] | 6,3 | Contenuto di vuoti [%] | 5,9 |

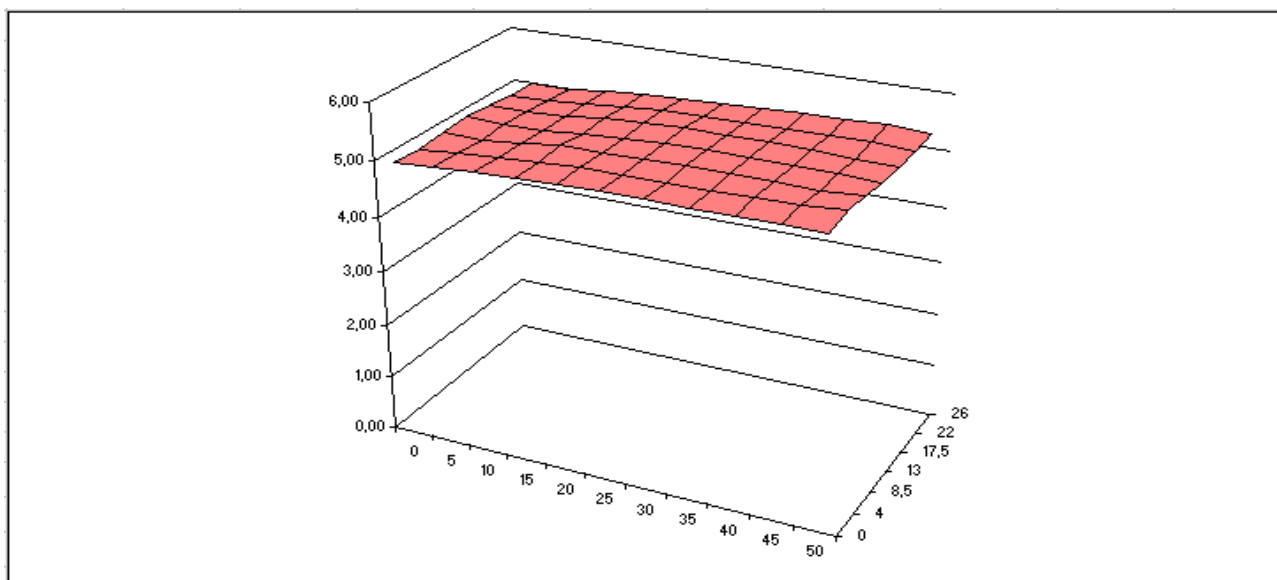


PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-20101115

CALIBRAZIONE A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16250 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,99 | Mm |
| N° cicli | 81 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,76 | Mm |
| Indice dei vuoti | 5,88 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 51,8 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 52,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2446 | Massa volumica [kg/m ³] | 2450 | Massa volumica [kg/m ³] | 2445 | Massa volumica [kg/m ³] | 2459 | Massa volumica [kg/m ³] | 2448 |
| Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 5,9 | Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 5,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,0 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 50,5 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 52,5 | Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 52,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2460 | Massa volumica [kg/m ³] | 2461 | Massa volumica [kg/m ³] | 2444 | Massa volumica [kg/m ³] | 2457 | Massa volumica [kg/m ³] | 2460 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,5 | Contenuto di vuoti [%] | 5,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 5,7 | Contenuto di vuoti [%] | 5,5 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 50,3 | Altezza [mm] | 51,5 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 52,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2461 | Massa volumica [kg/m ³] | 2444 | Massa volumica [kg/m ³] | 2446 | Massa volumica [kg/m ³] | 2459 | Massa volumica [kg/m ³] | 2431 |
| Contenuto di vuoti [%] | 5,5 | Contenuto di vuoti [%] | 6,2 | Contenuto di vuoti [%] | 6,1 | Contenuto di vuoti [%] | 5,6 | Contenuto di vuoti [%] | 6,7 |



OSSERVAZIONI

Come per le piastre di binder anche le piastre di base hanno raggiunto lo spessore desiderato; l'indice dei vuoti così ricavato serve a ricalibrare la massa da inserire nello stampo per lo strato di base.

Si osserva tuttavia un elevato numero di cicli di carico necessari alla compattazione: 81 e 98.

La tabella 4.3.2 riassume i risultati appena ottenuti.

| Campione | | | Dati macchina | | Dati rilevati | | Δ spessore | Δ indice vuoti |
|-----------|---------------------|-------------------|---------------------|------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Spessore medio [mm] | Cicli [n°] | Spessore medio [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] | [%] |
| BASE | TV-COBIT_1-20101109 | 16250 | 50,03 | 98 | 51,78 | 6,37 | 1,75 | 2,37 |
| | TV-COBIT_1-20101115 | 16250 | 49,99 | 81 | 51,76 | 5,88 | 1,77 | 1,88 |
| MEDIA | | | 50,01 | | 51,77 | 6,13 | 1,76 | 2,13 |

Tabella 4.3.2 Procedura a cicli aperti piastre di base

4.3.1 CALIBRAZIONE MASSA A CICLI APERTI

Lasciando aperto il numero di cicli di carico si sono ottenute delle lastre dello spessore di 50 mm (± 2 mm) e con un indice dei vuoti intorno al 6 – 7 %. Sono valori del tutto paragonabili a quelli precedentemente ottenuti con le lastre di usura; questo dimostra ancora una volta come l'indice dei vuoti sia strettamente correlato allo spessore medio della piastra e come sia necessaria una correzione in termini di massa da inserire nello stampo per correggerne i difetti superficiali.

Solo lasciando aperto il numero di cicli si è potuti arrivare allo spessore desiderato e all'indice dei vuoti necessario alla opportuna correzione di massa.

Correzione della massa:

$$\text{BINDER 0/15} \quad M = M_{\text{EN}} + M_{\text{correzione}} = 15.900 \text{ g} + 324 \text{ g} = 16.224 \text{ g}$$

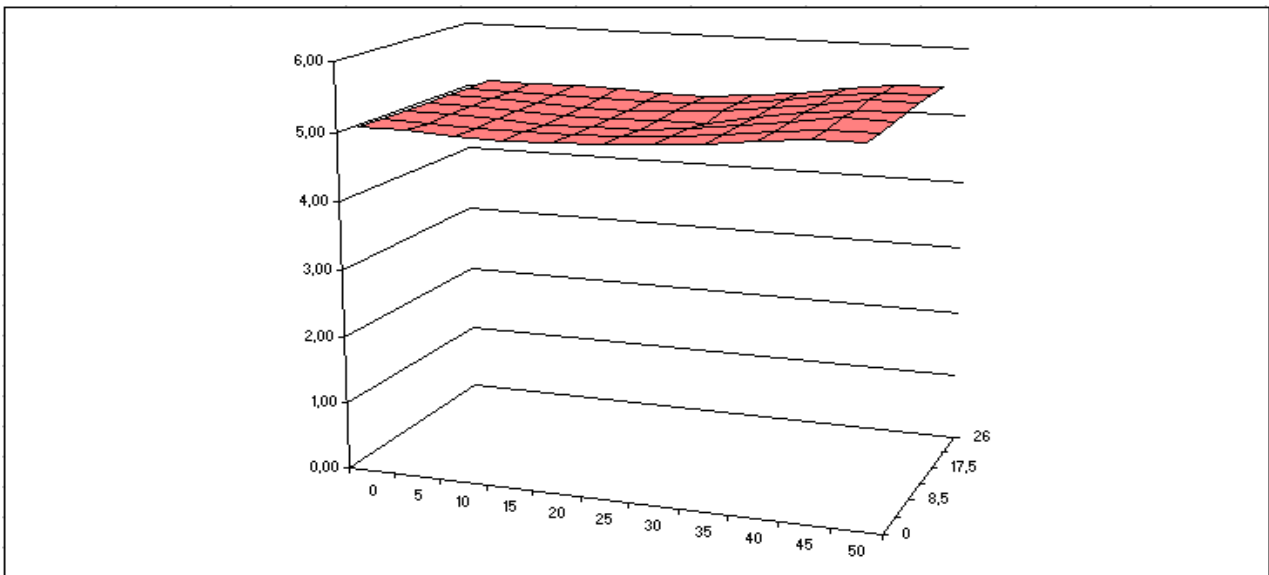
$$\text{BASE 0/25} \quad M = M_{\text{EN}} + M_{\text{correzione}} = 16.252 \text{ g} + 359 \text{ g} = 16.611 \text{ g}$$

PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-20101115

VERIFICA A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16224 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,98 | mm |
| N° cicli | 80 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,55 | mm |
| Indice dei vuoti | 3,73 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 50,3 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 53,5 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2455 | Massa volumica [kg/m ³] | 2441 | Massa volumica [kg/m ³] | 2439 | Massa volumica [kg/m ³] | 2449 | Massa volumica [kg/m ³] | 2457 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 3,6 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 50,4 | Altezza [mm] | 50,3 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 53,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2466 | Massa volumica [kg/m ³] | 2446 | Massa volumica [kg/m ³] | 2437 | Massa volumica [kg/m ³] | 2453 | Massa volumica [kg/m ³] | 2462 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 4,4 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 3,4 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 50,6 | Altezza [mm] | 50,8 | Altezza [mm] | 52,1 | Altezza [mm] | 53,9 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2469 | Massa volumica [kg/m ³] | 2456 | Massa volumica [kg/m ³] | 2447 | Massa volumica [kg/m ³] | 2463 | Massa volumica [kg/m ³] | 2454 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,1 | Contenuto di vuoti [%] | 3,6 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 3,3 | Contenuto di vuoti [%] | 3,7 |

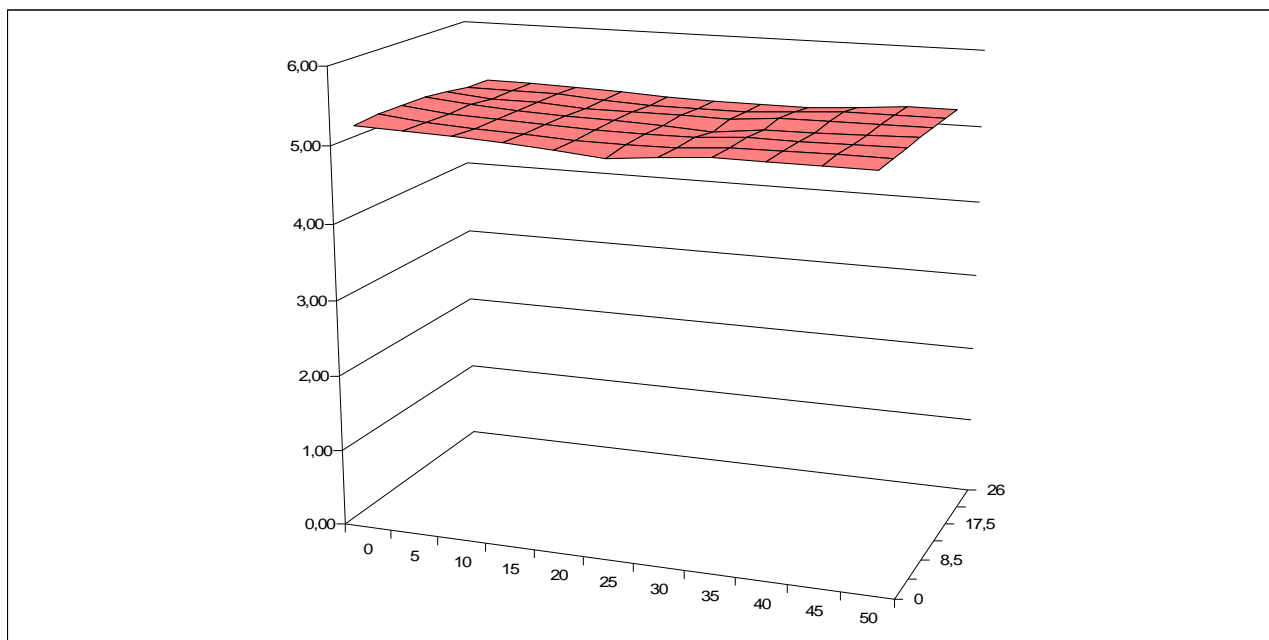


PIASTRA DI BINDER B-COBIT_1-20101118

VERIFICA A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16224 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,96 | mm |
| N° cicli | 64 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,79 | mm |
| Indice dei vuoti | 4,20 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 52,5 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 51,9 | Altezza [mm] | 52,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2442 | Massa volumica [kg/m ³] | 2439 | Massa volumica [kg/m ³] | 2440 | Massa volumica [kg/m ³] | 2446 | Massa volumica [kg/m ³] | 2441 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 51,6 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 51,8 | Altezza [mm] | 52,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2441 | Massa volumica [kg/m ³] | 2439 | Massa volumica [kg/m ³] | 2442 | Massa volumica [kg/m ³] | 2438 | Massa volumica [kg/m ³] | 2441 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 51,5 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 52,0 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2438 | Massa volumica [kg/m ³] | 2443 | Massa volumica [kg/m ³] | 2436 | Massa volumica [kg/m ³] | 2445 | Massa volumica [kg/m ³] | 2443 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,4 | Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 |

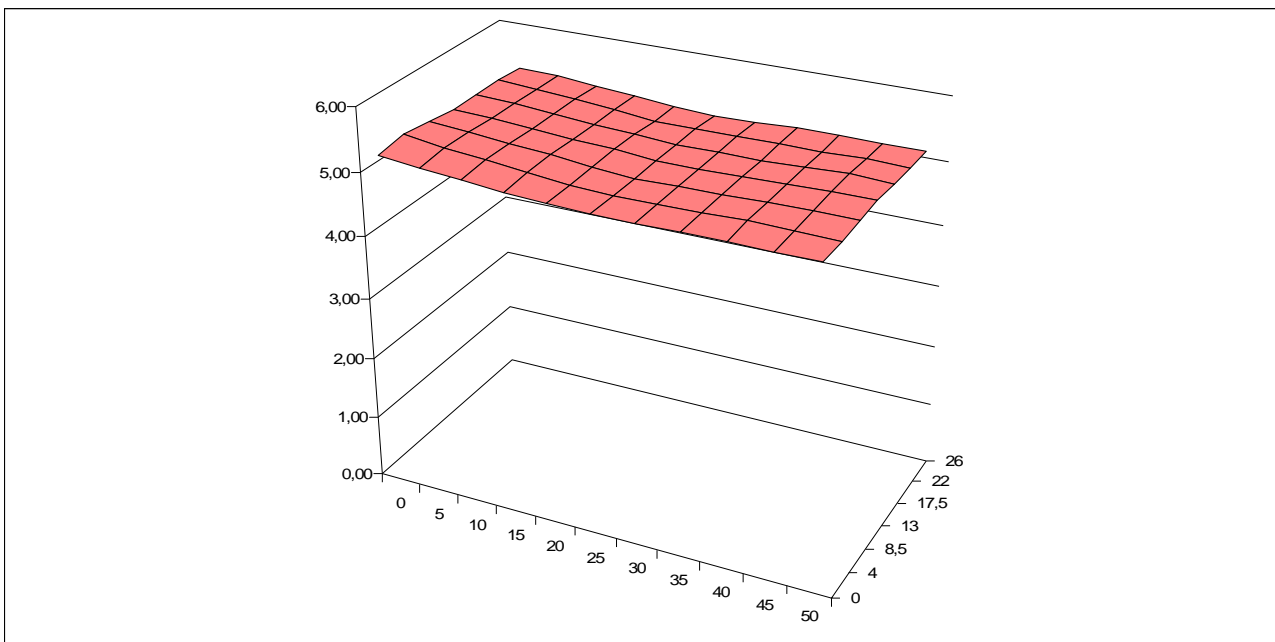


PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-120101118

VERIFICA A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16611 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 49,91 | mm |
| N° cicli | 292 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,56 | mm |
| Indice dei vuoti | 4,35 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 53,1 | Altezza [mm] | 51,8 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,3 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2491 | Massa volumica [kg/m ³] | 2498 | Massa volumica [kg/m ³] | 2485 | Massa volumica [kg/m ³] | 2488 | Massa volumica [kg/m ³] | 2504 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,4 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,6 | Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 3,8 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 52,9 | Altezza [mm] | 52,0 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2508 | Massa volumica [kg/m ³] | 2492 | Massa volumica [kg/m ³] | 2479 | Massa volumica [kg/m ³] | 2483 | Massa volumica [kg/m ³] | 2493 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 52,6 | Altezza [mm] | 51,5 | Altezza [mm] | 50,9 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,1 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2505 | Massa volumica [kg/m ³] | 2478 | Massa volumica [kg/m ³] | 2488 | Massa volumica [kg/m ³] | 2482 | Massa volumica [kg/m ³] | 2494 |
| Contenuto di vuoti [%] | 3,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,8 | Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 4,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 |

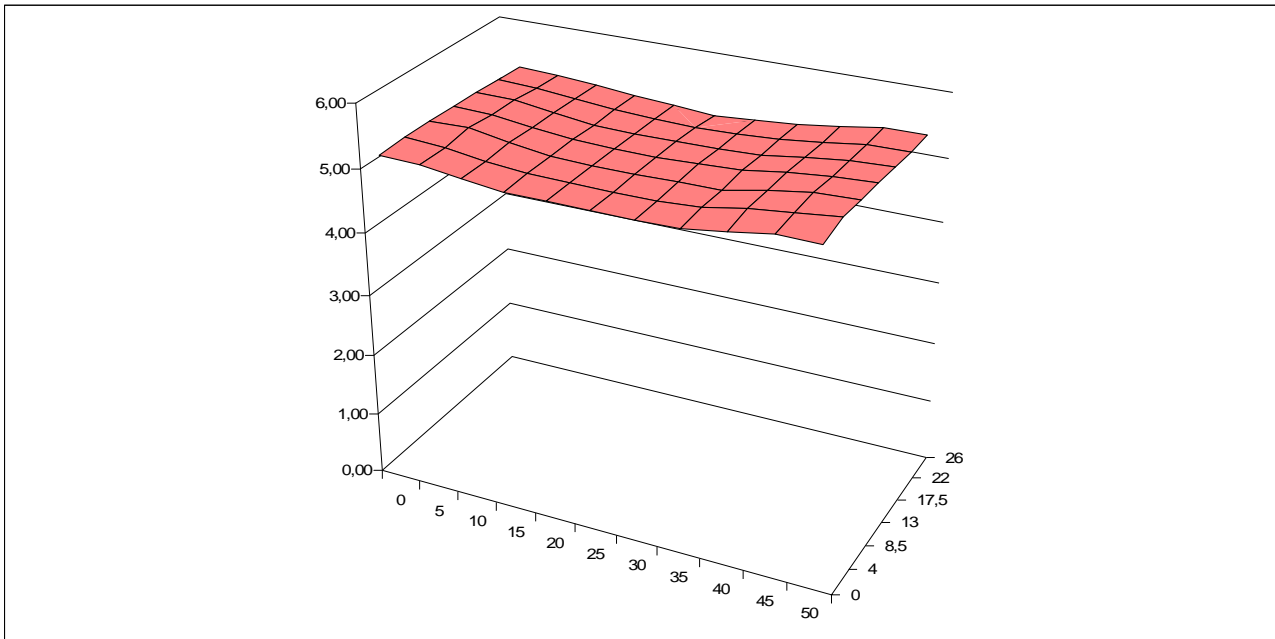


PIASTRA DI BASE TV-COBIT_1-220101118

VERIFICA A CICLI APERTI

| | | |
|---|-------|----|
| Massa inserita | 16611 | g |
| Spessore medio raggiunto dalla macchina | 50,00 | mm |
| N° cicli | 327 | |
| Spessore medio misurato con calibro | 51,83 | mm |
| Indice dei vuoti | 4,38 | % |

| SETTORE 1 | | SETTORE 4 | | SETTORE 7 | | SETTORE 10 | | SETTORE 13 | |
|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Altezza [mm] | 52,5 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,0 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 53,4 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2486 | Massa volumica [kg/m ³] | 2492 | Massa volumica [kg/m ³] | 2480 | Massa volumica [kg/m ³] | 2503 | Massa volumica [kg/m ³] | 2493 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 | Contenuto di vuoti [%] | 4,8 | Contenuto di vuoti [%] | 3,9 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 |
| SETTORE 2 | | SETTORE 5 | | SETTORE 8 | | SETTORE 11 | | SETTORE 14 | |
| Altezza [mm] | 53,0 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 51,4 | Altezza [mm] | 53,3 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2497 | Massa volumica [kg/m ³] | 2485 | Massa volumica [kg/m ³] | 2496 | Massa volumica [kg/m ³] | 2482 | Massa volumica [kg/m ³] | 2498 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,1 | Contenuto di vuoti [%] | 4,6 | Contenuto di vuoti [%] | 4,2 | Contenuto di vuoti [%] | 4,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,1 |
| SETTORE 3 | | SETTORE 6 | | SETTORE 9 | | SETTORE 12 | | SETTORE 15 | |
| Altezza [mm] | 52,3 | Altezza [mm] | 51,1 | Altezza [mm] | 50,5 | Altezza [mm] | 51,3 | Altezza [mm] | 52,8 |
| Massa volumica [kg/m ³] | 2501 | Massa volumica [kg/m ³] | 2486 | Massa volumica [kg/m ³] | 2483 | Massa volumica [kg/m ³] | 2483 | Massa volumica [kg/m ³] | 2493 |
| Contenuto di vuoti [%] | 4,0 | Contenuto di vuoti [%] | 4,5 | Contenuto di vuoti [%] | 4,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,7 | Contenuto di vuoti [%] | 4,3 |



4.3.2 CONSIDERAZIONI PROCEDURA A CICLI APERTI

La calibrazione della massa corretta da inserire nello stampo unitamente all'apertura dei cicli di carico ha permesso di ottenere piastre di binder e base con le caratteristiche desiderate: spessore di 50 mm (± 2 mm), indice dei vuoti 4% ($\pm 0,5\%$).

La tabella seguente riassume i risultati appena ottenuti.

| Campione | | | Dati macchina | | Dati rilevati | | Δ spessore | Δ indice vuoti |
|-----------|----------------------|-------------------|---------------------|------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Spessore medio [mm] | Cicli [n°] | Spessore medio [mm] | Indice dei vuoti [%] | [mm] | [%] |
| BIDER | B-COBIT 1-20101115 | 16224 | 49,98 | 80 | 51,55 | 3,73 | 1,57 | -0,27 |
| | B-COBIT 1-20101118 | 16224 | 49,96 | 64 | 51,79 | 4,20 | 1,83 | 0,20 |
| MEDIA | | | 49,97 | | 51,67 | 3,97 | 1,70 | -0,03 |
| BASE | TV-COBIT 1-120101118 | 16611 | 49,91 | 292 | 51,56 | 4,35 | 1,65 | 0,35 |
| | TV-COBIT 1-220101118 | 16611 | 50,00 | 327 | 51,83 | 4,38 | 1,83 | 0,38 |
| MEDIA | | | 49,96 | | 51,70 | 4,37 | 1,74 | 0,37 |

Tabella 4.3.2.1 Procedura a cicli aperti piastre di binder e base

I cicli necessari ad ottenere la corretta compattazione è differente per le piastre di binder e base: aumenta all'aumentare della pezzatura massima del materiale. Inoltre si osserva che il numero di cicli per compattare piastre a massa corretta è circa tre volte superiore rispetto a quello a massa non corretta.

I risultati sono conformi a quelli desiderati ma l'apertura dei cicli ha portato a oltre 300 ripetizioni di carico sulle piastre di base. Si riserva ad altra analisi lo studio delle conseguenze che tutti questi cicli di carico possano avere sulle caratteristiche meccaniche del materiale.

4.4 CONSIDERAZIONI FINALI

L'obiettivo che ci si era prefissato era quello di ottenere piastre in conglomerato bituminoso per materiale di usura, binder e base con spessore di 50 mm e indice dei vuoti al 4%. Per poter ottenere tali risultati si è dovuto progressivamente svincolare dei parametri inizialmente fissi, quali: massa da inserire nello stampo e cicli di carico. Si è trattato quindi di un affinamento della procedura standard di compattazione definita dalla norma in relazione alle caratteristiche dei materiali in esame.

Senza riprendere nel dettaglio valori e misure già riportate nei paragrafi precedenti per tutte le piastre realizzate, è possibile riassumere il processo verso la realizzazione di una corretta compattazione con semplici diagrammi. Questi mettono a confronto, per i diversi materiali, ciò che si è ottenuto e ciò che si voleva ottenere.

Ciascun passaggio verso la corretta compattazione è rappresentato dall'accoppiamento dei dati rilevati e dell'indice desiderato; per ogni passaggio le piastre di diverso materiale sono sempre realizzate in doppio per una corretta verifica dei risultati.

Nel grafico 4.4.1 per la piastra di usura si riporta l'andamento dell'indice dei vuoti rispetto al desiderato.

Si osserva come, già con la correzione della massa da inserire nello stampo, le piastre di materiale di usura abbiano portato ai risultati desiderati.

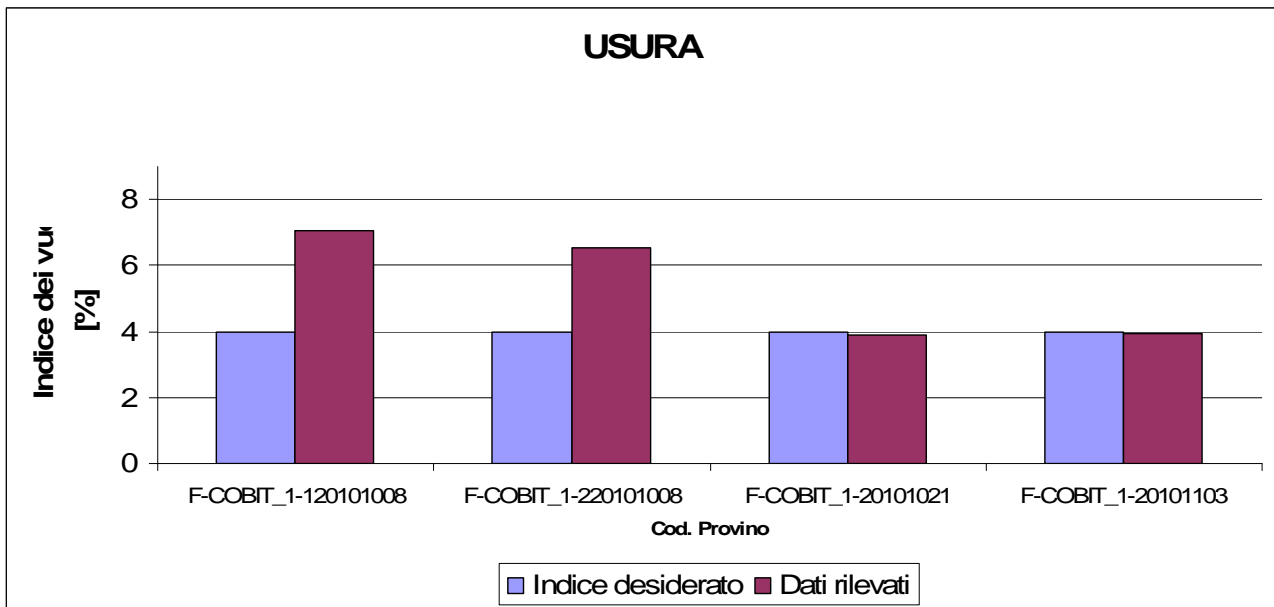


Grafico 4.4.1 Indice dei vuoti nelle piastre di usura

Per le piastre di binder e base si è dovuto liberare anche un secondo parametro di riferimento dopo la massa: il numero di cicli di carico. Come mostrato nei grafici 4.4.2 e 4.4.3 la correzione della sola massa da inserire nello stampo infatti non è sufficiente ad ottenere i risultati desiderati.

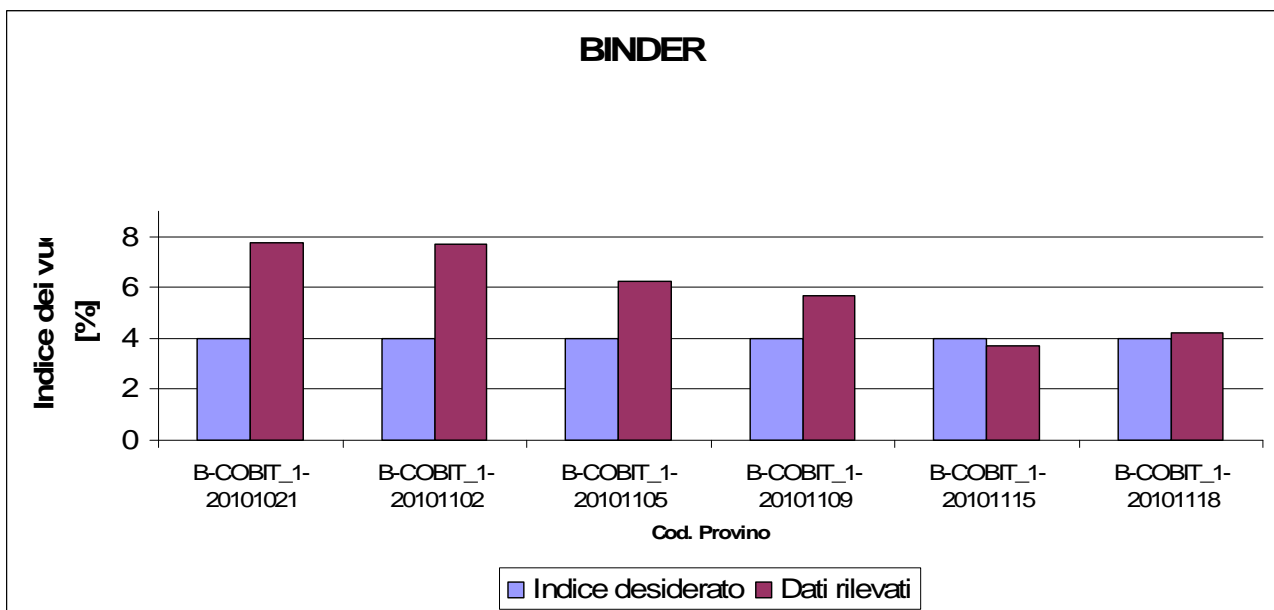


Grafico 4.4.2 Indice dei vuoti nelle piastre di binder

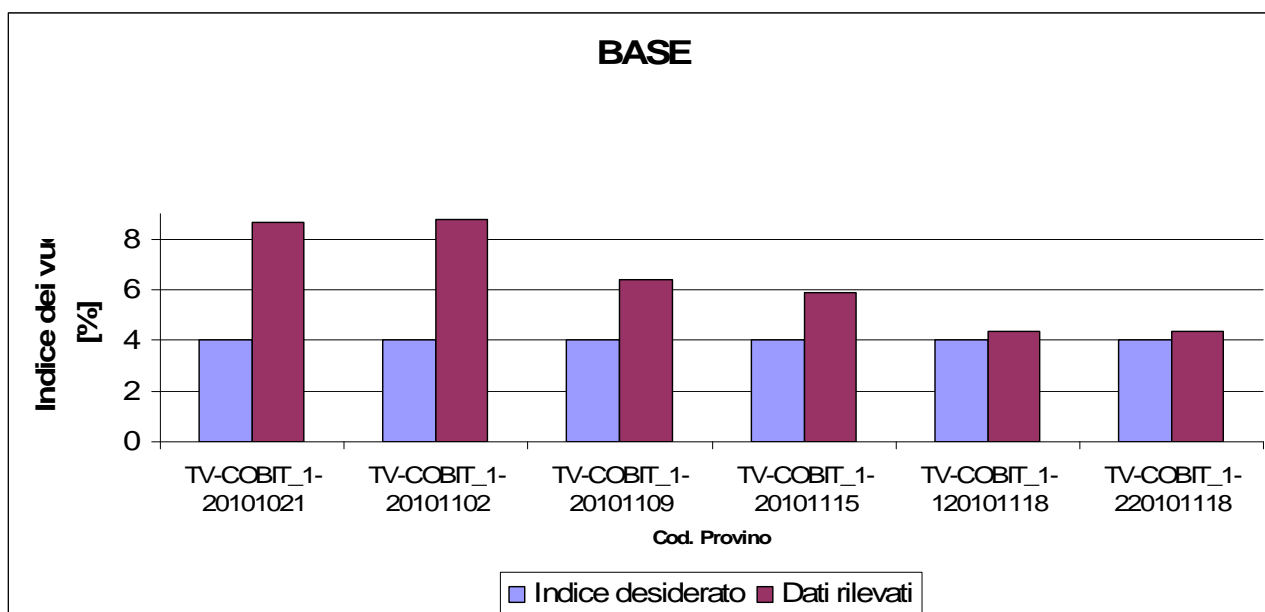


Grafico 4.4.3 Indice dei vuoti nelle piastre di base

Tuttavia, come è indicato nei precedenti grafici, è opportuno ripetere che l'apertura del numero massimo di cicli di compattazione non può essere realizzata a prescindere dalla correzione della massa: si tratta infatti di un cammino verso la corretta compattazione fatto di affinamenti e variazioni necessariamente collegati tra loro.

Inoltre, si può notare da quanto riportato in tabella 4.4.1, che la massa volumica calcolata a partire dagli spessori medi misurati con il calibro e la massa volumica reale ottenuta dalla procedura in allegato I presentano una differenza trascurabile.

| Materiale | Cod. Provino | Massa Provino [g] | Altezza media [mm] | Volume [cm ³] | Massa vol. calcolata [kg/m ³] | Massa volumica reale [kg/m ³] | % |
|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---|---|------|
| USURA | F-COBIT_1-120101008 | 15450 | 51,96 | 6755 | 2287 | 2298 | 0,46 |
| | F-COBIT_1-220101008 | 15450 | 51,68 | 6718 | 2300 | 2310 | 0,46 |
| BINDER | B-COBIT_1-20101105 | 15900 | 51,85 | 6741 | 2359 | 2352 | 0,27 |
| | B-COBIT_1-20101109 | 15900 | 51,58 | 6705 | 2371 | 2404 | 1,34 |
| BASE | TV-COBIT_1-20101109 | 16250 | 51,78 | 6731 | 2414 | 2439 | 1,01 |
| | TV-COBIT_1-20101115 | 16250 | 51,76 | 6729 | 2415 | 2451 | 1,49 |

Tabella 4.4.1 Confronto tra massa volumica calcolata e massa volumica reale

Di conseguenza la correzione della massa da inserire nello stampo può essere calcolata in prima approssimazione e più speditivamente tramite un semplice calcolo geometrico a partire dal volume medio delle due piastre di calibrazione e dalla massa volumica desiderata definita dalla normativa.

In tabella 4.4.2 si può notare come sia minima anche la differenza tra la massa corretta calcolata in questo modo e quella effettivamente aggiunta nel corso delle prove di compattazione sopra descritte.

| Materiale | Massa volumica desiderata [kg/m³] | Volume medio [cm³] | Massa calcolata [g] | Massa inserita [g] | % |
|------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------|
| USURA | 2377 | 6737 | 16012 | 15933 | 0,50 |
| BINDER | 2446 | 6723 | 16445 | 16224 | 1,36 |
| BASE | 2500 | 6730 | 16825 | 16611 | 1,29 |

Tabella 4.4.2 Confronto tra massa calcolata e massa effettivamente inserita

5. PROCEDURA DI COMPATTAZIONE

OTTIMIZZATA

5.1. PROCEDURA OTTIMIZZATA

0) Studio della miscela di conglomerato bituminoso e determinazione della massima massa volumica TMD.

1) Realizzazione di due piastre di calibrazione con i seguenti parametri di compattazione:

PRECOMPATTAZIONE

| | | |
|----------------------------|-----|----|
| Carico iniziale | 0,1 | kN |
| Carico finale | 17 | kN |
| Incremento di carico | 0,3 | kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 | mm |
| N° massimo cicli | 10 | - |

COMPATTAZIONE

| | | |
|----------------------------|--------|----|
| Carico iniziale | 17 | kN |
| Carico finale | 17 | kN |
| Incremento di carico | 0 | kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 | mm |
| N° massimo cicli | APERTO | |

Tabella 5.1 Parametri di compattazione

e massa da inserire nello stampo secondo la norma UNI EN 12697 – 33 pari a:

$$M_{EN}[g] = 1300cm^2 \cdot h_{OBIETTIVO}[cm] \cdot TMD \cdot \frac{100 - \%V_{OBIETTIVO}}{100} \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

2) Suddivisione della piastra in 15 provini tramite sega a disco.

3) Misura delle masse volumiche apparenti e dell'indice dei vuoti tramite le procedure riportate negli allegati I e II.

4) Se $\%V_{EFFETTIVO} \neq \%V_{OBIETTIVO}$ per ottenere $\%V_{OBIETTIVO}$, la massa corretta da inserire nello stampo è pari a:

$$M = M_{EN} + M_{CORREZIONE} = L \cdot l \cdot e \cdot TMD \cdot \left[\frac{100 - \%V_{OBIETTIVO}}{100} + (\%V_{EFFETTIVO} - \%V_{OBIETTIVO}) \right]$$

I parametri di compattazione sono i medesimi riportati nella tabella 5.1.

5.2. PROCEDURA SEMPLIFICATA

0) Studio della miscela di conglomerato bituminoso e determinazione della massima massa volumica TMD.

1) Realizzazione di due piastre di calibrazione con i seguenti parametri di compattazione:

PRECOMPATTAZIONE

| | |
|----------------------------|--------|
| Carico iniziale | 0,1 kN |
| Carico finale | 17 kN |
| Incremento di carico | 0,3 kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 mm |
| N° massimo cicli | 10 - |

COMPATTAZIONE

| | |
|----------------------------|--------|
| Carico iniziale | 17 kN |
| Carico finale | 17 kN |
| Incremento di carico | 0 kN |
| Incremento di deformazione | 0,5 mm |
| N° massimo cicli | APERTO |

Tabella 5.2 Parametri di compattazione

e massa da inserire nello stampo secondo la norma UNI EN 12697 – 33 pari a:

$$M_{EN} [g] = 1300 \text{ cm}^2 \cdot h_{OBIETTIVO} [cm] \cdot TMD \cdot \frac{100 - \%V_{OBIETTIVO}}{100} \left[\frac{g}{\text{cm}^3} \right] = Vol_{OBIETTIVO} \cdot TMD \cdot \frac{100 - \%V_{OBIETTIVO}}{100}$$

La conseguente massa volumica obiettivo risulta, quindi, essere:

$$d_{OBIETTIVO} \left[\frac{g}{\text{cm}^3} \right] = \frac{M_{EN}}{Vol_{OBIETTIVO}} = TMD \cdot \frac{100 - \%V_{OBIETTIVO}}{100}$$

- 2) Misura degli spessori raggiunti, calcolo dello spessore medio e calcolo del volume medio effettivo delle piastre di calibrazione:

$$Vol_{EFFETTIVO} [\text{cm}^3] = 1300 \text{ cm}^2 \cdot h_{MEDIA} [cm]$$

- 3) Se $Vol_{EFFETTIVO} \neq Vol_{OBIETTIVO}$ per ottenere $\%V_{OBIETTIVO}$, la massa corretta da inserire nello stampo è pari a:

$$M_{CORRETTA} [g] = Vol_{EFFETTIVO} \cdot d_{OBIETTIVO}$$

I parametri di compattazione sono i medesimi riportati nella tabella 5.2.

6. CONCLUSIONI

Con questo lavoro di tesi è stata definita una procedura per la compattazione in laboratorio di piastre in conglomerato bituminoso confezionate con il *roller compactor* B120/26 progettato dalla Tecnotest di Modena.

La prima fase del lavoro è stata seguire la procedura prescritta per il metodo con uso di *sliding plates* della norma UNI EN 12697 – 33. Tale procedura non è stata in grado di soddisfare gli obiettivi prefissati di ottenere una piastra con lo spessore desiderato ed indice dei vuoti del 4%, valore tipico degli strati in conglomerato bituminoso delle pavimentazioni.

Per questo motivo nella seconda fase si è scelto di modificare i parametri di compattazione definendo così una nuova procedura di lavoro, descritta nel capitolo 5.

Si è verificato, infatti, che variando la massa inserita nello stampo e il numero massimo di cicli di carico indicati dalla normativa, le piastre di conglomerato bituminoso così confezionate hanno soddisfatto i requisiti richiesti di spessore e indice dei vuoti come illustrato nel capitolo 4.

Questa nuova metodologia tiene conto di possibili errori umani e di alcuni difetti della macchina.

L'errore umano si può riscontrare nella difficoltà di disporre il materiale nello stampo in maniera uniforme e nell'inserimento corretto delle *sliding plates*.

Sono stati notati anche alcuni difetti della macchina nella lettura dello spessore medio raggiunto che presenta una differenza di circa 1,80 mm rispetto allo spessore misurato con il calibro in laboratorio. La correzione della massa inserita nello stampo ha dunque permesso di limitare l'errore sul calcolo della massa volumica dovuto a questa differenza e, quindi, sull'indice dei vuoti.

L'apertura del numero massimo di cicli di carico si è resa necessaria dall'insufficiente energia di compattazione trasmessa dall'apparato di carico, soprattutto nei materiali con pezzatura più grossolana. Infatti, il carico massimo raggiunto è sensibilmente inferiore rispetto a quello di altre tipologie di *roller compactors*.

Sviluppi futuri di questa ricerca potrebbero incentrarsi sulla variazione dello spessore delle piastre al fine di verificare la sistematicità dell'errore riscontrato e, quindi, agire direttamente sul set up del software della macchina.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Norma UNI EN 12697 – 6: *Bituminous mixture – Test methods for hot mix asphalt – Determination of bulk density of bituminous specimens*
- [2] Norma UNI EN 12697 – 8: *Bituminous mixture – Test methods for hot mix asphalt – Determination of the void characteristics of bituminous specimens*
- [3] Norma UNI EN 12697 – 33: *Bituminous mixture – Test methods for hot mix asphalt – Specimen prepared by roller compactor*
- [4] Tecnotest s.r.l., *Manuale d'uso e manutenzione del Roller Compactor & Wheel Tracker B120/26*
- [5] E. Masad, E. Kassem, A. Chowdhury, Z. You, *A method for predicting asphalt mixture compactibility and its influence mechanical properties*, Texas Department of Transportation, USA
- [6] R. Muniandy, F.M. Jakarni, S. Hassim, A.R. Mahmud, *Analysis of stone mastic asphalt slab dimension for evaluation of newly developed roller compactor*, Faculty of Civil Engineering of Putra University, Malaysia
- [7] P. Ferrari, F. Giannini, *Corpo stradale e pavimentazioni*, A. Mondadori Editore
- [8] R. Muniandy, F.M. Jakarni, S. Hassim, A.R. Mahmud, *Development of criteria for slab compaction of laboratory roller compactor*, Faculty of Civil Engineering of Putra University, Malaysia
- [9] S. Kekana, W. Steyn, *Evaluating of the effects of compaction of hot mix asphalt*

on selected laboratory test, Faculty of Civil Engineering of Tshwane University of Technology, Pretoria, South Africa

[10] N.P. Khosla, S. Sadasivam, *Evaluation of the effects of mixture properties and compaction methods on the predicted performance of superpave mixtures*, North Carolina Department of Transportation, USA

[11] Transportation Research Board, *Factors affecting compaction of asphalt pavements*

[12] T. Smith, L. Maher, *Impact of different roll sizes on roller compactor granulations*, Vector Corporation

[13] ANAS s.p.a., *Linee guida di progetto e norme tecniche prestazionali*

[14] Autostrade per l'Italia s.p.a., *Norme tecniche d'appalto prestazionali*

I – Procedura per la determinazione della massa volumica apparente del provino

La norma UNI EN 12697 – 6 descrive i metodi di prova per la determinazione della massa volumica apparente di un provino di conglomerato bituminoso compattato in laboratorio o ricavato da carote prelevate dalla pavimentazione stradale.

La massa del provino si ottiene pesando il campione secco, mentre il volume si ottiene dalla massa in aria in condizioni sature ed in acqua. L'acqua utilizzata deve avere massa volumica nota alla temperatura di prova. A 25°C la massa deve essere di 997,1 kg/m³, per le altre temperature la massa volumica si ottiene moltiplicando la massa volumica di riferimento per il fattore di correzione K, indicato in tabella.

| Temperatura dell'acqua [°C] | Fattore di correzione K | Massa volumica dell'acqua [kg/m ³] | Temperatura dell'acqua [°C] | Fattore di correzione K | Massa volumica dell'acqua [kg/m ³] |
|-----------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|--|
| 10 | 1,0027 | 999,8 | 20 | 1,0012 | 998,3 |
| 11 | 1,0026 | 999,7 | 21 | 1,0010 | 998,1 |
| 12 | 1,0025 | 999,6 | 22 | 1,0007 | 997,8 |
| 13 | 1,0023 | 999,4 | 23 | 1,0005 | 997,6 |
| 14 | 1,0022 | 999,3 | 24 | 1,0003 | 997,4 |
| 15 | 1,0021 | 999,2 | 25 | 1,0000 | 997,1 |
| 16 | 1,0019 | 999,0 | 26 | 0,9997 | 996,8 |
| 17 | 1,0017 | 998,8 | 27 | 0,9995 | 996,6 |
| 18 | 1,0016 | 998,7 | 28 | 0,9992 | 996,3 |
| 19 | 1,0014 | 998,5 | 29 | 0,9989 | 996,0 |
| 20 | 1,0012 | 998,3 | 30 | 0,9986 | 995,7 |

Tabella A.1.1 Massa volumica dell'acqua

Per la misura del peso del provino saturo in acqua, detta pesata idrostatica, si fa

ricorso ad un cestello metallico la cui massa viene tenuta in considerazione tarando opportunamente la bilancia. La spinta verso il basso prodotta dalla massa del provino viene in parte bilanciata dalla spinta di Archimede.

Le procedura è la seguente:

- 1 – determinazione della massa del provino secco m_1 ;
- 2 – determinazione della massa volumica dell'acqua ρ_w attraverso la misurazione della temperatura di prova;
- 3 – immergere il provino secco nel bagno d'acqua alla temperatura di prova per circa 40 minuti. Dopo 20 minuti occorre girare il provino;
- 4 – determinazione della massa del provino saturato in acqua m_2 ;
- 5 – determinazione della massa del provino saturato m_3 dopo averne asciugato la superficie con un panno umido per non eliminarne l'umidità.

La massa volumica apparente del provino in kg/m^3 è

$$\rho_b = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_w$$

II – Procedura per la determinazione dell'indice dei vuoti del provino

La norma UNI EN 12697 – 8 descrive il metodo per il calcolo del contenuto dei vuoti d'aria di un provino di conglomerato bituminoso, che è il volume dei vuoti espresso come percentuale del volume totale del provino.

Il calcolo dipende dalla massima densità della miscela e dalla massa volumica apparente del provino attraverso la seguente relazione:

$$v = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \cdot 100\%$$

Dove:

ρ_m massima massa volumica della miscela in kg/m^3

ρ_b massa volumica apparente della miscela in kg/m^3

III – Tabelle dei dati rilevati

Si riportano di seguito in dettaglio per ogni lastra le misurazioni effettuate su ciascuno dei 15 provini in cui sono state divise ed i valori di temperatura dei bagni d'acqua in cui sono stati immersi.

Di ciascun provino sono stati misurati i quattro spessori, la massa secca, la massa satura e la massa satura in acqua seguendo la procedura riportata nell'allegato I.

Da questi dati è stato possibile determinare per ciascun provino lo spessore medio, la massa volumica apparente e l'indice dei vuoti, quest'ultimo seguendo la procedura riportata nell'allegato II.

F – COBIT_1 – 120101008

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Usura COBIT |
| DATA PRELIEVO | 29/04/2010 |
| CODICE PRELIEVO | F-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,86 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 5,53 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2476 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | F-COBIT_1-120101008 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 08/10/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,377 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15450 |

Secondo Norma UNI EN 12697-5
Secondo Norma CNR BU 63
Secondo Norma UNI EN 12697-5
L=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-4(Massa volumica apparente - Procedura D: saturo a superficie secca SSD

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [mm] | A - Alto | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,30 | 5,30 | 5,15 | 5,25 | 5,15 | 5,00 | 5,00 | 5,05 | 4,90 | 4,95 | 5,00 |
| | B - SX | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,40 | 5,40 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,05 | 5,05 | 5,05 | 4,95 | 4,95 | 5,00 |
| | C - Basso | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,30 | 5,30 | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 4,95 | 4,95 | 5,00 |
| | D - DX | 5,50 | 5,50 | 5,40 | 5,30 | 5,25 | 5,30 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 4,90 | 4,95 | 5,00 |
| Spessore medio [mm] | 55,25 | 55,50 | 55,00 | 53,25 | 53,13 | 53,25 | 51,63 | 51,75 | 51,50 | 50,13 | 50,13 | 50,25 | 49,25 | 49,38 | 50,00 |
| Massa provino asciutto [g] | 10064,92 | 10422,44 | 10044,38 | 981,21 | 973,38 | 929,71 | 1020,78 | 1047,79 | 987,35 | 933,96 | 941,43 | 888,66 | 916,42 | 929,70 | 888,17 |
| Massa in acqua [g] | 6075,98 | 591,91 | 572,44 | 555,03 | 550,94 | 527,53 | 579,70 | 589,43 | 562,95 | 531,18 | 532,26 | 511,57 | 520,46 | 527,82 | 505,65 |
| Massa provino saturato [g] | 1066,71 | 1046,17 | 1007,73 | 983,43 | 975,28 | 931,69 | 1022,47 | 1046 | 989,37 | 936,16 | 945,75 | 900,70 | 918,81 | 931,96 | 880,71 |
| Temperatura acqua [°C] | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 | 18,6 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2298 | 2292 | 2304 | 2287 | 2291 | 2297 | 2302 | 2287 | 2312 | 2303 | 2290 | 2307 | 2287 | 2297 | 2303 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 55 | 56 | 55 | 53 | 53 | 53 | 52 | 52 | 52 | 50 | 50 | 50 | 49 | 49 | 50 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2297,89 | 2291,54 | 2304,09 | 2287,14 | 2290,60 | 2297,07 | 2302,15 | 2286,64 | 2312,14 | 2302,90 | 2290,16 | 2306,63 | 2297,26 | 2297,16 | 2303,29 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 7,19 | 7,45 | 6,94 | 7,63 | 7,49 | 7,23 | 7,02 | 7,65 | 6,62 | 6,99 | 7,51 | 6,84 | 7,22 | 7,22 | 6,98 |

F – COBIT_1 – 220101008

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Usura COBIT |
| DATA PRELIEVO | 29/04/2010 |
| CODICE PRELIEVO | F-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,86 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 5,53 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2476 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | F-COBIT_1-220101008 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 08/10/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,377 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15450 |

Secondo Norma UNI EN 12897-5
Secondo Norma CNR BU 63
l=50 cm; h=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-4; Massa volumica apparenze - Procedura D - saturo a superficie secca SSD

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A - Alto | 5,00 | 5,05 | 5,10 | 4,95 | 5,00 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,35 | 5,35 | 5,40 |
| | B - Sx | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,00 | 5,20 | 5,05 | 5,20 | 5,25 | 5,30 | 5,35 | 5,35 | 5,40 |
| | C - Basso | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,40 | 5,40 | 5,40 |
| | D - Dx | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,00 | 5,00 | 5,05 | 5,15 | 5,20 | 5,30 | 5,40 | 5,35 | 5,25 | 5,35 | 5,35 |
| Spessore medio [mm] | 50,63 | 50,75 | 50,88 | 49,88 | 50,13 | 50,38 | 50,75 | 51,00 | 51,13 | 52,63 | 53,13 | 53,13 | 53,38 | 53,63 | 53,88 |
| Massa provino asciutto [g] | 992,80 | 1038,63 | 943,39 | 883,40 | 1011,67 | 889,56 | 885,14 | 1038,33 | 918,96 | 912,66 | 988,67 | 963,15 | 998,16 | 1059,54 | 1028,32 |
| Massa in acqua [g] | 568,52 | 591,93 | 538,90 | 504,10 | 573,48 | 519,16 | 504,22 | 591,04 | 525,94 | 521,83 | 563,95 | 552,13 | 572,64 | 603,77 | 587,97 |
| Massa provino saturo [g] | 997,43 | 1042,69 | 947,03 | 886,57 | 1014,51 | 902,54 | 887,92 | 1041,63 | 921,66 | 917,84 | 990,92 | 966,21 | 1001,07 | 1062,35 | 1030,74 |
| Temperatura acqua [°C] | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 |
| Massa volumica apparenze [kg/m ³] | 2312 | 2301 | 2314 | 2307 | 2291 | 2307 | 2304 | 2303 | 2319 | 2302 | 2313 | 2329 | 2327 | 2307 | 2319 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 50 | 50 | 50 | 51 | 51 | 51 | 53 | 53 | 53 | 53 | 54 | 54 |
| Massa volumica apparenze [kg/m ³] | 2311,72 | 2301,20 | 2314,16 | 2306,74 | 2290,92 | 2301,26 | 2303,88 | 2302,74 | 2318,14 | 2302,25 | 2313,03 | 2328,62 | 2326,60 | 2307,50 | 2318,47 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 6,63 | 7,06 | 6,54 | 6,84 | 7,47 | 6,82 | 6,95 | 7,00 | 6,34 | 7,02 | 6,58 | 5,95 | 6,03 | 6,81 | 6,32 |

F – COBIT_1 – 20101021

| | |
|--|--------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Usura COBIT |
| DATA PRELIEVO | 29/04/2010 |
| CODICE PRELIEVO | F-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,86 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 5,53 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2476 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | F-COBIT_1-20101021 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 21/10/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,377 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15933 |

Secondo Norma UNI EN 12897-5
 Secondo Norma CNR BU 63
 l=50 cm; h=26 cm

Normativa di riferimento: UNI EN 12697-4; Massa volumica apparenze - Procedura D - saturo a superficie secca SSD

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A - Alto | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,30 | 5,40 | 5,40 |
| | B - Sx | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,20 | 5,15 | 5,30 | 5,35 | 5,40 |
| | C - Basso | 5,00 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,05 | 5,00 | 5,10 | 5,10 | 5,20 | 5,30 | 5,20 | 5,30 | 5,40 | 5,40 |
| | D - Dx | 5,00 | 5,10 | 5,05 | 5,00 | 5,00 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,35 | 5,40 |
| Spessore medio [mm] | 50,13 | 50,88 | 50,63 | 50,13 | 50,38 | 50,50 | 50,75 | 51,00 | 51,13 | 51,88 | 52,25 | 52,13 | 53,00 | 53,75 | 54,00 |
| Massa provino asciutto [g] | 965,79 | 993,84 | 965,96 | 922,37 | 996,83 | 965,11 | 961,50 | 1051,83 | 1034,13 | 999,19 | 938,78 | 1030,82 | 1040,89 | 1093,21 | 998,29 |
| Massa in acqua [g] | 560,94 | 577,80 | 562,50 | 554,07 | 578,37 | 572,48 | 560,03 | 610,33 | 602,19 | 581,05 | 546,91 | 598,36 | 606,92 | 626,19 | 580,54 |
| Massa provino saturo [g] | 965,15 | 995,05 | 967,32 | 954,03 | 998,09 | 984,87 | 962,68 | 1052,97 | 1035,52 | 1000,47 | 939,90 | 1032,40 | 1042,50 | 1094,89 | 999,64 |
| Temperatura acqua [°C] | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 18,7 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 | 998,57 |
| Massa volumica apparenze [kg/m ³] | 2381 | 2378 | 2383 | 2378 | 2372 | 2381 | 2385 | 2373 | 2383 | 2379 | 2385 | 2372 | 2386 | 2380 | 2379 |

Normativa di riferimento: UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 50 | 51 | 51 | 50 | 50 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 52 | 53 | 54 | 54 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2380,96 | 2376,47 | 2382,73 | 2377,75 | 2371,59 | 2380,52 | 2384,51 | 2372,88 | 2383,05 | 2378,90 | 2385,39 | 2371,54 | 2386,54 | 2379,67 | 2376,57 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 3,84 | 3,94 | 3,77 | 3,97 | 4,22 | 3,86 | 3,70 | 4,17 | 3,75 | 3,92 | 3,66 | 4,22 | 3,63 | 3,88 | 3,93 |

| | |
|--|--------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Usura COBIT |
| DATA PRELIEVO | 29/04/2010 |
| CODICE PRELIEVO | F-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,86 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 5,53 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2476 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | F-COBIT_1-20101103 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 03/1/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,377 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15933 |

Secondo Norma UNI EN 12697-5
 Secondo Norma CNR BU 63
 L=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-4(Massa volumica apparente - Procedura D: saturo a superficie secca SSD

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| SPessori [mm] | A - Alto | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 4,95 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,05 | 5,00 | 5,05 | 5,20 | 5,25 | 5,30 | 5,40 | 5,50 | 5,50 |
| | B - SX | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,40 | 5,45 | 5,50 | 5,50 | 5,50 |
| | C - Basso | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 4,95 | 5,00 | 4,95 | 5,05 | 5,00 | 5,20 | 5,25 | 5,20 | 5,45 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 |
| | D - Dx | 5,05 | 5,00 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,10 | 5,10 | 5,35 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,45 | 5,45 |
| Spessore medio [mm] | 50,75 | 50,75 | 51,13 | 49,83 | 50,00 | 49,88 | 50,25 | 50,50 | 50,38 | 52,25 | 52,75 | 52,75 | 54,13 | 54,63 | 54,88 | 54,88 | |
| Massa provino asciutto [g] | 966,22 | 1065,38 | 953,16 | 929,38 | 1022,59 | 933,38 | 1020,08 | 980,32 | 1020,29 | 976,72 | 948,85 | 980,47 | 1077,08 | 1062,14 | 1076,05 | 1076,05 | |
| Massa in acqua [g] | 564,91 | 619,69 | 556,10 | 541,03 | 592,64 | 543,52 | 593,81 | 566,53 | 595,00 | 570,23 | 551,30 | 572,71 | 628,52 | 615,01 | 627,44 | 627,44 | |
| Massa provino saturato [g] | 970,88 | 1067,95 | 955,40 | 932,06 | 1024,59 | 935,10 | 1022,46 | 982,57 | 1022,63 | 978,79 | 959,63 | 982,76 | 1079,48 | 1064,56 | 1078,41 | 1078,41 | |
| Temperatura acqua [°C] | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | 999,04 | |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2383 | 2374 | 2385 | 2374 | 2365 | 2381 | 2377 | 2364 | 2384 | 2388 | 2374 | 2389 | 2386 | 2376 | 2384 | 2384 | |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 50 | 50 | 50 | 50 | 51 | 50 | 52 | 53 | 53 | 54 | 55 | 55 | 55 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2382,66 | 2374,42 | 2384,79 | 2371,47 | 2384,65 | 2381,34 | 2377,47 | 2384,28 | 2383,63 | 2388,35 | 2373,82 | 2388,80 | 2386,12 | 2376,26 | 2383,79 | 2383,79 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 | 2476,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 3,77 | 4,10 | 3,68 | 4,10 | 4,50 | 3,82 | 3,98 | 4,51 | 3,73 | 3,54 | 4,13 | 3,52 | 3,63 | 4,03 | 3,72 | 3,72 |

B – COBIT_1 – 20101021

| | |
|--|--------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-20101102 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 02/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15900 |

4,99
Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A | 5,05 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,20 | 5,40 | 5,45 | 5,45 | 5,60 | 5,65 | 5,70 |
| | B | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,40 | 5,35 | 5,40 | 5,55 | 5,60 | 5,70 |
| | C | 5,05 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,15 | 5,40 | 5,50 | 5,50 | 5,60 | 5,65 | 5,70 |
| | D | 5,05 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,55 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,70 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 55 | 55 | 56 | 57 | |
| Massa provino asciutto [g] | 922,38 | 933,67 | 1028,72 | 946,33 | 888,09 | 983,54 | 939,45 | 916,04 | 994,73 | 977,79 | 1165,04 | 1061,64 | 961,70 | 1146,78 | 1033,84 |
| Massa in acqua [g] | 563,21 | 543,89 | 601,40 | 562,21 | 518,75 | 572,74 | 547,69 | 530,95 | 575,79 | 570,24 | 674,56 | 616,42 | 560,94 | 666,79 | 602,86 |
| Massa provino saturo [g] | 1003,05 | 939,21 | 1028,49 | 933,96 | 902,61 | 990,66 | 947,31 | 921,99 | 1000,56 | 983,70 | 1168,62 | 1067,27 | 969,73 | 1154,84 | 1042,73 |
| Temperatura acqua [°C] | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 |
| Massa volumica apparense [kg/m ³] | 2381 | 2382 | 2351 | 2353 | 2337 | 2351 | 2348 | 2340 | 2339 | 2382 | 2385 | 2382 | 2350 | 2347 | 2347 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 55 | 55 | 56 | 56 | 57 |
| Massa volumica apparense [kg/m ³] | 2380,82 | 2351,78 | 2380,69 | 2382,64 | 2336,77 | 2380,54 | 2347,98 | 2339,71 | 2336,84 | 2382,00 | 2385,21 | 2382,35 | 2349,66 | 2346,84 | 2347,46 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 7,35 | 7,70 | 7,74 | 7,67 | 8,29 | 7,75 | 7,85 | 8,17 | 8,20 | 7,30 | 7,57 | 7,29 | 7,78 | 7,89 | 7,87 |

B – COBIT_1 – 20101102

| | |
|--|--------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | 4,99 |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-20101021 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 21/10/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16522 |

Secondo Norma CNR BU 63
 Secondo Norma UNI EN 12697-5
 Secondo Norma UNI EN 12697-8
 l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A | 5,40 | 5,45 | 5,50 | 5,35 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,50 | 5,55 | 5,60 | 5,65 | 5,70 | 5,70 |
| | B | 5,40 | 5,40 | 5,45 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,50 | 5,60 | 5,65 | 5,60 | 5,60 | 5,70 |
| | C | 5,40 | 5,40 | 5,45 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,55 | 5,40 | 5,55 | 5,55 | 5,60 | 5,65 | 5,70 | 5,70 |
| | D | 5,40 | 5,40 | 5,45 | 5,35 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,80 | 5,80 | 5,80 | 5,85 | 5,70 | 5,80 |
| Spessore medio [mm] | 54 | 54 | 55 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 55 | 56 | 56 | 56 | 57 | 57 | |
| Massa provino asciutto [g] | 997,49 | 1110,09 | 1029,78 | 947,96 | 1048,79 | 958,95 | 978,46 | 1057,86 | 1032,95 | 1000,20 | 1074,63 | 1034,12 | 1020,40 | 1121,71 | 1108,87 |
| Massa in acqua [g] | 555,95 | 651,49 | 605,74 | 554,38 | 609,95 | 559,89 | 575,79 | 609,03 | 603,38 | 598,97 | 628,46 | 606,76 | 600,04 | 656,88 | 651,04 |
| Massa provino saturo [g] | 1011,64 | 1120,80 | 1040,16 | 968,57 | 1057,57 | 966,47 | 994,77 | 1058,34 | 1041,05 | 1011,41 | 1081,88 | 1042,42 | 1033,49 | 1132,48 | 1121,36 |
| Temperatura acqua [°C] | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 | 998,32 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2339 | 2361 | 2366 | 2341 | 2341 | 2355 | 2331 | 2337 | 2356 | 2383 | 2386 | 2370 | 2350 | 2355 | 2354 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 54 | 54 | 55 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 55 | 56 | 56 | 56 | 57 | 57 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2339,29 | 2361,39 | 2366,49 | 2341,39 | 2341,33 | 2384,61 | 2331,41 | 2337,12 | 2365,92 | 2363,14 | 2368,07 | 2369,70 | 2360,18 | 2364,55 | 2363,73 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 8,19 | 7,32 | 7,12 | 8,11 | 8,11 | 7,59 | 8,50 | 8,28 | 7,54 | 7,26 | 7,14 | 7,00 | 7,76 | 7,59 | 7,62 |

B – COBIT_1 – 20101105

| | |
|--|--------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-20101105 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 05/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15900 |

Secondo Norma UNI EN 12697-5
 Secondo Norma CNR BU 63
 l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

MASSA VOLUMICA MISCELA

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| SPessori [cm] | A | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,15 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,35 |
| | B | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,30 | 5,30 | 5,30 |
| | C | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,20 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,35 |
| | D | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,20 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,35 | 5,40 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 53 | 53 | 53 | 54 |
| Massa provino asciutto [g] | 1008,89 | 964,03 | 1023,94 | 973,39 | 939,21 | 1005,94 | 942,99 | 1025,92 | 969,06 | 966,96 | 1060,23 | 1011,90 | 971,53 | 1084,18 | 1036,00 |
| Massa in acqua [g] | 595,92 | 569,00 | 602,95 | 572,88 | 550,01 | 590,98 | 566,11 | 600,80 | 567,80 | 565,05 | 620,78 | 597,04 | 573,69 | 640,56 | 610,42 |
| Massa provino saturo [g] | 1018,65 | 970,24 | 1021,96 | 982,80 | 944,34 | 1014,29 | 950,32 | 1033,25 | 974,00 | 982,95 | 1063,89 | 1016,80 | 979,46 | 1091,18 | 1044,40 |
| Temperatura acqua [°C] | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 | 998,94 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2382 | 2400 | 2399 | 2372 | 2379 | 2374 | 2390 | 2377 | 2383 | 2403 | 2390 | 2408 | 2392 | 2403 | 2385 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

CONTENUTO DI VUOTI

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 53 | 53 | 53 | 54 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2381,82 | 2400,08 | 2399,23 | 2372,07 | 2379,26 | 2379,86 | 2399,57 | 2376,76 | 2393,14 | 2402,72 | 2390,06 | 2406,11 | 2391,75 | 2403,42 | 2398,68 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 6,52 | 5,81 | 6,23 | 6,90 | 6,62 | 6,83 | 6,22 | 6,72 | 6,47 | 5,70 | 6,20 | 5,49 | 6,13 | 5,67 | 6,41 |

B – COBIT_1 – 20101109

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-220101109 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 09/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 15900 |

4,99
Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Setore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,20 | 5,15 | 5,35 | 5,40 | 5,40 |
| | B | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,30 | 5,40 | 5,30 |
| | C | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,05 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,35 | 5,40 | 5,35 |
| | D | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,00 | 5,10 | 5,05 | 5,25 | 5,25 | 5,25 | 5,40 | 5,35 | 5,40 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 54 | 54 | |
| Massa provino asciutto [g] | 1013,93 | 948,43 | 1006,56 | 988,07 | 910,17 | 986,67 | 1017,97 | 880,07 | 967,27 | 1088,13 | 959,25 | 1036,59 | 1131,55 | 933,09 | 1054,54 |
| Massa in acqua [g] | 600,00 | 556,86 | 610,70 | 569,96 | 534,49 | 573,55 | 599,81 | 514,79 | 566,46 | 642,60 | 562,95 | 610,79 | 670,58 | 586,78 | 622,19 |
| Massa provino saturo [g] | 1020,27 | 953,09 | 1042,21 | 973,73 | 913,41 | 991,50 | 1024,37 | 882,64 | 971,04 | 1093,73 | 982,44 | 1042,70 | 1137,92 | 996,37 | 1069,16 |
| Temperatura acqua [°C] | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 | 999,10 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2410 | 2404 | 2400 | 2395 | 2400 | 2393 | 2396 | 2390 | 2401 | 2410 | 2399 | 2402 | 2419 | 2422 | 2411 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Setore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 54 | 54 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2410,40 | 2403,61 | 2440,01 | 2395,42 | 2399,85 | 2392,97 | 2395,55 | 2390,32 | 2400,52 | 2409,84 | 2399,03 | 2402,48 | 2419,08 | 2422,41 | 2411,13 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 5,40 | 5,67 | 5,81 | 5,99 | 5,81 | 6,08 | 5,98 | 6,19 | 5,79 | 5,42 | 5,85 | 5,71 | 5,06 | 4,93 | 5,37 |

B – COBIT_1 – 20101115

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-220101115 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 15/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16224 |

Secondo Norma CNR BU 63
Secondo Norma UNI EN 12697-5
L=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [mm] | A | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,20 | 5,20 | 5,25 | 5,35 | 5,40 | 5,40 |
| | B | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,15 | 5,10 | 5,15 | 5,30 | 5,35 | 5,35 |
| | C | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,40 | 5,40 | 5,40 |
| | D | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,10 | 5,00 | 5,10 | 5,25 | 5,25 | 5,30 | 5,35 | 5,40 | 5,40 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 50 | 50 | 51 | 50 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 54 | 54 | |
| Massa provino asciutto [g] | 986,51 | 1025,53 | 991,67 | 977,91 | 1007,24 | 987,32 | 1020,13 | 1067,22 | 996,09 | 894,56 | 1022,82 | 963,60 | 1022,16 | 1166,09 | 1032,17 |
| Massa in acqua [g] | 596,65 | 611,92 | 592,93 | 581,49 | 615,71 | 597,81 | 606,59 | 631,81 | 591,48 | 532,70 | 607,73 | 586,88 | 611,56 | 696,30 | 651,69 |
| Massa provino saturo [g] | 991,84 | 1027,22 | 993,91 | 981,62 | 1009,30 | 989,22 | 1024,32 | 1069,18 | 987,96 | 897,57 | 1024,19 | 985,74 | 1027,05 | 1169,39 | 1096,10 |
| Temperatura acqua [°C] | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 | 998,71 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2455 | 2466 | 2469 | 2441 | 2446 | 2456 | 2459 | 2437 | 2447 | 2449 | 2453 | 2463 | 2457 | 2462 | 2454 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 51 | 50 | 50 | 51 | 51 | 50 | 51 | 52 | 52 | 52 | 54 | 54 | 54 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2454,85 | 2466,19 | 2469,31 | 2440,83 | 2445,53 | 2456,46 | 2436,93 | 2436,94 | 2447,37 | 2448,56 | 2452,82 | 2452,65 | 2456,96 | 2461,86 | 2454,40 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 3,66 | 3,21 | 3,09 | 4,21 | 4,02 | 3,59 | 4,28 | 4,36 | 3,95 | 3,90 | 3,74 | 3,34 | 3,57 | 3,39 | 3,67 |

B – COBIT_1 – 20101118

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Binder COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | B-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 5,25 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,99 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2548 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | B-COBIT_1-220101118 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 18/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,446 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16224 |

4,99

Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

l=50 cm; h=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,10 | 5,15 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| | B | 5,30 | 5,30 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| | C | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,20 | 5,25 | 5,10 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| | D | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,20 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 52 | 52 | 51 | 52 | 52 | 52 | |
| Massa provino asciutto [g] | 1066,23 | 987,43 | 991,27 | 1078,17 | 988,68 | 1000,42 | 990,78 | 1056,26 | 969,61 | 981,86 | 1044,01 | 942,02 | 1085,54 | 1129,72 | 1014,16 |
| Massa in acqua [g] | 654,13 | 586,67 | 589,46 | 641,77 | 574,76 | 594,52 | 591,16 | 627,66 | 575,77 | 594,43 | 619,90 | 559,72 | 645,16 | 671,17 | 603,53 |
| Massa provino saturo [g] | 1070,27 | 990,69 | 995,56 | 1083,23 | 971,41 | 1003,52 | 996,72 | 1059,71 | 973,34 | 985,40 | 1047,55 | 944,57 | 1089,31 | 1133,52 | 1018,19 |
| Temperatura acqua [°C] | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 | 998,84 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2442 | 2441 | 2438 | 2439 | 2439 | 2443 | 2440 | 2442 | 2436 | 2446 | 2438 | 2445 | 2441 | 2441 | 2443 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 51 | 52 | 52 | 52 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2441,86 | 2441,18 | 2439,86 | 2439,45 | 2439,32 | 2443,18 | 2440,16 | 2441,87 | 2436,01 | 2445,87 | 2438,44 | 2444,92 | 2440,80 | 2440,60 | 2442,93 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 | 2548,00 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 4,17 | 4,19 | 4,31 | 4,26 | 4,27 | 4,11 | 4,23 | 4,17 | 4,40 | 4,01 | 4,30 | 4,05 | 4,21 | 4,22 | 4,12 |

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2605 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-20101021 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 21/10/2010 |
| CONTENUTO DI VOTI DESIDERATO [%] | 4 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16252 |

4,25
Secondo Norma CNR EU 63
Secondo Norma UNI EN 12697-5
L=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

MASSA VOLUMICA MISCELA

| Identificativo Settore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| SPessori [cm] | A | 5,20 | 5,25 | 5,20 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,40 | 5,40 | 5,60 | 5,60 | 5,80 | 6,00 | 5,90 |
| | B | 5,25 | 5,20 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,40 | 5,30 | 5,30 | 5,50 | 5,50 | 5,80 | 5,90 | 5,90 |
| | C | 5,30 | 5,25 | 5,25 | 5,30 | 5,30 | 5,25 | 5,40 | 5,40 | 5,30 | 5,60 | 5,60 | 5,90 | 5,90 | 5,90 |
| | D | 5,35 | 5,30 | 5,20 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,40 | 5,40 | 5,35 | 5,70 | 5,70 | 5,90 | 5,90 | 5,85 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 52 | 53 | 53 | 53 | 54 | 54 | 53 | 56 | 56 | 56 | 59 | 59 | 59 |
| Massa provino asciutto [g] | 862,44 | 1027,89 | 996,57 | 944,07 | 1055,44 | 1019,66 | 894,31 | 1080,08 | 1031,30 | 948,00 | 1235,37 | 1178,52 | 922,88 | 1227,10 | 1165,98 |
| Massa in acqua [g] | 510,00 | 603,79 | 591,68 | 558,22 | 617,30 | 599,78 | 524,49 | 629,71 | 607,42 | 561,98 | 720,66 | 693,85 | 547,47 | 722,40 | 686,68 |
| Massa provino saturo [g] | 874,45 | 1036,13 | 1005,69 | 962,02 | 1060,66 | 1028,50 | 901,70 | 1086,25 | 1039,14 | 957,55 | 1242,90 | 1196,89 | 933,93 | 1230,08 | 1178,78 |
| Temperatura acqua [°C] | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 | 17,6 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 | 998,74 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2383 | 2375 | 2404 | 2384 | 2381 | 2375 | 2368 | 2363 | 2386 | 2384 | 2363 | 2386 | 2385 | 2372 | 2376 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

CONTENUTO DI VOTI

| Identificativo Settore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 52 | 53 | 53 | 53 | 54 | 54 | 53 | 56 | 56 | 56 | 59 | 59 | 59 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2383,43 | 2374,51 | 2403,60 | 2394,31 | 2380,77 | 2375,99 | 2367,67 | 2362,81 | 2365,61 | 2393,52 | 2362,54 | 2368,27 | 2363,03 | 2371,98 | 2367,07 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 9,26 | 8,83 | 7,71 | 8,07 | 8,59 | 8,80 | 9,09 | 9,28 | 8,40 | 8,10 | 9,29 | 8,30 | 8,43 | 8,93 | 8,77 |

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2605 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-20101102 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 02/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 17041 |

4,25
Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

MASSA VOLUMICA MISCELA

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SPessori [cm] | A | 5,65 | 5,70 | 5,70 | 5,65 | 5,70 | 5,55 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,65 | 5,60 | 5,80 | 5,80 | 5,80 |
| | B | 5,70 | 5,65 | 5,60 | 5,70 | 5,70 | 5,65 | 5,60 | 5,60 | 5,55 | 5,60 | 5,55 | 5,75 | 5,75 | 5,75 |
| | C | 5,70 | 5,65 | 5,60 | 5,70 | 5,65 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,55 | 5,80 | 5,70 | 5,75 |
| | D | 5,65 | 5,65 | 5,60 | 5,65 | 5,65 | 5,65 | 5,65 | 5,55 | 5,55 | 5,70 | 5,75 | 5,70 | 5,70 | 5,70 |
| Spessore medio [mm] | 57 | 57 | 56 | 57 | 57 | 57 | 56 | 56 | 56 | 56 | 57 | 56 | 58 | 57 | 58 |
| Massa provino assoluto [g] | 912,71 | 1115,22 | 1070,25 | 987,40 | 1172,05 | 1119,49 | 1027,21 | 1145,24 | 1101,23 | 1062,94 | 1153,03 | 1066,46 | 1041,74 | 1133,23 | 1071,81 |
| Massa in acqua [g] | 541,78 | 652,01 | 623,74 | 598,73 | 686,14 | 654,99 | 608,65 | 664,50 | 641,27 | 632,09 | 674,97 | 623,50 | 618,01 | 673,16 | 629,38 |
| Massa provino saturo [g] | 924,62 | 1124,62 | 1082,43 | 1000,13 | 1179,73 | 1127,46 | 1038,76 | 1148,56 | 1107,58 | 1072,67 | 1157,72 | 1093,51 | 1053,56 | 1142,77 | 1081,42 |
| Temperatura acqua [°C] | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 | 998,51 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2380 | 2356 | 2356 | 2397 | 2371 | 2366 | 2385 | 2398 | 2358 | 2409 | 2395 | 2342 | 2388 | 2410 | 2368 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

CONTENUTO DI VUOTI

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Spessore medio [mm] | 57 | 57 | 56 | 57 | 57 | 57 | 56 | 56 | 56 | 56 | 57 | 56 | 58 | 57 | 58 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2380,50 | 2356,19 | 2356,47 | 2396,52 | 2371,00 | 2365,91 | 2364,69 | 2358,25 | 2368,06 | 2408,77 | 2384,90 | 2342,27 | 2368,22 | 2409,59 | 2367,52 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 8,60 | 9,53 | 9,56 | 7,99 | 8,97 | 9,16 | 8,44 | 9,45 | 9,46 | 7,52 | 8,43 | 10,07 | 8,30 | 7,49 | 9,10 |

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2605 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-20101109 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 09/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16252 |

4,25
Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

MASSA VOLUMICA MISCELA

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| SPessori [cm] | A | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,10 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,20 | 5,25 |
| | B | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,15 | 5,10 | 5,20 | 5,25 |
| | C | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,30 | 5,35 | 5,30 |
| | D | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,20 | 5,30 | 5,35 | 5,30 | 5,30 | 5,35 |
| Spessore medio [mm] | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 53 | 53 | 53 | |
| Massa provino assoluto [g] | 988,59 | 1085,59 | 1054,19 | 922,47 | 1037,50 | 1041,05 | 1001,07 | 966,95 | 1045,55 | 966,09 | 991,73 | 1048,10 | 1017,70 | 1031,75 | 1108,11 | |
| Massa in acqua [g] | 580,11 | 647,18 | 628,43 | 553,78 | 613,38 | 617,80 | 599,78 | 568,17 | 617,77 | 576,77 | 594,13 | 622,54 | 610,73 | 615,75 | 689,89 | |
| Massa provino saturo [g] | 975,97 | 1090,49 | 1060,84 | 931,82 | 1041,15 | 1044,53 | 1010,00 | 980,22 | 1048,11 | 975,38 | 999,95 | 1051,63 | 1025,30 | 1038,74 | 1114,70 | |
| Temperatura acqua [°C] | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 | |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | 999,08 | |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2445 | 2447 | 2436 | 2439 | 2423 | 2438 | 2438 | 2426 | 2427 | 2421 | 2442 | 2440 | 2453 | 2454 | 2451 | |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

CONTENUTO DI VUOTI

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Spessore medio [mm] | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 52 | 52 | 53 | 53 | 53 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2444,55 | 2445,58 | 2435,70 | 2439,18 | 2423,14 | 2437,83 | 2438,08 | 2428,28 | 2426,89 | 2421,42 | 2441,52 | 2440,36 | 2452,57 | 2454,35 | 2450,56 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 6,14 | 6,06 | 6,48 | 6,35 | 6,96 | 6,40 | 6,39 | 6,84 | 6,82 | 7,03 | 6,26 | 6,30 | 5,83 | 5,77 | 5,91 |

| | |
|--|---------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2805 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-20101115 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 15/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16252 |

Secondo Norma CNR BU 63
 Secondo Norma UNI EN 12697-5
 L=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Settore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [mm] | A | 5,10 | 5,05 | 5,05 | 5,15 | 5,20 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,25 | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,20 |
| | B | 5,00 | 5,10 | 5,00 | 5,15 | 5,15 | 5,10 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,25 | 5,25 | 5,25 |
| | C | 5,05 | 5,05 | 5,00 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,25 | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,30 |
| | D | 5,10 | 5,00 | 5,05 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,30 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,30 | 5,20 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 50 | 52 | 52 | 52 | 53 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | |
| Massa provino asciutto [g] | 970,64 | 943,57 | 977,79 | 1015,09 | 983,77 | 1030,78 | 961,70 | 1074,77 | 1032,77 | 1001,22 | 1123,84 | 1067,56 | 974,39 | 1114,53 | 1026,28 |
| Massa in acqua [g] | 579,22 | 563,63 | 584,70 | 605,82 | 592,93 | 612,76 | 574,32 | 637,94 | 613,75 | 598,83 | 668,72 | 637,34 | 584,21 | 667,83 | 612,54 |
| Massa provino saturato [g] | 97% 46 | 946,64 | 981,50 | 1019,61 | 996,15 | 1033,88 | 967,08 | 1076,97 | 1035,36 | 1005,42 | 1125,49 | 1070,80 | 981,65 | 1120,21 | 1034,15 |
| Temperatura acqua [°C] | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 | 998,54 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2446 | 2460 | 2461 | 2450 | 2461 | 2444 | 2445 | 2444 | 2446 | 2459 | 2457 | 2459 | 2448 | 2460 | 2451 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Settore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 51 | 51 | 50 | 52 | 52 | 52 | 52 | 53 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2446,05 | 2459,97 | 2460,59 | 2450,16 | 2460,99 | 2444,14 | 2444,99 | 2444,48 | 2446,01 | 2458,99 | 2456,81 | 2459,28 | 2446,09 | 2460,11 | 2430,64 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 6,08 | 5,55 | 5,53 | 5,93 | 5,51 | 6,16 | 6,12 | 6,14 | 6,09 | 5,59 | 5,67 | 5,58 | 6,01 | 5,54 | 6,68 |

TV – COBIT_1 – 120101118

| | |
|--|----------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2605 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-120101118 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 18/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16611 |

4,25
Secondo Norma CNR BU 63
4,25
Secondo Norma CNR BU 63
Secondo Norma UNI EN 12697-5
Secondo Norma UNI EN 12697-6
l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

| Identificativo Setore | MASSA VOLUMICA MISCELA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| SPessori [cm] | A | 5,25 | 5,30 | 5,25 | 5,15 | 5,20 | 5,15 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 |
| | B | 5,40 | 5,30 | 5,30 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 |
| | C | 5,30 | 5,30 | 5,25 | 5,20 | 5,20 | 5,15 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 |
| | D | 5,30 | 5,25 | 5,25 | 5,15 | 5,20 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,10 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 53 | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | |
| Massa provino assoluto [g] | 1062,10 | 991,53 | 1037,16 | 1094,95 | 1025,54 | 1063,00 | 1099,58 | 997,86 | 1130,58 | 1010,58 | 950,50 | 1054,74 | 1060,05 | 989,28 | 1068,27 |
| Massa in acqua [g] | 642,74 | 599,33 | 626,66 | 661,14 | 616,71 | 637,26 | 662,09 | 598,07 | 676,33 | 610,57 | 570,07 | 632,79 | 640,03 | 595,06 | 665,03 |
| Massa provino saturo [g] | 1068,56 | 994,13 | 1040,12 | 1098,99 | 1027,75 | 1065,64 | 1103,95 | 1000,06 | 1133,18 | 1016,27 | 952,47 | 1057,19 | 1062,80 | 991,36 | 1090,89 |
| Temperatura acqua [°C] | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 | 998,78 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2491 | 2598 | 2595 | 2498 | 2492 | 2478 | 2485 | 2479 | 2488 | 2488 | 2483 | 2482 | 2504 | 2483 | 2494 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

| Identificativo Setore | CONTENUTO DI VUOTI | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 53 | 52 | 52 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2491,20 | 2505,41 | 2505,43 | 2497,69 | 2491,94 | 2478,41 | 2485,48 | 2479,27 | 2488,05 | 2487,91 | 2482,58 | 2482,22 | 2504,33 | 2493,25 | 2482,79 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 4,35 | 3,69 | 3,80 | 4,10 | 4,32 | 4,84 | 4,57 | 4,81 | 4,47 | 4,48 | 4,68 | 4,70 | 3,85 | 4,27 | 4,25 |

TV – COBIT_1 – 220101118

| | |
|--|----------------------|
| TIPOLOGIA MATERIALE | Base COBIT |
| DATA PRELIEVO | 05/07/2010 |
| CODICE PRELIEVO | TV-COBIT_1 |
| CARATTERISTICHE MATERIALE | |
| Contenuto di bitume rispetto agli aggregati [%] | 4,44 |
| Contenuto di bitume rispetto alla miscela [%] | 4,25 |
| Massa volumica degli aggregati [kg/m ³] | - |
| Massa volumica del bitume [kg/m ³] | - |
| Massa volumica massima del conglomerato [kg/m ³] | 2605 |
| IDENTIFICATIVO CAMPIONE | TV-COBIT_1-220101118 |
| DATA CONFEZIONAMENTO | 18/11/2010 |
| CONTENUTO DI VUOTI DESIDERATO [%] | 4,00 |
| ALTEZZA FINALE DESIDERATA [mm] | 50 |
| VOLUME PROVINO [cm³] | 6500 |
| MASSA VOLUMICA DESIDERATA [g/cm³] | 2,500 |
| MASSA DA INSERIRE [g] | 16611 |

4,25
Secondo Norma CNR BU 63

Secondo Norma UNI EN 12697-5

Secondo Norma UNI EN 12697-6

l=50 cm; l=26 cm

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-6

MASSA VOLUMICA MISCELA

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SPessori [cm] | A | 5,25 | 5,40 | 5,25 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,30 | 5,35 | 5,30 |
| | B | 5,30 | 5,30 | 5,25 | 5,15 | 5,20 | 5,15 | 5,10 | 5,05 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,30 | 5,30 | 5,20 |
| | C | 5,25 | 5,30 | 5,20 | 5,15 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 5,15 | 5,10 | 5,35 | 5,30 | 5,30 |
| | D | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,15 | 5,05 | 5,20 | 5,20 | 5,40 | 5,35 | 5,30 |
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 53 | 53 | 53 |
| Massa provino assoluto [g] | 1017,67 | 944,75 | 1100,26 | 1025,15 | 979,67 | 1114,07 | 1000,19 | 1048,28 | 1002,07 | 1018,43 | 1088,21 | 1047,08 | 1065,73 | 1143,66 | 1099,14 |
| Massa in acqua [g] | 614,17 | 568,44 | 664,88 | 618,26 | 597,53 | 666,88 | 600,96 | 631,53 | 601,15 | 614,03 | 652,46 | 623,23 | 642,68 | 691,19 | 662,88 |
| Massa provino saturo [g] | 1023,09 | 946,47 | 1104,35 | 1029,26 | 981,37 | 1116,57 | 1003,82 | 1051,54 | 1004,36 | 1020,57 | 1090,40 | 1049,53 | 1069,79 | 1148,51 | 1103,18 |
| Temperatura acqua [°C] | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Massa volumica acqua [kg/m ³] | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 | 999,00 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2486 | 2497 | 2501 | 2492 | 2485 | 2486 | 2480 | 2496 | 2483 | 2503 | 2482 | 2483 | 2493 | 2488 | 2493 |

Normativa di riferimento

UNI EN 12697-8

CONTENUTO DI VUOTI

| Identificativo Setore | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Spessore medio [mm] | 53 | 53 | 52 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 53 | 53 | 53 |
| Massa volumica apparente [kg/m ³] | 2486,19 | 2486,64 | 2501,10 | 2491,79 | 2484,99 | 2486,00 | 2480,24 | 2487,73 | 2482,75 | 2502,61 | 2482,35 | 2482,67 | 2482,72 | 2488,29 | 2482,71 |
| Massa volumica massima [kg/m ³] | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 | 2604,50 |
| Contenuto di vuoti residui [%] | 4,54 | 4,14 | 3,97 | 4,33 | 4,59 | 4,55 | 4,77 | 4,18 | 4,67 | 3,91 | 4,69 | 4,67 | 4,29 | 4,08 | 4,29 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Esempio di <i>roller compactors</i> | 8 |
| Figura 2.1 Logo dell' <i>European Committee for Standardization</i> | 11 |
| Figura 2.2.1 Esempio di <i>roller compactor</i> con ruote gommate | 13 |
| Figura 2.3.1 Esempi di <i>roller compactors</i> con rullo liscio d'acciaio | 14 |
| Figura 2.3.2 <i>Roller compactor Turamesin</i> | 15 |
| Figura 2.4.1 Schema di funzionamento del metodo con <i>sliding plates</i> | 16 |
| Figura 2.5.1 <i>Roller Compactor</i> di Tecnotest s.r.l. | 17 |
| Figura 2.5.2 Cella di carico | 18 |
| Figura 2.5.3 Pannello operatore | 19 |
| Figura 2.5.1.1 Stampo assemblato sul carrello | 20 |
| Figura 2.5.2.1 Tavola mobile | 21 |
| Figura 2.5.4.1 Distanziali a croce per compattazione | 23 |
| Figura 2.5.4.2 Disposizione del materiale | 25 |
| Figura 2.5.4.3 Inserimento delle <i>sliding plates</i> | 25 |
| Figura 2.5.4.4 Inizio della prova di compattazione | 26 |
| Figura 2.5.5.1 Distanziale e piastra di centraggio per ormaiamento | 27 |
| Figura 3.2.1 Suddivisione e taglio della piastra | 32 |
| Figura 3.2.2 Diagramma di flusso del piano sperimentale | 34 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 3.2.1 Parametri di precompattazione | 31 |
| Tabella 3.2.2 Parametri di compattazione | 31 |
| Tabella 3.3.1 Analisi granulometrica F-COBIT | 36 |
| Tabella 3.3.2 Determinazione % bitume F-COBIT | 36 |
| Tabella 3.3.3 Determinazione massa volumica massima F-COBIT | 37 |
| Tabella 3.3.4 Analisi granulometrica B-COBIT | 38 |
| Tabella 3.3.5 Determinazione % bitume B-COBIT | 38 |
| Tabella 3.3.6 Determinazione massa volumica massima B-COBIT | 39 |
| Tabella 3.3.7 Analisi granulometrica TV-COBIT | 40 |
| Tabella 3.3.8 Determinazione % bitume TV-COBIT | 40 |
| Tabella 3.3.9 Determinazione massa volumica massima TV-COBIT | 41 |
| Tabella 4.1.1 Procedura standard piastre di usura | 45 |
| Tabella 4.1.2 Procedura standard piastre di binder e base | 48 |
| Tabella 4.1.1.1 Procedura standard piastre di usura, binder e base | 50 |
| Tabella 4.2.1 Confronto tra procedura standard e a massa corretta piastre di usura | 55 |
| Tabella 4.2.2 Confronto tra procedura standard e a massa corretta piastre di binder e base | 58 |
| Tabella 4.3.1 Procedura a cicli aperti piastre di binder | 64 |
| Tabella 4.3.2 Procedura a cicli aperti piastre di base | 67 |
| Tabella 4.3.2.1 Procedura a cicli aperti piastre di binder e base | 73 |
| Tabella 4.4.1 Confronto tra massa volumica calcolata e massa volumica reale | 76 |
| Tabella 4.4.2 Confronto tra massa calcolata e massa effettivamente inserita | 77 |

| | |
|---|----|
| Tabella 5.1 Parametri di compattazione | 78 |
| Tabella 5.2 Parametri di compattazione | 79 |
| Tabella A.1.1 Massa volumica dell'acqua | 85 |

INDICE DEI GRAFICI

| | |
|--|----|
| Grafico 3.3.1 Curva granulometrica F-COBIT | 35 |
| Grafico 3.3.2 Curva granulometrica B-COBIT | 37 |
| Grafico 3.3.3 Curva granulometrica TV-COBIT | 39 |
| Grafico 4.4.1 Indice dei vuoti nelle piastre di usura | 75 |
| Grafico 4.4.2 Indice dei vuoti nelle piastre di binder | 75 |
| Grafico 4.4.3 Indice dei vuoti nelle piastre di base | 76 |

INDICE DEGLI ALLEGATI

| | |
|---|----|
| I – Determinazione della massa volumica apparente del provino | 85 |
| II – Determinazione dell'indice dei vuoti del provino | 87 |
| III – Tabelle dei dati rilevati | 88 |