



**PROVINCIA DI FERRARA**  
**UOPC GEOLOGICO E PROTEZIONE CIVILE**

SEDE : Via di Portonaccio, 175 - 00159 ROMA  
Segreteria: 0444.389495 - 0444.263413 / e-mail segreteria@assolig.it

# **AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI**

**CONFRONTO TRA DUE TIPOLOGIE DI  
FONDAZIONI STRADALI REALIZZATE CON LA  
TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO: CASI REALI**

**dott.ssa geol Alceste Zecchi**  
**dott.ssa geol Anna Maria Pangallo**  
**dott.ing. Mirco Mischiatti**



Provincia di Ferrara



Comune Ferrara



CNA Ferrara  
Associazione  
Provinciale



Dipartimento di  
Scienze della Terra  
dell'Università  
degli Studi di Ferrara



**PATROCINIO**

- ⇒ Breve descrizione della tecnica del bitume schiumato;
- ⇒ Confronto tra due differenti tipologie stradali :
  - Nuovo asse a valenza regionale di collegamento tra la S.P.50 in Loc. Poggio Renatico e la S.P.35 in Loc. San Carlo – **CISPADANA Lotto I;**
  - Adeguamento della viabilità a Sud-Est di Ferrara con nuovo accesso sul raccordo autostradale Ferrara-Mare a **Cona –Lotto A;**



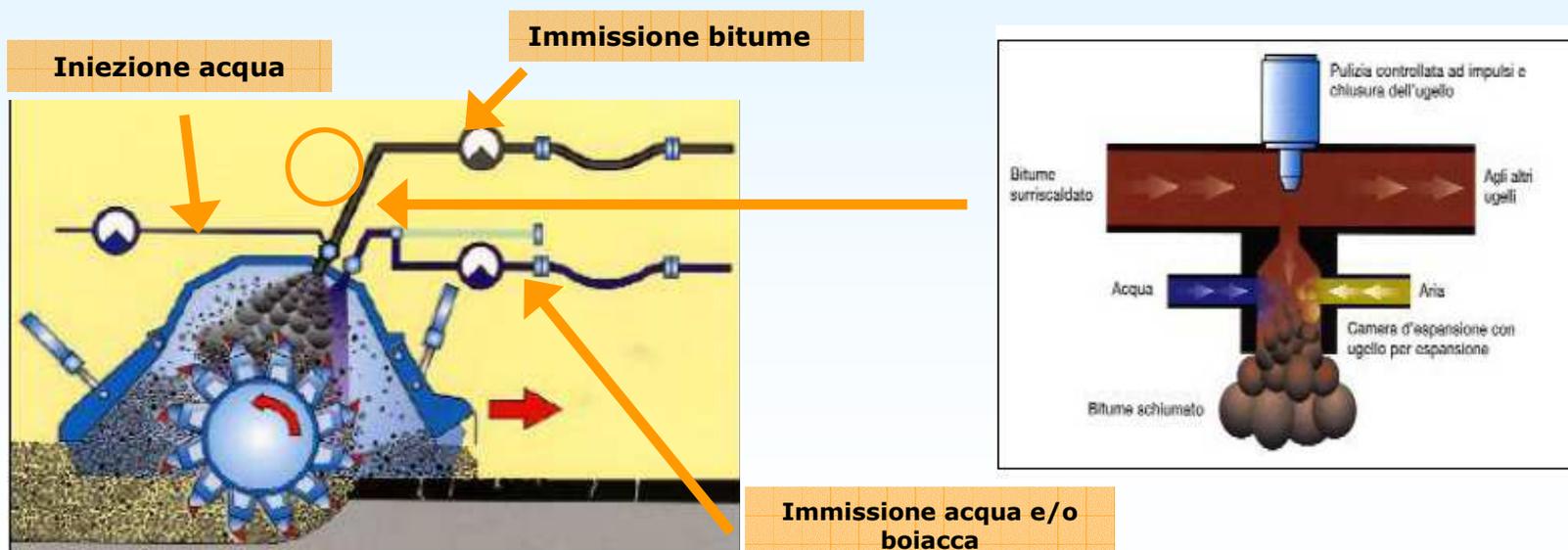
# LA TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO

## La schiuma di bitume

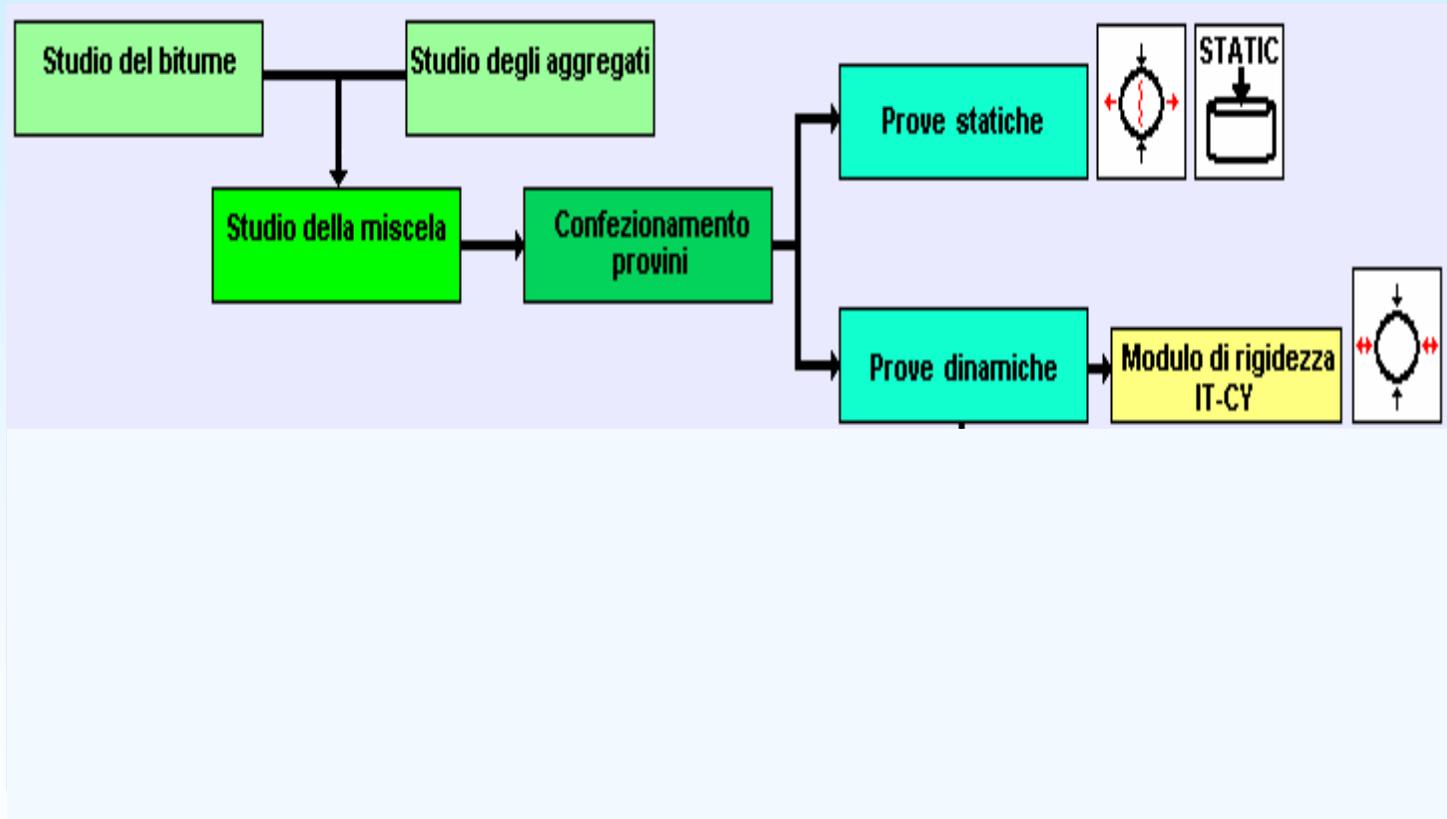
E' prodotta dalla reazione fisico - chimica di polverizzazione delle molecole di bitume al contatto con acqua in pressione.

Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione al contatto del bitume a temperatura compresa tra 160 e 180°C, con acqua ad alta pressione.

La schiuma incrementa la superficie specifica del bitume e riduce considerevolmente la sua viscosità, rendendo il legante più adatto alla miscelazione con gli aggregati freddi e umidi;



## STUDIO DI LABORATORIO DELLA MISCELA OTTIMALE



## CONFRONTO TRA DUE TIPOLOGIE STRADALI

Alcuni dati tecnici:

**CISPADANA Lotto I**

Strada extraurbana  
secondaria C1(D.Lgs.  
n.5/2001)  
lunghezza strada: 5 Km

importo  
lavori:4.630.000,00

€

**CONA Lotto A**

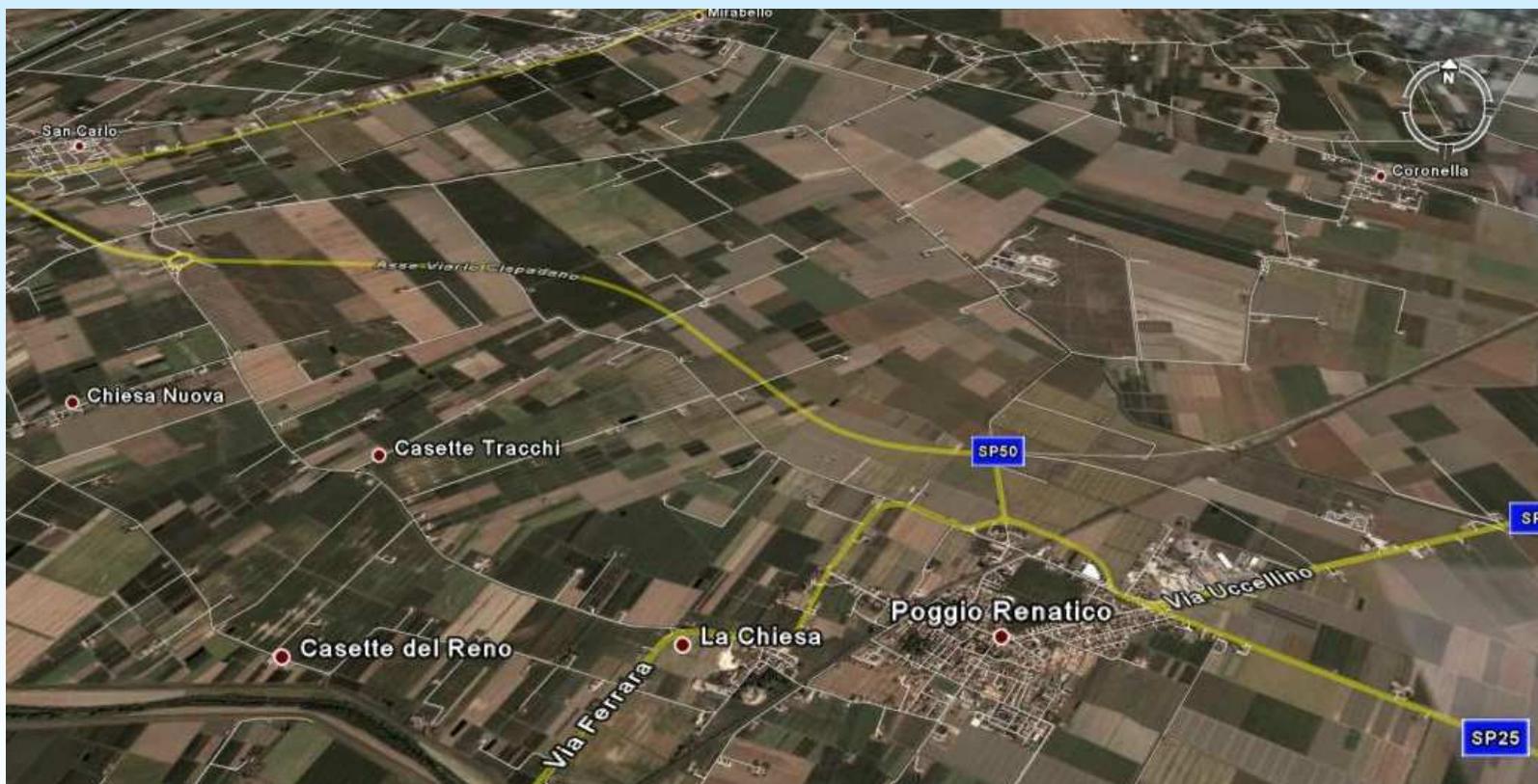
Strada extraurbana  
secondaria C1(D.Lgs.  
n.5/2001)  
lunghezza strada: 1,1 Km

importo  
lavori:1.298.000,00

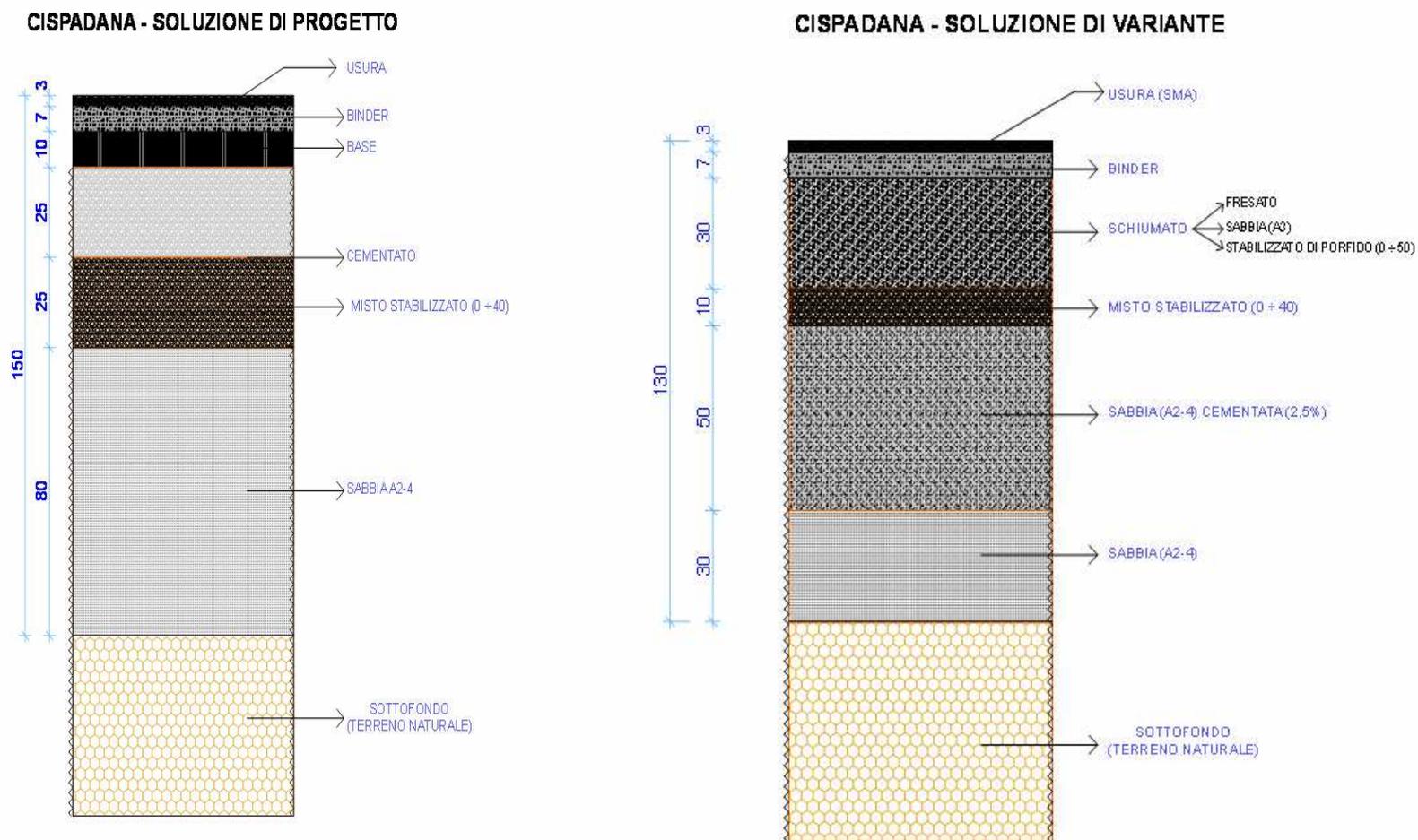
€



# C I S P A D A N A



## CONFRONTO TRA PACCHETTO DI PROGETTO E PACCHETTO DI VARIANTE

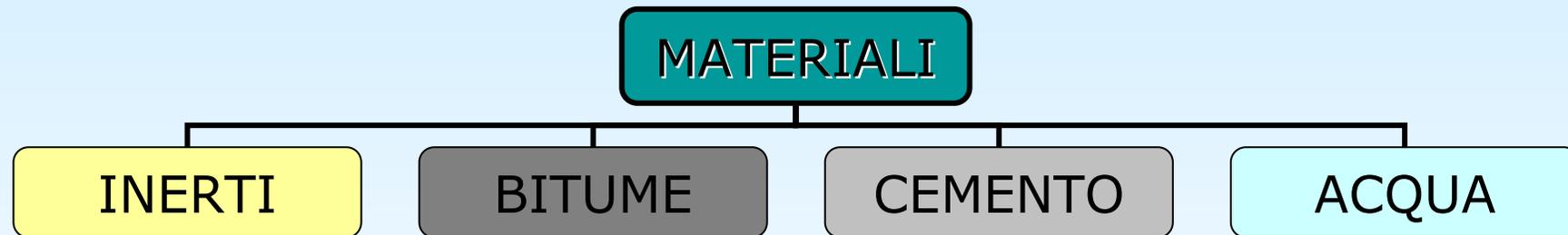


**$2,5 \times 10^6$  Esa da 130 kN**

**$1.80 \times 10^8$  Esa da 130 kN**



## MATERIALI DA IMPIEGARE E LORO CARATTERISTICHE



## INERTI



PRELIEVO CAMPO PROVA IN  
CANTIERE  
fresato  
sabbia  
spaccato di porfido

CARATTERIZZAZIONE  
AGGREGATI:  
Classificazione dei materiali  
Analisi granulometrica

STUDIO DENSITÀ MASSIMA  
(Proctor Mod)

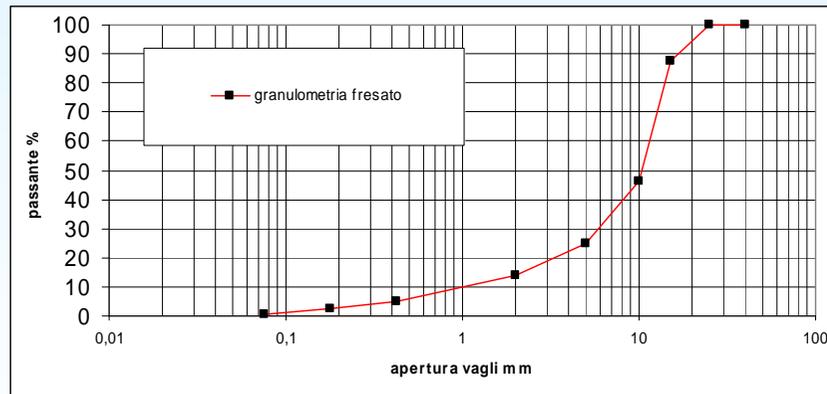


# CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

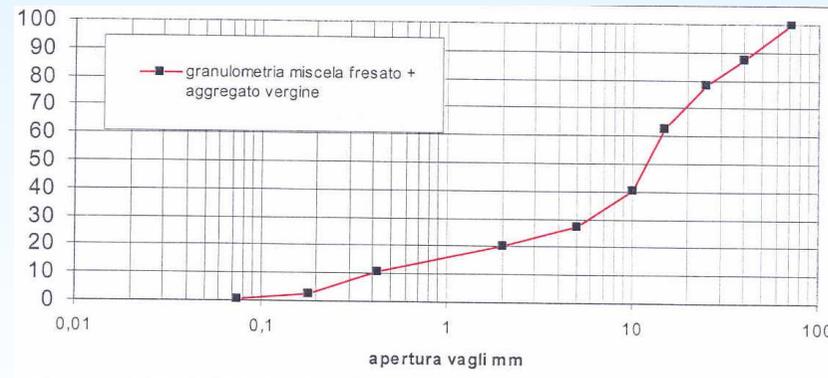
## Classificazione di sabbia e ghiaia

INERTE	GRUPPO	SOTTO GRUPPO	FRAZIONE PASSANTE AL VAGLIO			UMIDITA' NATURALE W (%)	LIMITE LIQUIDO (LL)	INDICE DI PLASTICITA' (IP)	INDICE DI GRUPPO (IG)
			N°10 (2mm)	N°40 (0,40mm)	N°200 (0,075 mm)				
SABBIA	A2	A2-4	100%	93,4%	34,8%	14%	27%	5%	0
GHIAIA	A1	A1-a	4,2%	3,4%	2,1%	2%	N.D.	N.D.	0

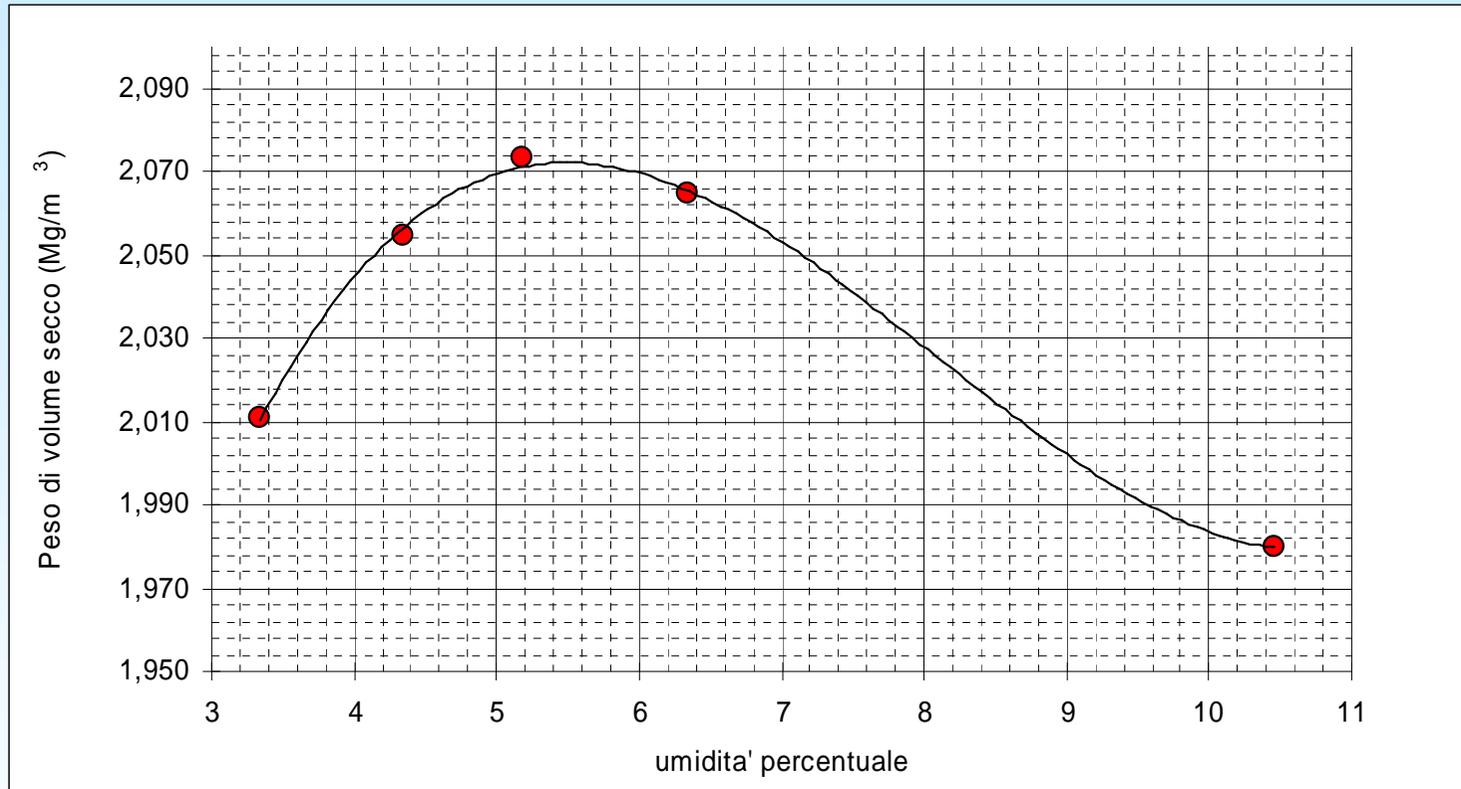
### Analisi granulometrica del fresato



### Analisi granulometrica della miscela



## STUDIO DENSITA' MASSIMA



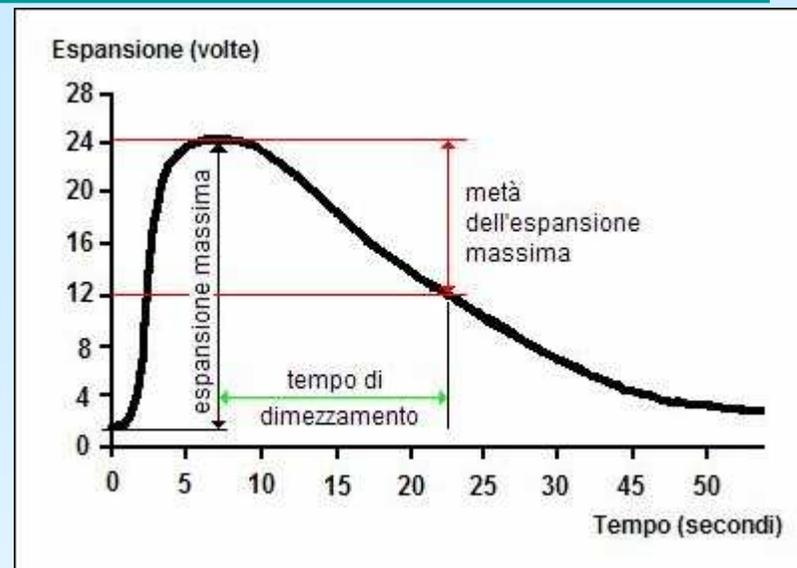
$$Y_{\text{dry}} = 2,073 \text{ t/m}^3$$

$$W_{\text{ott}} = 5,2 \%$$

# BITUME

Sono stati determinati a tre temperature ed a tre diverse percentuali d'acqua:

- ⇒ **Rapporto di espansione** ( rapporto tra il volume massimo della schiuma e quello originale del bitume non schiumato) che deve essere  $\geq 10$ ;
- ⇒ **Tempo di dimezzamento** ( misura della stabilità della schiuma e fornisce un'indicazione sulla velocità di collasso della stessa; è calcolato come il tempo, espresso in secondi, in cui la differenza fra il volume massimo raggiunto dalla schiuma di bitume e volume originale non schiumato, si riduce della metà) che deve essere  $> 8$  sec.



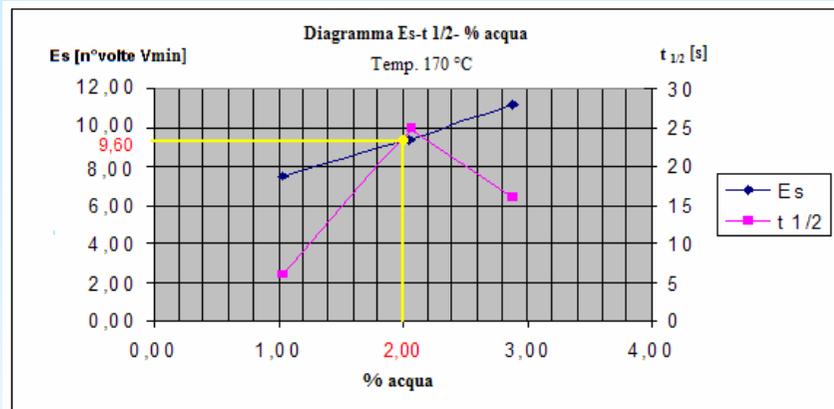
TEMPERATURA BITUME	160°	170°C	180°C
% ACQUA	1%	1%	1%
	2%	2%	2%
	3%	3%	3%

TEMPERATURA BITUME	160°			170°C			180°C		
PERCENTUALE ACQUA (su 900g di bitume)	1,03	2,06	2,88	1,03	2,06	2,88	1,03	2,06	2,88
RAPPORTO DI ESPANSIONE Es[n° volte V min]	7,5	11,2	6,0	7,5	9,4	11,2	7,5	7,5	11,2
T 1/2 [sec]	14	8	35	6	25	16	56	14	10

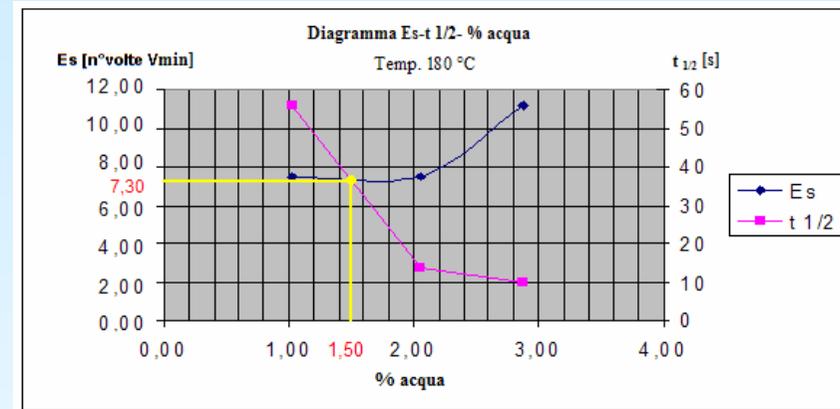


## DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE OTTIMALE D'ACQUA

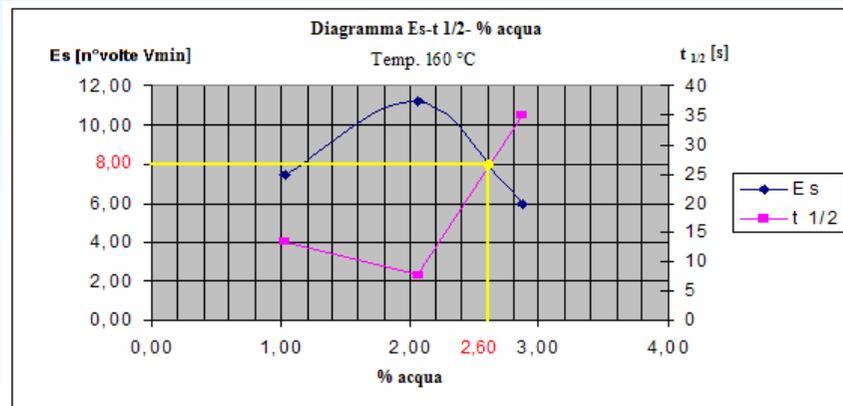
Si riportano in un grafico a doppia ordinata i valori del Rapporto di espansione e quelli del tempo di dimezzamento relativi ad ogni temperatura alla quale sono state realizzate le prove e si determina il valore della percentuale ottimale d'acqua per la schiumatura che corrisponde al punto di intersezione delle due rette precedentemente individuate



Percentuale ottimale di acqua e rapporto di espansione relativo a 160 °C



Percentuale ottimale di acqua e rapporto di espansione relativo a 170 °C



Percentuale ottimale di acqua e rapporto di espansione relativo a 180 °C

### PARAMETRI DI SCHIUMATURA OTTIMALI

- Percentuale ottimale acqua 2%
- Rapporto di schiumatura Es 9,60
- Tempo di dimezzamento t1/2 23 sec
- Temperatura bitume 170°C

## CEMENTO

E' stato utilizzato cemento Portland con classe di resistenza 32,5 MPa

## ACQUA

E' stata impiegata acqua pura e priva di sostanze organiche.

## STUDIO DI LABORATORIO DELLA MISCELA OTTIMALE

MISCELA	% OTTIMALE ACQUA	% CEMENTO	% BITUME
A	2,3	1,5	2,5
B	2,3	2,5	2,5
C	2,3	3,5	2,5

La compattazione dei provini è stata eseguita mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

- Angolo di rotazione :  $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$ ;
- Velocità di rotazione : 30,4 rotazioni al minuto;
- Pressione verticale, Kpa : 600;
- Diametro provino, mm : 150;
- n° giri : 180;
- Peso campione : 4500 g comprensivo di bitume, cemento e acqua.



# DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA (CNR B.U. N.134/1991)

(da capitolato  $R_t > 0,35$ )

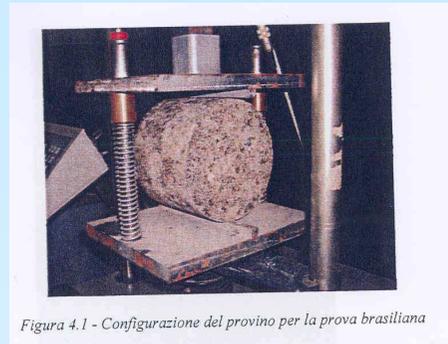


Figura 4.1 - Configurazione del provino per la prova brasiliana

<b>MISCELA A (1,5% cemento – 2,3% acqua – 2,5% bitume)</b>					
<b>GIORNI DI MATURAZIONE</b>	<b>AGGIUNTA DI CEMENTO</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>CARICO (KN)</b>	<b>SCORRIMENTO (mm)</b>	<b>Rt (daN/cm<sup>2</sup>)</b>
72 ore	1,5%	110,6	4,64	1,79	0,178
	1,5%	111,5	5,07	1,36	0,193

<b>MISCELA B (2,5% cemento – 2,3% acqua – 2,5% bitume)</b>					
<b>GIORNI DI MATURAZIONE</b>	<b>AGGIUNTA DI CEMENTO</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>CARICO (KN)</b>	<b>SCORRIMENTO (mm)</b>	<b>Rt (daN/cm<sup>2</sup>)</b>
72 ore	2,5%	110,8	6,72	1,44	0,257
	2,5%	110,5	6,63	2,19	0,255

<b>MISCELA C (3,5% cemento – 2,3% acqua – 2,5% bitume)</b>					
<b>GIORNI DI MATURAZIONE</b>	<b>AGGIUNTA DI CEMENTO</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>CARICO (KN)</b>	<b>SCORRIMENTO (mm)</b>	<b>Rt (daN/cm<sup>2</sup>)</b>
72 ore	3,5%	110,5	9,37	1,49	0,349
	3,5%	110,7	9,20	1,68	0,352

## DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE (CNR BU n.29)

La prova viene eseguita sottoponendo i provini ad un carico agente normalmente alle due facce piane fino a giungere a rottura.

La prova è stata eseguita a 25°C con maturazione fino a 3 giorni a 40°C.



MISCELA A				
GIORNI DI MATURAZIONE	PROV	ALTEZZA PROVINO (mm)	CARICO DI ROTTURA (KN)	TENSIONE DI ROTTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
3 GG	1	111,3	48,5	2,744
7GG	2	111,4	58,9	3,333
28 GG	3	110,9	89	5,036
MISCELA B				
GIORNI DI MATURAZIONE	PROVINO	ALTEZZA PROVINO (mm)	CARICO DI ROTTURA (KN)	TENSIONE DI ROTTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
3 GG	4	110,5	65,5	3,706
7GG	5	110,8	70,6	3,995
28 GG	6	110,4	112,7	6,378
MISCELA C				
GIORNI DI MATURAZIONE	PROVINO	ALTEZZA PROVINO (mm)	CARICO DI ROTTURA (KN)	TENSIONE DI ROTTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
3 GG	1	110,8	75,4	4,26
7GG	2	111,2	83,3	4,71
28 GG	3	110,1	121,1	6,85

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI RIGIDEZZA

Il test dinamico ITCY ha consentito di determinare il Modulo di rigidezza a 8,12,14,19,25 e 28 giorni di maturazione seguendo la normativa UNI EN 12697 – parte 26.

MISCELA	PROVINO	MODULO DI RIGIDEZZA A 20°C MPa					
		8° giorno	12° giorno	14° giorno	19° giorno	25° giorno	28° giorno
<b>A</b>	1	2745	-	-	-	-	-
	2	2795	2753	2939	3137	3202	3161
	3	2425	2900	2961	3159	3142	3126
	4	2955	2840	-	-	-	-
	5	2391	-	-	-	-	-
	6	-	-	3149	-	-	-
	7	-	-	2955	2966	2989	2888
	8	-	-	-	-	2331	-
	9	-	-	-	-	2944	2328
	10	-	-	-	-	-	3184
	11	-	-	-	2690	-	-
	12	-	-	-	2543	2752	2881
	13	-	2772	2756	2960	2981	2507

MISCELA	PROVINO	MODULO DI RIGIDEZZA A 20°C MPa					
		8° giorno	12° giorno	14° giorno	19° giorno	25° giorno	28° giorno
<b>B</b>	14	-	-	-	-	3844	4311
	15	-	-	4179	-	-	-
	16	-	-	3406	2244	2682	2698
	17	-	-	-	-	-	4661
	18	-	-	-	-	4379	-
	19	-	-	-	-	4846	4381
	20	-	-	-	4686	-	-
	21	-	-	-	4609	4511	4357
	22	-	4151	-	-	-	-
	23	4134	3804	3756	4008	4133	-
	24	3899	3750	3794	4178	4108	4312
	25	4069	4294	1973	-	-	-
	26	4149	-	-	-	-	-
	27	3520	3856	3985	3892	3382	3762

MISCELA	PROVINO	MODULO DI RIGIDEZZA A 20°C MPa					
		8° giorno	12° giorno	14° giorno	19° giorno	25° giorno	28° giorno
<b>C</b>	28	4952	5047	5260	5162	5022	5174
	29	5224	4925	5002	5100	5165	5263
	30	-	5465	5632	5641	5804	5824
	31	-	5831	5807	5866	-	5906
	32	5862	5931	6100	-	-	-
	33	-	-	6038	6057	6052	6100
	34	-	6320	6410	-	6554	6652
	35	-	-	-	-	-	6230
	36	5599	5602	5609	5523	5667	5604
	37	5886	5208	5651	5642	5789	5804

## PROVE IN CORSO D'OPERA (materiale sciolto)

### PROVA A TRAZIONE INDIRETTA

campione	altezza provino cm	diametro campione mm	carico di rottura daN	resistenza a trazione MPa	accorciamento unitario a rottura	coefficiente di trazione indiretta Mpa
sez.55 striscia 1	10,73	150,00	747	0,30	0,022	21,4
sez.54 striscia 6	11,14	150,00	694	0,26	0,013	33,1
sez. 59 striscia 4	11,09	150,00	665	0,25	0,018	21,8
sez.57 striscia 5	11,30	150,00	651	0,24	0,013	29,5
sez. 56 striscia 2	11,03	150,00	985	0,38	0,022	27,0
sez. 58 striscia 3	11,07	150,00	874	0,34	0,013	39,7

campione	altezza provino cm	diametro campione mm	carico di rottura daN	resistenza a trazione MPa	accorciamento unitario a rottura	coefficiente di trazione indiretta Mpa
3s sez60	11,03	150,00	964	0,37	0,012	49,9
4s sez 65	11,09	150,00	1047	0,40	0,010	63,4

### PROVA A ESPANSIONE LATERALE LIBERA

N°	Tipo	Diametro d (cm)	Altezza h (cm)	Sezione (cm2)	Massa totale (kg)	Mass. Vol. secco (kg/m3)	Forza (daN)	Resistenza unitaria (MPa)	Data rottura
1	sez 57	15,00	11,07	176,72	4,320	2208	6650	3,84	16/07/07
2	4 sez 59	15,00	11,09	176,72	4,350	2220	8150	4,70	16/07/07
3	6 sez 54	15,00	11,06	176,72	4,340	2221	6500	3,75	16/07/07
4	sez 55 striscia 1	15,00	11,20	176,72	4,350	2198	5670	3,27	16/07/07
5	sez 56	15,00	11,10	176,72	4,360	2223	6470	3,73	16/07/07
6	sez 58	15,00	11,09	176,72	4,350	2220	7840	4,52	16/07/07



# REALIZZAZIONE DEL BITUME SCHIUMATO

## Condizioni Ambientali:

- ⇒ Temperatura esterna  $> 5^{\circ}\text{C}$ ;
- ⇒ Assenza di precipitazioni atmosferiche;
- ⇒ Assenza di vento.

## Stesa

- ⇒ Perfetta sagomatura del piano di posa sottostante, con impostazione delle pendenze di progetto;
- ⇒ Verifica umidità miscela ed eventuale correzione con aggiunta di acqua;
- ⇒ Sovrapposizione di qualche decina di centimetri tra una strisciata e l'altra;

## Compattazione

- ⇒ Compattazione con rulli combinati vibranti ( $> 20\text{ t}$ );
- ⇒ Compattazione con rulli gommati ( $> 24\text{ t}$ );





POSA IN OPERA DELLA MISCELA



Provincia di Ferrara  
UOPC Geologico e Protezione Civile

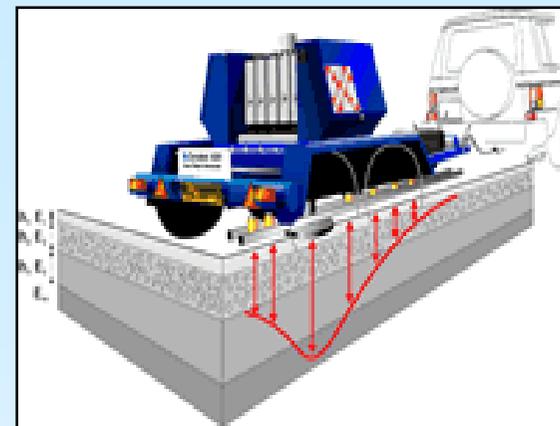
## CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI

PORTANZA

SPESSORE

## PORTANZA

E' stato valutato il Modulo Elastico Dinamico Reale con una macchina a massa battente *Heavy Falling Weight Deflectometer* (H.W.D.) dotata di misuratori di abbassamento (deflessione) operanti su 9 punti di una linea a distanza prefissata dalla piastra di carico;



Il Modulo viene calcolato con un programma di post elaborazione con i valori rilevati in opera (anche a strato ricoperto) con il H.W.D. in un periodo compreso tra 7 e 90 giorni dalla stesa;

La media dei valori di modulo sui tronchi omogenei dovrà essere quella riportata nella seguente tabella:

TEMPO DI MATURAZIONE	MODULO (MPa)
Da 12 a 24 ore	300
Da 24 a 48 ore	500
Dopo 90 giorni	3000

### Risultati ottenuti

Sono state condotte 2 campagne d'indagine (**110 punti ciascuno**):

- ⇒ a 30 giorni;
- ⇒ a 90 giorni.

Dalle rilevazioni effettuate nella prima campagna è emerso che il modulo HWD in alcuni tratti del tracciato stradale non aveva ancora raggiunto il valore di 3000 MPa richiesto a 90 giorni di maturazione, tale valore è stato raggiunto con la seconda campagna d'indagine.

Dal raffronto delle due campagne si è rilevato quindi un notevole incremento di prestazione

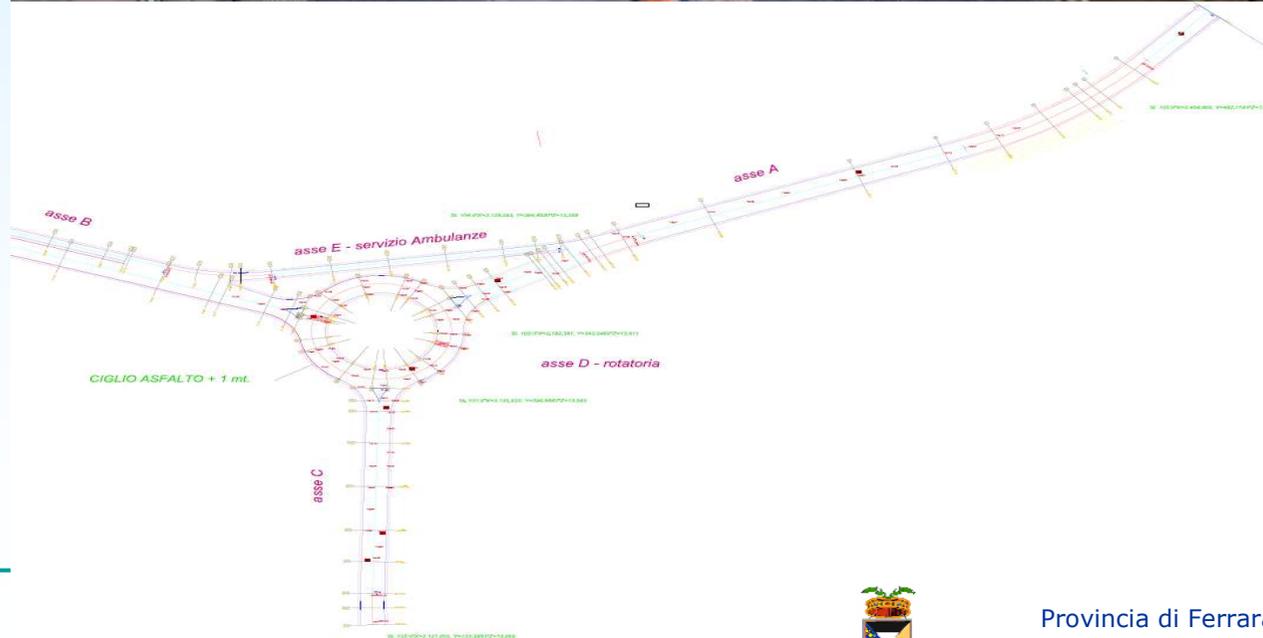
## SPESSORE

Le carote per controllare lo spessore dello strato sono state prelevate dopo 30 giorni dalla stesa;

La determinazione è stata fatta facendo la media delle misure rilevate dalle carote (quattro per ogni carota).



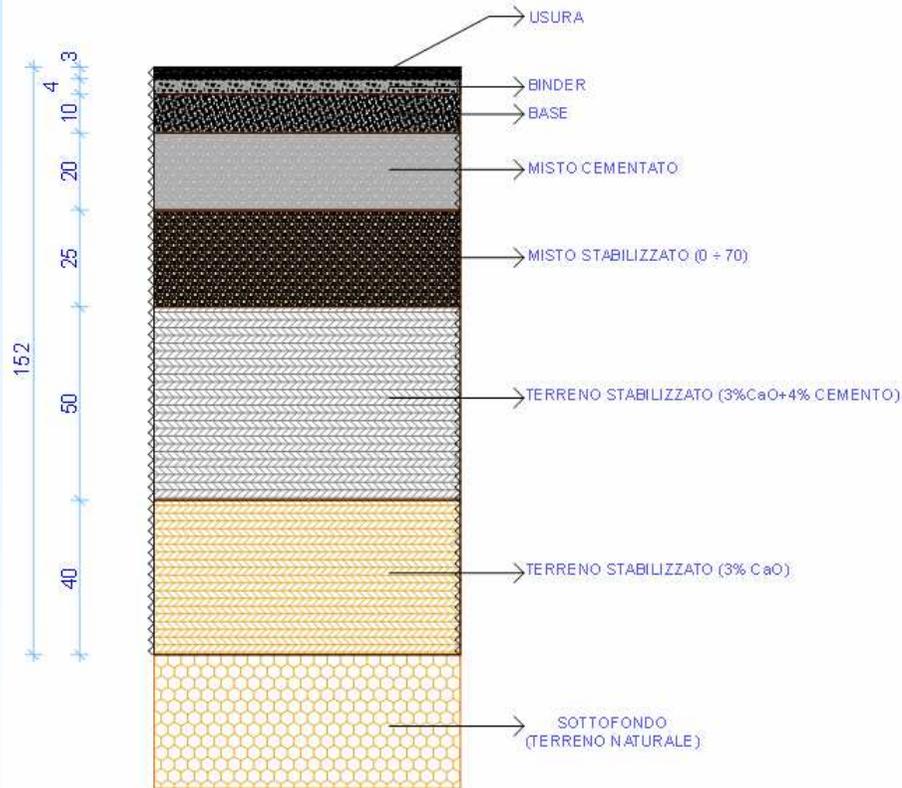
# CONCA



# CONA

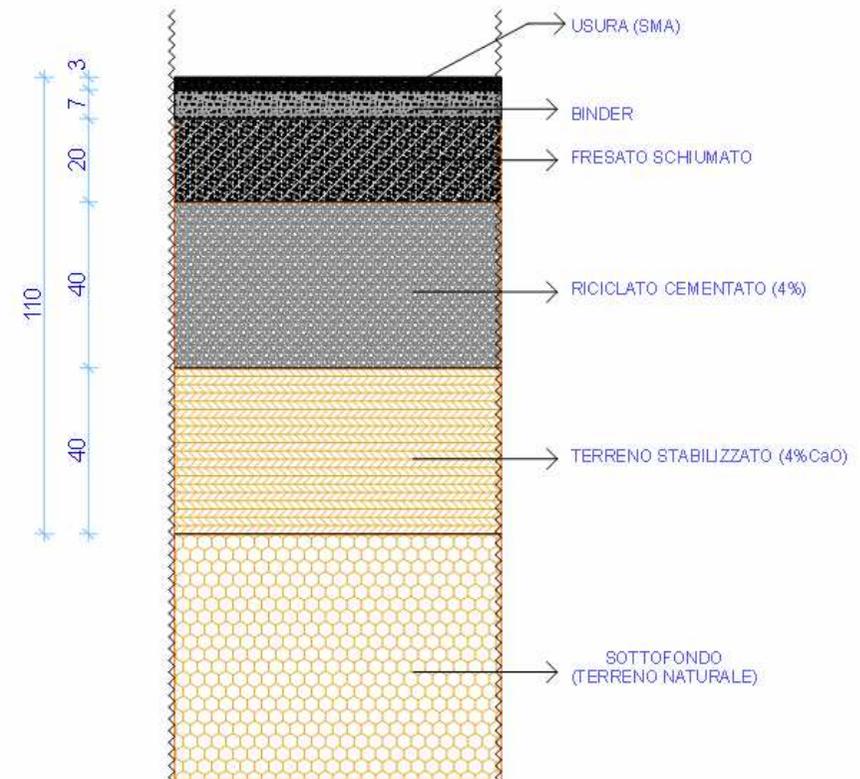
## CONFRONTO TRA PACCHETTO DI PROGETTO E PACCHETTO DI VARIANTE

### CONA - SOLUZIONE DI PROGETTO



**$1 \times 10^6$  Esa da 130 kN**

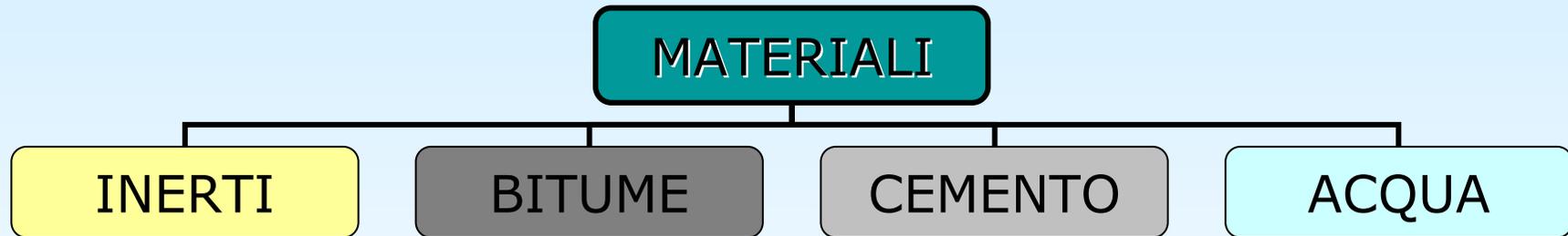
### CONA - SOLUZIONE DI VARIANTE



**$1 \times 10^8$  Esa da 130 kN**

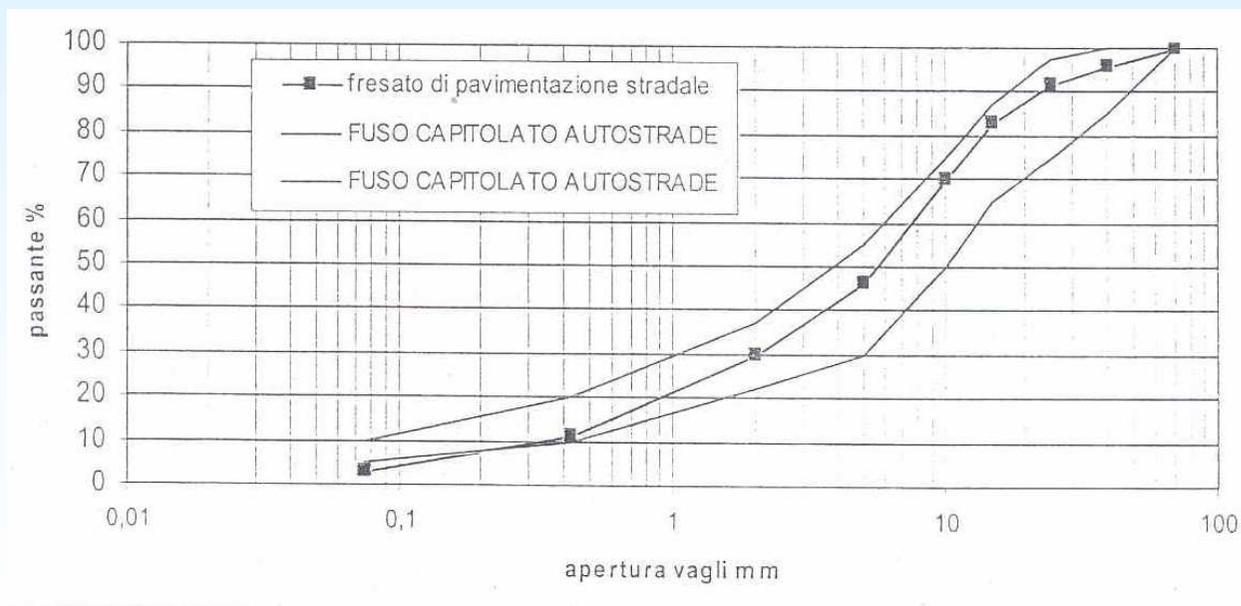


## MATERIALI DA IMPIEGARE E LORO CARATTERISTICHE



## INERTI

- ⇒ E' stato effettuato un prelievo di fresato dal campo prova;
- ⇒ E' stata fatta l'analisi granulometrica dei campioni;
- ⇒ E' stata inserita la curva granulometrica nel fuso del capitolato.



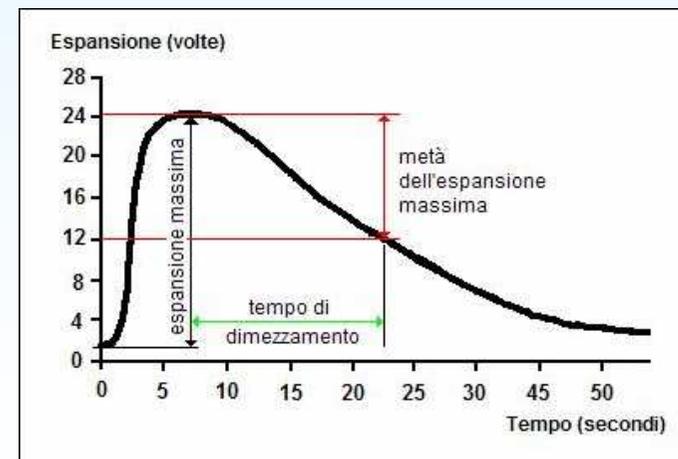
# BITUME

Sono stati determinati a due temperature ed a due percentuali d'acqua:

- ⇒ Rapporto di espansione **Re** ( rapporto tra il volume massimo della schiuma e quello originale del bitume non schiumato) che deve essere  $\geq 10$ ;
- ⇒ Tempo di dimezzamento ( misura della stabilità della schiuma e fornisce un'indicazione sulla velocità di collasso della stessa;è calcolato come il tempo, espresso in secondi, in cui la differenza fra il volume massimo raggiunto dalla schiuma di bitume e volume originale non schiumato, si riduce della metà) che deve essere  $> 8$  sec.

Le caratteristiche di espansione ottimali del bitume devono essere determinate in un range di temperature compreso tra 160° e 180° (prima dell'espansione) e con percentuale d'acqua tra l'1 ed il 4% in peso del bitume

TEMPERATURA BITUME	160°		170°C	
PERCENTUALE ACQUA	1,5	2,5	1,5	2,5
RAPPORTO DI ESPANSIONE Es	15	23	14,2	18
TEMPO DI DIMEZZAMENTO (sec)	182	139	180	140



## DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE OTTIMALE DI ACQUA

Si riportano in un grafico a doppia ordinata i valori del Rapporto di espansione e quelli del tempo di dimezzamento relativi ad ogni temperatura alla quale sono state realizzate le prove e si determina il valore della **percentuale ottimale d'acqua** per la schiumatura che corrisponde al punto di intersezione delle due rette precedentemente individuate.

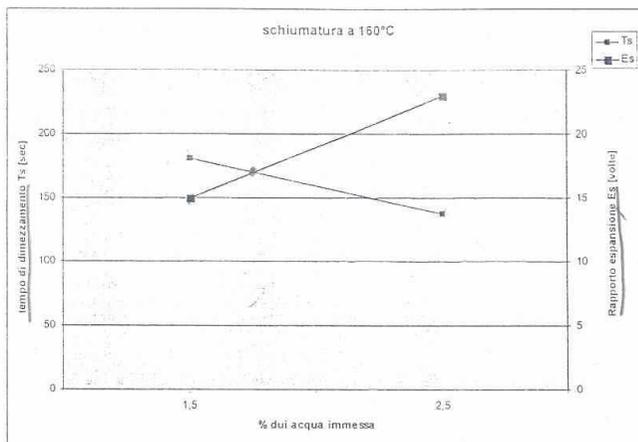


Figura 2.2 - Percentuale ottimale di acqua e rapporto di espansione relativo a 160 °C

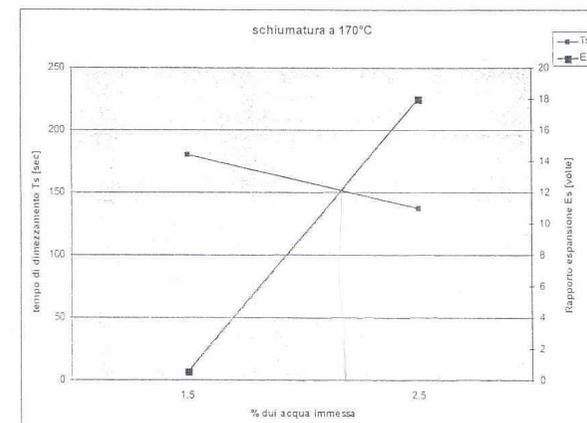


Figura 2.3 - Percentuale ottimale di acqua e rapporto di espansione relativo a 170 °C

Percentuale ottimale acqua = 1,8 %  
Rapporto di schiumatura  $E_s$  = 16  
Tempo di dimezzamento  $t_{1/2}$  = 160 sec  
Temperatura bitume = 160°C

## CEMENTO

E' stato utilizzato cemento Portland con classe di resistenza 32,5 MPa

## ACQUA

E' stata impiegata acqua pura e priva di sostanze organiche.

## STUDIO DI LABORATORIO DELLA MISCELA OTTIMALE

La compattazione dei provini è stata eseguita mediante pressa giratoria alle seguenti condizioni di prova:

- ⇒ Angolo di rotazione :  $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$ ;
- ⇒ Velocità di rotazione : 30,4 rotazioni al minuto;
- ⇒ Pressione verticale, Kpa : 600;
- ⇒ Diametro provino, mm : 150;
- ⇒ n° giri : 180;
- ⇒ Peso campione : 4500 g comprensivo di bitume, cemento e acqua.

La miscela prodotta è stata realizzata con:

- ⇒ 2% di cemento Portland;
- ⇒ 3% di bitume in forma schiumata tipo Foam Val



I provini così confezionati e fatti maturare a 40°C per 24, 48 e 72 ore, sono stati successivamente testati mediante prova di resistenza a trazione indiretta (brasiliana) a 25°C dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25°C.

Le caratteristiche della miscela ottimale devono essere le seguenti:

Resistenza a trazione diametrale Rt:

a 24 ore di maturazione (N/mm<sup>2</sup>): : ≥ 0,15

a 72 ore di maturazione (N/mm<sup>2</sup>) : ≥ 0,35

<b>GIORNI DI MATURAZIONE</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>CARICO (KN)</b>	<b>SCORRIMENTO (mm)</b>	<b>Rt (daN/cm<sup>2</sup>)</b>
72 ore	111	11,12	3,10	0,43
	111	10,52	3,41	0,40

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI RIGIDEZZA

Il test dinamico ITCY ha consentito di determinare il Modulo di rigidezza a 3 giorni di maturazione alla temperatura di 40°C. La prova è stata condotta alla temperatura di 20°C seguendo la procedura prevista dalla normativa UNI EN 12697 – parte 26

TEST TEMPERATURE	20°C
COEFFICIENTE DI POISSON	0,35
TEMPO DI RISALITA DEL CARICO	124±4ms
TARGET HORIZONTAL DEFORMATION	7µm
<b>MODULO DI RIGIDEZZA</b>	<b>3658,5MPa (&gt;3000MPa)</b>

# REALIZZAZIONE DEL BITUME SCHIUMATO

## Condizioni Ambientali:

- ⇒ Temperatura esterna > 5°C;
- ⇒ Assenza di precipitazioni atmosferiche;
- ⇒ Assenza di vento.

## Stesa

- ⇒ Perfetta sagomatura del piano di posa sottostante, con impostazione delle pendenze di progetto;
- ⇒ Verifica umidità miscela ed eventuale correzione con aggiunta di acqua;
- ⇒ Sovrapposizione di qualche decina di centimetri tra una strisciata e l'altra;

## Compattazione

- ⇒ Compattazione con rulli combinati vibranti (> 20 t);
- ⇒ Compattazione con rulli gommati (> 24 t);





POSA IN OPERA DELLA MISCELA



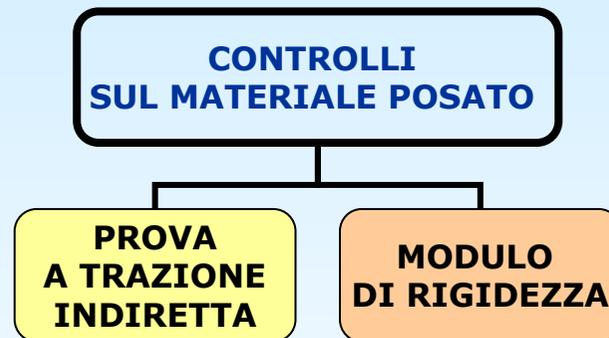


POSA IN OPERA DELLA MISCELA



Provincia di Ferrara  
UOPC Geologico e Protezione Civile

## PROVE IN CORSO D'OPERA (materiale sciolto)



## PROVA A TRAZIONE INDIRECTA

Sono stati prelevati dei campioni di conglomerato bituminoso schiumato in sito e con il **materiale sciolto** sono stati confezionati provini con pressa giratoria con le stesse modalità di compattazione eseguite in fase di qualifica del materiale. Dopo 72 ore di maturazione a 40°C i provini sono stati sottoposti a prova di trazione indiretta (CNR 134/91)

CAMPIONE	ALTEZZA PROVINO (cm)	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	CARICO DI ROTTURA (daN)	RESISTENZA A TRAZIONE (MPa) (da capitolato > 0,40 MPa)	ACCORCIAMENTO UNITARIO A ROTTURA
Ramo C Sez 204	11,00	150	1150	0,44	0,026
Ramo B Sez 102	11,20	150	1281	0,49	0,016
Ramo C Sez 205	10,90	150	1059	0,41	0,024
Ramo B Sez 102 c	11,32	150	1225	0,46	0,024

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI RIGIDEZZA

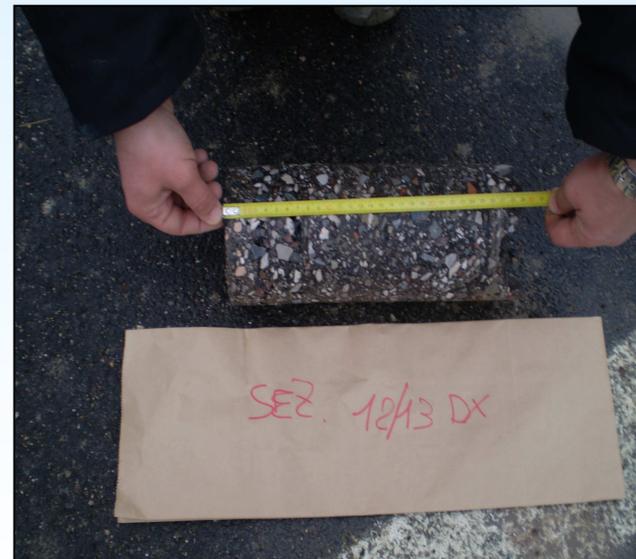
Sul **materiale sciolto** prelevato nel Ramo C alla sezione 205 è stato eseguito il test dinamico ITCY che ha consentito di determinare il Modulo di Rigidezza a 3 giorni di maturazione alla temperatura di 40°C. (UNI EN 12697 – parte 26)

TEST TEMPERATURE	20°C
COEFFICIENTE DI POISSON	0,35
TEMPO DI RISALITA DEL CARICO	124±4ms
TARGET HORIZONTAL DEFORMATION	7µm
<b>MODULO DI RIGIDEZZA</b>	<b>5246,5MPa</b> (>3000 MPa)

## SPESSORE

Le carote per controllare lo spessore dello strato sono state prelevate dopo 30 giorni dalla stesa;

La determinazione è stata fatta facendo la media delle misure rilevate dalle carote (quattro per ogni carota).



# VANTAGGI

## **Vantaggi tecnici**

- Realizzazione di miscele a buone caratteristiche meccaniche
- Aumento delle prestazioni con la maturazione nel tempo

## **Vantaggi in fase esecutiva**

- Incremento della produzione giornaliera (circa 5000 mq/g)
- Apertura immediata al traffico di cantiere e/o residenti
- Riduzione dei tempi di realizzazione dell'opera

## **Vantaggi ambientali**

- Minore approvvigionamento di materiale pregiato proveniente da cava
- Riutilizzo di riciclati con riduzione di materiali conferiti in discarica
- Riduzione del traffico pesante dovuto al trasporto di inerti naturali
- Risparmio energetico

## **Vantaggi economici**

- Riduzione dei gravosi processi di conferimento in discarica
- Minori costi di realizzazione del pacchetto



## SVANTAGGI

- Difficoltà a far pervenire in cantiere bitumi a temperature  $> 160^{\circ}\text{C}$
- Distanza dell'impianto di approvvigionamento del bitume
- Fermo macchina prolungati in assenza di gestione ottimale delle tempistica di cantiere
- Difficoltà a rispettare gli spessori di progetto (qualora sia realizzato in cantiere con fresa)
- Elevati costi per i controlli in corso d'opera

