



Università degli Studi di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Laurea Magistrale: Ingegneria Civile
Corso : Costruzioni Stradali (cod. 172MI)

Lezione 02: Laboratorio Stradale

Roberto Roberti

Tel.: 040 558 3588

E-mail: roberto.roberti@dia.units.it

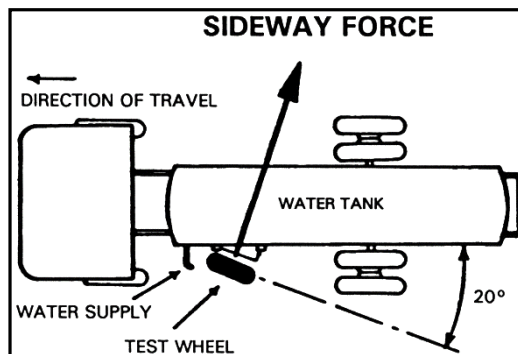
Anno accademico 2017/2018



Sommario

- **Valutazione aderenza con S.C.R.I.M. e SKID TESTER**
- **Valutazione Macrorugosità con Altezza in sabbia e MPD**
- **Identificazione delle proprietà volumetriche di un conglomerato bituminoso**
- **Identificazione proprietà meccaniche di un conglomerato bituminoso.**
- **Coefficiente di levigabilità accelerata**

Coefficiente di Aderenza trasversale (CAT)



$$CAT = \frac{N}{P}$$

$$CAT_{20^\circ} = \frac{CAT_{t_0}}{0,548 \cdot \frac{45,2}{t + 80}}$$

CNR B.U. n.147/92 - Metodo di prova per la misura del coefficiente di aderenza con l'apparecchio S.C.R.I.M.

VALORI	GIUDIZIO	OPERAZIONI
CAT < 0,35	Aderenza mediocre	Necessità controlli molto frequenti
0,35 < CAT < 0,45	Aderenza discreta	Necessità controlli frequenti
0,45 < CAT < 0,55	Aderenza soddisfacente	Sorveglianza periodica della pavimentazione
0,55 < CAT	Aderenza buona	Sorveglianza diradata

CNR B.U. n.125/88 Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale

Grado di gravità	Parametri ausiliari	Indicazioni per la manutenzione
3 CAT = 0,40 – 0,50	Tasso di incidenti sulla strada superiore alla media	Sorveglianza della sezione
2 CAT = 0,35 – 0,40	Condizioni sfavorevoli dei luoghi e dei tracciati. Incidenti	Sorveglianza della sezione o rinnovo dello strato superficiale, a seconda della sua età
1 CAT = 0,35 – 0,28 (*)		Rinnovo dello strato superficiale

(*) 40% delle misure ≤ 0,30 oppure 60% delle misure sono ≤ 0,35

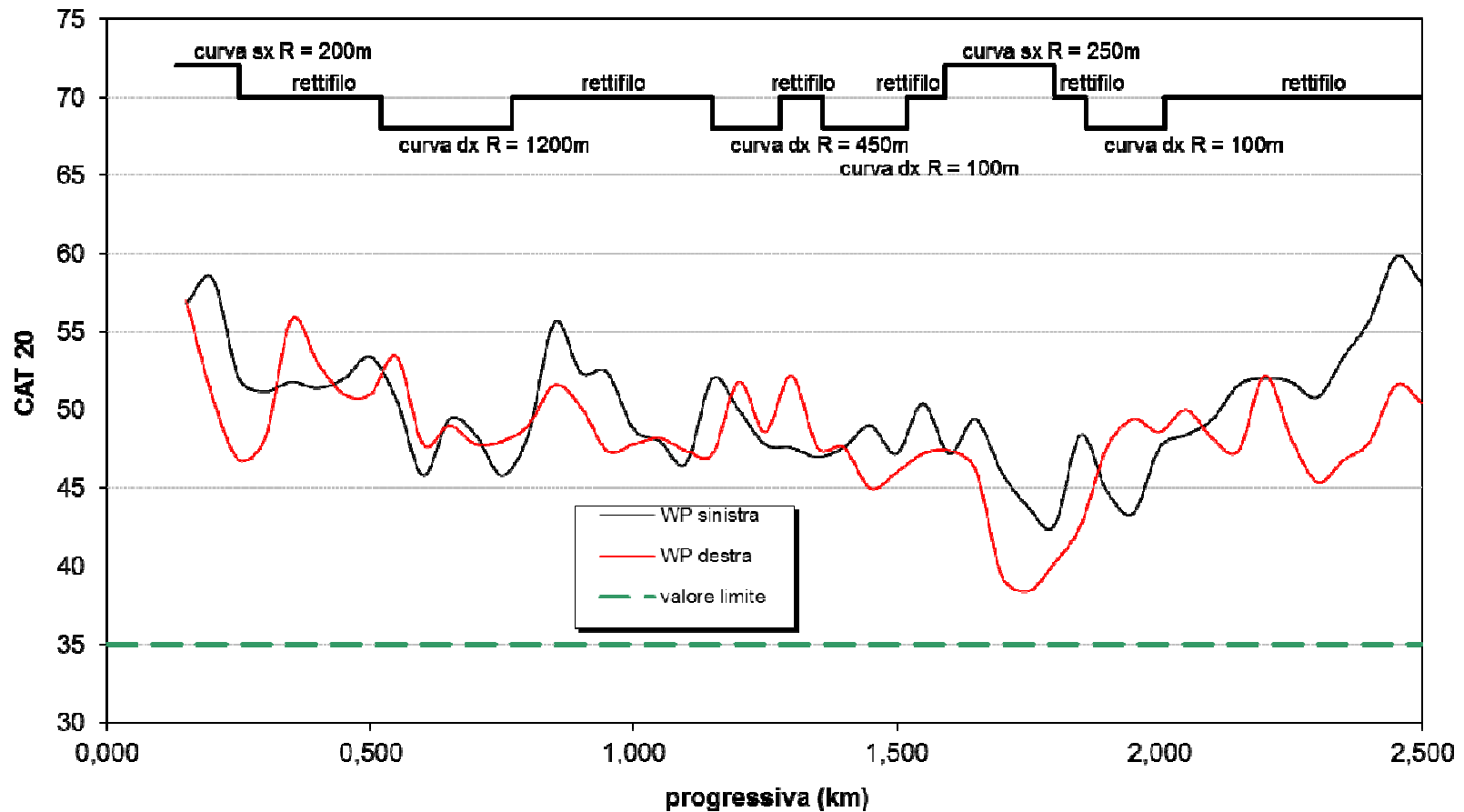
Misure CAT

	carreggiata	sinistra								
	corsia	marcia								
	km inizio	15+600								
	km fine	0+110								
			Macrotestitura MPD				CAT		CAT 20	
progressiva	Evento	velocità	sx	dout	dx	dout	sx	dx	sx	dx
km		km/h	mm		mm					
15,6		59	1,54	8	1,46	6	67	64	64	61
15,59		60	1,7	7	1,44	6	69	64	66	61
15,58	Inizio Curva sx	61	1,53	7	1,55	6	70	68	67	65
15,57	Fine Curva SX; I	62	1,63	6	1,46	7	70	75	67	71
15,56		63	1,39	6	1,83	7	70	74	67	70
15,55		63	1,43	5	1,72	6	70	73	67	70
15,54		64	1,3	4	2,21	7	69	67	66	64
15,53		64	1,33	5	1,86	9	70	68	67	65
15,52		64	1,63	7	1,91	7	66	61	63	58
15,51		65	1,18	5	1,75	8	67	63	64	60
15,5		65	1,51	7	1,67	8	71	69	68	66
15,49		65	1,76	8	1,6	8	70	69	67	66
15,48		65	1,79	8	1,7	7	72	75	69	71
15,47		65	1,76	9	1,78	8	78	76	74	72
15,46		65	1,8	9	1,67	7	75	77	71	73
15,45		66	2,11	9	1,7	7	73	82	70	78
15,44		66	2,11	10	1,79	9	73	83	70	79
15,43		66	1,96	10	1,83	8	78	78	74	74
15,42		63	1,91	9	1,83	9	72	79	69	75

File dati: DATI_CAT_MPD.xls

Misure CAT

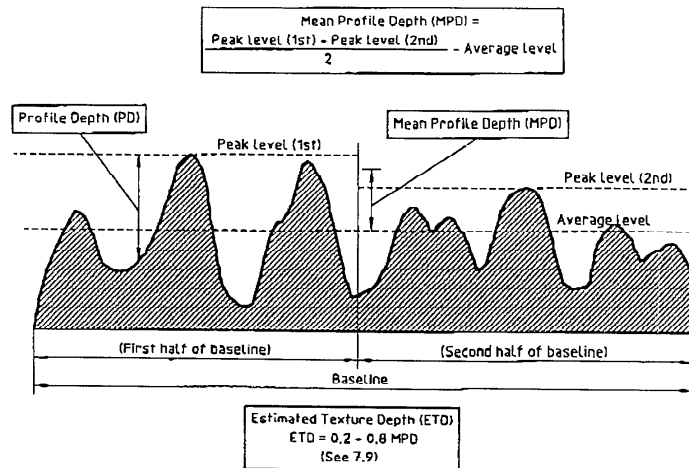
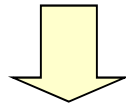
Carreggiata destra - Corsia sorpasso - CAT 20 - Media 5 punti



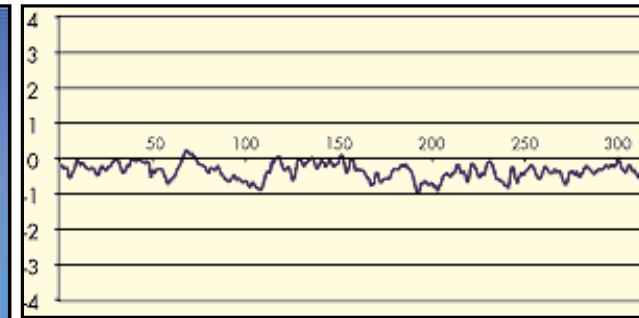
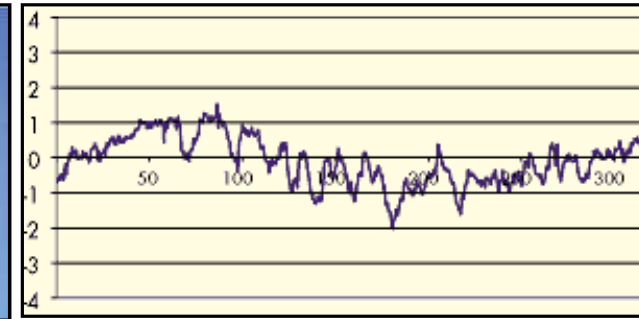
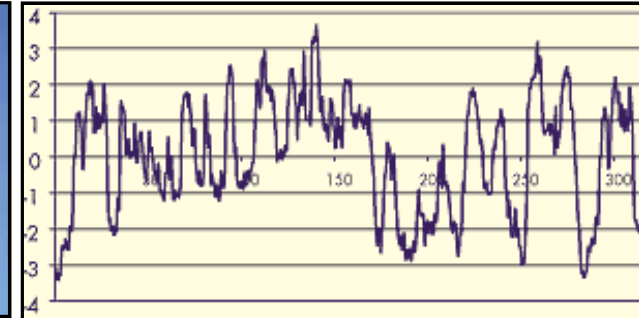
Indicatori di macrotestitura ETD

Tra i metodi statistici più diffusi, ottenuto mediante profilometro laser, c'è:

MPD (Mean Profile Depth) Norma ISO 13473-1

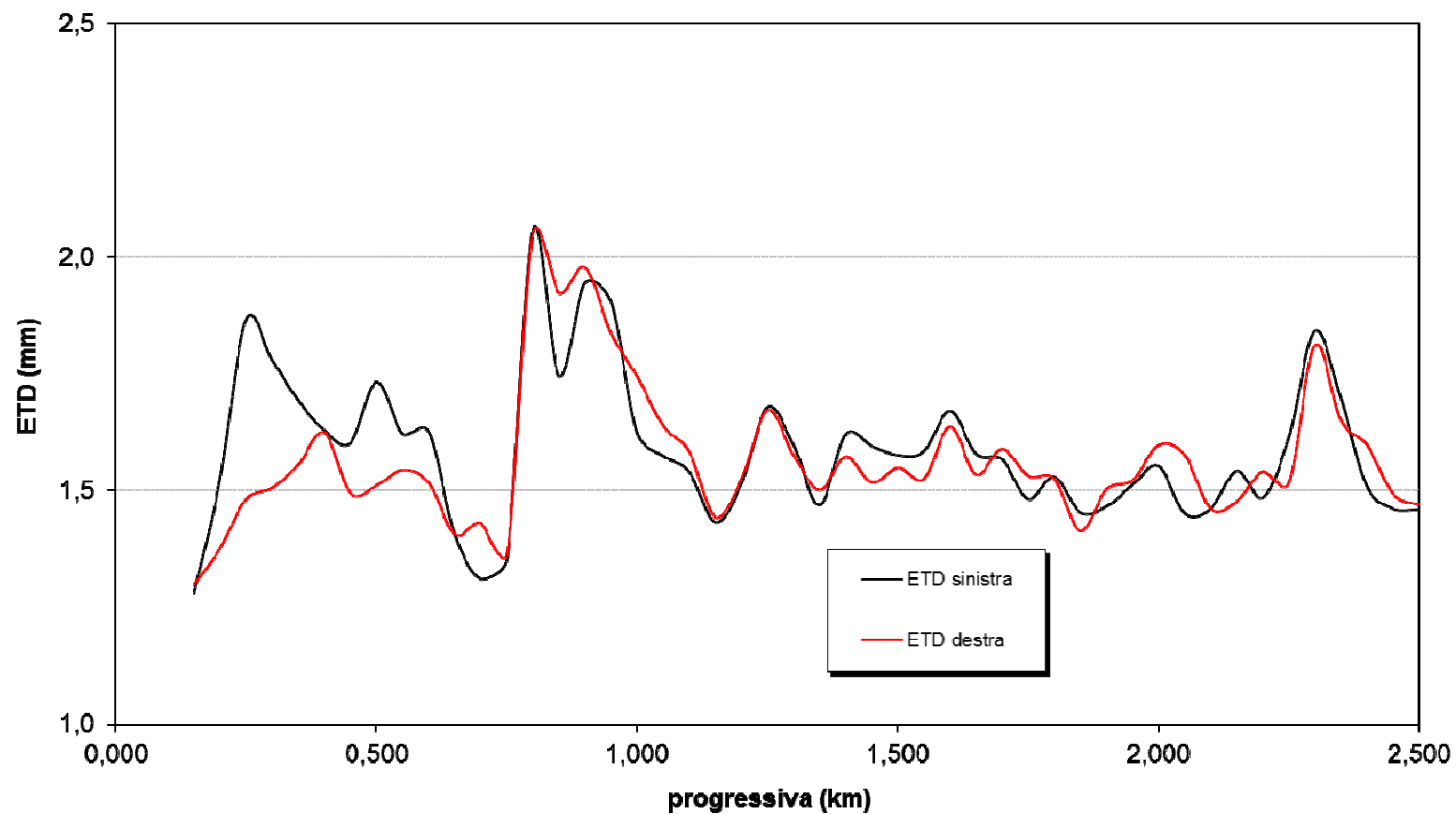


$$\text{HS} \cong \text{ETD} = 0,2 + 0,8 \text{ MPD [mm]}$$

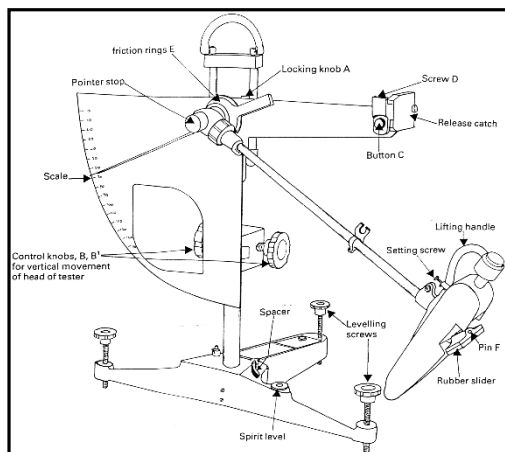


Misure EDT

Carreggiata destra - Corsia marcia - ETD - Media 5 punti



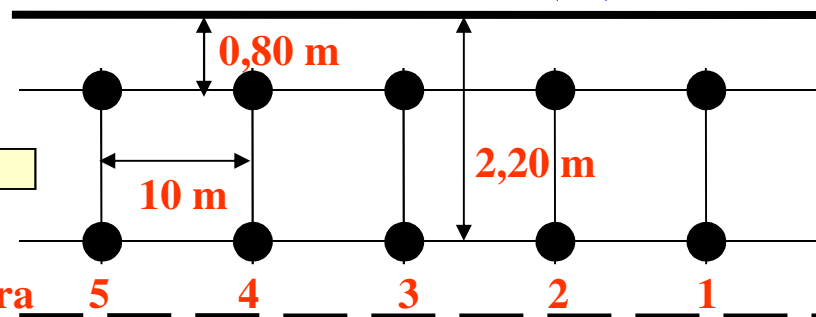
BPN - British Portable Number (1)



Allineamento 1

Allineamento 2

Punti di misura



Temperatura C° 5-7 8-10 11-13 14-16 17-20 21-24 25-29 30-40

Correzione -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4



Categoria	Tipologia di zona	valore minimo
A	Rotatorie, Curve con $R < 150m$	
	Pendenze long. $> 5\%$, in prossimità	65
	di semafori su strade senza limiti di vel.	
B	Autostrade, strade extraurbane principali e strade urbane con traffico > 2000 veic./g	55
C	Tutti gli altri siti	45

BPN - British Portable Number (2)

Allineamento	1					2				
Punto di misura	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Distanza longitudinale dal P.R. [m]										
Distanza dal bordo destro della corsia [m]										
Pendenza trasversale (%)										
Pendenza longitudinale (%)										
valori BPN misurati lettura 1										
valori BPN misurati lettura 2										
valori BPN misurati lettura 3										
valori BPN misurati lettura 4										
Valori BPN misurati lettura 5										
valori BPN misurati letture supplementari										
Media BPN ultime 3 letture utili										
Temperatura pavimentazione (° C)										
Fattore di correzione										
Valori BPN medi corretti										
Media BPN corretta degli allineamenti			BPN (1):					BPN (2):		

DATI BPN (1)

Allineamento 1

	1	2	3	4	5
1	48	48	55	46	44
2	47	48	55	44	44
3	48	49	53	45	43
4	48	47	54	42	43
5	48	47	54	45	45
6		47		45	44
7				45	
8					

Allineamento 2

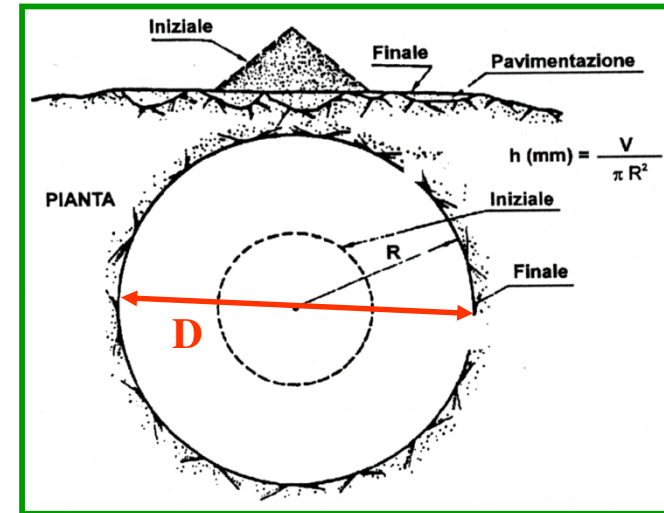
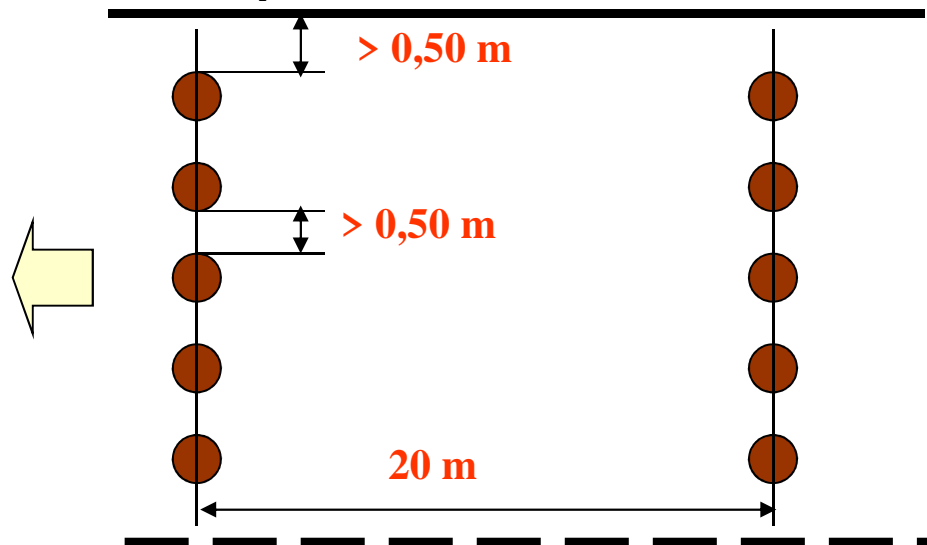
	1	2	3	4	5
1	45	50	53	48	50
2	45	50	53	46	48
3	45	50	52	45	48
4	45	50	52	45	48
5	46	50	52	45	48
6					
7					
8					

Indicatori di macrotestitura HS (1)

NORMA CNR N. 94 15 OTTOBRE 1983

METODO DI PROVA PER LA MISURA DELLA
MACRO-RUGOSITÀ SUPERFICIALE CON IL
SISTEMA DELLA ALTEZZA DI SABBIA

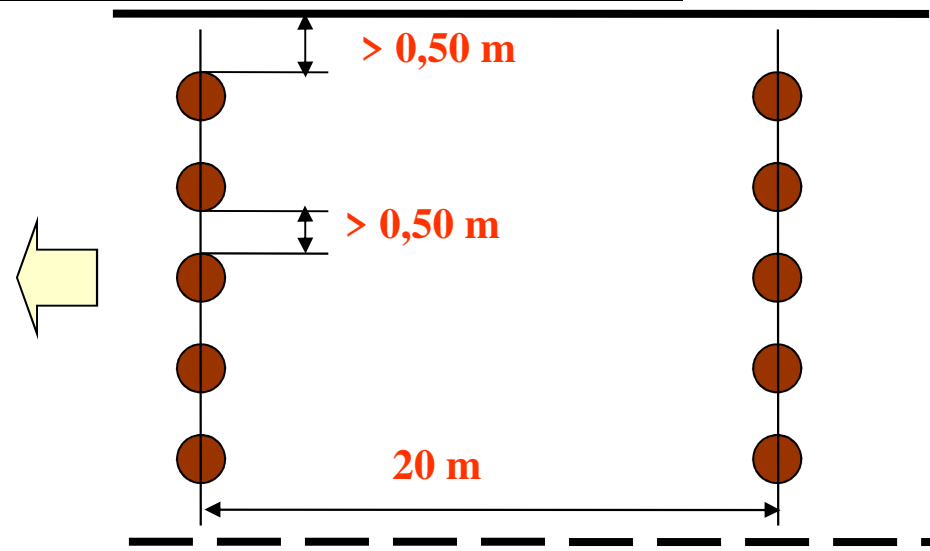
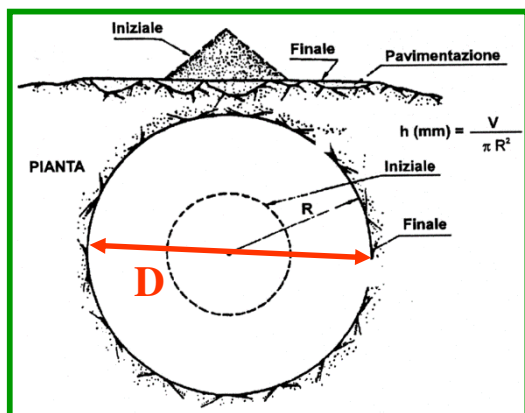
$$HS = \frac{V}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \quad [\text{mm}] \quad V = 25 \pm 0,15 \text{ cm}^3$$



Altezza di sabbia	macrorugosità
$HS \leq 0,20 \text{ mm}$	molto fina
$0,20 < HS \leq 0,40$	fina
$0,40 < HS \leq 0,80$	media
$0,80 < HS \leq 1,20$	grossa
$1,20 < HS$	molto grossa

Indicatori di macrotestitura HS (2)

Allineamento	Trasversale 1					Trasversale 2				
Punto di misura	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Distanza longitudinale dal P.R.: [m]										
Distanza dal bordo destro della corsia [m]										
Valore misurato diametro D1 [mm]										
Valore misurato diametro D2 [mm]										
Valore medio calcolato del diametro [mm]										
Valore altezza in sabbia HS [mm]										
Media altezza in sabbia degli allineamenti			HS (1):					HS (2):		



DATI HS (1)

Allineamento 1

MACRO
TESSITURA
HS

PUNTO DI MISURA

	1	2	3	4	5
1	13	13	13	13	13,5
2	14	14	13	13,5	14

MACRO
TESSITURA
HS

Allineamento 2

PUNTO DI MISURA

	1	2	3	4	5
1	14	13	13	14	14,5
2	13	13,5	12,5	14,5	14,5

Contenuto legante



Contenuto legante



Contenuto legante

Norma UNI EN 12697-1 o Norma CNR B.U. 38/1973

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE									
DI MISCELE DI BITUME ED AGGREGATI LAPIDEI									
METODO DELL'ESTRAZIONE A FREDDO MEDIANTE CENTRIFUGAZIONE									
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 38									
camp.	P1	P2	T	Pf	Pa	Pb	bc	ba	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	%	%	
1	504,00	474,74	4,00	2,94	473,68	26,32	5,26	5,56	
(P1) peso della miscela bituminosa e del filtro prima dell'estrazione					(T) tara del filtro essiccato				
(P2) peso dell'aggregato e del filtro dopo l'estrazione				(Pf) peso del filler essiccato					
(Pa) peso degli aggregati				(Pb) peso del bitume					
(bc) percentuale di bitume riferita alla miscela				(ba) percentuale di bitume riferita agli inerti					

$$Pa = P2 - T + Pf \quad Pb = P1 - P2 - Pf$$

$$bc = \frac{Pb}{P1 - T} \cdot 100 = \frac{Pb}{Pa + Pb} \cdot 100 \quad [\%] \quad ba = \frac{Pb}{Pa} \cdot 100 \quad [\%]$$

Peso di volume miscela



Peso di volume miscela

Norma UNI EN 12697-6 o Norma CNR B.U. 40/1973

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME DI MISCELE DI AGGREGATI LAPIDEI CON BITUME E CATRAME											
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 40											
			camp.	P1	P2	P3	Pp	Vp	V	γ	Γ
			n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm ³)	(cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)
			1	817,2	837,2	478,60	20,00	22,22	336,41	2,43	
			2								
			3								2,43
(P1) peso del provino				(Pp) peso della paraffina				(γ) peso di volume del provino			
(P2) peso del provino secco paraffinato				(Vp) volume paraffina				(Γ) media			
(P3) peso del provino paraffinato in acqua				(V) volume provino							

$$V = P2 - P3 - Vp$$

$$Vp = (P2-P1)/\gamma_p$$

$$\text{Peso specifico paraffina } \gamma_p = 0,9 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma = P1/V$$

Massa Volumica aggregati



Massa Volumica aggregati

Norma UNI EN 1097-6 o Norma CNR B.U. 63/1978

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO									
METODO DEL PICNOMETRO									
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. XII - N. 63									
picn.	Pp	P1	P2	P3	P	V	γa	Γ	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm3)	(cm3)	(g/cm3)	(g/cm3)	
8	286,80	1391,6	756,49	1695,1	469,69	166,19	2,83		
-									
-								2,83	
(Pp) peso del picnometro		(P3) peso picnometro+acqua+aggregato				(γa) massa volumica apparente dei granuli			
(P1) peso picnometro+acqua		(P) Peso aggregato				(Γ) media			
(P2) peso picnometro+aggregato		(V) volume aggregato							

$$P = P2 - Pp \qquad V = \frac{P - P3 + P1}{\gamma_w} \qquad \gamma_a = \frac{P}{P - P3 + P1} \cdot \gamma_w$$

Massa Volumica aggregati

Norma UNI EN 1097-6 o Norma CNR B.U. 63/1978

Peso specifico dell'acqua distillata (Istituto Smithsonian)

t °C	γ_w g/cm ³	t °C	γ_w g/cm ³	t °C	γ_w g/cm ³
0	0,999 87	+ 17	0,998 80	+ 34	0,994 40
+ 1	0,999 93	+ 18	0,998 62	+ 35	0,994 06
+ 2	0,999 97	+ 19	0,998 43	+ 36	0,993 71
+ 3	0,999 99	+ 20	0,998 23	+ 37	0,993 36
+ 4	1,000 00	+ 21	0,998 02	+ 38	0,992 99
+ 5	0,999 99	+ 22	0,997 80	+ 39	0,992 62
+ 6	0,999 97	+ 23	0,997 56	+ 40	0,992 24
+ 7	0,999 93	+ 24	0,997 32	+ 41	0,991 86
+ 8	0,999 88	+ 25	0,997 07	+ 42	0,991 47
+ 9	0,999 81	+ 26	0,996 81	+ 43	0,991 07
+ 10	0,999 73	+ 27	0,996 54	+ 44	0,990 66
+ 11	0,999 63	+ 28	0,996 26	+ 45	0,990 25
+ 12	0,999 52	+ 29	0,995 97	+ 46	0,989 82
+ 13	0,999 40	+ 30	0,995 67	+ 47	0,989 40
+ 14	0,999 27	+ 31	0,995 37	+ 48	0,988 96
+ 15	0,999 13	+ 32	0,995 05	+ 49	0,988 52
+ 16	0,998 97	+ 33	0,994 73	+ 50	0,988 07

Percentuale dei vuoti

Norma UNI EN 12697-8 o Norma CNR B.U. 63/1978

DETERMINAZIONE DELLA POROSITA' O PERCENTUALE DEI VUOTI											
DI MISCELE DI AGGREGATI LAPIDEI CON BITUME E CATRAME											
				C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 39							
				camp.	γ	bc	γ_b	γ_a	v	V	
				n°	(g/cm ³)	(%)	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(%)	(%)	
				1	2,43	5,26	1,02	2,83	6,12		
				2							
				3						6,12	
(γ) peso di volume della miscela								(bc) percentuale di bitume riferita alla miscela			
(γ _b) peso specifico del legante								(γ _a) massa volumica apparente dei granuli			
(v) porosità del provino								(V) media			

$$v = 100 - \gamma \cdot \left(\frac{bc}{\gamma_b} + \frac{100 - bc}{\gamma_a} \right) \quad [\%]$$

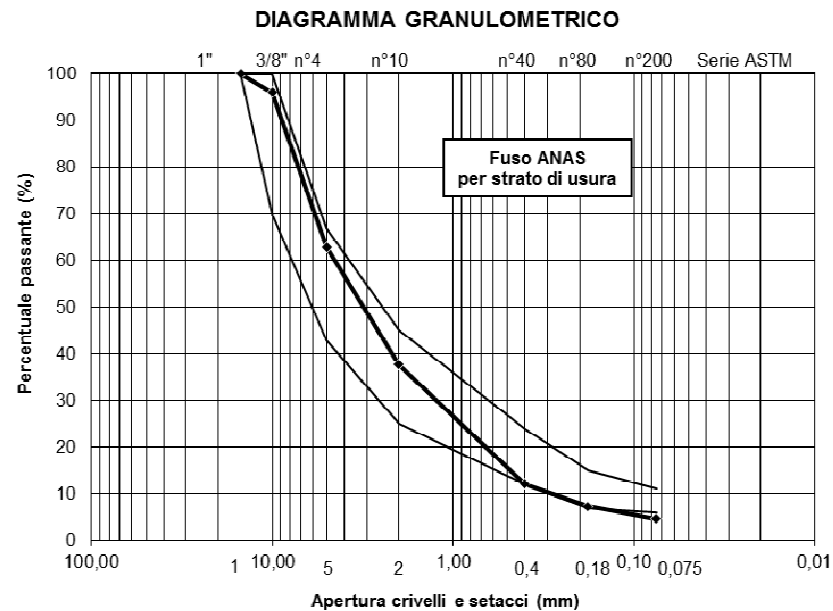
Analisi Granulometrica

Norma UNI EN 12697-2 o Norma CNR B.U. 23/1971

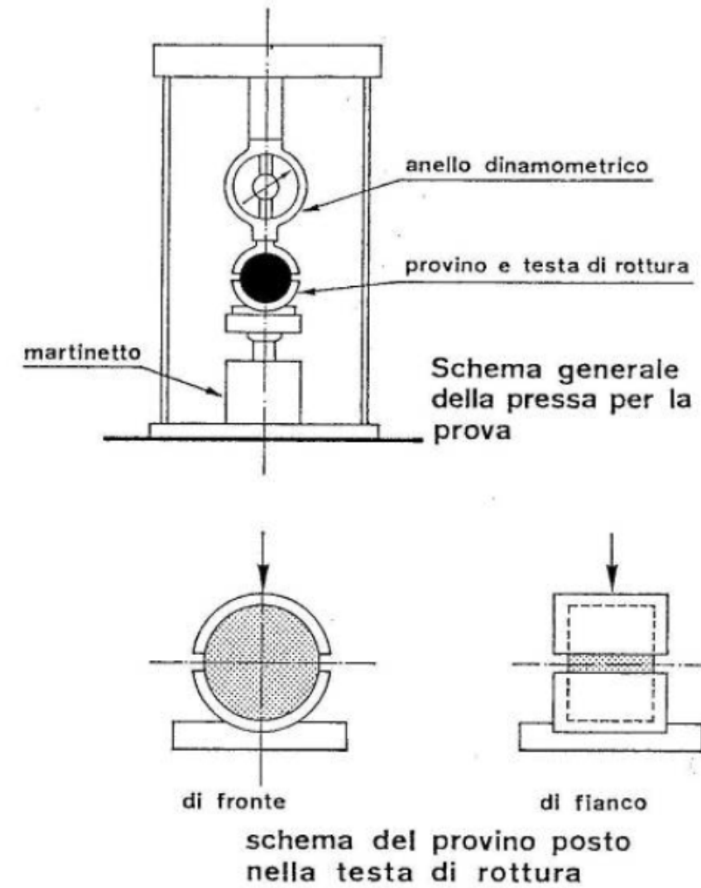


Analisi Granulometrica

ANALISI GRANULOMETRICA									
Peso conglomerato (g):	500,00							Peso inerte (g):	473,68
Apertura crivelli e setacci (mm)		15	10	5	2	0,4	0,18	0,075	
Peso trattenuto (g)		0,00	18,48	157,26	119,41	121,27	22,88	12,50	
Peso passante (g)		473,68	455,20	297,94	178,53	57,26	34,38	21,88	
Percentuale passante (%)		100,00	96,10	62,90	37,69	12,09	7,26	4,62	
Fuso ANAS: perc. pass. lim. inf. (%)		100	70	43	25	12	7	6	
Fuso ANAS: perc. pass. lim. sup. (%)		100	100	67	45	24	15	11	



Marshall



Marshall

Norma UNI EN 12697-30 e 12697-34 o Norma CNR B.U. 30/1973

DETERMINAZIONE DELLA STABILITA' E DELLO SCORRIMENTO DI MISCELE DI BITUME E INERTI LAPIDEI A MEZZO DELL'APPARECCHIO MARSHALL														
				C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 30										
camp.	altezza				altezza	volume	stabilità	scorrim	correz.	stabilità	modulo	stabilità	scorrim.	
n°	A	B	C	D	media					corretta		scarto	scarto	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm3)	(kN)	(mm)		(kN)	(kN/mm)	(%)	(%)	
1/1	65,7	65,7	65,6	65,7	65,7	531	12,82	3,09	0,97	12,40	4,01	-3,04	10,26	
1/2	64,3	64,4	64,4	64,5	64,4	521	12,91	3,18	0,99	12,73	4,00	-0,43	13,47	
1/3	63,8	64,0	63,8	63,7	63,8	516	13,78	2,27	0,99	13,71	6,04	7,24	-19,00	
1/4	64,8	64,9	64,6	64,6	64,7	523	12,54	2,67	0,98	12,30	4,61	-3,77	-4,73	
Stabilità media (kN):			12,78		Scorrimento medio (mm)			2,80		Modulo elastico (kN/mm)			4,67	
temperatura di mescolamento dell'impasto (° C):						152								
temperatura di costipamento (° C):						142								
numero colpi (n°):						75								
temperatura di prova (°C):							60							

Marshall

Norma UNI EN 12697-30 e 12697-34 o Norma CNR B.U. 30/1973

TABELLA 1 – Correzione del valore di stabilità Marshall in funzione dell'altezza del provino		
Altezza del provino mm	Volume del provino cmc	Coefficiente di correzione
60,30	483 a 495	1,09
61,90	496 » 508	1,04
63,50	509 » 522	1,00
65,10	523 » 535	0,96
66,70	536 » 546	0,93

Coefficiente Levigabilità Accelerata

INIZIO	3(C.S.)	1(SCORIE)	10(CALCARE)	3(SCORIE)	5(DIABASE)	12(CALCARE)	8(BASALTO)	7(BASALTO)	11(CALCARE)	6(DIABASE)	4(DIABASE)	9(BASALTO)	2(SCORIE)	14(C.S.)
1	65	55	53	72	66	61	69	74	56	44	59	62	61	71
2	67	51	53	71	67	66	67	70	54	43	60	50	61	70
3	67	51	50	66	66	61	68	71	53	42	59	58	59	71
4	65	50	51	65	68	61	67	71	53	41	60	52	59	72
5	69	50	50	60	64	57	68	71	53	40	61	54	57	67
6	67		49	60	67	61	67			39	61	53	57	67
7	69		49	60	68	61	61				61	51	56	67
8					66	59	68					54	56	
9					66	59	67					53	56	
10					66	60	67					50		
11						58						53		
12						59						49		
13						59						50		
14												50		
15												50		
Timmerstone														
21														
3 ORE	3(C.S.)	1(SCORIE)	10(CALCARE)	3(SCORIE)	5(DIABASE)	12(CALCARE)	8(BASALTO)	7(BASALTO)	11(CALCARE)	6(DIABASE)	4(DIABASE)	9(BASALTO)	2(SCORIE)	14(C.S.)
1	74	62	50	67	74	53	70	67	51	69	69	67	70	63
2	69	62	50	64	71	51	72	66	50	68	69	65	69	61
3	67	59	49	65	70	51	71	66	49	67	69	65	68	62
4	69	60	48	65	72	50	68	67	49	69	68	66	68	61
5	68	60	48	63	73	50	74	66	48	69	68	65	68	60
6			47	64	71	49	68		48	69	68			
7			47		71	45	68		47					
8			49		71	48	67		46					
9			47			45			46					
10			46			56								
11			47			45								
12						44								
13						46								
14						46								
15						47								
16						47								
Timmerstone														
21														
6 ORE	3(C.S.)	1(SCORIE)	10(CALCARE)	3(SCORIE)	5(DIABASE)	12(CALCARE)	8(BASALTO)	7(BASALTO)	11(CALCARE)	6(DIABASE)	4(DIABASE)	9(BASALTO)	2(SCORIE)	14(C.S.)
1	49	49	27	51	49	28	49	42	30	54	56	46	48	46
2	46	48	26	52	49	27	46	42	30	54	56	46	48	46
3	46	47	25	50	48	26	45	41	29	55	54	46	47	44
4	46	47	25	50	49	26	46	39	29	54	54	46	46	44
5	45	47	25	50	48	26	46	40	29	54	54	46	47	44
6					47			39						
7								40						
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
Timmerstone														
21														