



**Università degli Studi di Trieste**

**Dipartimento di Ingegneria e Architettura**

**Laurea Magistrale: Ingegneria Civile**

**Corso : Progettazione ed Adeguamento delle  
Infrastrutture Viarie (cod. 143MI)**

## **Lezione 12: Esercitazioni Laboratorio**

**Roberto Roberti**

**Tel.: 040/558.3588**

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

**Anno accademico 2016/2017**

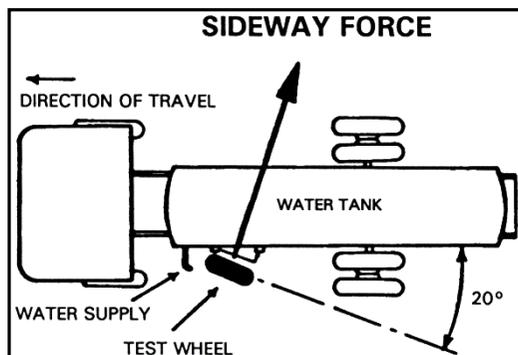
---



# 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)



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

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

**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

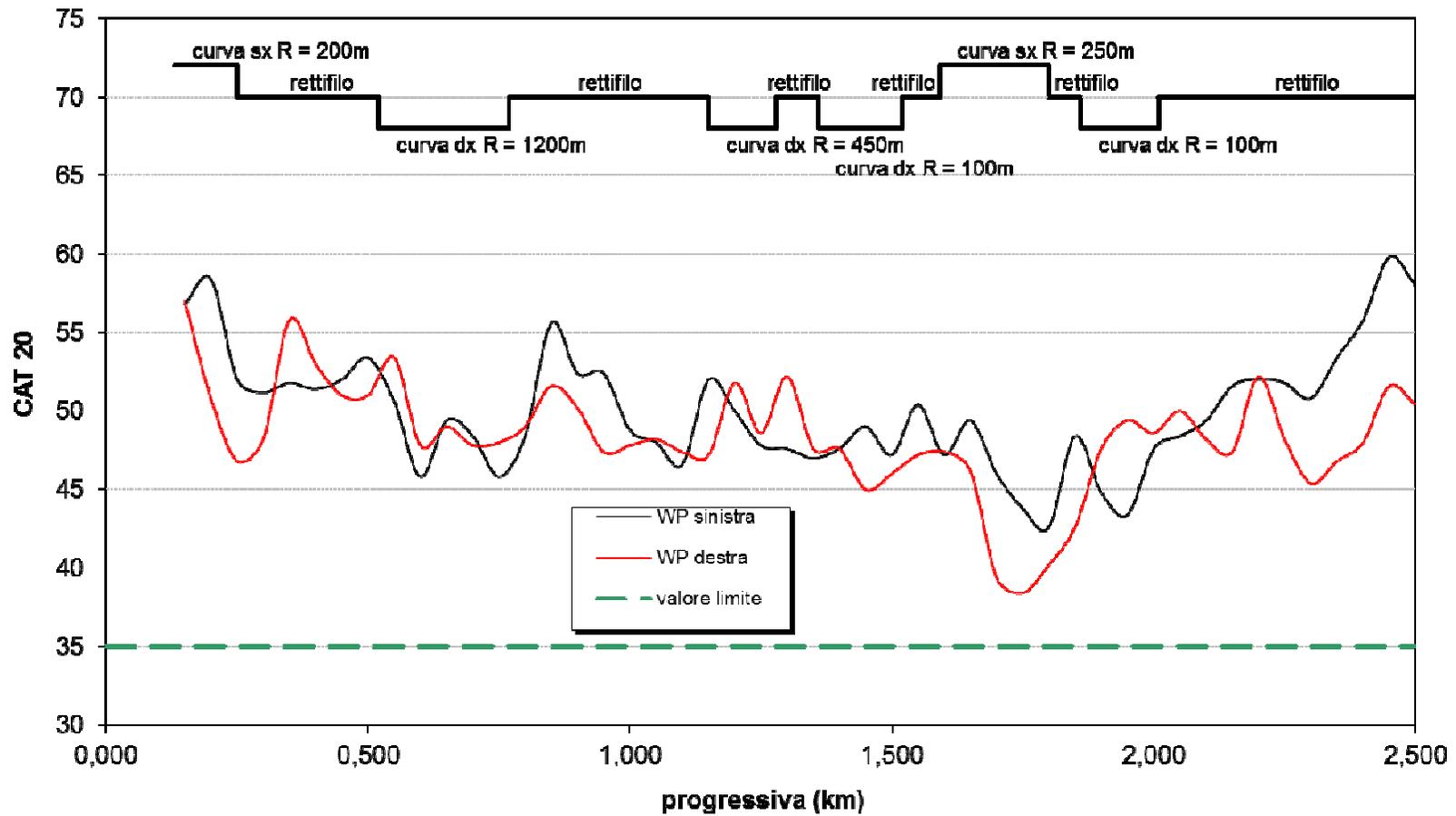
# Misure CAT

	carreggiata	sinistra								
	corsia	marcia								
	km inizio	15+600								
	km fine	0+110								
			Macrotessitura 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

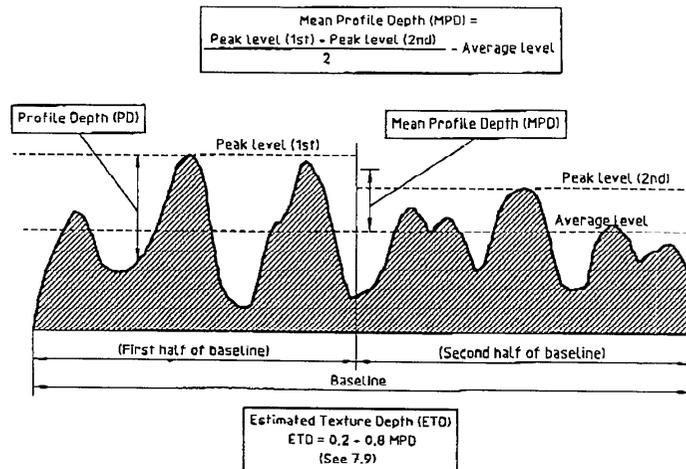
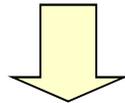
Carreggiata destra - Corsia sorpasso - CAT 20 - Media 5 punti



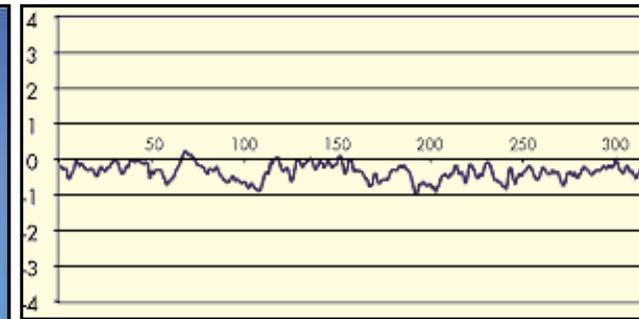
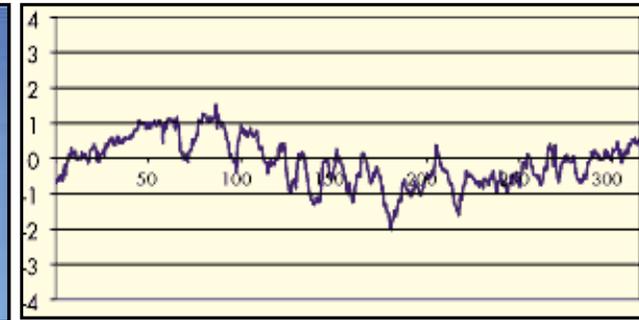
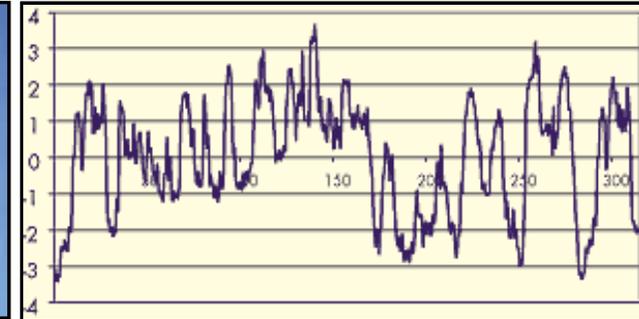
# Indicatori di macrotestitura ETD

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

MPD (Mean Profile Depth) Norma ISO 13473-1

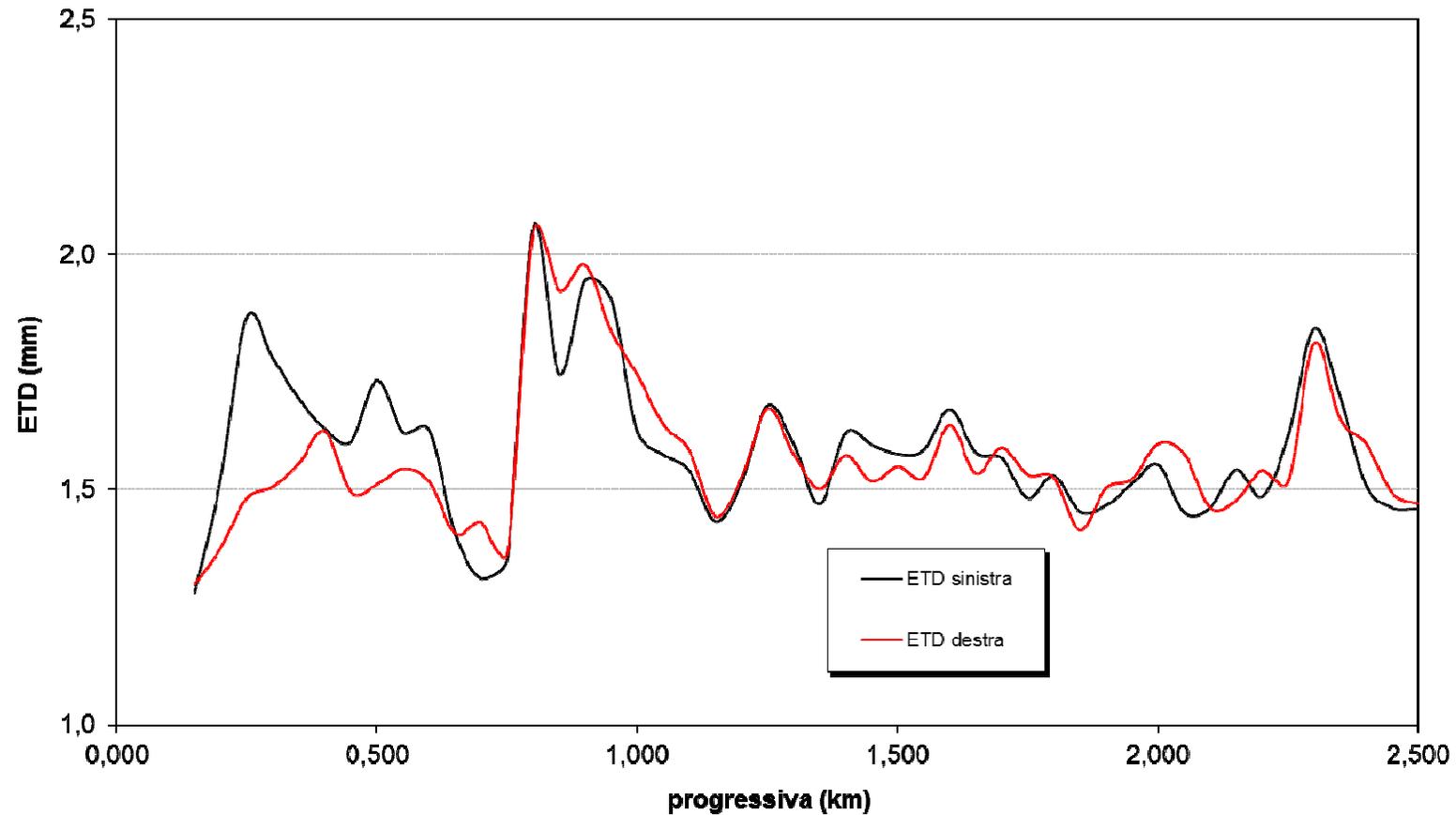


**$HS \cong ETD = 0,2 + 0,8 \text{ MPD} \text{ [mm]}$**

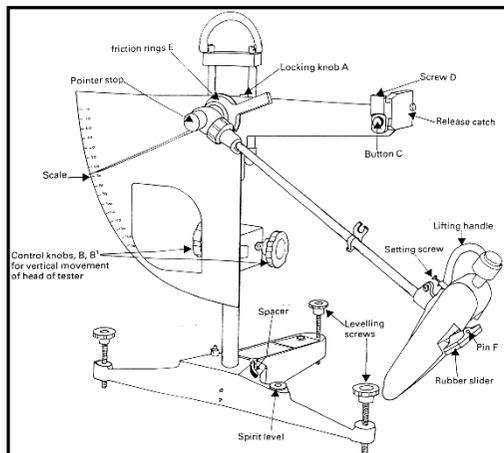


# Misure EDT

Carreggiata destra - Corsia marcia - ETD - Media 5 punti



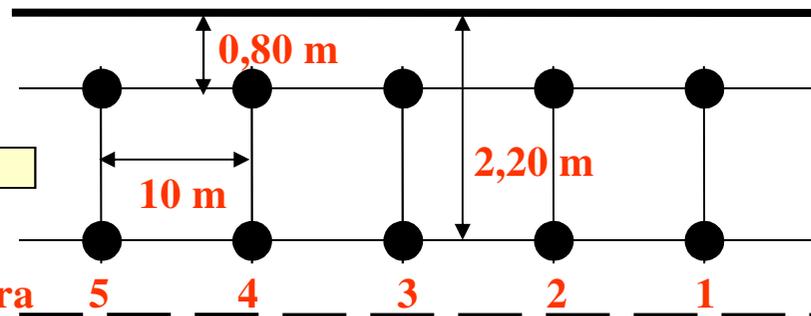
# BPN - British Portable Number (1)



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
	Rotatorie, Curve con R<150m	
A	Pendenze long. > 5%, in prossimità di semafori su strade senza limiti di vel.	65
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

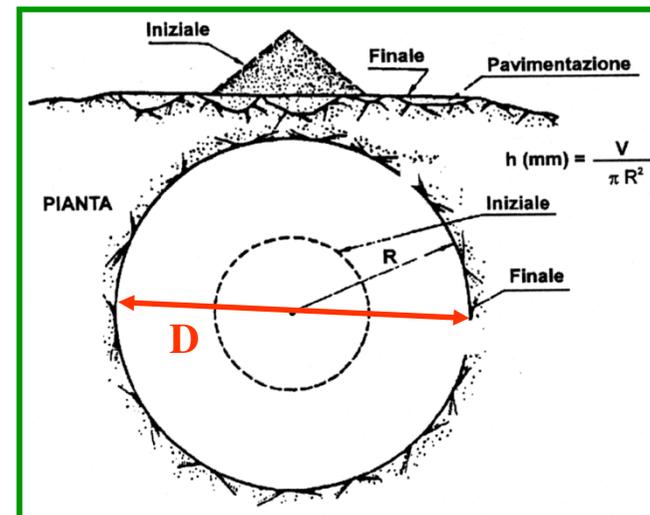
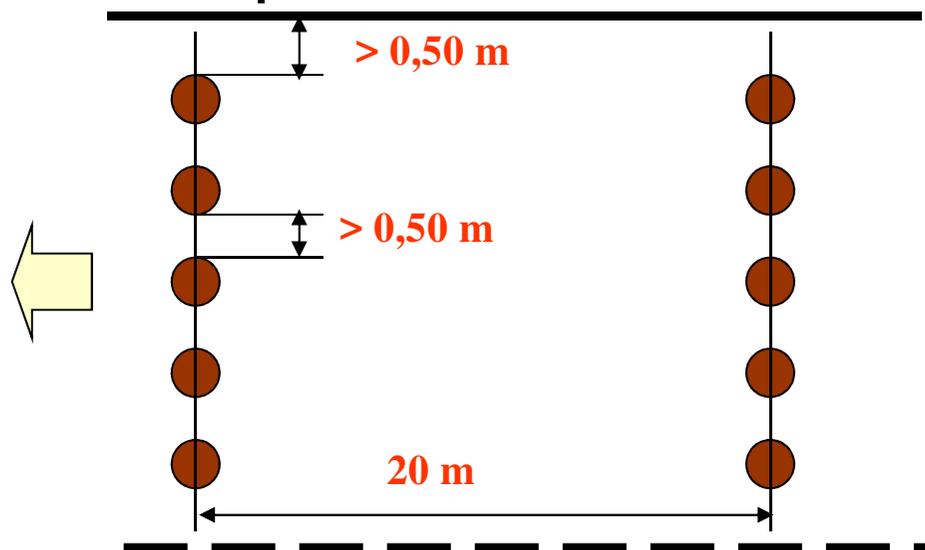
	1	2	3	4	5
1	45	50	53	48	50
2	45	50	53	46	48
3	45	50	52	45	48
4	45	50	52	45	48
5	46	50	52	45	48
6					
7					
8					

# 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

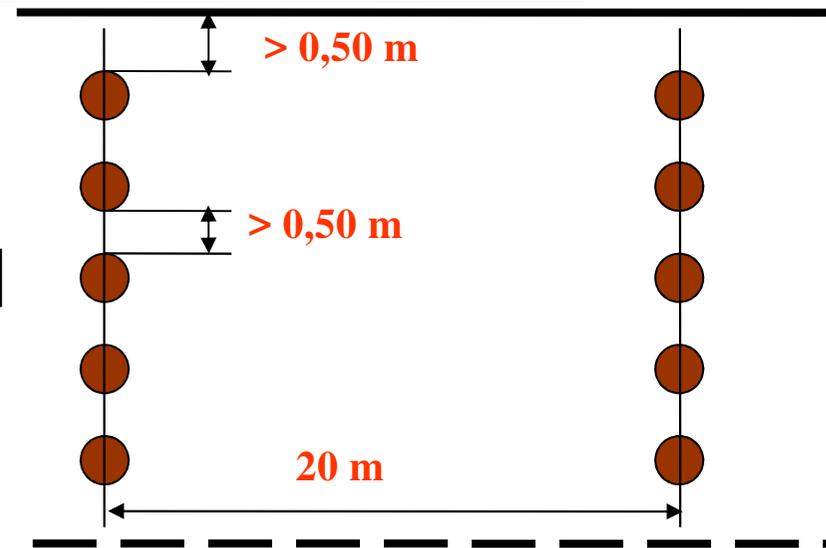
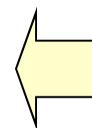
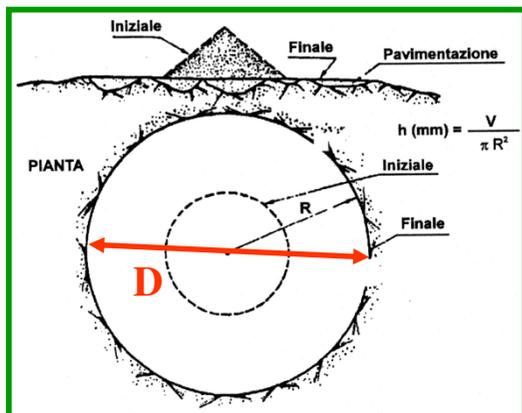
$$HS = \frac{V}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \quad [\text{mm}] \quad V = 25 \pm 0,15 \text{ cm}^3$$



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

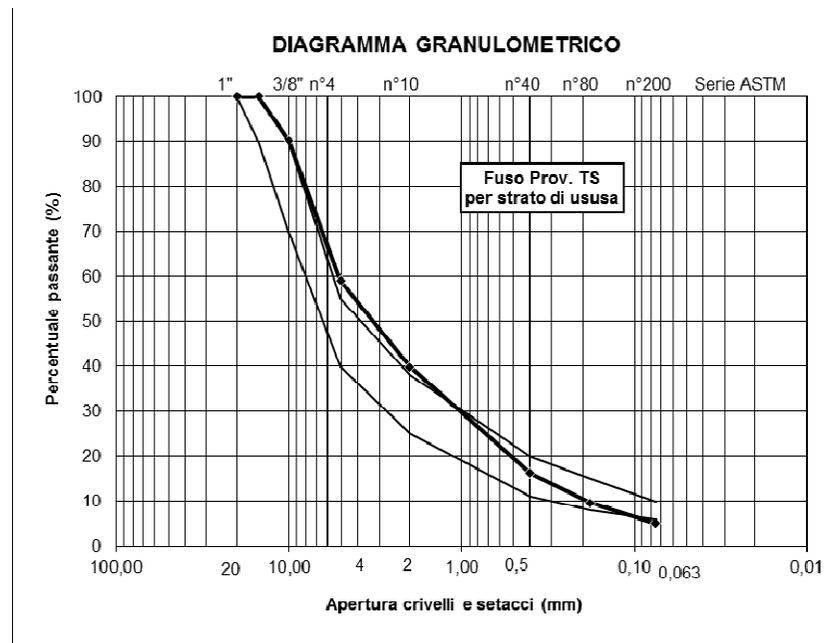
MACRO  
TESSITURA  
HS

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

# Analisi Granulometrica

ANALISI GRANULOMETRICA											
Peso conglomerato (g):	0,00									Peso inerte (g):	472,31
Crivelli o Setacci (C - S)		C	C	C	C	S	S	S	S		
Apertura crivelli e setacci (mm)		20	15	10	5	2	0,4	0,18	0,075		
Peso trattenuto (g)		0,00	0,00	45,64	147,60	90,75	111,66	31,10	21,50		
Peso passante (g)		472,31	472,31	426,67	279,07	188,32	76,66	45,56	24,06		
Percentuale passante (%)		100,00	100,00	90,34	59,09	39,87	16,23	9,65	5,09		
Fuso Prov. TS: perc. pass. lim. inf. (%)		100	90	70	40	25	11	8	6		
Fuso Prov. TS: perc. pass. lim. sup. (%)		100	100	90	55	38	20	15	10		



# Contenuto legante

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	T	P2	P3	Pf	Pa	Pb	bc	ba	Bc	Ba	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	%	%			
1	500,00	4,00	471,81	4,00	0,50	472,31	27,69	5,54	5,86			
2												
3										5,54	5,86	
(P1) peso della miscela bituminosa e del filtro prima dell'estrazione							(T) tara del filtro essiccato					
(P2) peso dell'aggregato (P3) peso 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					

# Peso Miscela

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. n°	P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)	Pp (g)	Vp (cm <sup>3</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\Gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	
1	1287,9	1344,5	730,83	56,66	62,96	550,72	2,34		
2									
3								2,34	
(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						

**Peso specifico paraffina 0,9 g/cm<sup>3</sup>**

# Massa Volumica aggregati

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	$\gamma_a$	$\Gamma$	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	
5	275,82	1311,4	746,82	1608,6	471,00	173,82	2,71		
-									
-								2,71	
(Pp) peso del picnometro		(P3) peso picnometro+acqua+aggregato			(γ <sub>a</sub> ) massa volumica apparente dei granuli				
(P1) peso picnometro+acqua		(P) Peso aggregato			(Γ) media				
(P2) peso picnometro+aggregato		(V) volume aggregato							

# Percentuale dei vuoti

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.	$\gamma$	bc	$\gamma_b$	$\gamma_a$	v	V
n°	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)
1	2,34	5,54	1,02	2,71	5,73	
2						
3						5,73
(γ) peso di volume della miscela			(bc) percentuale di bitume riferita alla miscela			
(γ <sub>b</sub> ) peso specifico del legante			(γ <sub>a</sub> ) massa volumica apparente dei granuli			
(v) porosità del provino			(V) media			

# Rigidezze conglomerati

## Files:

B1_5°.xlsx	dati strato di base a 5 °
B1_20°.xlsx	dati strato di base a 20 °
B1_30°.xlsx	dati strato di base a 30 °
T1_5°.xlsx	dati strato di usura a 5 °
T1_20°.xlsx	dati strato di usura a 20 °
T1_30°.xlsx	dati strato di usura a 30 °

Sui fogli STAGE 002\_data ci sono i risultati, la colonna AD da la rigidezza, mediare i 5 cicli

Si può riportare su un grafico le rigidezze finali in funzione delle temperature.

Sui fogli STAGE\_Cycle 001 ecc. ci sono i carichi (colonna H) e le deformazioni (colonna I) con l'avanzare del tempo (colonna A), dei vari cicli.

Può essere interessante diagrammare tempi – carichi, tempi – deformazioni e quindi valutare lo sfasamento.

# Coefficiente Levigabilità Accelerata



Test CLA

**File Dati CLA: DATI\_CLA.xlsx**