

Conferenza intermedia
Progetto iBBT – Interreg IV Italia - Austria

Pavimentazioni, rivestimenti
e illuminazione innovativi per gallerie

Le pavimentazioni chiare realizzate nelle gallerie di Narano e Passo Rombo

Prof. Ing. Maurizio Bocci
Università Politecnica delle Marche – m.bocci@univpm.it

Sala Latemar, Piazza Fiera 1, Bolzano – Alto Adige
Venerdì 22 febbraio 2013



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

PAVIMENTAZIONI CHIARE IN GALLERIA

RISPARMIO DI ENERGIA PER L'ILLUMINAZIONE

MAGGIORE VISIBILITA' – PIU' SICUREZZA



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



**Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia**
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

PAVIMENTAZIONI CHIARE

AGGREGATI DI COLORE CHIARO

CEMENTO

BITUME TRASPARENTE

DRENANTE INTASATO CON MALTA CEMENTIZIA

SELEZIONE DEGLI AGGREGATI

Porfido



Basalto



Diorite





Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

SELEZIONE DEGLI AGGREGATI

Caratteristiche	Unità di misura	Porfido grigio	Basalto	Diorite
Luminanza sul materiale asciutto	cd/m ²	13.2	14.5	14.4
Luminanza sul materiale bagnato	cd/m ²	4.7	3.5	4.5
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	%	17	13	14
Valore di levigabilità (CLA)	%	50	51	46

LEGANTI TRASPARENTI



Kromatis



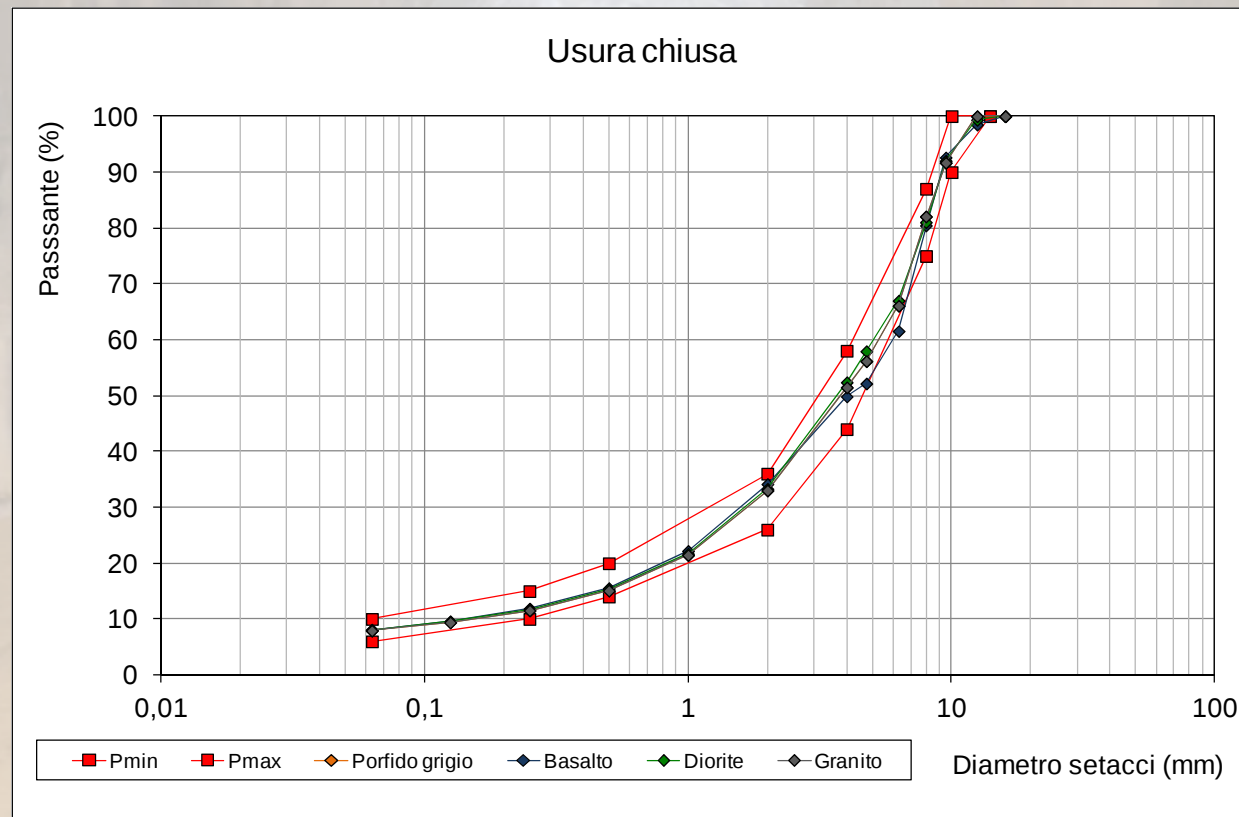
Biokromatis



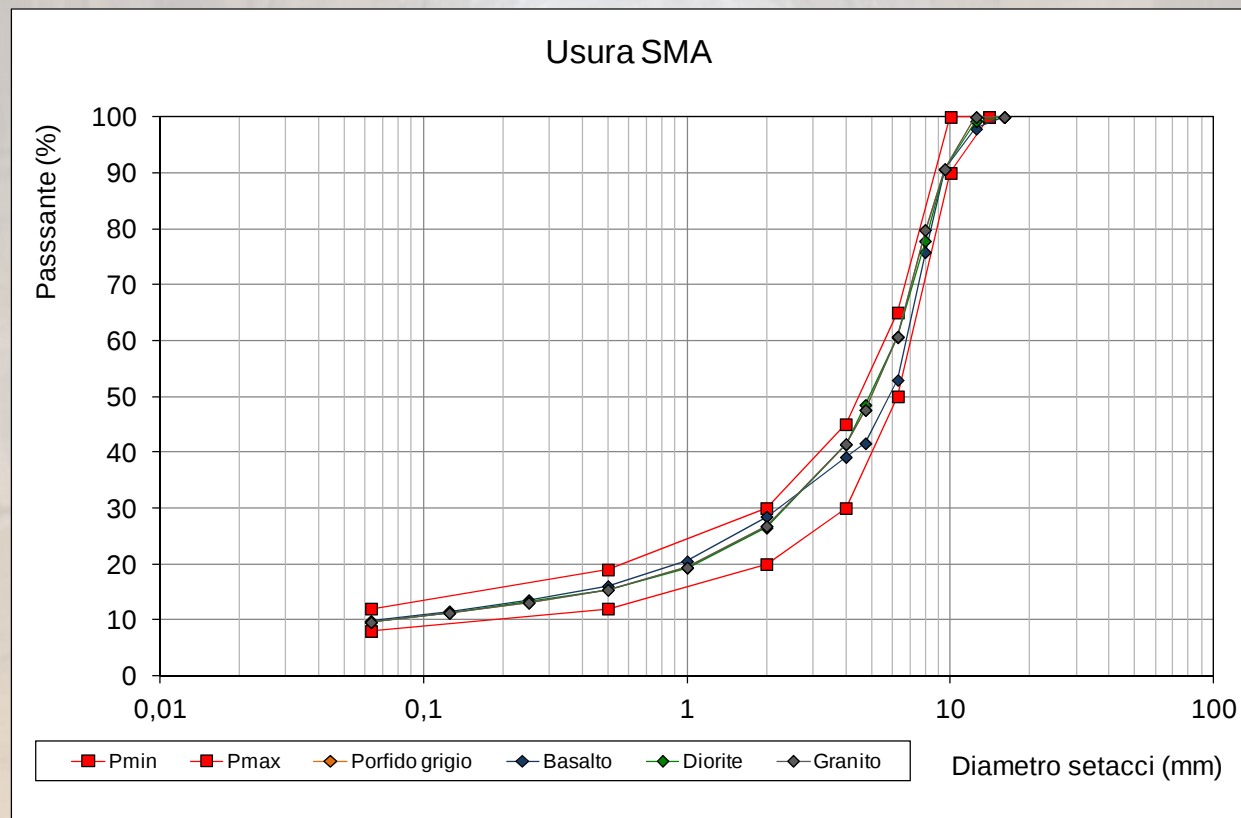
LEGANTI TRASPARENTI

Caratteristiche	Metodo di prova	Unità di misura	Kromatis 35/50	BioKromatis
Penetrazione a 25°C	EN 1426	dmm	42	65
Punto di rammollimento (P.A.)	EN 1427	°C	53.8	49.2
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	-	-
Viscosità dinamica 60°C	EN 13702	Pas	-	-
Viscosità dinamica 100°C	EN 13702	Pas	16500	7800
Viscosità dinamica 135°C	EN 13702	Pas	1100	950
Viscosità dinamica 160°C	EN 13702	Pas	365	298
Ritorno elastico a 25°C	EN 13398	%	83	67
Caratteristiche dopo RTFOT EN 12607-1	Metodo di prova	Unità di misura	Kromatis 50/70	BioKromatis
Perdita di massa	EN 12607-1	%	-0.65	-0.73
Penetrazione a 25°C	EN 1426	% originale	63	68
Punto di rammollimento (P.A.)	EN 1427	°C	55.1	47.8
Incremento punto di rammollimento	EN 1427	%	102	97

MIX AGGREGATI



MIX AGGREGATI



GRANITO



tappeto chiuso



splittmastix

DIORITE



tappeto chiuso



splittmastix

PORFIDO GRIGIO



tappeto chiuso



splittmastix

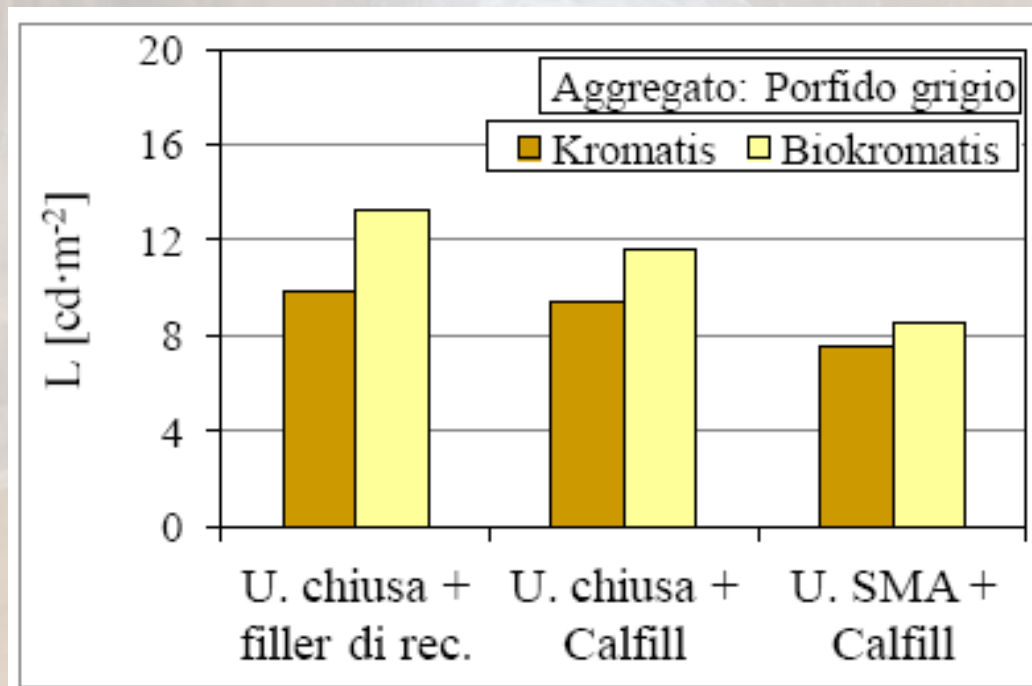


MISURE DI LUMINANZA SULLE MISCELE COMPATTATE IN LABORATORIO

Miscela	Legante	Filler	Aggregato	L [cd·m ⁻²]	R _L [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	Q _d [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	β [-]
Usura chiusa	Kromatis	Omya	Porfido grigio	10.57	13.3	71.0	11.9
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	13.33	11.9	81.3	17.0
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.5% TiO ₂	Porfido grigio	20.36	15.6	79.8	25.0
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 1.0% TiO ₂	Porfido grigio	21.48	16.8	75.6	27.1
Usura chiusa	Kromatis	Calfill + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	11.16	13.5	72.9	14.7
Usura chiusa	Biokromatis	di recupero	Porfido grigio	13.25	13.9	93.6	18.3
Usura chiusa	Biokromatis	Calfill	Porfido grigio	11.64	11.3	83.1	13.0
Usura SMA	Biokromatis	Calfill	Porfido grigio	8.48	8.6	59.9	11.5
Usura chiusa	Kromatis	Calfill	Granito	11.98	11.3	80.3	14.4

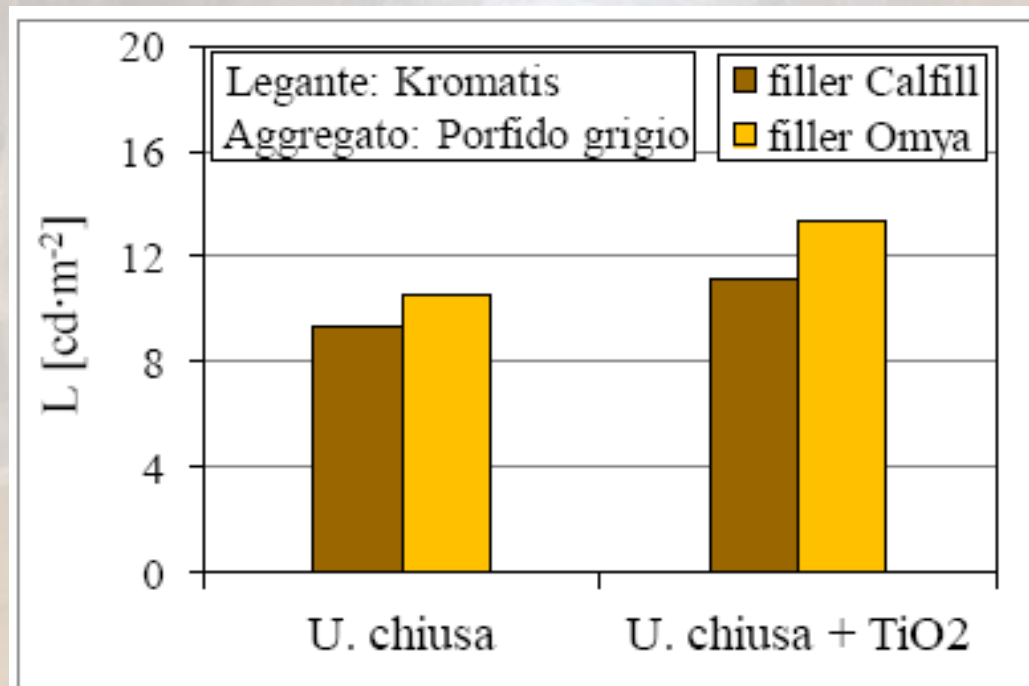


CONFRONTO DELLA LUMINANZA

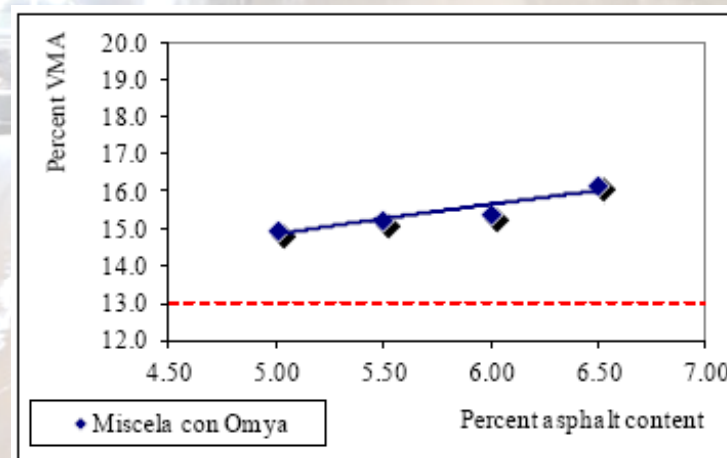
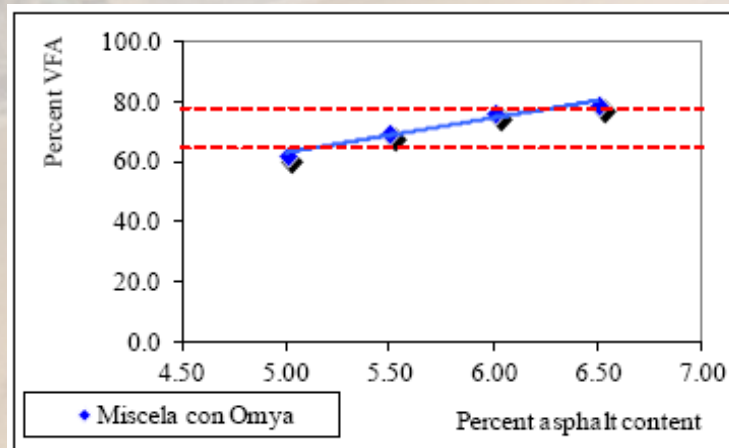
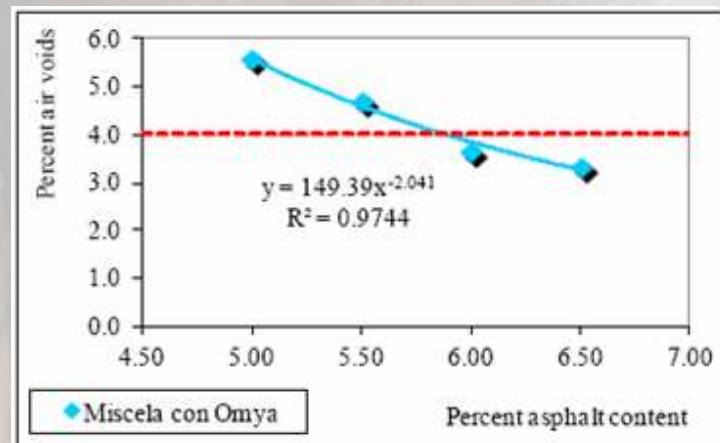




CONFRONTO DELLA LUMINANZA



MIX DESIGN DELLA MISCELA Metodo volumetrico



6,0% di legante



MISCELA ADOTTATA

d [mm]	vagli	Granulometrie singole frazioni				Curva miscela
		Porfido 6/12 G _c 90/20	Porfido 4/8 G _c 85/35	Sabbia calc. * 0/4 G _f 85	Filler Omya	
16	setaccio	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
12.5	setaccio	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
9.5	setaccio	76.4	99.6	100.0	100.0	92.8
8	setaccio	50.2	96.8	100.0	100.0	84.6
6.3	setaccio	15.3	74.8	100.0	100.0	70.6
4.75	setaccio	3.5	40.9	100.0	100.0	61.6
4	setaccio	1.0	21.8	98.6	100.0	57.2
2	setaccio	0.1	1.1	64.6	100.0	39.0
1	setaccio	0.1	0.3	38.1	100.0	27.4
0.5	setaccio	0.1	0.3	23.3	100.0	21.1
0.25	setaccio	0.1	0.3	15.2	98.6	17.5
0.125	setaccio	0.1	0.3	11.2	90.2	14.8
0.063	setaccio	0.1	0.2	9.3	77.6	12.7
% di impiego in peso		30%	16%	43%	10.5% + 0.5% TiO ₂	
% di legante		6% sul peso degli aggregati				



Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Impianto di Prato Isarco





PROVA DI STESA ALL'IMPIANTO



CONTROLLO DELL'ADDENSAMENTO



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

STESA NELLA GALLERIA DI NARANO



STESA NELLA GALLERIA DI NARANO



GALLERIA DI NARANO due mesi dopo





Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

STESA NELLA GALLERIA DI PASSO ROMBO





STESA NELLA GALLERIA DI PASSO ROMBO



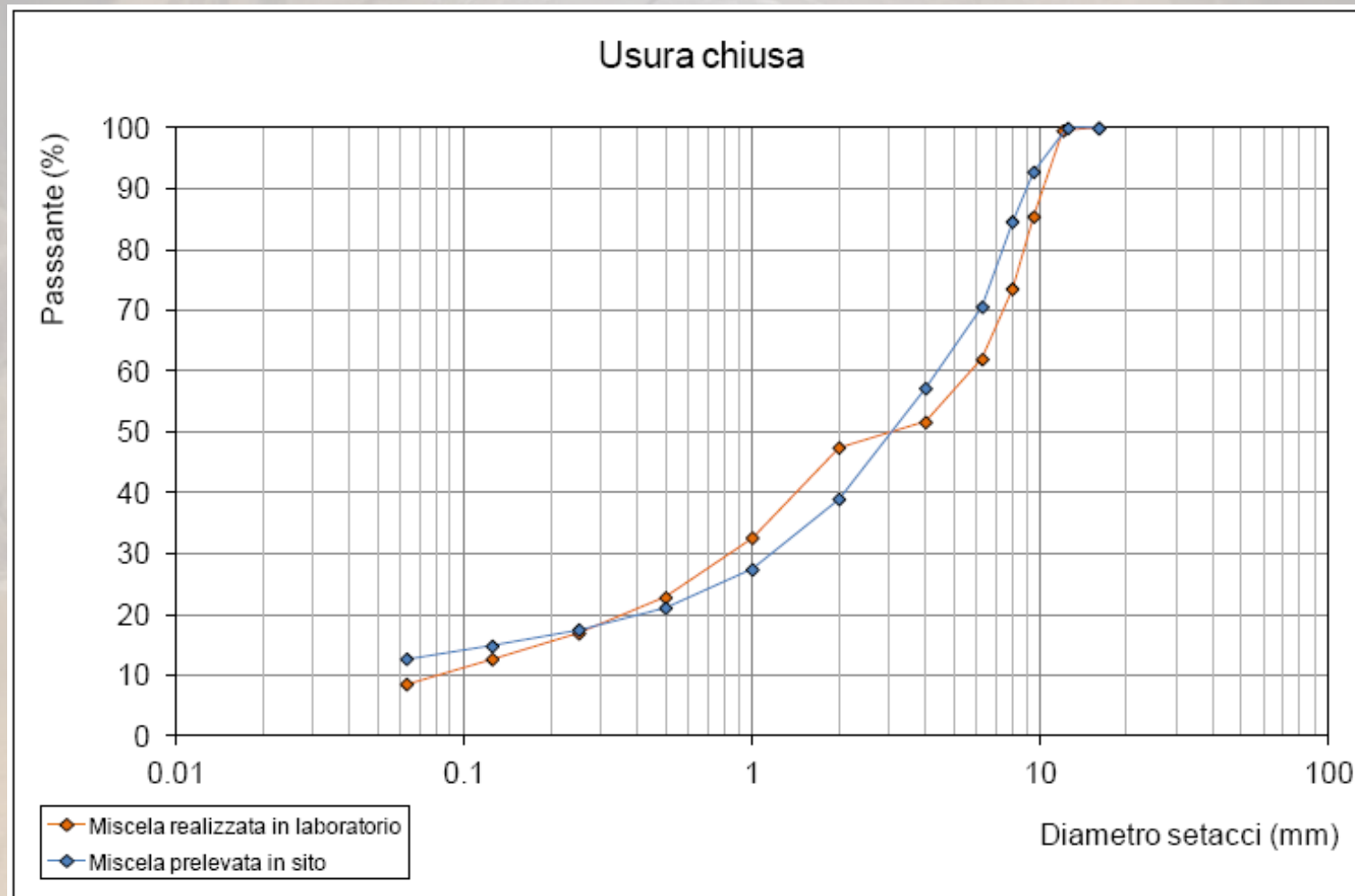
STESA NELLA GALLERIA DI PASSO ROMBO



CONFRONTO TRA LA MISCELA DI PROGETTO E MISCELA REALIZZATA

Proprietà	Miscela realizzata in laboratorio	Miscela realizzata in impianto e prelevata in sito durante la stesa
Granulometria	vedi grafico (fig. 1)	
% bitume sul peso degli aggregati (post estrazione)	6.0	6.0
% bitume sul peso della miscela (post estrazione)	5.7	5.7
Massa volumica [kN/m ³]	24.0	24.3
% v su provino compattato con pressa giratoria @ 100gg	3.08	1.71
L – tal quale [cd·m ⁻²]	20.36	20.03
L – sabbiato [cd·m ⁻²]	29.36	24.81
R _L [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	15.6	14.3
Q _d [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	79.8	106.0
β [-]	25	21
ITSM @ 20°C [MPa]	4302	3364
ITSM @ 40°C [MPa]	260	286
ITS @ 25°C [MPa]	2.16	1.71

CONFRONTO DELLA GRANULOMETRIA



PROVE SULLE CAROTE

Galleria di Tesimo				Galleria di Moso in Passiria			
Direzione Merano		Direzione Palade		Direzione Moso		Dir. Passo Rombo	
$G_{mb (des)}$ kN/m ³	Vuoti %	$G_{mb (des)}$ kN/m ³	Vuoti %	$G_{mb (des)}$ kN/m ³	Vuoti %	$G_{mb (des)}$ kN/m ³	Vuoti %
24,2	3,9	23,3	6,5	23,2	6,9	24,2	3,4
24,2	3,7	22,9	8,2	23,0	7,7	24,0	4,1



MONITORAGGIO DELL'ADERENZA

data	Galleria di Tesimo				Galleria di Moso in Passiria			
	Direzione Merano		Direzione Palade		Direzione Moso		Dir. Passo Rombo	
	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN
09.07.12	65	Rifer.	60	Rifer.	59	Rifer.	57	Rifer.
12.07.12	56	-9	55	-5	59	=	56	-1
19.07.12	54	-11	60	=				
26.07.12	57	-8	56	-4	57	-2	57	=
06.09.12	53	-12	53	-7				
09.10.12	53	-12	55	-5				
28.11.12	55	-10	60	=				



PROVE FOTOMETRICHE

Miscela	Legante	Filler	Aggregato	L [cd·m ⁻²]	R _L [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	Q _d [mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹]	β [-]
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.5% TiO ₂	Porfido grigio	20.03	14.3	106.0	21

lastra realizzata in laboratorio

Miscela	Legante	Filler	Aggregato	L – tal quale [cd·m ⁻²]	L – sabbiata [cd·m ⁻²]	Δ L [cd·m ⁻²]	Δ L [%]
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.5% TiO ₂	Porfido grigio	20.03	24.81	4.78	24

lastra realizzata in laboratorio, prima e dopo la sabbiatura

Coefficiente di riflessione ρ = capacità di un corpo di riflettere le radiazioni luminose.



$$L = E \cdot \frac{\rho}{\pi}$$

L = valore di luminanza in cd/m²;

E = valore di illuminamento in Lux;

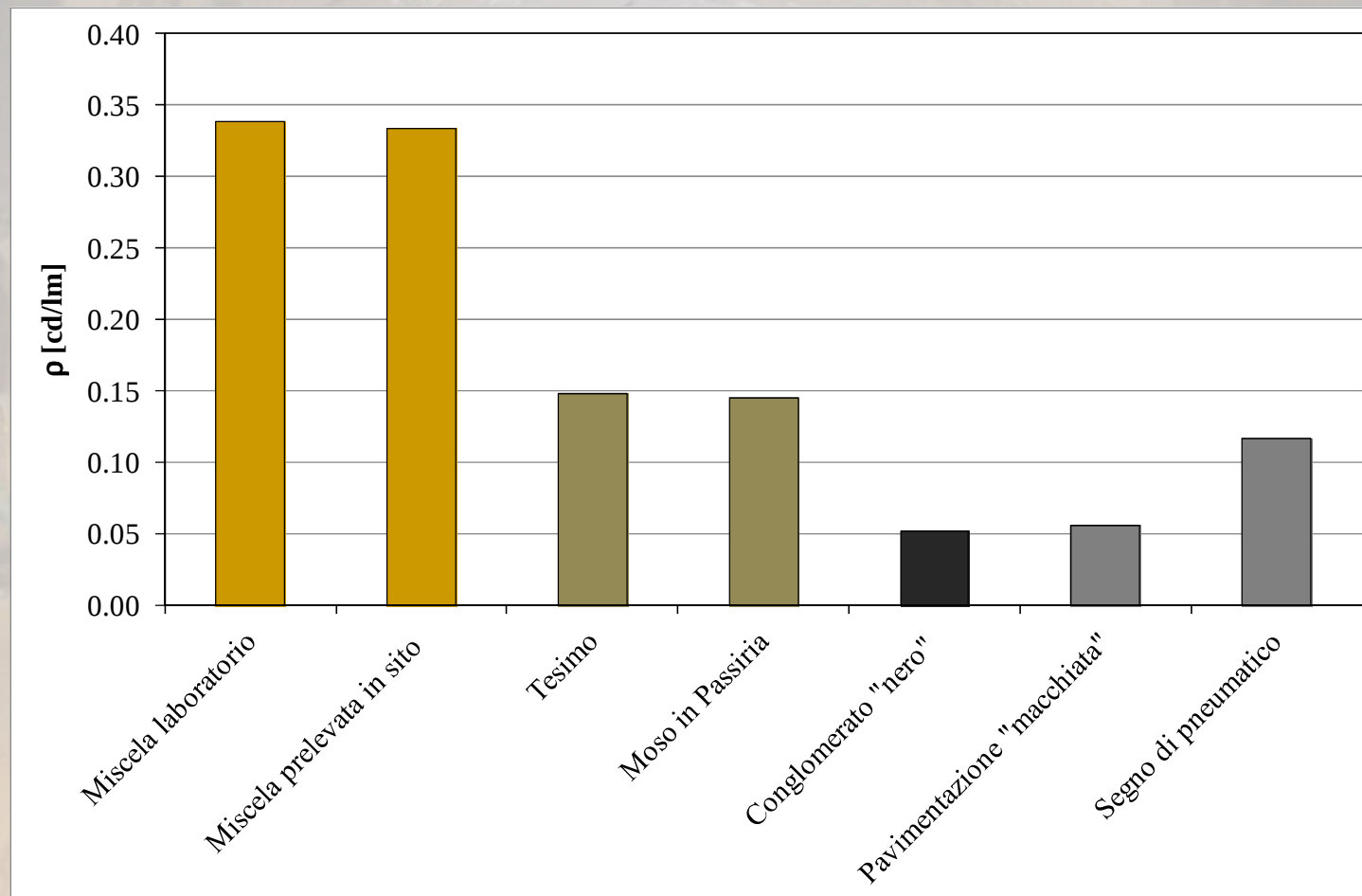
ρ = coefficiente di riflessione espresso in cd/lm

Valori del coefficiente di riflessione ρ [cd/lm]						
Miscela confezionata e compattata in laboratorio	Miscela prelevata in sito durante la stesa e compattata in laboratorio	Galleria di Tesimo - valore medio	Galleria di Moso in Passiria - valore medio	Conglomerato bituminoso "nero" tradizionale	Galleria di Tesimo - Punto 5 – Pavimentaz. "macchiata"	Galleria di Moso in Passiria - Punto 6 – Traccia di pneumatico
0.339	0.333	0.148	0.145	0.052	0.056	0.117

Confronto tra i valori del coefficiente di riflessione ρ



PROVE FOTOMETRICHE



Confronto tra i valori del coefficiente di riflessione ρ

SIMULAZIONE DELLO SPOGLIAMENTO



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

SIMULAZIONE DELLO SPOGLIAMENTO

Miscela	Legante	Filler	Aggregato	L – tal quale [cd·m ⁻²]	L – sabbiata [cd·m ⁻²]	Δ L [cd·m ⁻²]	Δ L [%]
Usura chiusa	Kromatis	Omya	Porfido grigio	10.57	17.15	6.58	62
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	13.33	21.72	8.39	63
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.5% TiO ₂	Porfido grigio	20.36	29.36	9	44
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 1.0% TiO ₂	Porfido grigio	21.48	28.06	6.58	31
Usura chiusa	Kromatis	Calfill + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	11.16	20.13	8.97	80
Usura chiusa	Biokromatis	di recupero	Porfido grigio	13.25	23.07	9.82	74
Usura chiusa	Biokromatis	Calfill	Porfido grigio	11.64	23.33	11.69	100
Usura SMA	Biokromatis	Calfill	Porfido grigio	8.48	20.09	11.61	137



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

RICERCA DI AGGREGATI CHIARI



granito della Val Martello



granito del Brennero

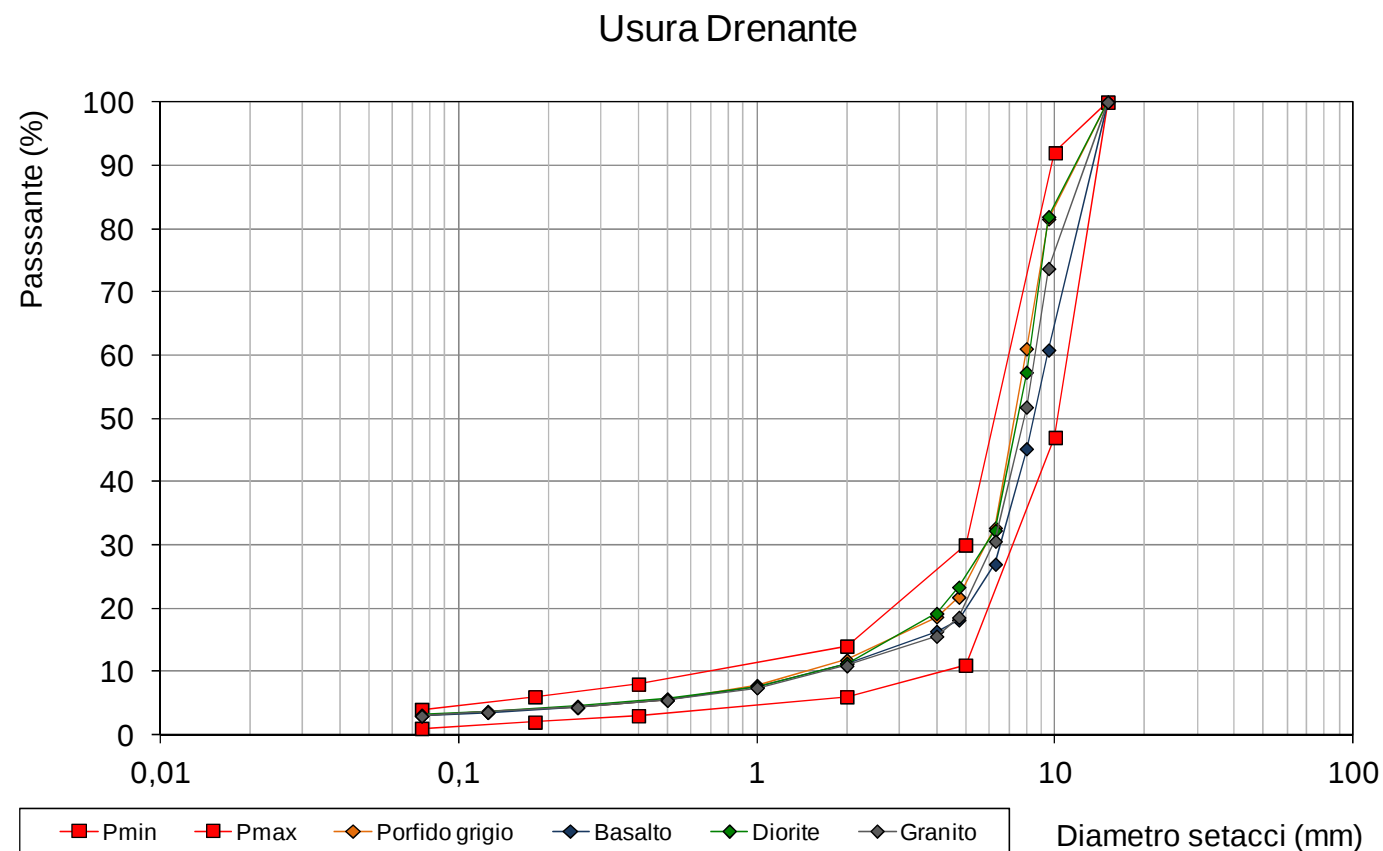
Caratteristiche	Unità di misura	Porfido grigio	Basalto	Diorite	Granito Brennero	Granito Val Martello
Luminanza sul materiale asciutto	cd/m ²	13.2	14.5	14.4	22.4	23.1
Luminanza sul materiale bagnato	cd/m ²	4.7	3.5	4.5	11.7	12.4
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	%	17	13	14	30	34
Valore di <u>levigabilità</u> (CLA)	%	50	51	46	52	49

PAVIMENTAZIONE CHIARA INTASATA CON MALTA CEMENTIZIA (2013)





MIX AGGREGATI



PORFIDO GRIGIO – Drenante intasato



PORFIDO GRIGIO – Drenante intasato

Miscela	Legante	Filler	Aggregato	L – tal quale [cd·m ⁻²]	L – sabbiata [cd·m ⁻²]	Δ L [cd·m ⁻²]	Δ L [%]
Usura chiusa	Kromatis	Omya	Porfido grigio	10.57	17.15	6.58	62
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	13.33	21.72	8.39	63
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 0.5% TiO ₂	Porfido grigio	20.36	29.36	9	44
Usura chiusa	Kromatis	Omya + 1.0% TiO ₂	Porfido grigio	21.48	28.06	6.58	31
Usura chiusa	Kromatis	Calfill + 0.08% TiO ₂	Porfido grigio	11.16	20.13	8.97	80
Drenante intasato	Bitume tradizionale	di recupero	Porfido grigio	40.95	27.06	-13.89	-34
Drenante intasato	Bitume tradizionale	di recupero	Basalto	39.79	33.81	-5.98	-15
Drenante intasato	Bitume tradizionale	di recupero	Diorite	41.76	32.21	-9.55	-23
Drenante intasato	Bitume tradizionale	di recupero	Granito Brennero	43.13	34.04	-9.09	-21



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



**Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia**
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Grazie per l'attenzione