

Conferenza finale
Progetto iBBT – Interreg IV Italia - Austria

Pavimentazioni, rivestimenti
e illuminazione innovativi per gallerie

Le pavimentazioni chiare realizzate nella galleria di Narano

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

Palazzo 1, Piazza Silvius Magnago 1, Bolzano
Venerdì 12 settembre 2014



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

LA SPERIMENTAZIONE

NARANO 1

Tappeto chiuso con aggregati chiari
e legante trasparente

NARANO 2

Tappeto drenante con aggregati chiari,
ad elevata porosità, intasato con malta
cementizia fluida di colore bianco

**Le due gallerie di Narano sono nel comune di Tesimo
lungo la SS 238 delle Palade**



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

SELEZIONE DEGLI AGGREGATI

Porfido



Granito



Diorite



Basalto





SELEZIONE DEGLI AGGREGATI

Caratteristiche	Metodo di prova	Unità di misura	Porfido grigio	Basalto	Diorite	Granito
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	EN 1097-2	%	17	13	14	34
Valore di levigabilità (CLA)	EN 1097-8	%	50	49	46	52

Caratteristiche	Metodo di prova	Unità di misura	Porfido grigio	Basalto	Diorite	Granito
Valore di luminanza materiale asciutto	-	cd/m ²	69,3	55,7	54,9	125,1
Valore di luminanza materiale bagnato	-	cd/m ²	21,8	11	20,4	75,1

**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

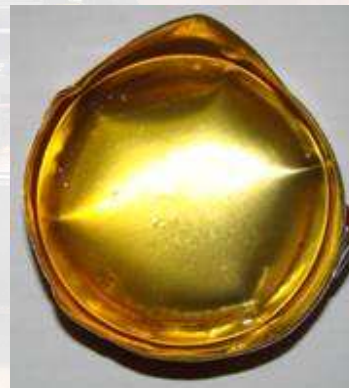
Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

Scelta del legante



Kromatis



Biokromatis

Scelta della miscela



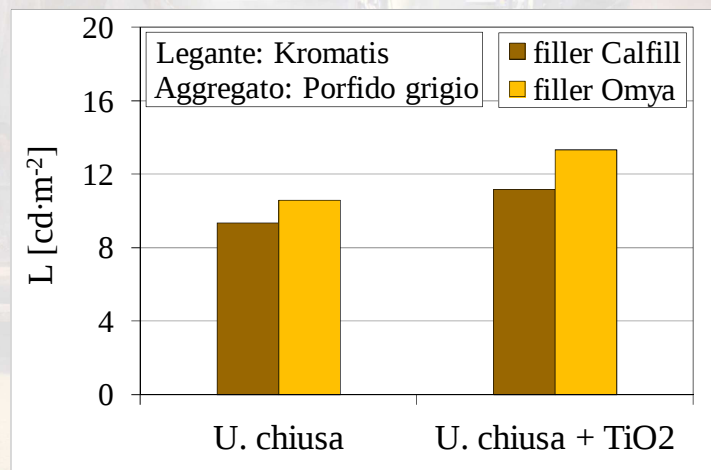
tappeto chiuso



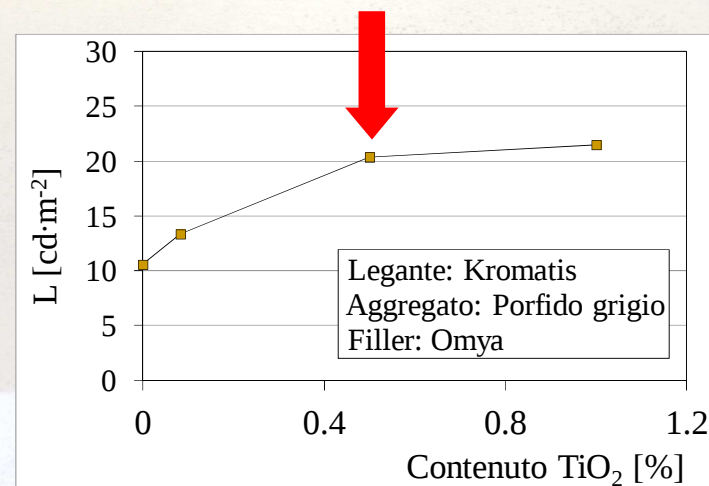
splittmastix

NARANO 1

Scelta del filler



Dosaggio dell'additivo





NARANO 1

Mix design

d [mm]	vagli	Granulometrie singole frazioni				Curva miscela
		Porfido 6/12 G _c 90/20	Porfido 4/8 G _c 85/35	Sabbia calcareo 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				



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

Posa in opera del
conglomerato
“chiaro”

4 luglio 2012



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

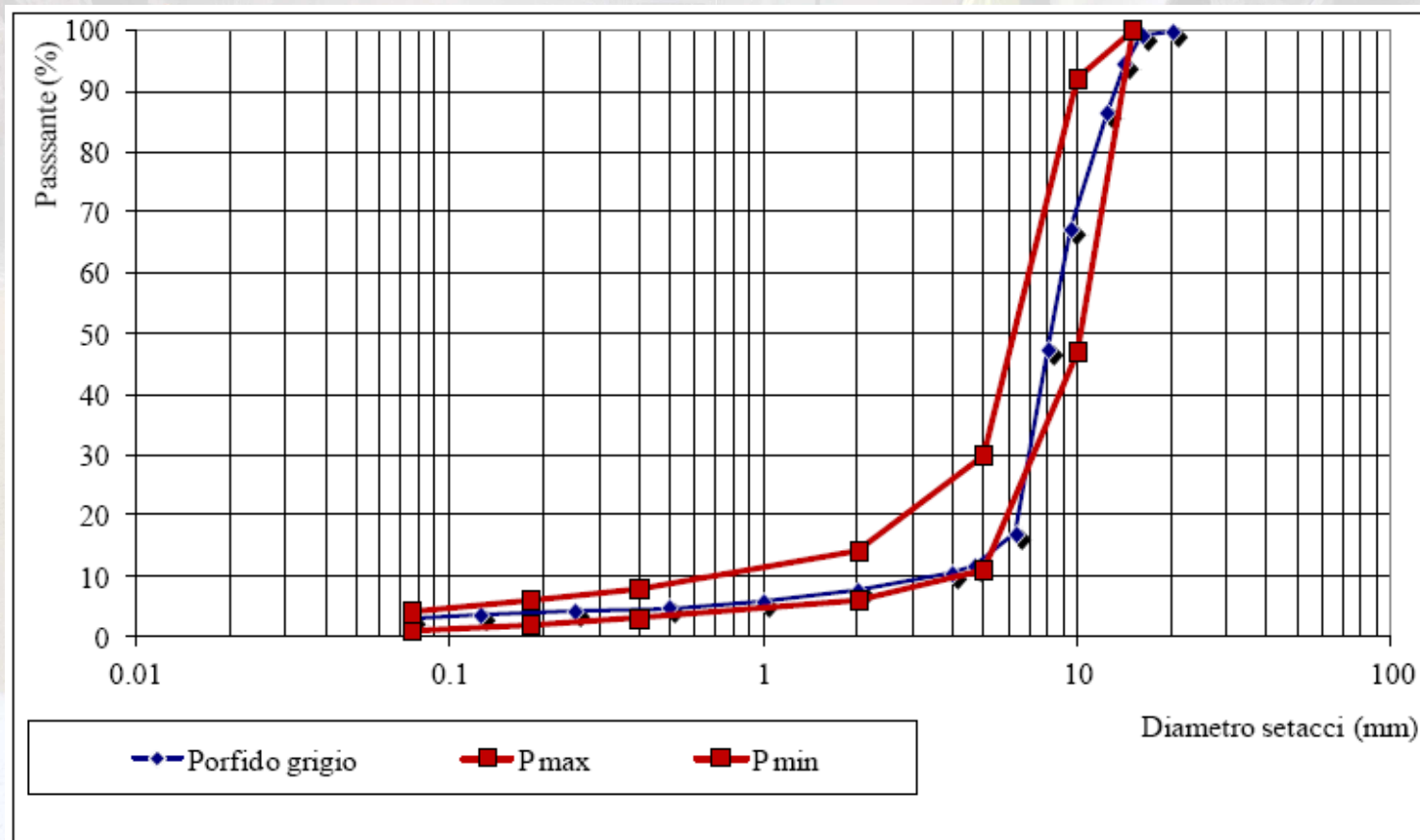
Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1



NARANO 2

Mix design



NARANO 2

Mix design

MISCELA TAPPETO POROSO							
APERTURA		Bitum 6/16 G _c 90/10	Bitum 6/12 G _c 90/10	Bitum 4/8 G _c 85/35	Sabbia calc. 0/4 G _f 85	filler	Porfid o grigio
d [mm]	vagli						
20	setaccio	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8
16	setaccio	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.1
14	setaccio	87.4	100.0	100.0	100.0	100.0	94.3
12.5	setaccio	69.9	100.0	100.0	100.0	100.0	86.5
9.5	setaccio	51.3	76.4	99.6	100.0	100.0	67.4
8	setaccio	32.7	50.2	96.8	100.0	100.0	47.3
6.3	setaccio	0.3	15.3	74.8	100.0	100.0	17.0
4.75	setaccio	0.3	3.5	40.9	100.0	100.0	11.7
4	setaccio	0.1	1.0	21.8	98.6	100.0	10.4
2	setaccio	0.0	0.1	1.1	64.6	100.0	7.6
1	setaccio	0.0	0.1	0.3	38.1	100.0	5.7
0.5	setaccio	0.0	0.1	0.3	23.3	100.0	4.7
0.25	setaccio	0.0	0.1	0.3	15.2	98.6	4.1
0.125	setaccio	0.0	0.1	0.3	11.2	90.2	3.5
0.075	setaccio	0.0	0.1	0.2	9.3	77.6	3.0
fondo (<0,063)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% di impiego in peso		45	45	0	7	3	-
% di bitume su inerti		4.5 %					



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 2

Posa in opera del
conglomerato
“poroso”
1 luglio 2013



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 2

Intasamento del
conglomerato
“poroso”
2 luglio 2013



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 2



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

Forte diminuzione
dell'aderenza
dopo i lavori sulla
Narano 2

data	Galleria di Narano 1 (trasparente)	
	Direzione Merano	Direzione Palade
	BPN	BPN
12.07.13	61.0	40.0
12.07.13	57.0	41.0
12.07.13	55.0	40.0
12.07.13	55.0	45.0
12.07.13	54.0	42.0
Media	56.4	41.6
Riferimento 09.07.12	65.0	60.0
Δ BPN	- 8.6	- 18.4



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**

Bolzano / Bozen, 12.09.2014

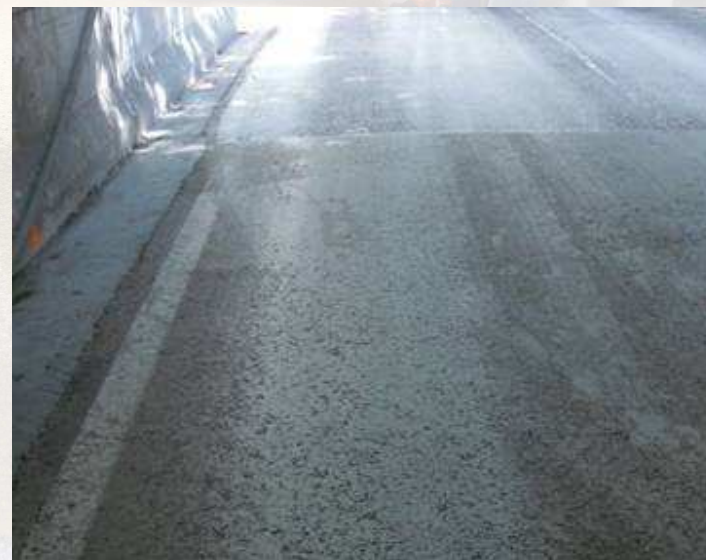
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

Forte diminuzione
dell'aderenza
dopo i lavori sulla
Narano 2



Abschlusskonferenz
Conferenza finale

Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

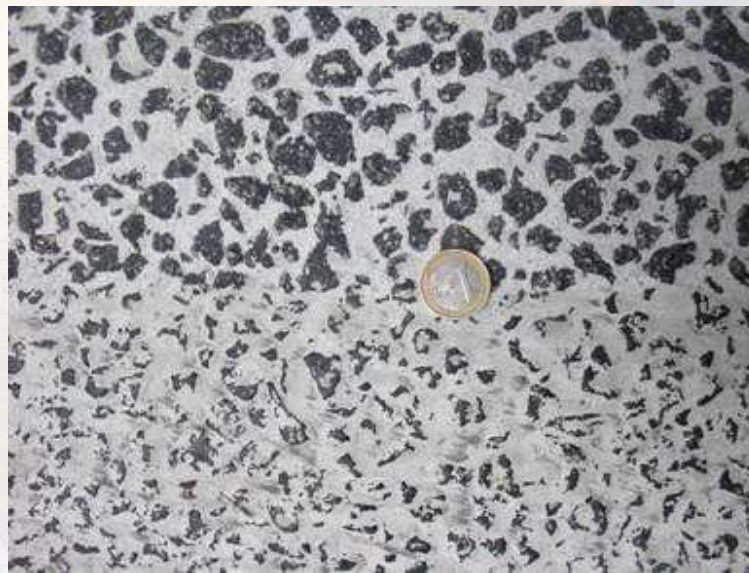
Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

NARANO 2

Pallinatura

5 settembre 2013



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



NARANO 1

Controlli e monitoraggi

Proprietà	Miscela realizzata in laboratorio	Miscela realizzata in impianto e prelevata in sito durante la stesa
Granulometria	vedi grafico (Tab, 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 [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]	20,36	20,03
L – sabbiato [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]	29,36	24,81
R_L [$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lux}^{-1}$]	15,6	14,3
Q_d [$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lux}^{-1}$]	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

Tab, 4 – Confronto tra la miscela di progetto e quella effettivamente realizzata



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

NARANO 1

Controlli e monitoraggi

Riferimento	Modulo a trazione indiretta		Resistenza a trazione indiretta
	ITSM @ 20°C [MPa]	ITSM @ 40°C [MPa]	ITS @ 25°C [MPa]
Provini realizzati con conglomerato confezionato in laboratorio	4302	260	2.16
Provini realizzati con conglomerato prelevato al momento della stesa	3364	286	1.71

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

NARANO 1

Controlli e monitoraggi

Coefficiente di riflessione

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

L = valore di luminanza in cd/m^2

E = valore di illuminamento in Lux

ρ = coefficiente di riflessione



Abschlusskonferenz
Conferenza finale

Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

				
Ingresso lato Palade	Interno galleria	Interno galleria	Ingresso lato Merano	Pavimentazione macchiata
$\rho = 0,157$	$\rho = 0,129$	$\rho = 0,117$	$\rho = 0,189$	$\rho = 0,056$

Tab. 9 – Risultati delle prove in sito 2012 – galleria di Narano 1



Controlli e monitoraggi

Coefficiente di riflessione



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Periodo prove	Posizione	Illuminamento E [Lux]	Luminanza L [cd/m ²]	Coefficiente di riflessione ρ [-]
Giugno 2023	Narano 1 - non pallinata – dir. Merano	275.3	22.60	0.258
Giugno 2023	Narano 1 - non pallinata – dir. Merano	15.66	1.161	0.233
Giugno 2023	Narano 1 - non pallinata – dir. Palade	95.70	6.268	0.206
Giugno 2023	Moso in Passiria – non pallinata	45.1	2.35	0.164
Giugno 2023	Moso in Passiria – non pallinata	52.9	2.790	0.166
Dicembre 2013	Narano 1 - non pallinata – dir. Merano	1447.7	44.03	0.096
Dicembre 2013	Narano 1 - non pallinata – dir. Palade	1339.3	78.556	0.184
Dicembre 2013	Narano 1 - pallinata – dir. Merano	265.5	12.31	0.146
Dicembre 2013	Narano 1 - pallinata – dir. Palade	817.8	31.65	0.122



Controlli e monitoraggi

Coefficiente di riflessione

Dicembre 2013	Narano 2 - non pallinata – dir. Palade	758.2	59.52	0.247
Dicembre 2013	Narano 2 - pallinata – dir. Merano	752.5	41.86	0.175
Dicembre 2013	Narano 2 - pallinata – dir. Palade	156.0	8.27	0.166
Dicembre 2013	Laives – direzione sud	262.2	15.98	0.191
Dicembre 2013	Laives – direzione nord	421.8	27.64	0.206
Luglio 2014	Narano 1 - pallinata – dir. Merano	280.0	21.13	0.237
Luglio 2014	Narano 1 - pallinata – dir. Merano	637.5	40.86	0.201
Luglio 2014	Narano 2 - pallinata – dir. Merano	296.3	24.15	0.256
Luglio 2014	Narano 2 - pallinata – dir. Merano	745.8	52.410	0.221
Luglio 2014	Laives – direzione sud	1803.3	64.92	0.113
Luglio 2014	Laives – direzione nord	1665.0	53.76	0.101

Tab. 11 – Valori di luminanza rilevati in tempi diversi



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Controlli e monitoraggi

Coefficiente di riflessione

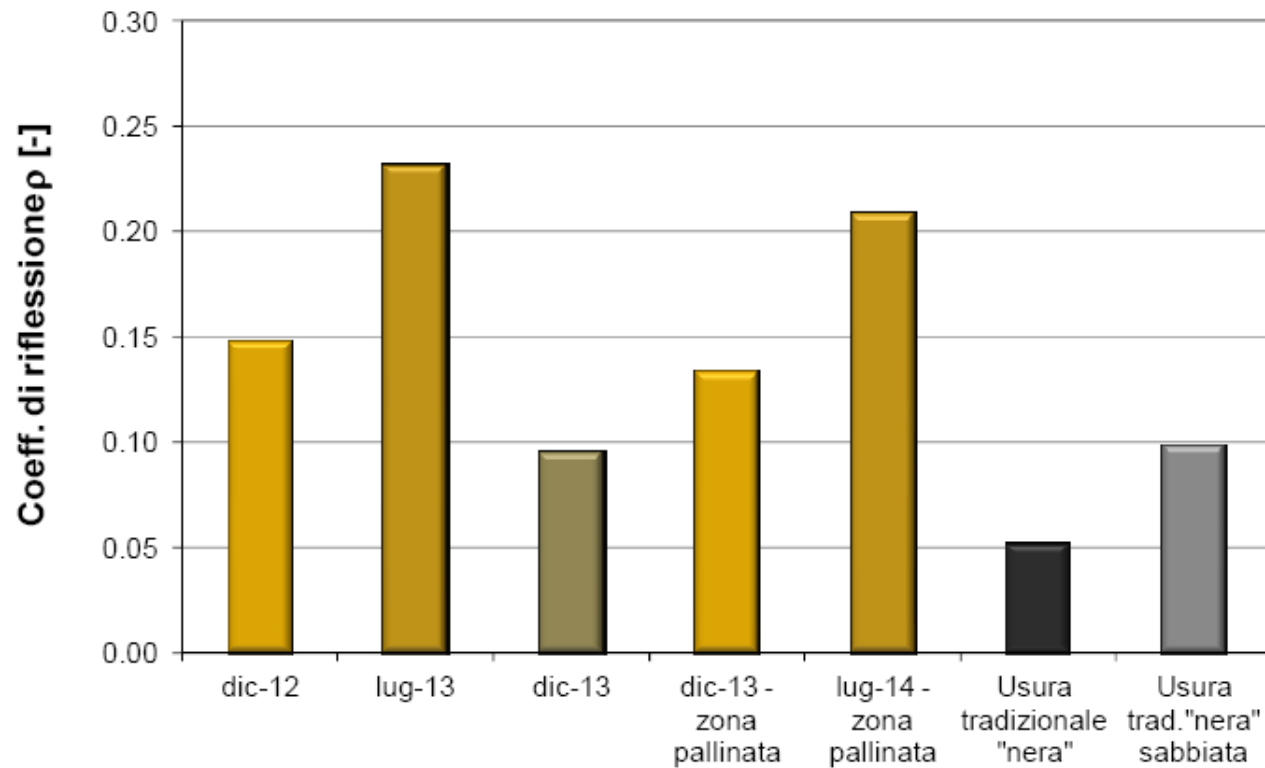


Fig. 36 - Evoluzione delle proprietà fotometriche nel tempo - Galleria di Narano 1



Abschlusskonferenz
Conferenza finale
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Controlli e monitoraggi

Coefficiente di riflessione

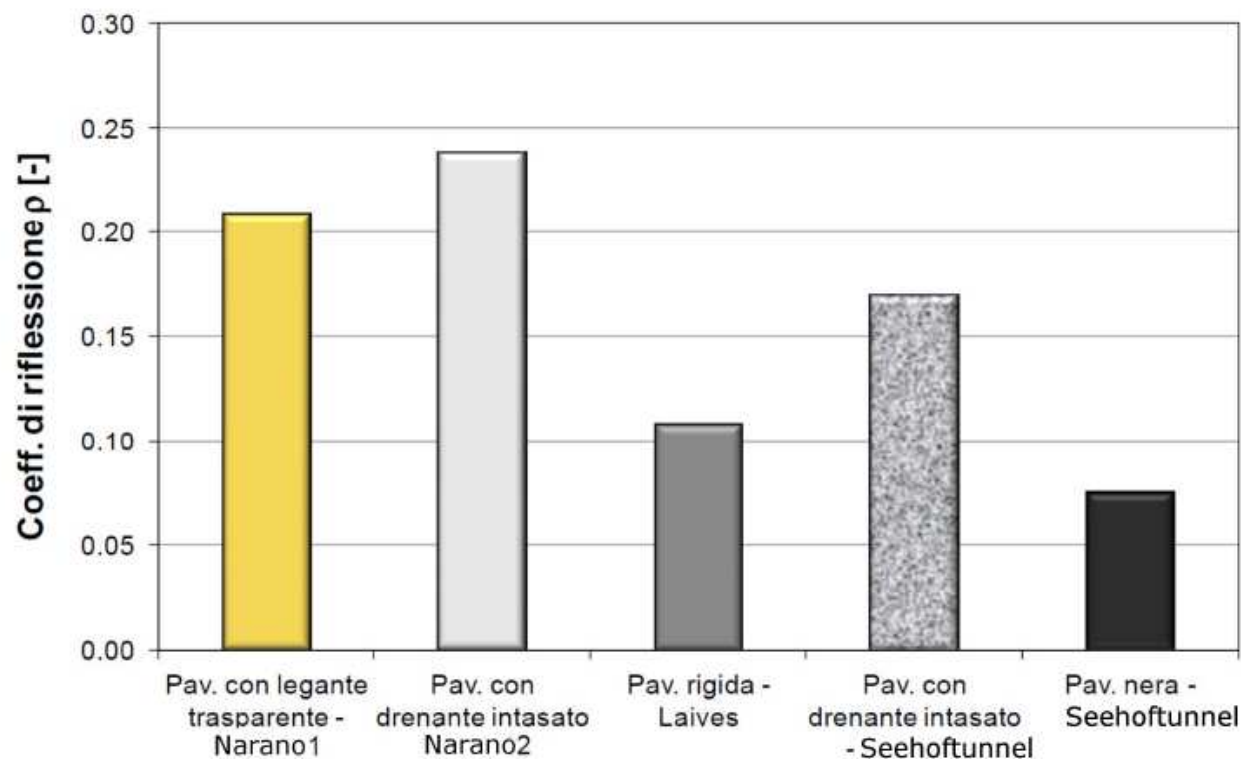


Fig. 37 - Confronto delle proprietà fotometriche delle pavimentazione analizzate (misure luglio 2014)

Controlli e monitoraggi

Aderenza

Periodo	Narano 1 Direzione Palade	Narano 1 Direzione Merano	Moso in Pass. Direzione Moso	Moso in Pass. Direzione Passo Rombo	Narano 2 Direzione Palade	Narano 2 Direzione Merano
	BPN	BPN	BPN	BPN	BPN	BPN
09.07.2012	60	65	59	57		
12.07.2012	55	56	59	56		
19.07.2012	60	54				
26.07.2012	56	57	57	57		
06.09.2012	53	53	58	57		
09.10.2012	55	53				
28.11.2012	60	55				
13.06.2013	48	62	69.3	69.2		
05.07.2013						57.2
12.07.2013	41	56				57.8
31.07.2013	39	53				
05.09.2013	79	76				78
09.07.2014	60	61				64

Tab. 13 – Evoluzione dei Valori BPN (skid resistance) nelle tre gallerie



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**

Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Evoluzione attesa NARANO 1

Luminanza
20,3 cd/m²

29,3 cd/m²
+ 40%



Parte NON
sabbiata

Parte
sabbiata



**Abschlusskonferenz
Conferenza finale**
Bolzano / Bozen, 12.09.2014

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Grazie per l'attenzione