



OSSERVATORIO AEROPORTI  
25 Maggio 2016



POLITECNICO  
DI MILANO



## **ANALISI SPERIMENTALE SU SEGNALETICA ORIZZONTALE INNOVATIVA PER INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI**

Prof. Ing. M. Crispino, Ing. F. Fiori

Ingg. S. Dolci e M. Sclip

Geom. G. Paracchini, Ing. I. Scaldasferri



La segnaletica orizzontale è il più economico sistema di ausilio e supporto al pilota in tutte le manovre a terra.



Risulta dunque opportuno garantire sempre al pilota un'adeguata percezione dei marking, soprattutto durante le operazioni notturne o in presenza di condizioni atmosferiche avverse, come nel caso di nebbia o pioggia.

## ICAO (International Civil Aviation Organization):

- Aerodrome Design Manual Part 4 (raccomandazioni relative ai materiali retroriflettenti tra cui composizione, indice di rifrazione (IOR), granulometria, eventuale presenza di imperfezioni)

In più .... “causa della limitata abrasione che si verifica sulle piste e sulle vie di circolazione, è sconsigliato utilizzare pitture caratterizzate da microsfere premiscelate, ma appare di maggiore efficacia l’applicazione degli elementi catadiottrici tramite spruzzatura sulla pittura ancora fresca”.

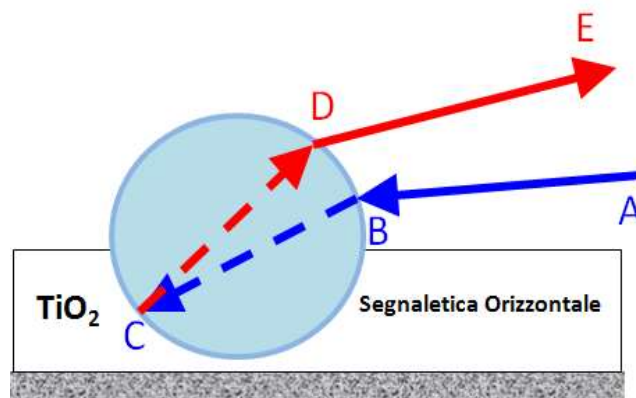
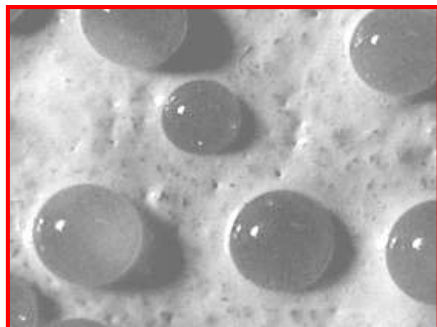
## FAA (Federal Aviation Administration):

- Advisory Circular AC n° 150/5340-1L, ‘Standards for Airport Marking’, 2013 (miglioramento della visibilità attraverso l’utilizzo di bordi neri che delineino il segnale orizzontale e l’impiego di microsfere sulla superficie dello strato di pittura steso)
- Advisory Circular 150/5370-10F - Item P-620 (indicazioni sui materiali da impiegare e i quantitativi di catadiottrico in funzione dell’applicazione)

## ENAC (Ente Nazionale Aviazione Civile):

- Circolare Serie Aeroporti APT13A, 'Aiuti Visivi – Aeroporti Civili', 27 luglio 2005
- Circolare Serie Aeroporti APT24, 'Piazzali Aeromobili – Segnaletica Orizzontale', 28 luglio 2006.

Per quanto riguarda la visibilità notturna, anche in condizioni di pioggia e di bagnato, sia l'APT24, relativo allo specifico ambito della segnaletica di piazzale, sia l'APT13A, generica per tutte le tipologie di marking, **impongono il rispetto dei valori del parametro RL indicati all'interno della normativa stradale (UNI EN 1436)**, a cui i documenti rimandano senza specifiche considerazioni sul campo di validità delle prove in base alle quali sono stati definiti i valori minimi prescritti



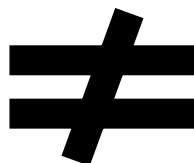
## COMPONENTI FONDAMENTALI

- Pittura contenente TiO<sub>2</sub>
- Microsfere di vetro
- Tecnica di applicazione

Le prestazioni della segnaletica orizzontale, in termini di retroriflettenza, vengono influenzate dalla tipologia dei materiali impiegati.

La possibilità di individuare correttamente la segnaletica orizzontale durante le operazioni notturne è basata sulle caratteristiche di retroriflettenza proprie dei segnali stessi e sulla posizione relativa tra pilota, segnaletica e fonte luminosa. Queste reciproche posizioni sono molto differenti in ambito aeroportuale rispetto a quello stradale

AMBITO  
STRADALE



AMBITO  
AEROPORTUALE

Obiettivo principale della ricerca è l'individuazione di **indicazioni specificatamente aeroportuali** relative ai diversi aspetti che riguardano la realizzazione ed il monitoraggio delle prestazioni degli impianti segnaletici.

È stata pertanto condotta una **sperimentazione su segnaletica orizzontale innovativa**, che si è articolata in diverse fasi:

- scelta e definizione dei materiali e delle procedure di applicazione
- individuazione di adeguati siti di test (zone transitate e non transitate)
- monitoraggio delle proprietà dei sistemi segnaletici eseguiti
- analisi dei dati ricavati dalle campagne di prova eseguite su **segnaletica nuova e dopo 1 anno di esercizio**

I rilievi si sono concentrati in particolare sulla determinazione dei seguenti parametri:

- Skid Resistance Test **SRT**
- Retroriflettenza  **$R_L$**
- coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa  **$Q_d$**



Presso i principali aeroporti italiani vengono **in prevalenza impiegati** materiali che presentano le seguenti caratteristiche:

MATERIALE	TIPOLOGIA	CARATTERISTICHE
Pittura	Solvente	Contenuto di TiO <sub>2</sub> : 14-15% (bianca) 3-6% (gialla)
		Presenza di microsfele premiscelate (< 30%)
		Tempo di essiccazione: 30-35 minuti
Microsfere	Type I	Indice di rifrazione: 1,5
		Granulometria: 150-850 µm
		Rivestimento superficiale: adesione

**I materiali innovativi testati** presentano le seguenti caratteristiche:

MATERIALE	TIPOLOGIA	CARATTERISTICHE
Pittura	Acqua	Contenuto di TiO <sub>2</sub> : 6-10% (bianca) 1-4% (gialla)
		Assenza di microsfele premiscelate
		Tempo di essiccazione: 5-10 minuti
Microsfere	Type III	Indice di rifrazione: 1,9
		Granulometria: 300-850 µm
		Rivestimento superficiale: adesione
	ICAO	Indice di rifrazione: 1,9
		Granulometria: 400-1000 µm
		Rivestimento superficiale: adesione

La **calibrazione dei macchinari** di stesa costituisce la necessaria base per l'affidabilità dei risultati. Essa consta di **quattro fasi**

1) Determinazione del corretto **posizionamento** delle pistole d'applicazione sia della pittura sia delle microsfere

2) Determinazione della corretta **velocità** di avanzamento della macchina per ottenere il giusto quantitativo di pittura

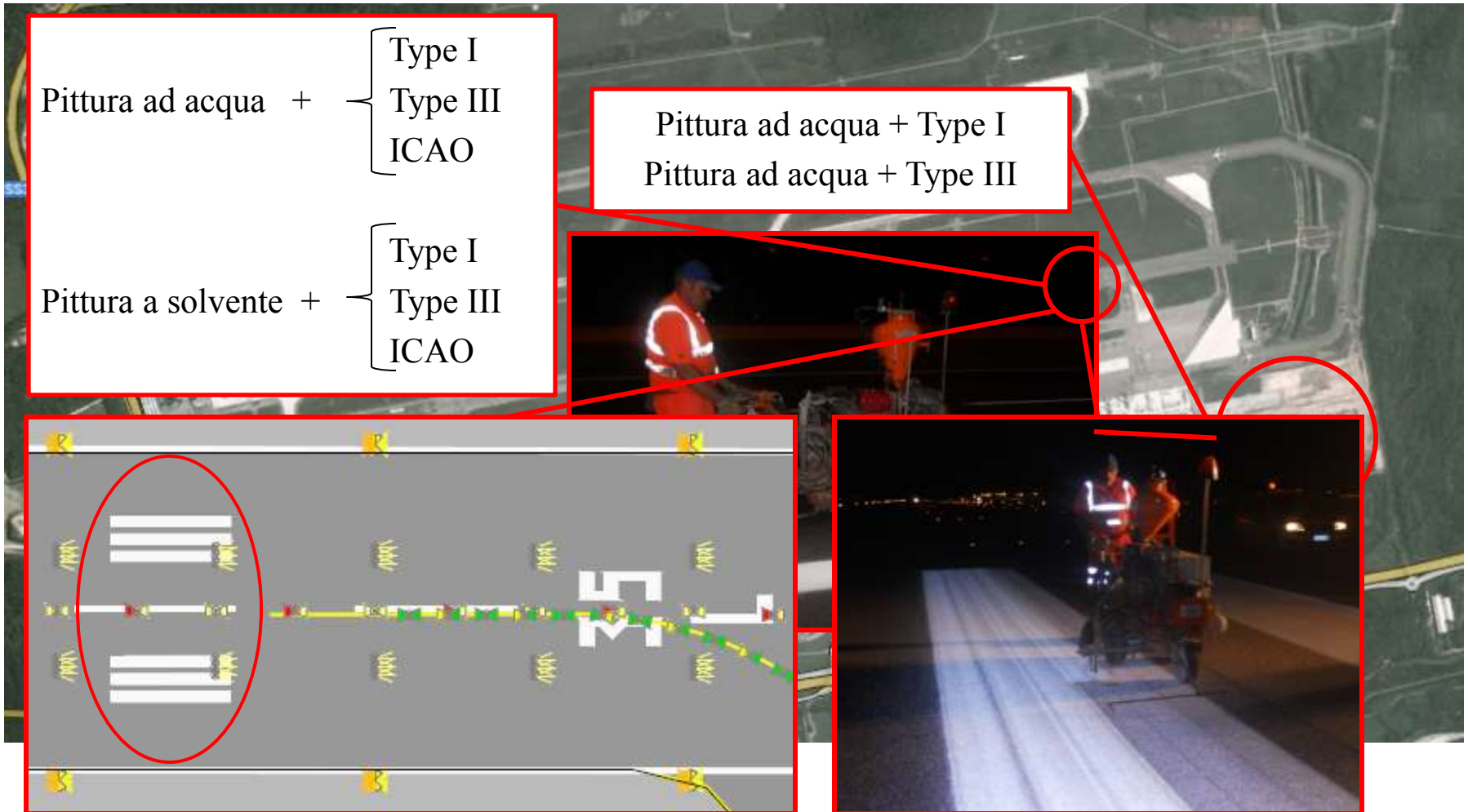
3) Determinazione della corretta **pressione** da impartire al macchinario al fine di ottenere il giusto quantitativo di microsfere di vetro

4) **Controllo immediato** sull'applicazione risultante dalla stesa di pittura e microsfere di vetro tramite l'ausilio di metodi di **indagine visiva**

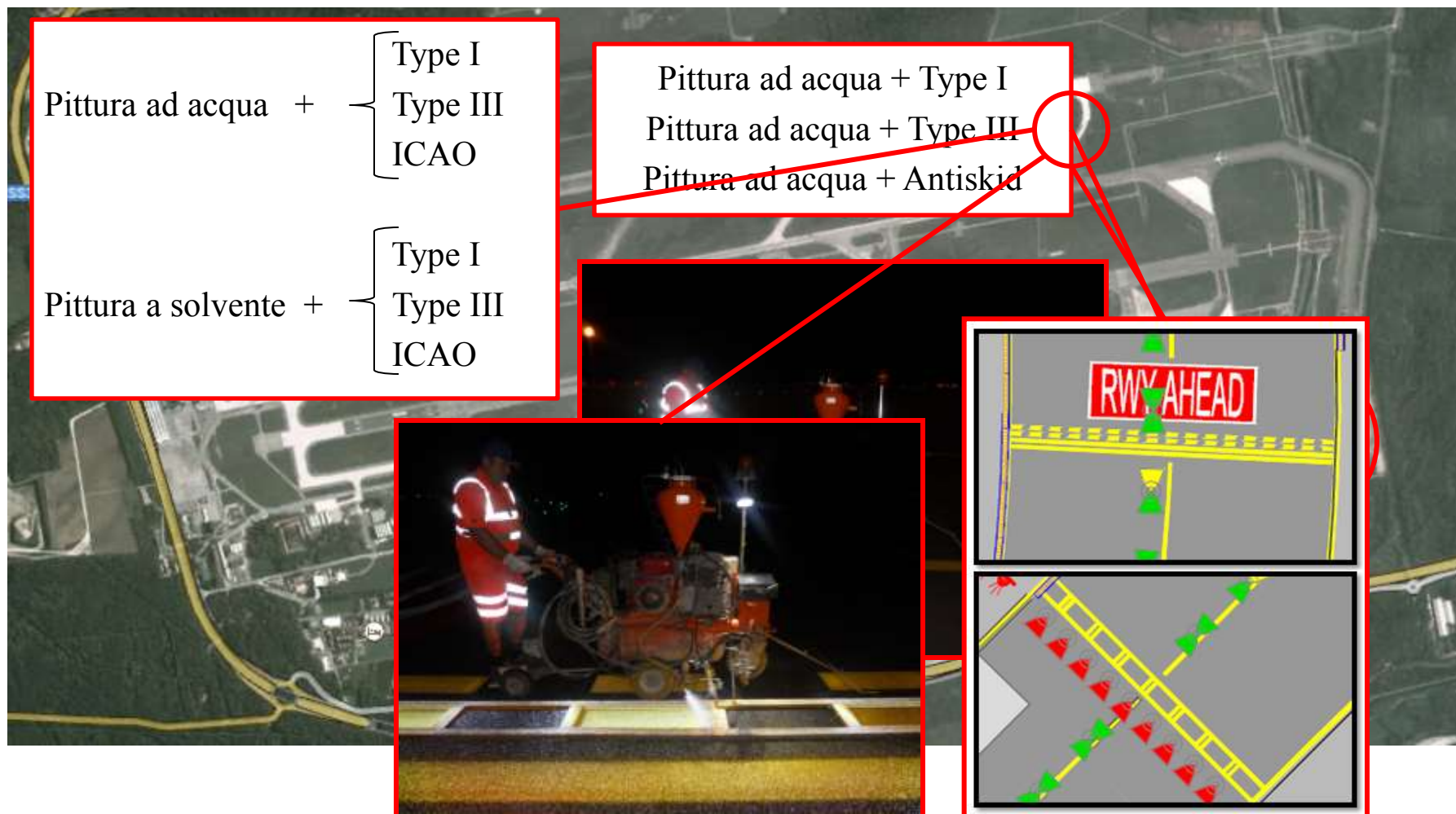




La scelta dei siti in cui realizzare le applicazioni di segnaletica bianca è ricaduta su due differenti aree all'interno dell'aeroporto: zona Cargo Sud e Pista 35L.

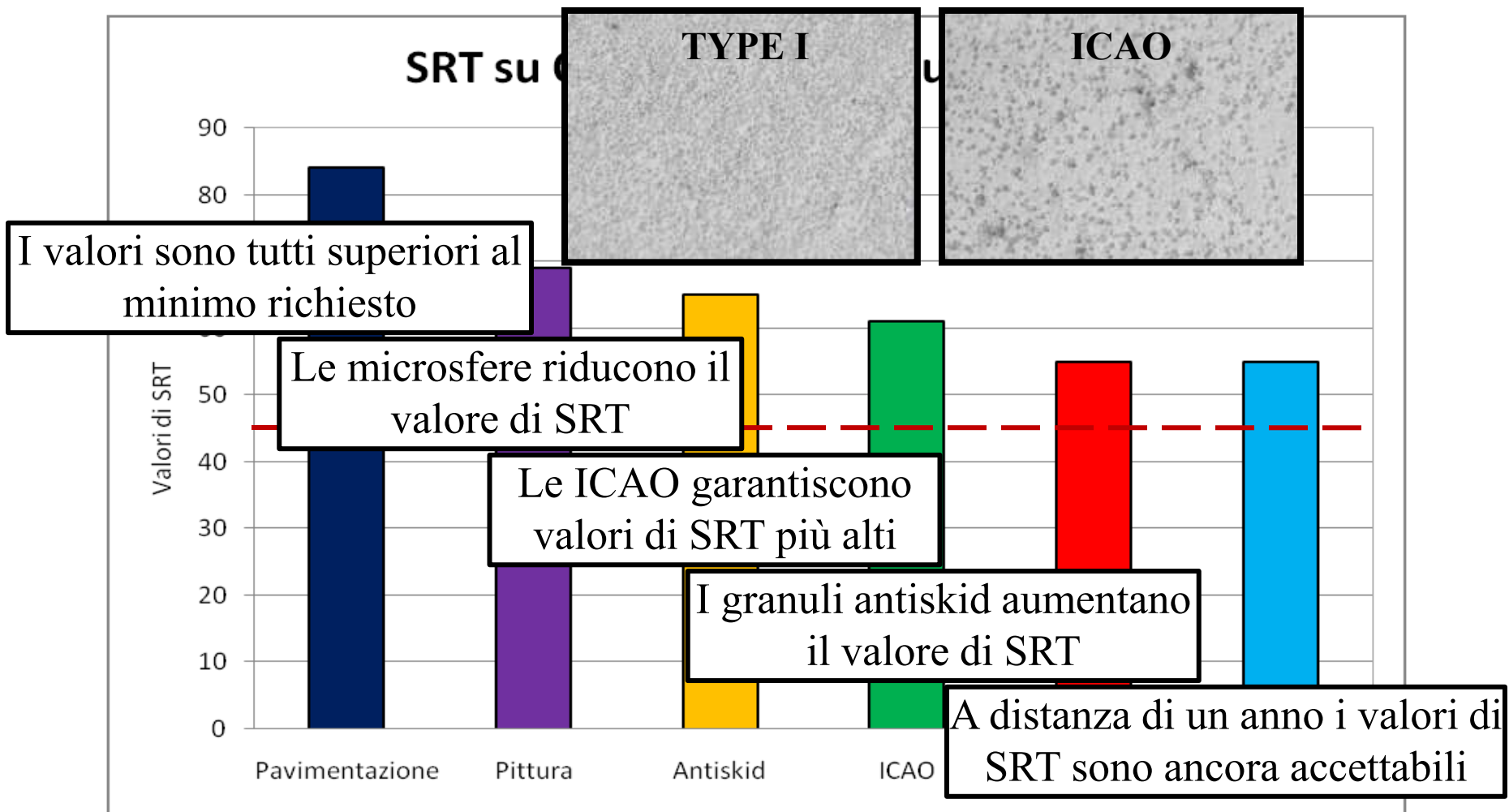


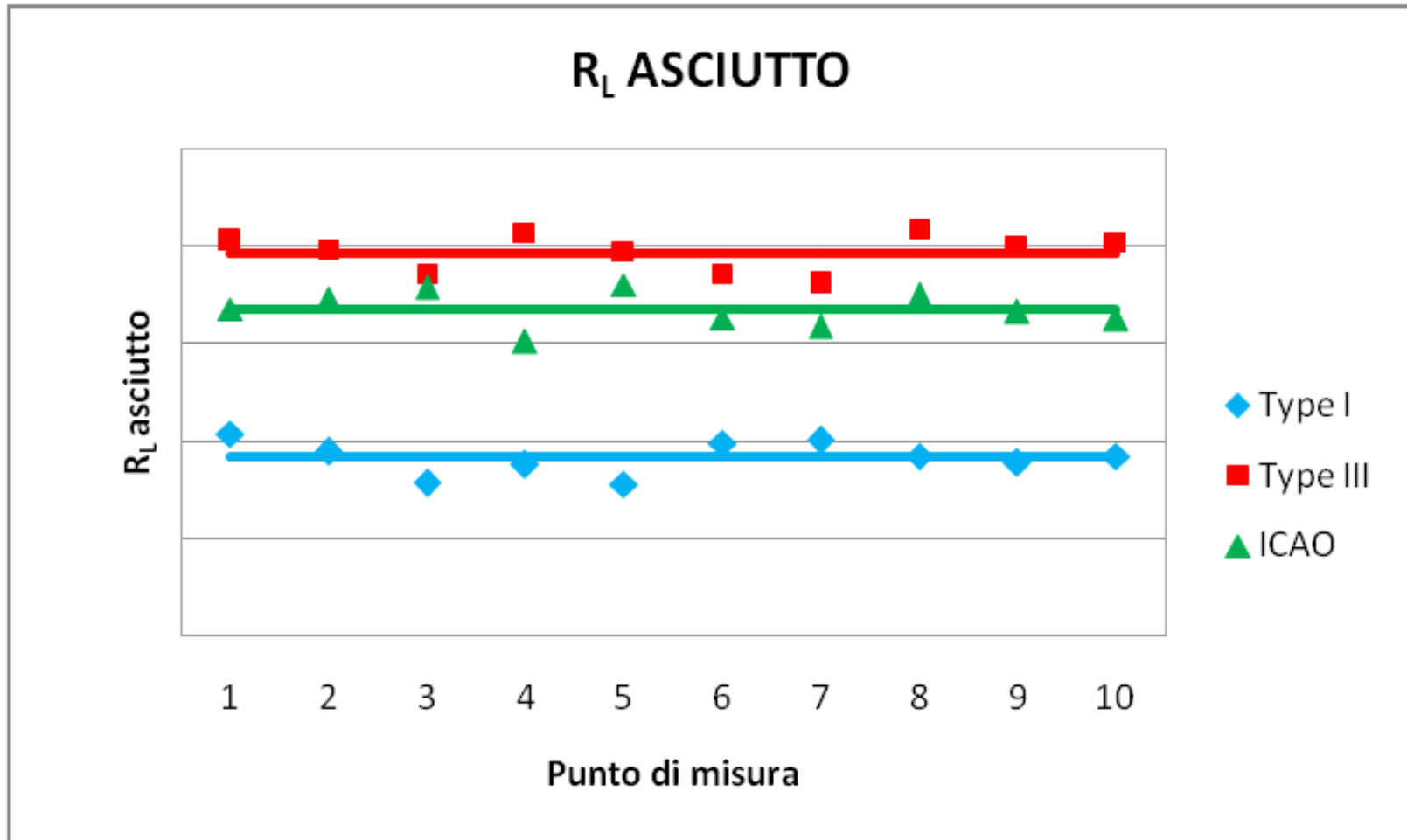
L'individuazione dei segnali da realizzare mediante pittura gialla si è concentrata nella zona Cargo Sud e sul raccordo Charlie-Alfa.





Al fine di validare le successive misure di retroriflettenza, sono stati raccolti i valori di SRT per verificare la loro conformità ai requisiti minimi di sicurezza.







Visivamente si riscontra una buona congruenza con quanto ottenuto dalle misure eseguite in sito.

Acqua

Solvente



Type I

Type III

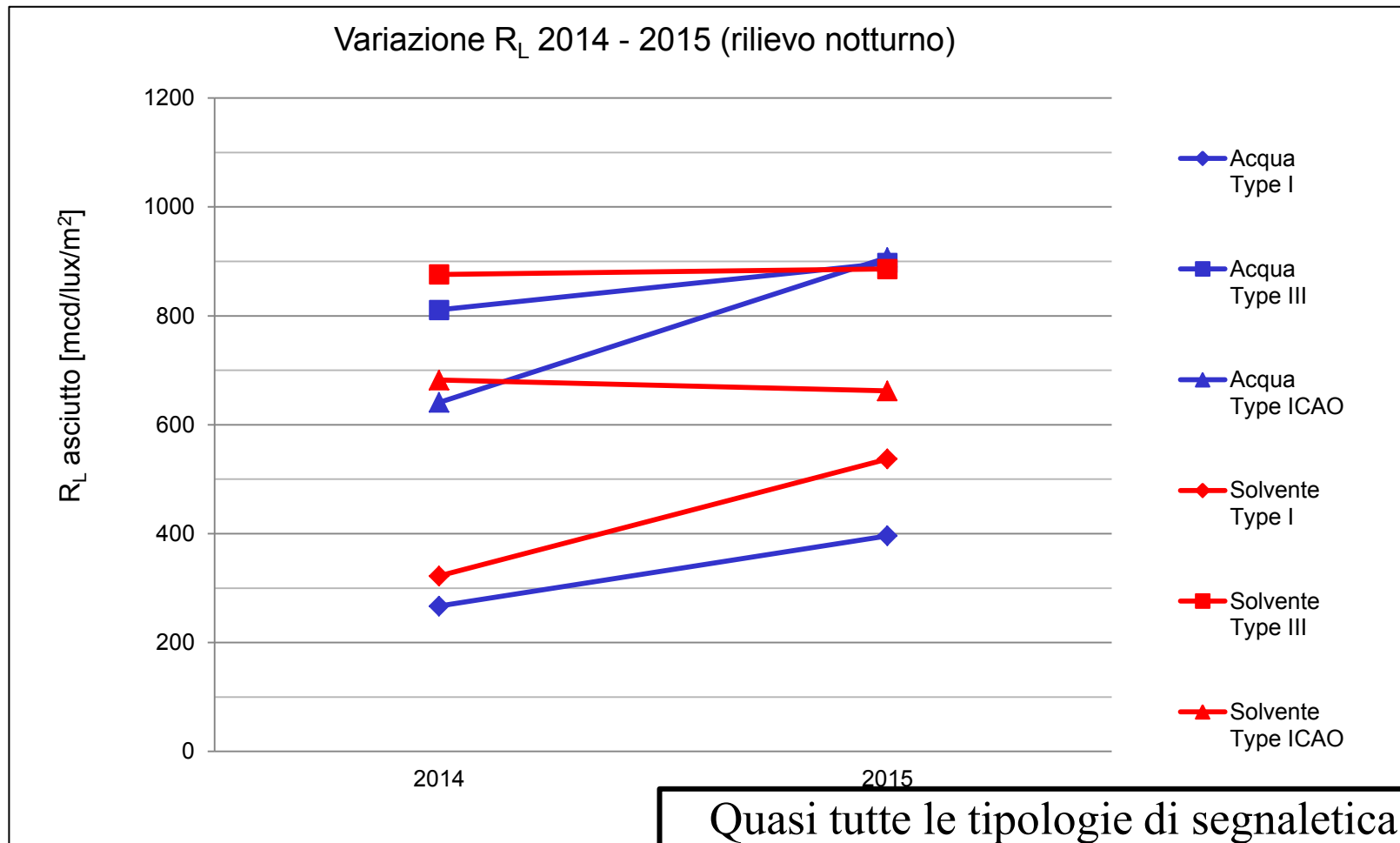
ICAO



Type I

Type III

ICAO

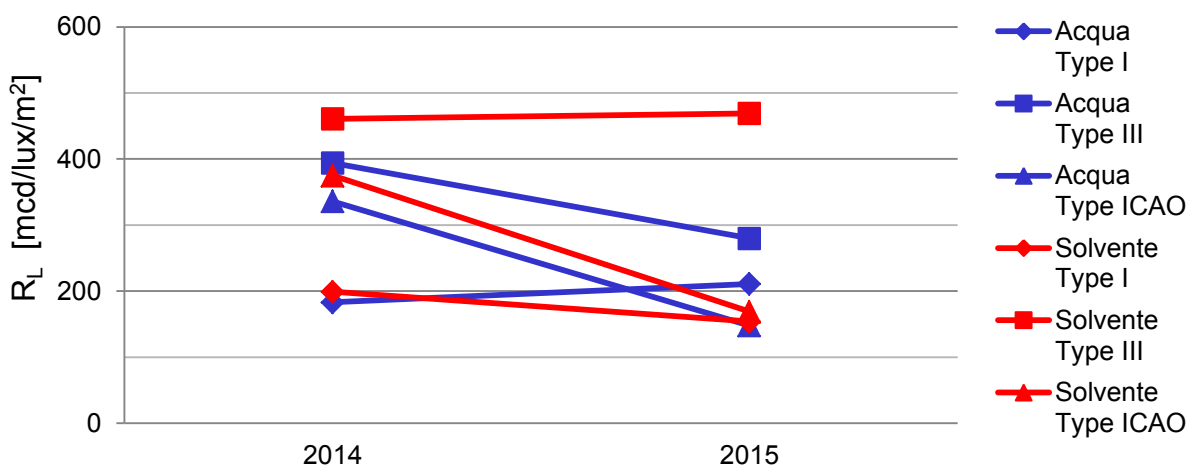


Quasi tutte le tipologie di segnaletica hanno avuto un aumento di retroriflettenza poiché questi tratti sono molto poco transitati



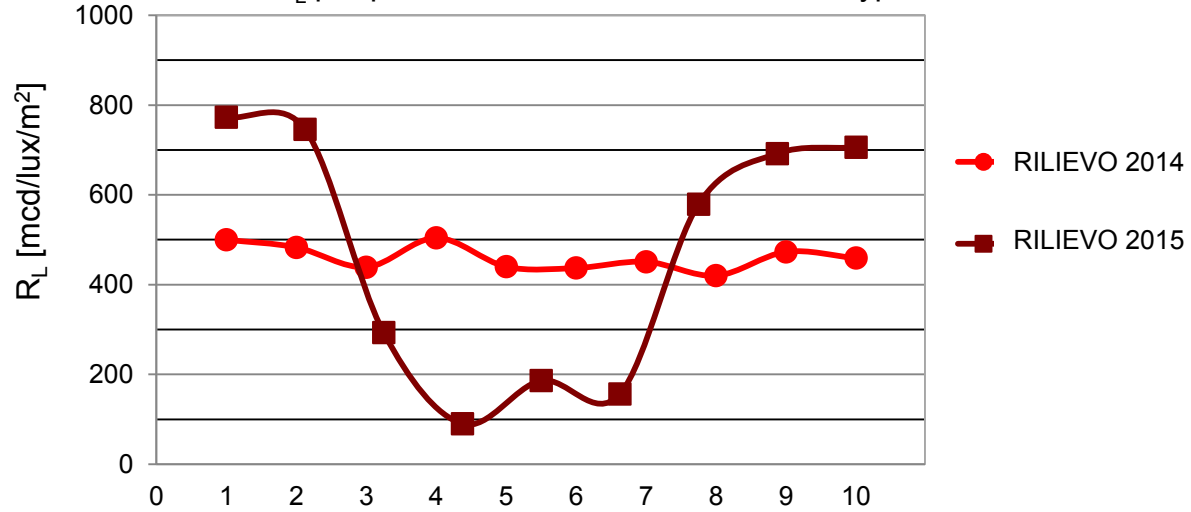
# STOP BARS RACCORDO CHARLIE-ALFA ANALISI R<sub>L</sub> ASCIUTTO... DOPO UN ANNO

Variazione R<sub>L</sub> 2014 - 2015 (rilievo notturno)



Decremento generale di RL asciutto e bagnato a causa del traffico degli aeromobili

Valori di R<sub>L</sub> per pittura a solvente con microsfere Type III

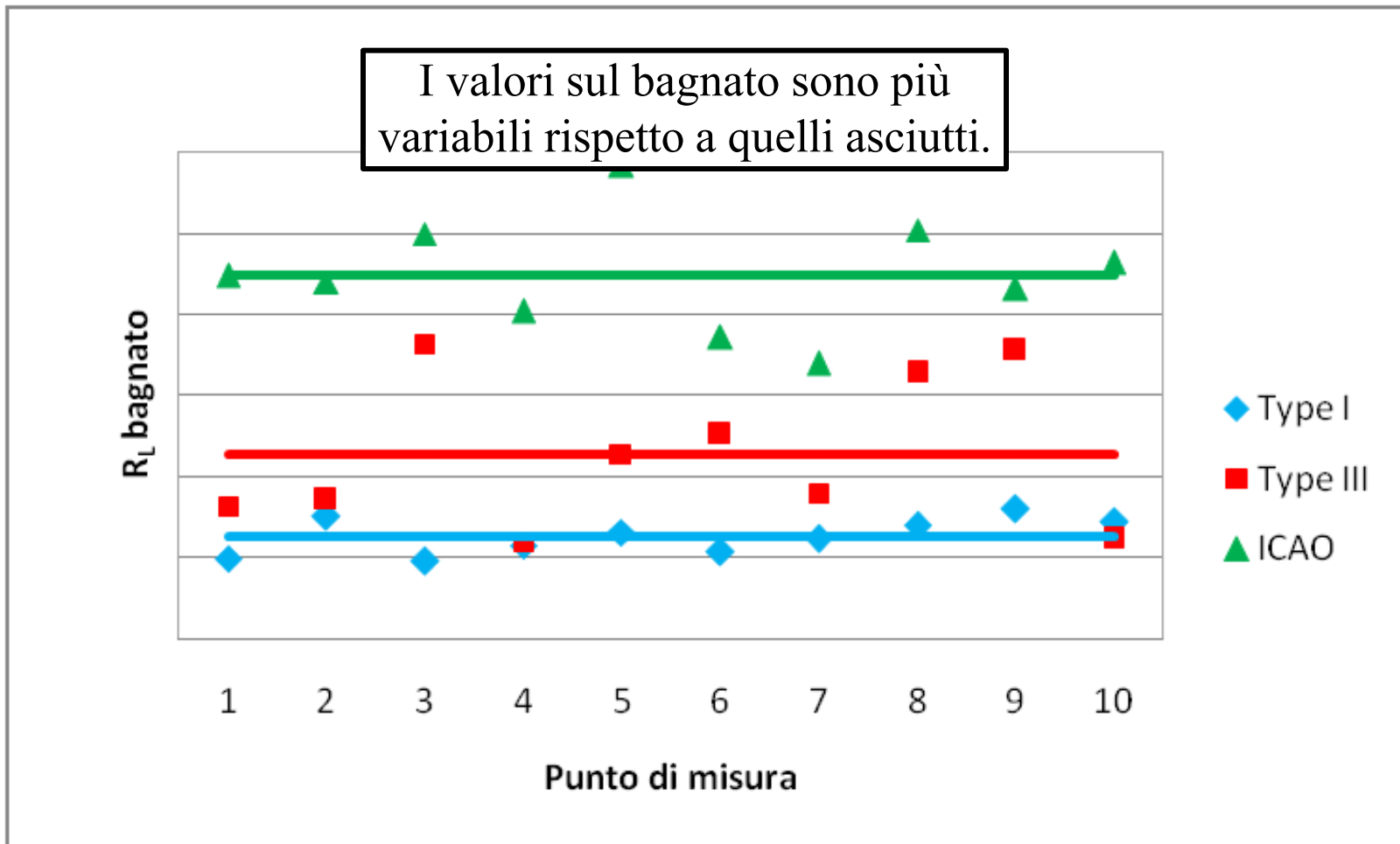


In generale le zone transitate dai carrelli presentano forti decrementi per tutte le segnaletiche testate





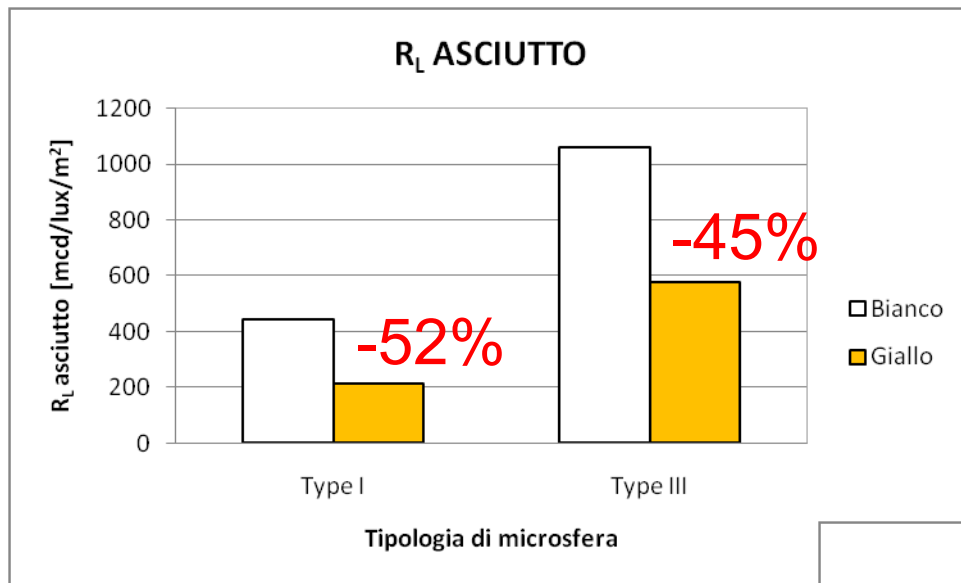
Il grafico permette di apprezzare l'influenza di diverse tipologie di microsferi sui valori del parametro  $R_L$  in condizioni bagnate.





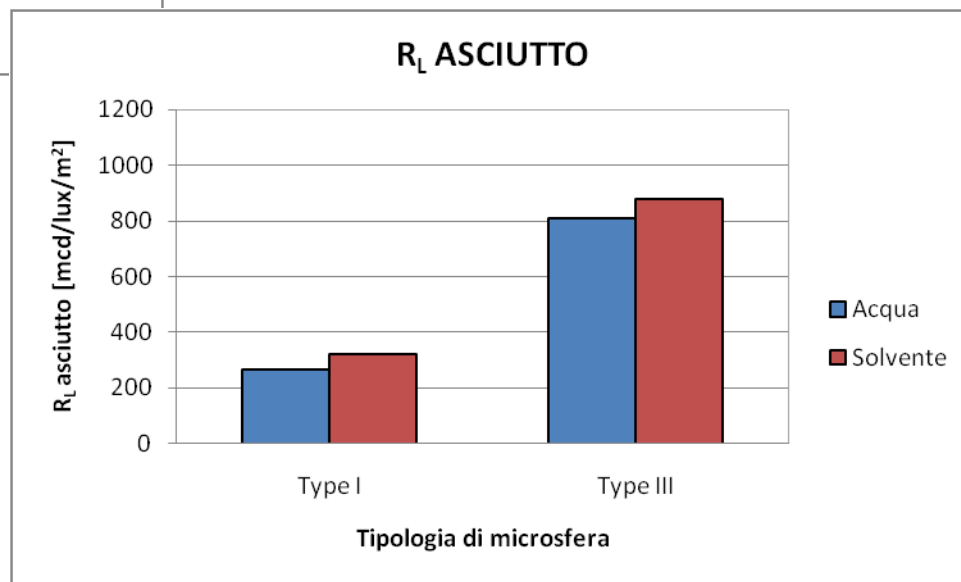


## BIANCO VS GIALLO...



Parametro  $R_L$  ridotto di circa il 50%, come riportato in letteratura, nel caso di impianti segnaletici di colorazione gialla.

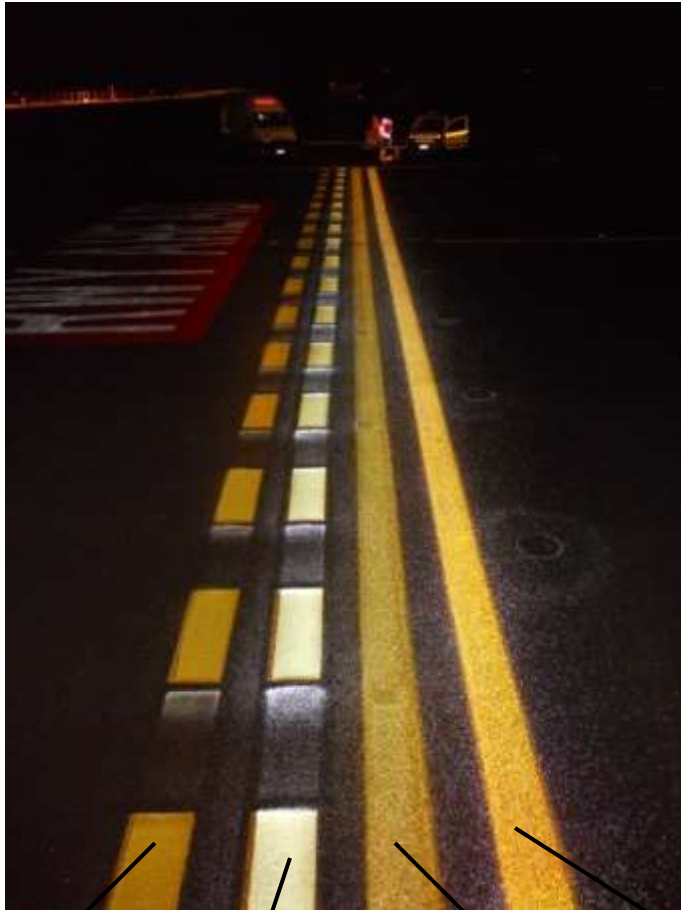
## ACQUA VS SOLVENTE...



Lieve superiorità prestazionale dei sistemi segnaletici con pittura a solvente provocata dal maggiore quantitativo di biossido di titanio.



In condizioni notturne...

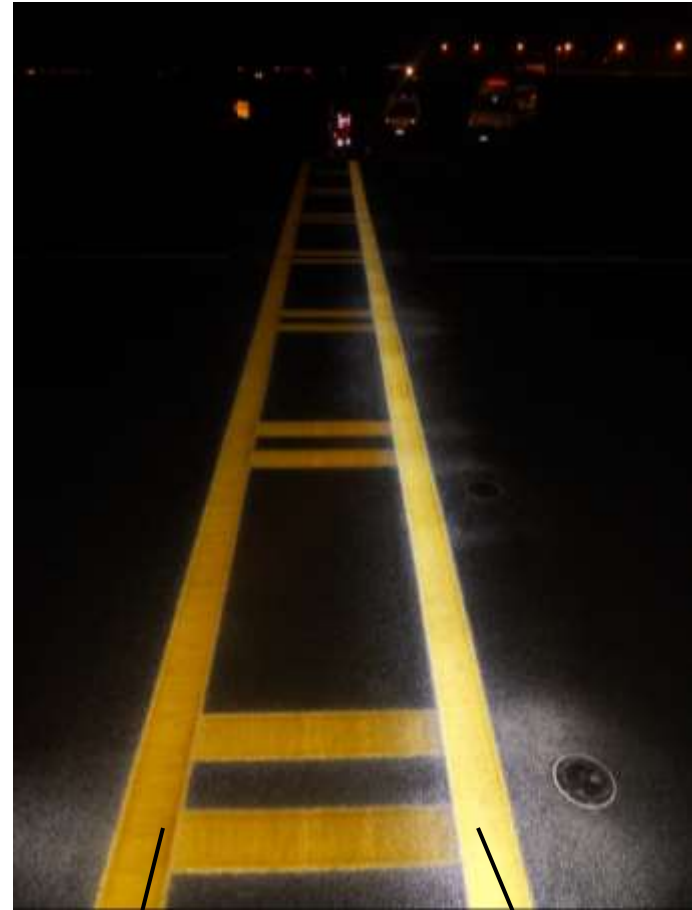


Type I  
Acqua

Type III  
Acqua

ICAO  
Acqua

ICAO  
Solvente

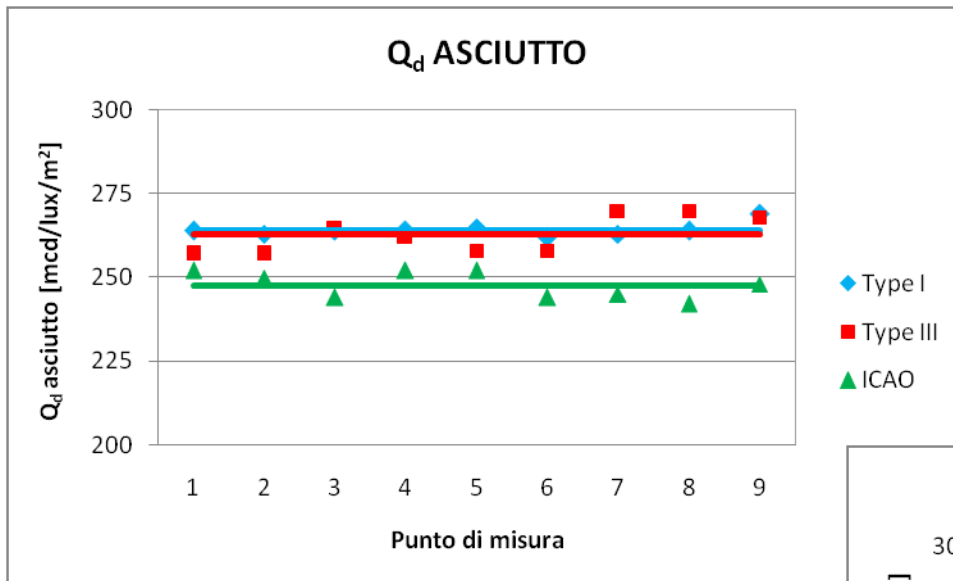


Type I  
Solvente

Type III  
Solvente

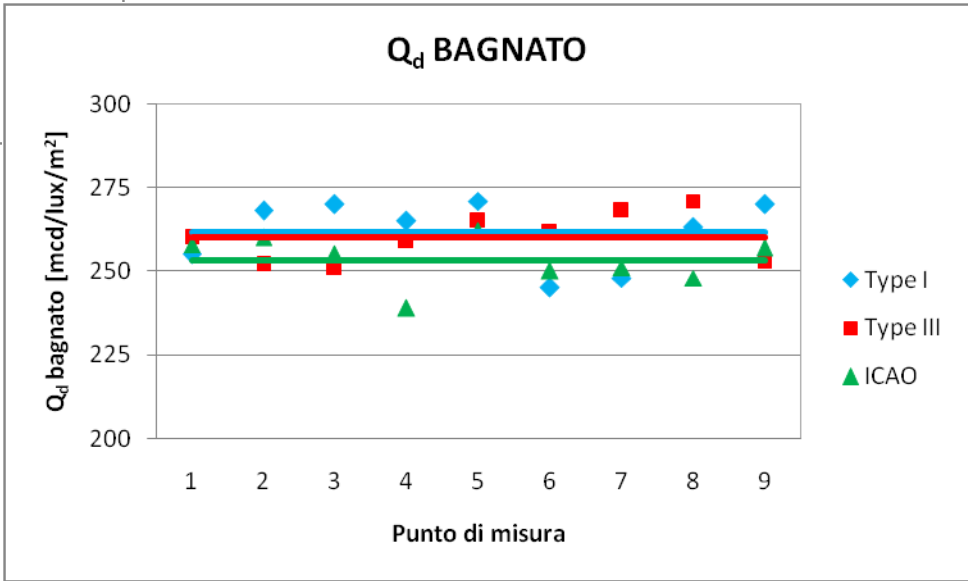


I grafici mostrano l'influenza di diverse tipologie di microsfere sui valori di  $Q_d$ :



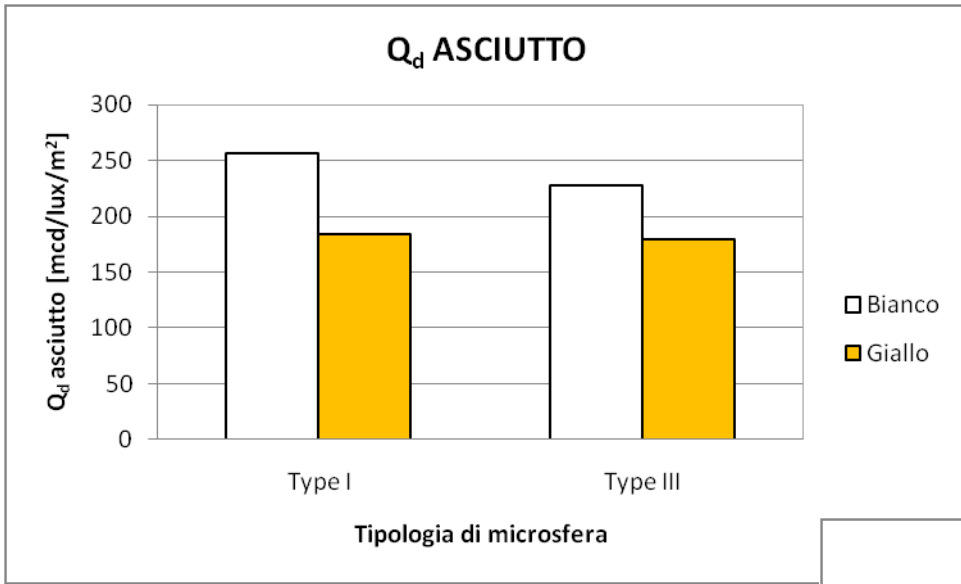
I valori di  $Q_d$  forniti dalle diverse tipologie di microsfere sono molto prossimi tra loro.

I valori di  $Q_d$  valutati in condizioni di bagnato risultano del tutto analoghi a quelli valutati in condizioni di asciutto.



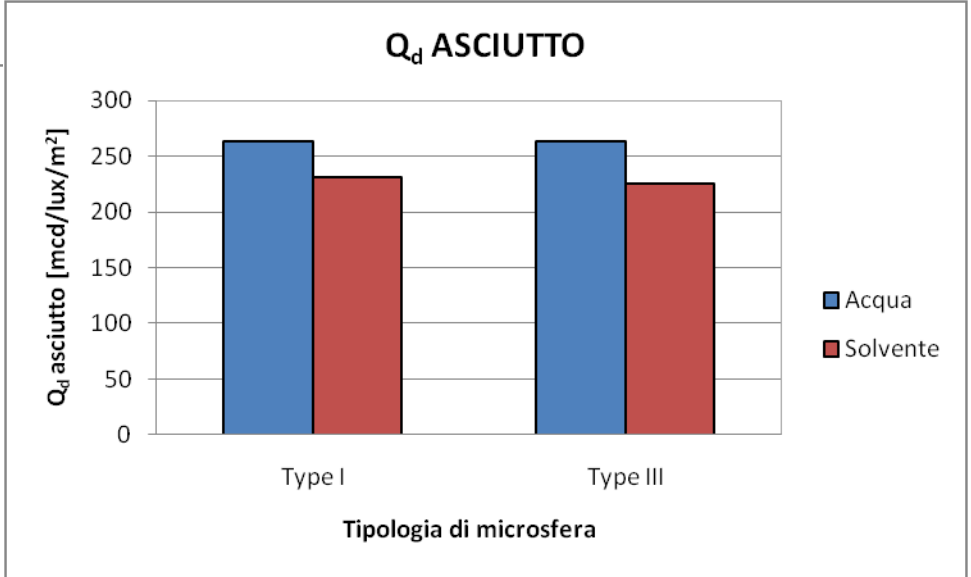


## BIANCO VS GIALLO...



Parametro  $Q_d$  minore per le stese gialle a causa del loro colore più scuro.

## ACQUA VS SOLVENTE...

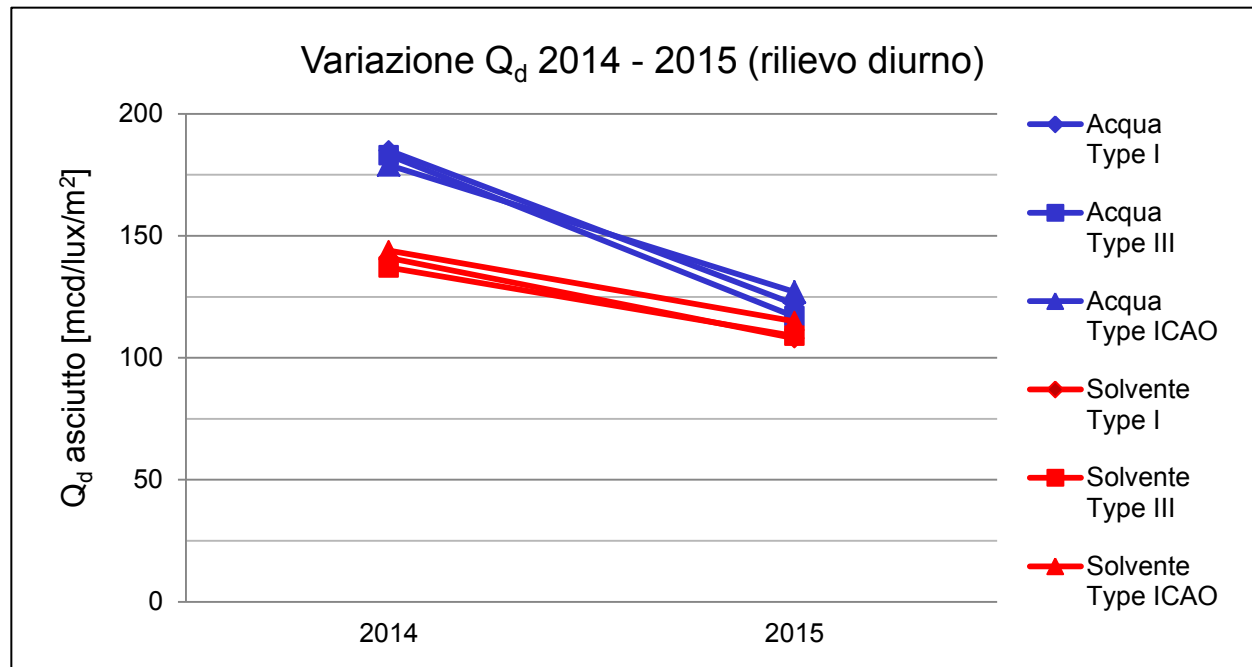




# STOP BARS RACCORDO CHARLIE-ALFA ANALISI $Q_d$ ASCIUTTO... DOPO UN ANNO



Decremento generale da parte di tutte le applicazioni



La segnaletica avente legante a base d'acqua  
conserva migliori valori di  $Q_d$  dopo un anno  
anche se con differenze meno evidenti

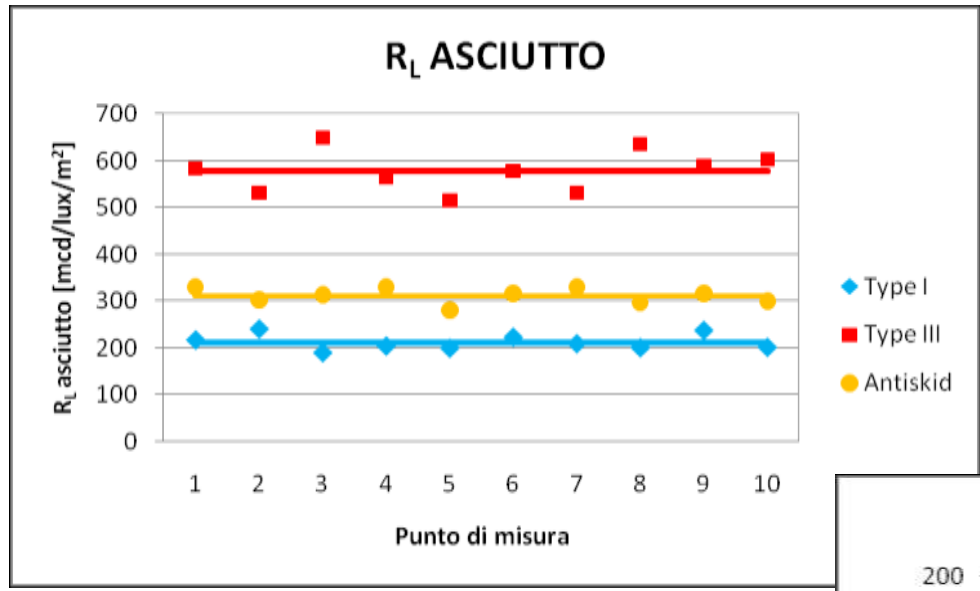


...e in presenza di illuminazione diffusa...



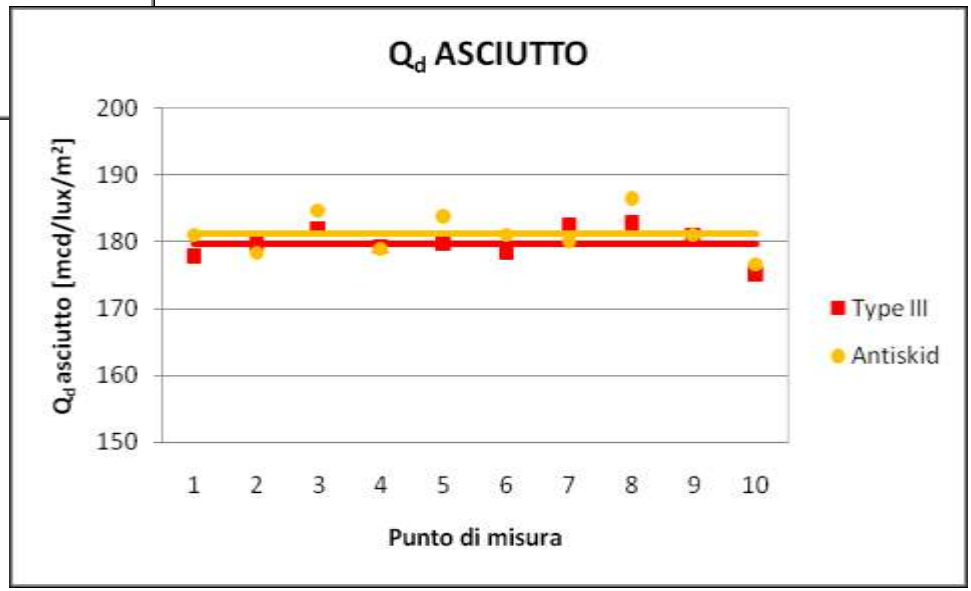


Miscela antiskid: aumenta il parametro SRT, ma di quanto riduce il parametro  $R_L$ ?



Effetto su SRT: + 14%  
Effetto su  $R_L$ : - 46%

Effetto su  $Q_d$ : nessuno.



La tessitura superficiale della pavimentazione influenza i valori del parametro  $R_L$  relativo al sistema segnaletico applicato ?

## MACRORUGOSITA' - PARAMETRO $R_L$ ASCIUTTO

$R_L$  asciutto [m]

300  
200  
100  
0

0,2

0,4

0,6

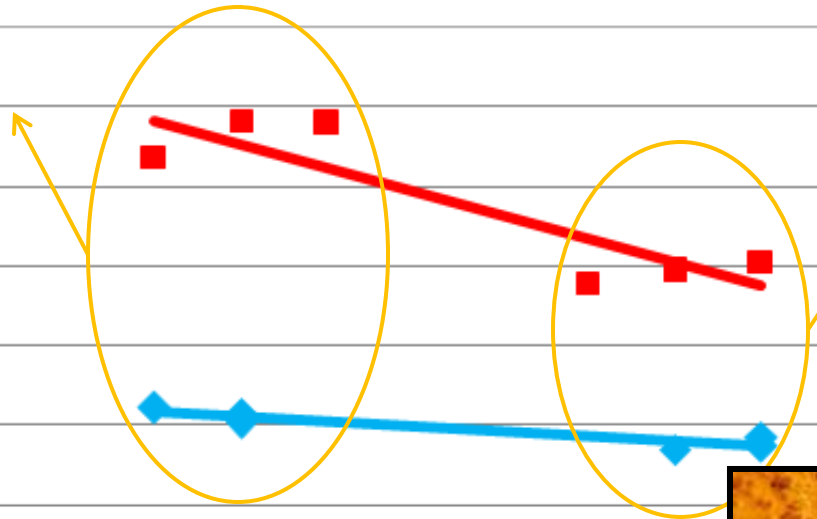
0,8

1

Altezza in sabbia [mm]

◆ Type I

■ Type III







Impiego di microsfere sulla pista e sulle vie di circolazione (assenza di torri faro)	Type I	↑
		↑↑↑
	ICAO	↑↑
Impiego di microsfere sui piazzali (presenza di torri faro)		↑↑
	Type III	↑
	ICAO	↑
Impiego di microsfere sulla pista e sulle vie di circolazione (assenza di torri faro) in condizioni di bagnato	Type I	↑
	Type III	↑
		↑↑
Impiego di pitture		***
	Pittura a solvente	**



Influenza del sistema segnaletico su SRT	Sola pittura	↓
		↓ ↓ ↓
		↓ ↓ ↓
	ICAO	↓ ↓
Impiego di granuli antiderapanti		↑ ↑ ↑
		↓ ↓
Operazione preliminare di settaggio dei macchinari	Deve necessariamente essere condotta tenendo in considerazione la <b>macrorugosità</b> della pavimentazione	

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

