

The use of solar reflective colorants in different paint and coating applications

L'utilizzo dei coloranti che riflettono i raggi solari in varie applicazioni di pitture e rivestimenti

Judith Roijen-Huijnen & Gerard van Zijl – Chromaflo Technologies Europe

SOLAR REFLECTION

The aim of solar reflective coatings is to maximize the solar reflectivity of the coated surface by the physical back-scattering of radiation through pigment particles. This is well-known for the visible spectral range (wavelength of 400 to 700 nm), where the spectral scattering of pigments controls their color appearance. However, solar radiation also comprises ultraviolet (wave length < 400 nm) and near-infrared with a wavelength of 700 to 2500 nm. The near-infrared light dominates the overall irradiated solar energy with 52% (Fig. 1).

Solar reflectance is quantified as TSR (Total Solar Reflectance). This TSR is measured between wavelength of 300 nm to 2500 nm and is expressed as the percentage of the reflectance in both the visible- and NIR area.

NIR BLACK PIGMENTS IN PAINT AND COATING APPLICATIONS

Facade coatings and systems

Not only are there many materials available with varying colors and textures when it comes to facades for commercial buildings and homes, there are also a number of environmental and functional properties to consider as well. Today, Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) are a popular and highly effective way to insulate a building to achieve significant energy savings. The use of solar reflecting pigments in facade systems has more advantages than only creating

IL RIFLESSO DEI RAGGI DI SOLE

La finalità dei rivestimenti che riflettono i raggi solari è quella di aumentare al massimo la capacità riflettente dei raggi solari della superficie rivestita mediante la propagazione di riflesso della radiazione attraverso le particelle di pigmento. Questo fenomeno è ben noto nel range dello spettro visibile (lunghezza d'onda di 400 – 700 nm), dove la distribuzione nello spettro dei pigmenti è responsabile della caratterizzazione cromatica. Tuttavia, la radiazione solare comprende anche gli ultravioletti (lunghezza d'onda <400 nm) e in quelle del vicino-infrarosso con una lunghezza d'onda di 700 – 2500 nm. La luce vicino l'infrarosso domina l'energia solare irraggiata in generale, per il 52% (Fig. 1)

La riflettanza solare è quantificata come TSR (Riflettanza Solare Totale): questa TSR è misurata fra una lunghezza d'onda di 300 nm fino a 2500 nm ed è espressa come percentuale della riflettanza nell'area visibile e NIR.

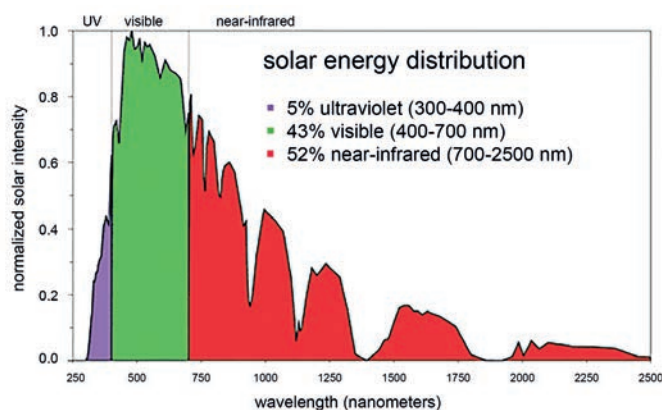


Fig. 1 Spectrum of solar radiance
Spettro dell'irraggiamento solare

PIGMENTO NERO NIR NELLE APPLICAZIONI DI PITTURE E RIVESTIMENTI

Rivestimenti e sistemi per facciate

Quando si parla di facciate per edifici di destinazione commerciale e abitazioni, sono disponibili molti materiali di svariati colori ed effetti, ma è giusto considerare anche molte proprietà ambientali e funzionali. Allo stato attuale, i Sistemi Isolanti Esterni e di finitura (EIFS) rappresentano

savings on energy cost. Perhaps even more important is the positive effect it has on the durability and technical performance of the coating. EIF systems are made out of various materials all with a different coefficient of expansion (Fig. 2).

If the temperature changes too much, this might result in cracks. Also the insulation material itself (in most systems expanded or extruded polystyrene board) could be damaged. The producers of these boards recommend a max. service temperature of 74°C. At temperatures higher than this, the boards begin to deform and lose their insulation efficiency. Mainly for the aforementioned reasons, the use of dark colors in EIF systems is avoided. Manufacturers therefore recommend a finish with an LRV (Light Reflectance Value) of at least 30%. Colors with a LRV of 30% or more are typically safe to use for all entire EIF systems in any geographical area and climate. LRV is a measurement that tells you how much light a color reflects and absorbs. LRV runs on a scale from 0% (absolute black) to 100% (perfectly reflective white).

LRV versus TSR

For EIFS one should no longer use just the LRV value but rather go for TSR. If done so, the color choice is much wider without losing any of the initial technical performance of the system. The LRV of a color only indicates the reflection in the visible range, where the TSR value takes the total amount of energy irradiated by sunlight into account. Therefore, two objects can be identical in color (visually) while possessing different reflective characteristics in the NIR region, with one remaining cooler on exposure to sunlight than the other.

Research program

A program was set up for the synthesis and evaluation of the NIR-reflecting properties of different black colorants available in our Novapint D facade range.

Company's findings are presented below:

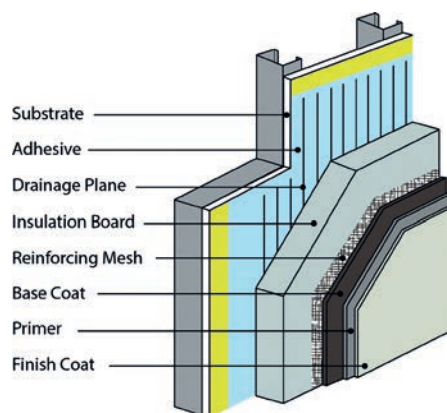


Fig. 2 Sectional view of typical EIFS application
Visione trasversale di una tipica applicazione EIF

la modalità più comune ed efficace per isolare le strutture edili ottenendo risparmi energetici significativi. L'utilizzo dei pigmenti che riflettono i raggi solari nei sistemi di rivestimento per facciate arreca molti altri vantaggi oltre a quelli determinati dal risparmio dei costi del consumo di energie. Forse, ancora più importante è il loro effetto positivo sulla durabilità e sulla prestazione tecnica del rivestimento. I sistemi EIF sono costituiti da vari materiali, tutti caratterizzati da un differente coefficiente di espansione. (Fig. 2).

Se la temperatura cambia eccessivamente, essa potrebbe causare screpolature. Anche il materiale isolante stesso (nella maggior parte dei pannelli di polistirolo espanso o estruso) potrebbe risultare danneggiato. I produttori di questi pannelli raccomandano una temperatura massima di esercizio di 74°C. Con temperature superiori a questa, i pannelli iniziano a deformarsi e a perdere la loro efficacia isolante. Principalmente per le ragioni menzionate sopra, nei sistemi EIF si evita l'impiego di colori scuri. I produttori raccomandano quindi una finitura con LRV (Valore di Riflettanza della Luce) pari ad almeno il 30%. Le tinte con LRV al 30% o più possono essere usate con garanzie di sicurezza per tutti i sistemi EIF in qualsiasi area geografica e clima.

LRV è una misura che spiega quanta luce viene riflessa e assorbita da un colore. LRV è valutata su una scala che parte dallo 0% (nero assoluto) fino al 100% (bianco perfettamente riflettente).

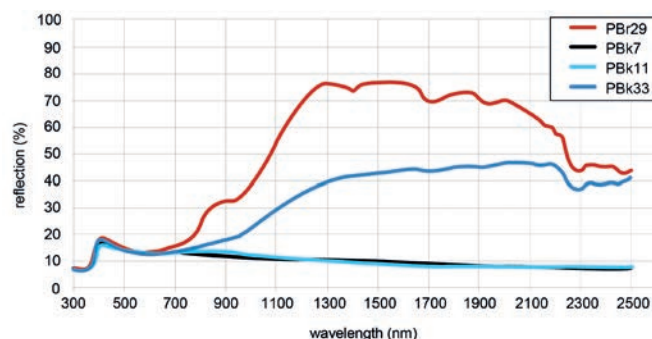


Fig. 3 Reflection curves of differently pigmented black colorants
Curve del potere riflettente di vari coloranti neri diversamente pigmentati

LRV in funzione di TSR

Per quanto riguarda gli EIFS non si dovrebbe più soltanto adottare il LRV ma anche la TSR. In questo modo, la scelta del colore è molto più ampia senza perdere nessuna delle prestazioni tecniche iniziali del sistema.

L'LRV di un colore indica solamente il riflesso nel range dello spettro visibile, mentre il valore TSR prende in considerazione la quantità totale di energie irradiate dalla luce

Shade (3v% in white) Tonalità (3v% in bianco)	Color name Nome del colore	Novapint D	C.I.	TSR (%)
	Black Nero	D-500	PBk.7	12
	Oxide Black Nero Ossido	D-800	PBk33	21
	Oxide Black Nero Ossido	D-802	PBk.11	13
	NIR Black Nero NIR	D-803	PBr.29	33

Tab. 1 TSR values of different pigmented black colorants
Valori TSR di vari coloranti pigmentati di nero

Reflection curves of different black colorants

Figure 3 shows the reflection curves (Solar spectrum AM 1.5 according to ASTM G 159-98) of the black pigmented colorants at adjusted lightness (L) value (1/3 reduction, 160 µm dry layer thickness in a semi-gloss coating applied on black-white cards).

Focusing on the NIR-range (700-2500 nm), a colorant containing a carbon black pigment (PBk.7) shows the lowest reflection, followed by a colorant containing PBk.11 and PBk.33 pigments.

Compared to the traditional black colorants, a considerably higher reflectance in the NIR-region of the solar irradiance is achieved by the Novapint D-803 NIR reflective colorant containing the functional NIR reflective pigment PBr.29. From these reflection curves, the TSR value is calculated (Tab. 1).

Temperature profiles of different black colorants

In the heat build-up test, the surface temperature of a pigmented top coat was increased to simulate the sun irradiance of a coating containing carbon black applied on an external substrate.

To better visualize the temperature effect of different black pigments in colorants, the dark grey color shade NCS-S 7000-N was matched

solare. Di conseguenza, due oggetti possono avere un identico colore (visivamente) pur possedendo differenti caratteristiche riflettenti nella regione NIR, con uno dei due che risulta essere più freddo dell'altro quando esposto alla luce del sole.

Programma di ricerca

E' stato messo a punto un programma di ricerca per stilare una sintesi e valutazione delle proprietà NIR-riflettenti dei coloranti neri disponibili nella serie di prodotti Novapint D per facciate. I dati di ricerca sono presentati qui di seguito:

Curve del potere riflettente di vari coloranti neri

In fig. 3 sono indicate le curve del potere riflettente (Spettro Solare AM 1,5 in base ad ASTM G 159-98) dei coloranti pigmentati di nero con valore di luminosità regolato (L) (riduzione 1/3, spessore dello strato essiccato 160 µm di un rivestimento semibrillante, applicato su schede bianche e nere). Se ci si concentra sul range NIR (700-2500 nm), un colorante contenente il pigmento nero fumo (PBk. 7) presenta un potere riflettente minimo, seguito da un colorante contenente i pigmenti PBk.11 e PBk.33. Nel confronto con i coloranti neri tradizionali, si ottiene una riflettanza considerevolmente superiore nella regione NIR dell'irraggiamento solare grazie al colorante Novapint D-803 NIR riflettente che contiene il pigmento riflettente NIR funzionale PBr.29.

Da queste curve del potere riflettente, viene calcolato il valore TSR (Tab. 1).

Profili della temperatura di differenti coloranti neri

Nel test dell'accumulo di calore, la temperatura superficiale di una finitura pigmentata è stata incrementata per simulare l'irraggiamento solare di un rivestimento contenente nero fumo, applicata su un substrato esterno. Per visualizzare meglio l'effetto termico di vari pigmenti neri nei coloranti, la tonalità grigio scuro NCS-S 7000-N è stata campionata in un rivestimento trasparente. L'incremento della temperatura è stato

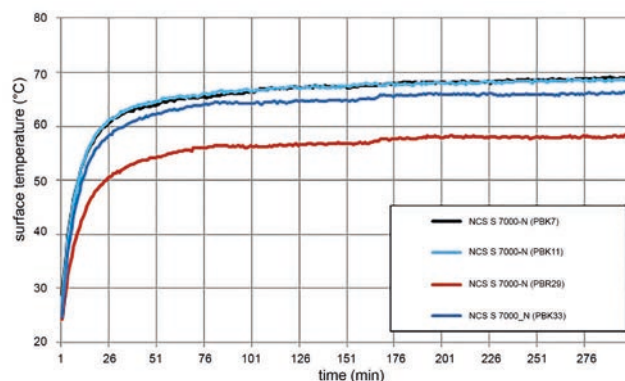


Fig. 4 Temperature profiles of different black colorants
Profili della temperatura di vari coloranti neri

in a clear coating. The increase of temperature is measured in relation to the duration of exposure.

The coating containing the Novapint D-803 NIR reflective colorant (PBr.29) has a much lower surface temperature -11°C (- 52°F) in comparison to a similar coating containing black pigments (PBk.7 and PBk.11) exposed to the same conditions.

The advantage of reduced heat build-up can be correlated with decreased energy consumption. Another benefit is enhanced coating life and an expected positive impact on prevention of premature failure of the EIF system.

As a consequence, using dark grey colors with lower LRV values is becoming a reality.

Cool colorant system for facades

Using the measurements of the reflection curves and the resulting TSR values of the colorants, the best possible solar reflective colorant selection can be made.

Choosing the right pigment selection, together with the Novapint D-803 will result in an optimal solar-reflective colorant system. The TSR value of a formulated grey color will increase when selecting a NIR black pigment instead of a conventional black pigment.

The amount depends on the color and the type of conventional pigment, but could be double the reading. This is shown in Figure 5 where a grey shade with an LRV reading of 30% is formulated with an iron oxide black (PBk.11) or with the NIR black (PBr.29). Although the LRV is the same, the measured TSR values are 24 and 45 respectively.

This results in a difference in heat build-up between the two formulations of approximately 8°C. Of course this also enables formulation of a darker color keeping the same heat build-up.

Relation between LRV and TSR in various colors

The use of a functional NIR reflective colorant is beneficial in order to create cool surfaces with both grey and black shades. But what about other color areas? 4 RAL shades with very different hues and an LRV below 20 were selected (the black color is used as reference):

- RAL 3000 (Flame Red)
- RAL 6002 (Leaf Green)

misurato in relazione alla durata dell'esposizione. Il rivestimento contenente il colorante riflettente Novapint D-803 NIR (PBr. 29) presenta una temperatura superficiale molto più bassa - 11°C (52° F) rispetto a un rivestimento simile contenente pigmenti neri (PBk. 7 e PBk. 11) esposto alle stesse condizioni. Il vantaggio arrecato dal minore accumulo di calore può essere correlato ai minori consumi energetici.

Un altro vantaggio è la durata superiore del rivestimento e l'impatto positivo atteso sulla prevenzione della degradazione precoce del sistema EIF. Di conseguenza, l'utilizzo dei colori grigio scuro con valori LRV inferiori sta diventando una realtà di fatto.

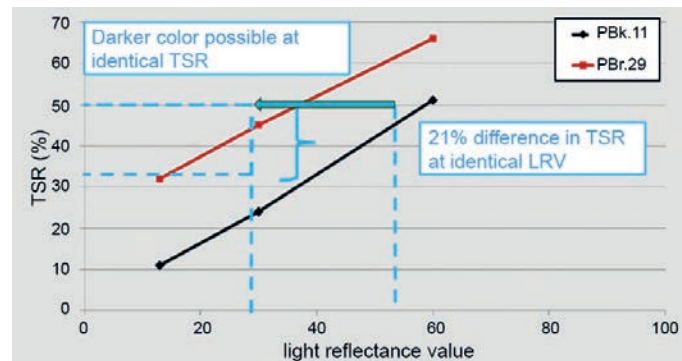


Fig. 5 At equal LRV different TSR measurement
Con LRV uguali, differenti misure TSR

Sistema colorante freddo per facciate


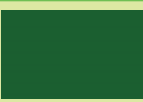
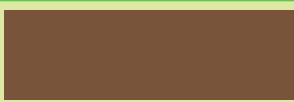
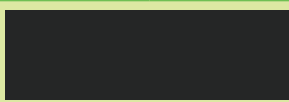
Adottando le misure delle curve del potere riflettente

e i risultanti valori TSR dei coloranti, è possibile eseguire la migliore selezione possibile del colorante riflettente. La scelta della giusta selezione del pigmento, insieme a Novapint D-803 permetterà di ottenere il sistema colorante che riflette i raggi del sole in modo ottimale. Il valore TSR di un colore grigio formulato aumenta se si seleziona il pigmento nero NIR invece di un pigmento nero convenzionale. Il valore quantitativo dipende dal colore e dal tipo di pigmento in questione, ma la lettura deve essere doppia. Quanto detto è rappresentato in fig. 5 dove una tonalità grigia con lettura LRV del 30% è formulata con un nero ossido di ferro (PBk. 11) oppure con nero NIR (PBr. 29). Sebbene l'LRV sia il medesimo, i valori TSR misurati sono rispettivamente 24 e 45. Ciò produce una differenza nell'accumulo di calore fra due formulazioni, pari a circa 8°C. Naturalmente questo permette anche di sviluppare una formulazione di colore più scuro mantenendo lo stesso accumulo di calore.

Relazione fra le misure LRV e TSR di vari colori

L'utilizzo di un colorante funzionale NIR riflettente offre il vantaggio di creare superfici fredde con tonalità sia grigie che nere. Ma cosa dire di altre aree cromatiche? Sono state selezionate tonalità RAL 4 con sfumature differenti e LRV inferiori a 20 (il colore nero è utilizzato come campione):

- RAL 3000 (Rosso Fiamma)
- RAL 6002 (Verde Foglia)
- RAL 8024 (Marrone Beige)

						
	RAL 3000 Topcoat	RAL 6002 Topcoat	RAL 8024 Topcoat PBk.11	RAL 8024 Topcoat NIR Black	RAL 9004 Topcoat PBk.11	RAL 9004 Topcoat NIR Black
LRV	13	10	13	13	4	4
TSR White plaster + Topcoat <i>TSR Intonaco bianco + finitura</i>	50	32	15	32	5	25
Plaster and Topcoat same color <i>Intonaco e finitura dello stesso colore</i>	50	26				
Plaster, NIR Black + Topcoat <i>Intonaco, Nero NIR + finitura</i>				31		23
Plaster, PBk.11 + Topcoat <i>Intonaco, PBk.11 + finitura</i>			13	19	4	12

Tab. 2 LRV and TSR measurements of colors
Misure LRV e TSR dei colori

- RAL 8024 (Beige Brown)
- RAL 9004 (Signal Black)

The colors have been made in an acrylic coating and applied on top of a plaster (substrate).

To test the impact of the color of the substrate on the TSR, measurements were done on a topcoat applied on a not tinted and a tinted plaster.

For the black shade, the plaster was tinted with either NIR black or an iron oxide black.

Similar LRV does not mean similar TSR values

Although the LRV value is similar, the heat build-up of various colors can be very different. This is shown i.e. when comparing the readings of RAL 3000 with those of RAL 8024 in table 2. Both have an LRV of 13. However the TSR values are 50 and 15 respectively. RAL 8024 has been formulated twice; once with iron oxide black (PBk.11) and once with NIR black (PBr.29). There is a significant difference in TSR between both formulations, where the measured values are 15 (PBk.11) and 32 (PBr. 29).

Influence of the substrate

When a system is based on conventional pigments the TSR

- RAL 9004 (Nero Segnalazione)

I colori sono stati prodotti in un rivestimento a base di acriliche e applicati su un intonaco (substrato). Per esaminare l'impatto del colore del substrato sulla TSR, le misure sono state eseguite su una finitura applicata su un intonaco colorato e non. Per quanto riguarda la tonalità nera, l'intonaco è stato colorato con nero NIR o nero ossido di ferro.

LRV simili non sono sinonimo di valori TSR simili

Anche se il valore LRV è simile, l'accumulo di calore di vari colori può rivelarsi molto diverso. Ciò è dimostrato nella fattispecie, quando si confrontano le letture di RAL 3000 con quelle di RAL 8024 riportate in tab. 2. Entrambe mostrano un LRV di 13. Tuttavia, i valori TSR sono rispettivamente 50 e 15.

RAL 8024 è stato formulato due volte, una volta con il nero ossido di ferro (PB.k 11) e l'altra con nero NIR (PBr.29). Si riscontra una differenza significativa nella TSR fra le due formulazioni, dove i valori misurati risultano essere 15 (PBk. 11) e 32 (PBr. 29).

L'influsso esercitato dal substrato

Quando un sistema si basa su pigmenti convenzionali, la

remains the same, even when the film thickness increases. With the use of NIR reflecting pigments increasing the film thickness will result in a lower TSR.

This is due to the fact that NIR transparency plays an important role in the NIR reflecting properties of the system.

When a colored substrate is used, the TSR in general is lower e.g. the TSR of RAL 6002 with a colored substrate decreased from 32 to 26 (Tab. 2).

When a color containing black pigment is in the formulation (e.g. RAL 8024), not only a white substrate but also the pigment selection of the colored substrate will have an influence on the TSR value.

Formulating the plaster with PBk.11 and the topcoat with PBr.29 results in a TSR of 19, while when formulating both plaster and topcoat with PBr.29, the TSR increases to 31. When formulating a NIR reflecting topcoat the substrate must also be formulated with NIR reflecting pigments. Using a non NIR black in the substrate should be avoided.

TSR rimane la medesima, anche quando lo spessore del film aumenta. Con l'uso dei pigmenti riflettenti NIR, l'incremento dello spessore del film determina una riduzione della TSR, dovuta al fatto che la trasparenza NIR gioca un ruolo importante nelle proprietà riflettenti NIR del sistema.

Quando si utilizza un substrato colorato, la TSR in generale diminuisce, ad esempio la TSR di RAL 6002 con un substrato colorato diminuisce da 32 a 26 (Tab. 2).

Quando un colore contenente pigmento nero è presente nella formulazione (ad es. RAL 8024), influiranno sul valore TSR non soltanto il substrato bianco, ma anche la selezione del pigmento del substrato colorato. La formulazione dell'intonaco con PBk.11 e della finitura con PBr. 29 danno una TSR pari a 19, mentre quando si formulano sia l'intonaco che la finitura con PBr.29, la TSR aumenta fino a raggiungere il valore di 31. Quando si formula una finitura riflettente NIR, il substrato deve essere formulato anche con i pigmenti riflettenti NIR. Deve essere evitato l'utilizzo di un nero non NIR nel substrato.