

# **KELLY COLOR THERM SYSTEM**

## **Sistema Tintometrico integrato basato su tecnologia COOL**

### **1 IL PROBLEMA DELLE TINTE SCURE**

E' noto che un oggetto di colore nero (o scuro), quando esposto ai raggi del sole, si scalda maggiormente rispetto ad uno di colore bianco (o chiaro) che, al contrario, tende a mantenersi più freddo. Ciò è dovuto all'interazione tra la superficie dell'oggetto e la componente infrarossa della radiazione solare. Quando la radiazione solare colpisce l'oggetto, e si assorbe, essa si trasforma in calore.

Le superfici scure, siano esse facciate o tetti, tendono quindi a surriscaldarsi più facilmente di quelle chiare e con esse tutto l'involucro. Quanto più scura è la tonalità di colore, tanto maggiore è la sollecitazione termica che la superficie subisce; per le tinte grigie e nelle sfumature del nero l'accumulo di calore può arrivare anche a temperature di oltre 80 °C. Ne consegue che tutto l'edificio nel suo complesso aumenta di temperatura. Ciò crea disagi per il confort abitativo e la qualità degli ambienti interni ed incrementa il consumo energetico per il ricorso ad un maggiore utilizzo degli impianti di condizionamento.

Se a questi problemi sull'efficientamento energetico si aggiungono quelli di carattere funzionale dei materiali esposti al calore, quali le sollecitazioni e gli sbalzi termici, si può facilmente intuire che le superfici scure più esposte, come facciate e/o coperture, possono dare, nel medio-lungo periodo, problemi di degrado anche strutturali. Va inoltre considerato che le facciate scure risentono maggiormente dei segni del tempo; il deterioramento da sole, pioggia, condense ed agenti inquinanti è sempre più evidente sulle tinte scure che non su quelle chiare.

In questo bilanciamento energetico dell'edificio un ruolo fondamentale è svolto dalle sue proprietà termiche ed in particolare dalla capacità di riflessione del calore. Quanto maggiore è il grado di riflessione termico dei materiali utilizzati, tanto più rapido sarà lo smaltimento superficiale del calore. Per quanto scritto sopra appare evidente che il naturale processo di invecchiamento delle superfici scure può essere limitato e/o rallentato grazie all'utilizzo di tinte in grado di contrastare l'azione della radiazione solare.

Il sistema tintometrico "KELLY COLOR THERM SYSTEM" è un innovativo sistema tintometrico integrato con tecnologia COOL che consente di realizzare rivestimenti a spessore e pitture colorate, anche nei toni più scuri, capaci di ridurre il surriscaldamento degli ambienti interni.

Le paste coloranti, che costituiscono l'elemento portante del sistema, sono state sviluppate a partire dallo studio delle caratteristiche della luce solare per ottenere dei coloranti per esterno in grado di ridurre il riscaldamento delle tinte scure.

Il colore non è quindi da considerarsi come una mera questione di ordine estetico e decorativo, ma coinvolge aspetti tecnici, strutturali e di protezione dell'edificio.

## 2 LA RADIAZIONE SOLARE E LA COMPONENTE INFRAROSSA (IR)

La radiazione solare è uno dei parametri meteorologici responsabili del degrado dei prodotti vernicianti utilizzati per la protezione degli edifici. Capire la radiazione solare consente di comprendere come progettare prodotti vernicianti in grado di resistere ad essa e quindi riuscire a proteggere le murature.

La radiazione solare che raggiunge la terra è suddivisa in tre componenti principali (rif. figura 1) che si caratterizzano per le diverse lunghezze d'onda ed i differenti livelli di energia:

**Radiazione ultravioletta (295 – 400 nm).** Rappresenta circa il 5% dell'energia solare. Le radiazioni ultraviolette (UV-A e UV-B) sono responsabili della degradazione delle resine (polimeri organici) presenti nei prodotti verniciati in quanto il loro livello di energia è sufficiente per rompere i legami chimici dei polimeri.

**Radiazione visibile (400-700 nm).** Rappresenta circa il 50 % dell'energia solare ed è la componente che permette la visualizzazione dei colori. Se un oggetto riflette tutte le lunghezze d'onda del visibile il suo colore è bianco, se, al contrario, assorbe tutte le lunghezze d'onda del visibile è nero. Se invece, esso assorbe alcune lunghezze d'onda e ne riflette altre, l'oggetto appare colorato.

**Radiazione infrarossa (700-2500 nm).** Rappresenta circa il 45% dell'energia solare. Le radiazioni infrarosse sono le onde elettromagnetiche a minore frequenza corrispondenti al colore rosso e sono le maggiori responsabili della produzione di calore. La loro lunghezza d'onda coincide infatti con la trasmissione del calore. La sensazione che proviamo quando ci esponiamo al sole è dovuta proprio alla percezione che il corpo umano ha nei confronti dei raggi solari infrarossi. La radiazione infrarossa è la principale responsabile dei fenomeni di degrado correlati all'eccessivo riscaldamento delle superfici, come gli sbalzi termici, che producono le sollecitazioni meccaniche (es. fessurazioni), e l'aumento di temperatura degli ambienti interni.

La componente visibile è, probabilmente, la più importante per la vita sulla terra, tuttavia anche la radiazione infrarossa è determinante, in quanto responsabile del calore.

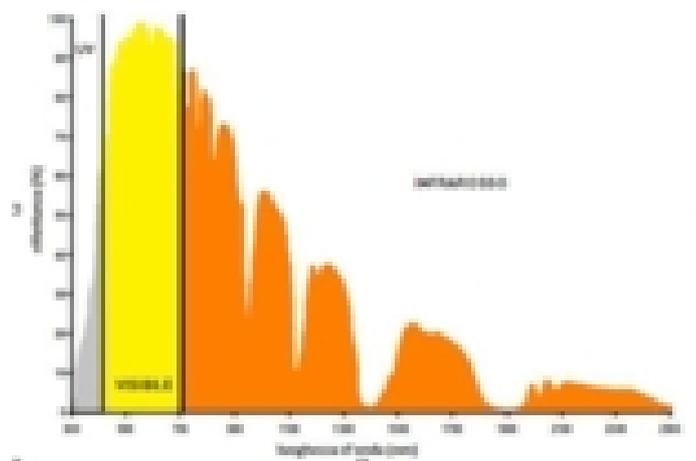


Figura 1 - Spettro della luce solare

### **3 LA TRASMISSIONE DEL CALORE**

Il calore è, per definizione, l'energia che viene trasferita da un sistema ad un altro per effetto della differenza di temperatura che vi è tra essi. Il calore si trasferisce spontaneamente dagli ambienti a temperatura più alta verso quelli a temperatura più bassa; il fenomeno cessa quando i due ambienti raggiungono la medesima temperatura, intermedia rispetto a quelle iniziali.

Il calore può essere trasmesso attraverso tre differenti modalità: conduzione, convezione ed irraggiamento.

*Conduzione* – E' la modalità di trasmissione del calore che nasce dalla differenza di temperatura tra due parti di un corpo in contatto tra loro senza che si abbia trasporto di materia. La conduzione è causata dal trasferimento di energia da un corpo a quello vicino che causa l'aumento del livello di energia posseduto. Il parametro che misura la conduzione è la conduttività termica ( $\lambda$ ).

*Convezione* – E' la modalità di trasmissione del calore propria dei fluidi. Essa avviene a causa del movimento di materia. Un esempio di convezione è quello dell'aria calda che si muove in un ambiente; l'aria si sposta trasportando energia e quindi calore. Il parametro che la misura è chiamato coefficiente di adduzione convettiva ( $\alpha$ ).

*Irraggiamento* – E' il trasferimento di calore che avviene tra due corpi a differente temperatura senza che vi sia un contatto diretto tra i due materiali. La trasmissione di calore, in questo caso, è affidata ad onde elettromagnetiche, come quelle della luce solare, che si trasmettono anche nel vuoto. Il parametro che la caratterizza è l'emissività del corpo irradiante ( $\epsilon$ ).

E' possibile controllare, nei limiti delle attuali conoscenze, il movimento del calore attraverso l'utilizzo di materiali con caratteristiche termiche specifiche. Il flusso di calore è infatti proporzionale alla differenza di temperatura tra due ambienti ed inversamente proporzionale alla resistenza termica del materiale che si interpone tra di essi.

In estate, quando un edificio viene investito dal calore, è necessario attenuare e dissipare questa energia. Per migliorare la vivibilità degli ambienti interni è preferibile avere facciate e coperture ad alta emissività e riflettenti per ridurre il carico di calore e raffreddare le superfici. L'utilizzo di rivestimenti e pitture colorate con "KELLY COLOR THERM SYSTEM" permette di ridurre l'assorbimento del calore durante le ore più calde della giornata in modo che la temperatura dei muri si mantenga bassa ed il calore accumulato possa essere rilasciato facilmente durante le fresche ore serali.

### **4 COS'E' "KELLY COLOR THERM SYSTEM" E COME FUNZIONA**

Il sistema "KELLY COLOR THERM SYSTEM" è un sistema tintometrico integrato costituito da:

- 10 Paste coloranti con tecnologia COOL
- 1 "mazzetta colori" con tinte THERM
- 1 tintometro manuale o elettronico per il dosaggio delle paste coloranti
- 1 database formulativo per preparare facilmente le tinte della mazzetta. Le formule sono state elaborate per tutti i rivestimenti a spessore (Intonachino Therm- Intonachino Silox Therm) e le pitture a base di polimeri organici (Quartz Therm Medio e Liscio - Silox Therm e Silox Therm granulato - Tegum Therm) per facciate.

L'elemento principale del sistema è rappresentato dalle 10 paste concentrate di pigmento. Esse sono state sviluppate a partire da pigmenti cosiddetti COOL, ovvero capaci di riflettere parte delle lunghezze d'onda della radiazione solare, in particolare quelle presenti nella regione dell'infrarosso, diminuendo così l'assorbimento che genera calore (rif. figura 3). Ne consegue che le superfici rivestite con tali pigmenti si mantengono più fredde e trasmettono meno calore all'edificio.

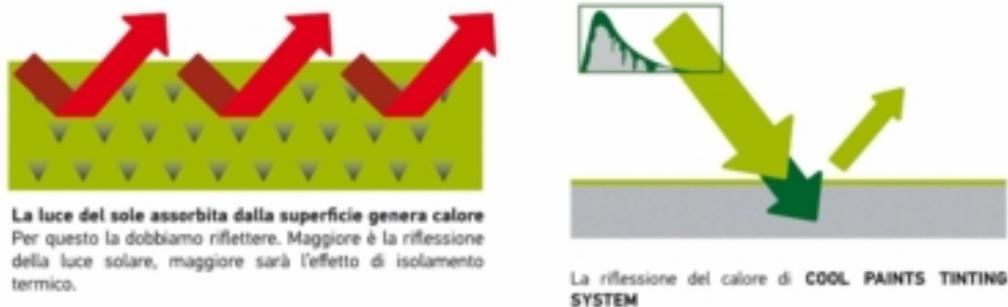


Figura 2 – La riflessione del calore di KELLY COLOR THERM SYSTEM

E' possibile quantificare il contributo del sistema "KELLY COLOR THERM SYSTEM" attraverso misure termiche eseguite su prodotti vernicianti per esterno opportunamente colorati con le paste concentrate di pigmento. A tale proposito sono state sviluppate numerose tinte capaci di coprire tutte le aree colore tipiche delle superfici per esterno (facciate e coperture) ed aventi spiccate prestazioni di riflessione termica.

## **5 IL COMPORTAMENTO TERMICO DI "KELLY COLOR THERM SYSTEM"**

Il sistema "KELLY COLOR THERM SYSTEM" è stato certificato attraverso misure termiche, eseguite su prodotti vernicianti per esterno, quali rivestimenti a spessore e pitture organiche (a base di emulsioni acriliche, stirolo-acriliche, silossaniche, ecc...), opportunamente colorate con le 10 paste concentrate di pigmento del sistema.

Tutte le tinte che costituiscono il sistema sono state testate al fine di verificarne sperimentalmente l'efficacia. A titolo di esempio vengono riportati di seguito i risultati delle prove termiche eseguite sulla selezione delle tinte indicate in tabella 1.

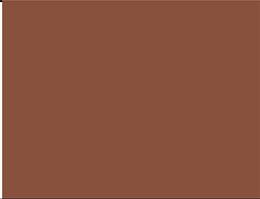
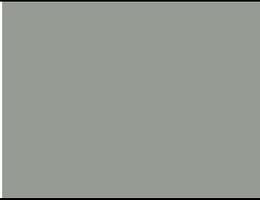
Codice colore THERM	Codice colore tradizionale	Descrizione	Fotografia tassello
T-141	NCS S 6020 – Y80R	ROSSO OSSIDO SCURO	
T-106	NCS S 4005 – G20Y	VERDE OSSIDO MEDIO	
T-6	NCS S 1580 – Y90R	ROSSO ORGANICO	

Tabella 1 – Tinte del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” sottoposte a prove di laboratorio (N.B. Le tinte riportate - qui ed in seguito - possono differire da quelle reali per motivi di stampa)

Le tinte sono state realizzate a partire da una pittura a base di leganti stirolo-acrilici e silossanici e sono state selezionate per coprire le principali aree colore e tutte le intensità del colore: dai toni scuri a quelli medi, fino a quelli chiari.

Per avere evidenza di un confronto diretto di prestazioni tra le tinte basate sulla tecnologia COOL e quelle tradizionali, tutte le pitture sono state preparate sia con le paste coloranti del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” che con classiche paste coloranti per idropitture. Le tinte in versione COOL sono indicate con i codici della “mazzetta colore” (T-141,T-106,T-6), le tinte inversione tradizionale sono indicate con il codice dello standard internazionale NCS (NCS S 6020 – Y80R, NCS S 4005 – G20Y, NCS S 1580 – Y90R).

### 5.1 Prove termiche sulla tinta T-141 (THERM) e NCS S 6020 – Y80R (TRADIZIONALE)

Nelle figure 3 e 4 sono riportate le fotografie, scattate rispettivamente con fotocamera tradizionale e con termocamera all’infrarosso IR, delle pitture colorate; la superficie a sinistra è pitturata con il sistema THERM, mentre quella a destra è pitturata con paste coloranti tradizionali.

Entrambe le superfici sono state irradiate con apposite lampade all’infrarosso in maniera da avere un fronte omogeneo di riscaldamento.

L’immagine termica mostra in maniera evidente che la superficie pitturata con le paste coloranti del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” si mantiene ad una temperatura nettamente inferiore rispetto a quella pitturata in maniera tradizionale e ciò a parità di tono ed intensità del colore.



Figura 3 – Confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra) nella stessa tinta rosso scuro

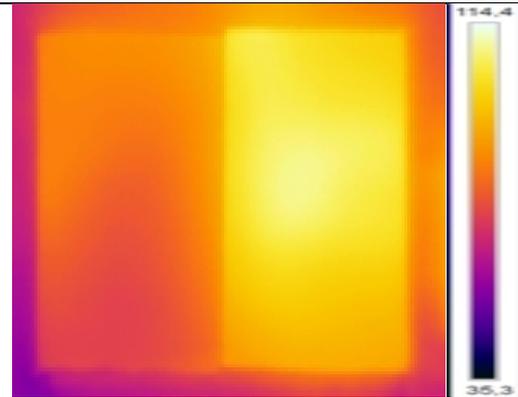


Figura 4 – Immagine termografica del confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra)

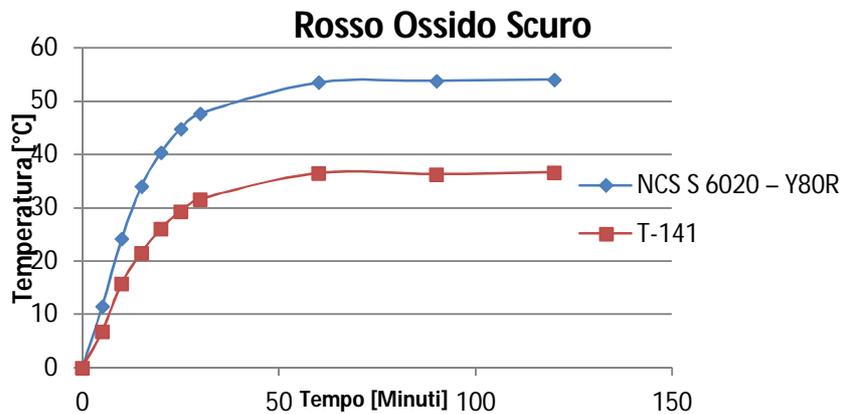


Figura 5 – Grafico di andamento della temperatura nel tempo. Confronto tra pittura con sistema THERM (linea rossa) e pittura tradizionale (linea blu)

L'aumento di temperatura è stato monitorato nel tempo man mano che le superfici venivano riscaldate. In figura 5 è riportato l'andamento delle temperature in funzione del tempo. Anche in questo grafico appare evidente il vantaggio nell'utilizzo del sistema "KELLY COLOR THERM SYSTEM". La temperatura massima raggiunta dalla tinta THERM si attesta attorno a 37°C, quella con la pittura tradizionale arriva a 54°C. E' di tutta evidenza che una facciata pitturata con il sistema THERM si riscalda meno di una colorata con una tinta tradizionale e di conseguenza riduce il consumo energetico per gli impianti di condizionamento ed aumenta il confort abitativo.

E' inoltre interessante notare che la differenza di temperatura (pari a 17°C) si mantiene costante nel tempo. Ciò significa che la pittura del sistema THERM è in grado di ridurre l'assorbimento del calore durante le ore più calde della giornata e di mantenere la temperatura del muro costantemente meno calda durante tutto l'arco del giorno. Il calore accumulato, essendo nettamente inferiore rispetto a quello di una facciata colorata in modo tradizionale, viene rilasciato più rapidamente durante le fresche ore serali aumentando ulteriormente il benessere degli ambienti interni.

Questo comportamento, tipico dei pigmenti COOL, non si riscontra in altri materiali termici, da qui la scelta di sviluppare il sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” con questa tecnologia.

### 5.2 Prove termiche sulla tinta T-106 (THERM) e NCS S 4005 – G20Y (TRADIZIONALE)

Nelle figure 6 e 7 sono riportate le fotografie, scattate rispettivamente con fotocamera tradizionale e con termocamera all’infrarosso IR, delle pitture colorate. Nella figura 8 è invece riportato il grafico dell’andamento delle temperature in funzione del tempo. Le misure sono state acquisite come quelle del caso precedente.

L’immagine termica ed il grafico mostrano, anche in questa tinta, che la superficie pitturata con le paste coloranti del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” si mantiene ad una temperatura nettamente inferiore rispetto a quella pitturata in maniera tradizionale e ciò a parità di tono ed intensità del colore. La temperatura massima raggiunta dalla tinta THERM è attorno a 33°C, quella con la pittura tradizionale arriva quasi a 50°C.

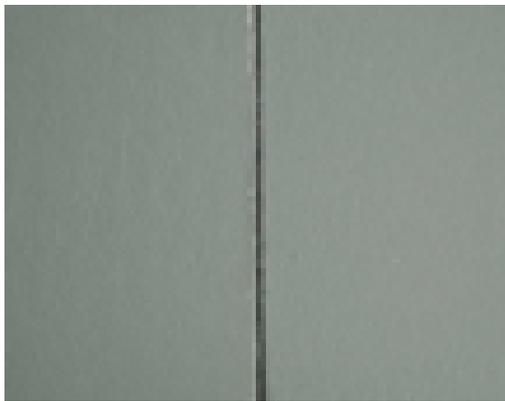


Figura 6 – Confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra) nella stessa tinta verde ossido medio

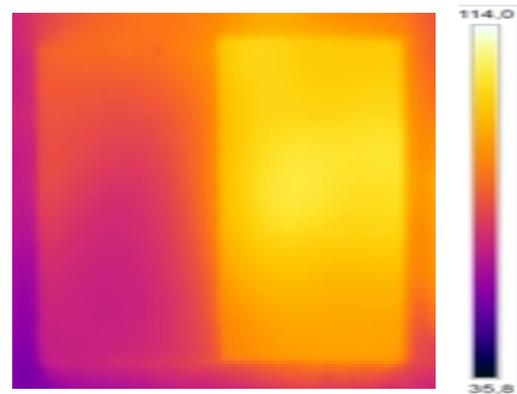


Figura 7 – Immagine termografica del confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra)

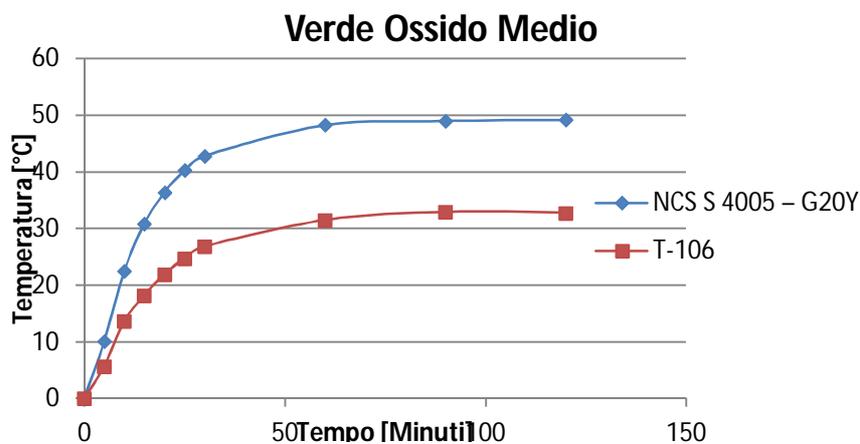


Figura 8 – Grafico di andamento della temperatura nel tempo. Confronto tra pittura con sistema THERM (linea rossa) e pittura tradizionale (linea blu)

### 5.3 Prove termiche sulla tinta T-6 (THERM) e NCS S 1580 – Y90R (TRADIZIONALE)

Nelle figure 9, 10 e 11 sono riportate rispettivamente le fotografie, tradizionale e con termocamera, ed il grafico tempo/temperatura per le tinte nel tono del rosso organico.

I test mostrano, ancora una volta, che la superficie pitturata con le paste coloranti del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” si mantiene ad una temperatura inferiore rispetto a quella pitturata in maniera tradizionale. La temperatura massima raggiunta dalla tinta THERM è di circa 29°C, quella con la pittura tradizionale supera i 47°C.



Figura 9 – Confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra) nella stessa tinta rosso organico

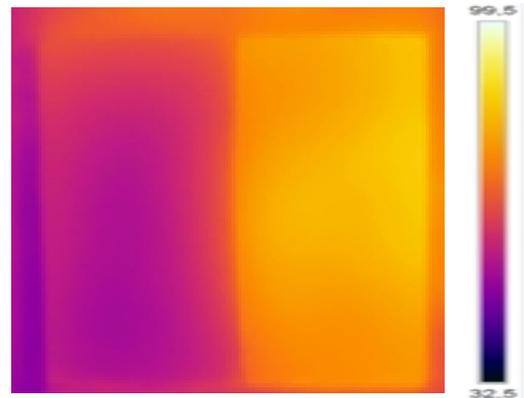


Figura 10 – Immagine termografica del confronto tra pittura con sistema THERM (a sinistra) e pittura tradizionale (a destra)

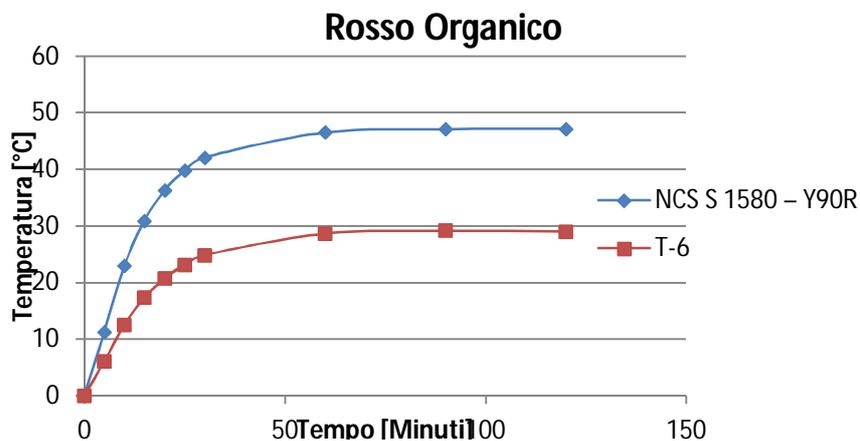


Figura 11 – Grafico di andamento della temperatura nel tempo. Confronto tra pittura con sistema THERM (linea rossa) e pittura tradizionale (linea blu)

## 6 DAL COLORE AL CALORE: i parametri SRI e TSR

Le misure e le fotografie termiche non sono sufficienti, da sole, a spiegare l'efficacia di prestazione di "KELLY COLOR THERM SYSTEM". Per capire meglio le potenzialità del sistema è necessario comprendere come la pittura colorata sia in grado di respingere il calore solare. A tale proposito è necessario ricorrere ai parametri termici che descrivono proprio l'interazione tra la radiazione solare e la superficie del materiale, in particolare:

- l'indice di riflessione solare SRI (solar index reflection)
- la riflettanza solare totale TSR (Total Solar Reflectance)
- l'emissività termica ( $\epsilon$ )
- il fattore di riflessione solare (ed il relativo fattore di assorbimento solare)

### SRI (Indice di riflessione solare - Solar Index Reflection)

È il parametro che coniuga i valori di riflessione solare ed emissività termica ed esprime la capacità di un materiale di respingere il calore solare. È definito in modo tale che per il nero standard SRI=0, e per il bianco standard SRI=100.

I materiali con più elevato valore di SRI consentono di ridurre le temperature delle superfici. In generale vale la regola che: materiali "caldi" assumono valori di SRI prossimi allo zero o addirittura leggermente negativi, mentre materiali "freddi" possono avere valori anche superiori a 100.

L'indice di riflessione solare "SRI" è determinato secondo la formula riportata di seguito (rif. norma ASTM E1980):

$$SRI = 100 \frac{T_b - T_s}{T_b - T_w}$$

dove:

$T_w$  = temperatura stazionaria della superficie standard bianca, espressa in K;

$T_b$  = temperatura stazionaria della superficie standard nera, espressa in K;

$T_s$  = temperatura superficiale stazionaria, espressa in K.

L'indice di riflessione solare "SRI" rappresenta quindi la temperatura stazionaria di una superficie "Ts", dipendente dal fattore di riflessione solare, dall'emissività termica e dal coefficiente di scambio termico convettivo, valutata rispetto a quella del bianco e del nero standard in condizioni ambientali e solari standard.

### TSR (Riflettanza solare totale – Total Solar Reflectance)

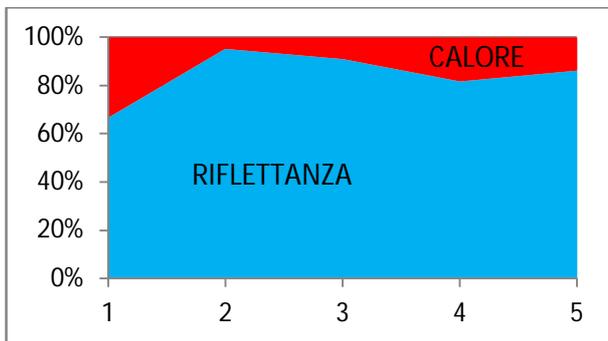
La riflettanza solare totale è la capacità di un materiale di riflettere la radiazione solare incidente; il suo valore varia da 0, per una superficie totalmente assorbente, fino ad 1 (oppure al 100% se espressa in percentuale) per una superficie perfettamente riflettente.

Ad un elevato valore del fattore TSR corrisponde un alto grado di riflessione, mentre un basso valore di TSR indica un alto grado di assorbimento. I pigmenti bianchi, primo tra tutti il biossido di titanio, hanno per loro natura, un fattore TSR più elevato rispetto a tutti gli altri pigmenti colorati.

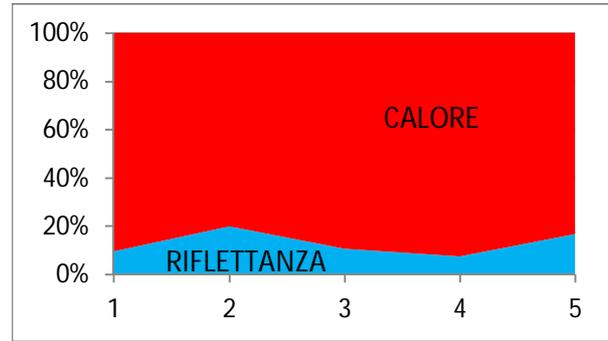
Per contro i pigmenti scuri hanno un fattore TSR molto basso. In generale vale la regola che: quanto maggiore è il fattore di TSR, tanto più efficiente è la riflessione solare.

Il parametro TSR tiene conto dell'intero spettro dell'irraggiamento solare; per questo motivo oltre al valore percentuale di TSR è interessante valutare anche la forma e l'andamento dello spettro UV-VIS-NIR in tutta la sua interezza. Tanto più il profilo dello spettro di riflettanza sarà "alto", tanto migliore sarà il respingimento del calore; per contro quanto più lo spettro sarà "appiattito" verso bassi valori di riflettanza, tanto maggiore sarà il surriscaldamento dovuto al calore.

Profilo TSR con alta riflettanza  
(il calore viene respinto con efficacia)



Profilo TSR con bassa riflettanza  
(il calore si accumula)



**Fattore di riflessione solare (e fattore di assorbimento solare)**

Quando la radiazione solare incide su un materiale trasparente essa viene *trasmessa*, *assorbita* e *riflessa* in funzione delle caratteristiche della radiazione, come la distribuzione spettrale e l'angolo di incidenza, e la natura del materiale stesso.

I coefficienti energetici coinvolti sono:

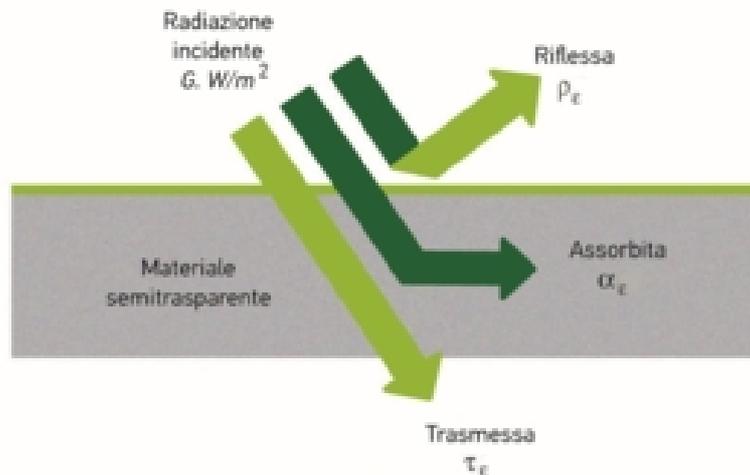
- Coefficiente o fattore di trasmissione solare ( $\tau_\epsilon$ ): è il rapporto tra la radiazione che attraversa il materiale e la radiazione incidente.
- Coefficiente o fattore di riflessione solare ( $\rho_\epsilon$ ): è rapporto tra la radiazione riflessa dal materiale e la radiazione incidente.
- Coefficiente o fattore di assorbimento solare ( $\alpha_\epsilon$ ): è rapporto tra la radiazione assorbita dal materiale e la radiazione incidente.

I tre coefficienti sono correlati tra loro attraverso la relazione:

$$\tau_\epsilon + \rho_\epsilon + \alpha_\epsilon = 1$$

Per i materiali opachi, come sono tipicamente le pitture ed i rivestimenti per facciate, si considera la trasmissione  $\tau_\epsilon=0$ , pertanto rimane:

$$\rho_\epsilon + \alpha_\epsilon = 1$$



**Scomposizione della radiazione incidente:**  
assorbimento, riflessione e trasmissione  
(solo per materiali trasparenti o semitrasparenti)

Figura 12 – Scomposizione della radiazione incidente:  
assorbimento, riflessione e trasmissione (solo per materiali trasparenti o semitrasparenti)

### **Emissività termica ( $\epsilon$ )**

L'emissività di un materiale è una misura della sua capacità di irraggiare energia. Si può definire come il rapporto tra l'energia termica irraggiata dalla superficie del materiale e l'energia irraggiata da un corpo nero che sia alla stessa temperatura. Essa varia tra 0 e 1.

Una superficie dotata di elevata emissività termica possiede la capacità di dissipare efficacemente il calore verso l'ambiente in cui si trova. Al contrario una ridotta emissività termica può limitare gli scambi tra una superficie e l'ambiente circostante. Il controllo dell'emissività termica delle superfici può servire a ridurre il carico termico estivo sugli elementi opachi degli edifici.

In generale i metalli hanno emissività piuttosto bassa e crescente con la temperatura. I materiali diversi dai metalli, come le pitture ed i rivestimenti, hanno emissività relativamente elevata e decrescente al crescere della temperatura.

## 7 LE PRESTAZIONI TERMICHE DI “KELLY COLOR THERM SYSTEM”

Nelle tabelle 2 e 3 sono riportati i parametri termici di riflessione solare “ $\rho_\epsilon$ ” (e assorbimento “ $\alpha_\epsilon$ ”), emissività “ $\epsilon$ ” ed indice di riflessione solare “SRI” rispettivamente della tinta T-141 (THERM) e della tinta NCS S 6020 – Y80R (TRADIZIONALE).

I parametri sono stati determinati in corrispondenza di tre diversi valori per il coefficiente convettivo di scambio termico “ $h_c$ ”:

- $h_c = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  che corrisponde a una velocità dell’aria bassa (da 0 a 2 m/s);
  - $h_c = 12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  che corrisponde a una velocità dell’aria media (da 2 a 6 m/s);
  - $h_c = 30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  che corrisponde a una velocità dell’aria alta (da 6 a 10 m/s);
- e in condizioni ambientali e solari standard definite da:
- flusso solare =  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ;
  - temperatura ambiente dell’aria = 310 K (pari a 37 °C);
  - temperatura del cielo = 300 K (pari a 27 °C).

Le misure sono state effettuate in triplice.

Come si può vedere dal confronto delle tabelle la tinta THERM mantiene, a parità di tono e saturazione del colore, un indice di riflessione solare SRI circa triplo rispetto alla tinta tradizionale  $\text{SRI}_{(\text{THERM})} = 32.7$ ,  $\text{SRI}_{(\text{TRADIZIONALE})} = 10.4$  (valori riferiti al coefficiente convettivo  $h_c = 30 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ). Ciò dimostra che le paste coloranti del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” consentono di realizzare pitture colorate in grado di respingere il calore più efficacemente rispetto a quelle colorate con un sistema tintometrico tradizionale.

Questo andamento è confermato, e chiaramente visibile, anche dagli spettri di riflettanza solare totale TSR (figure 13 e 14) e dallo spettro TSR di sovrapposizione (figura 15). Lo spettro della tinta T-141 (THERM) ha una riflettanza attorno al 60% nella regione dell’infrarosso, mentre il tracciato della tinta tradizionale ha un profilo pressochè piatto (max valore 20%). Semplificando si può affermare che la tinta THERM respinge fino al 60% del calore contro il solo 20% di quella tradizionale.

Provino	Fattore di riflessione solare “ $\rho_\epsilon$ ”	Fattore di assorbimento solare “ $\alpha_\epsilon$ ”	Emissività termica “ $\epsilon$ ”
1	0.295	0.705	0.925
2	0.295	0.705	0.927
3	0.290	0.710	0.922
Indice di riflessione solare “SRI”			
	$h_c = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$h_c = 12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$h_c = 30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1	32.7	33.0	32.9
2	32.8	33.0	33.0
3	31.8	32.1	32.1
<b>Valore medio</b>	<b>32.5</b>	<b>32.7</b>	<b>32.7</b>

Tabella 2 – Dati termici della tinta T-141 (THERM)

Provino	Fattore di riflessione solare “ $\rho_{\epsilon}$ ”	Fattore di assorbimento solare “ $\alpha_{\epsilon}$ ”	Emissività termica “ $\epsilon$ ”
1	0.124	0.876	0.923
2	0.126	0.874	0.924
3	0.122	0.878	0.921
Indice di riflessione solare “SRI”			
	$h_c = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$h_c = 12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$h_c = 30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1	11.1	10.8	10.5
2	11.4	11.1	10.7
3	10.6	10.3	10.0
<b>Valore medio</b>	<b>11.0</b>	<b>10.7</b>	<b>10.4</b>

Tabella 3 – Dati termici della tinta NCS S 6020 – Y80R (TRADIZIONALE)

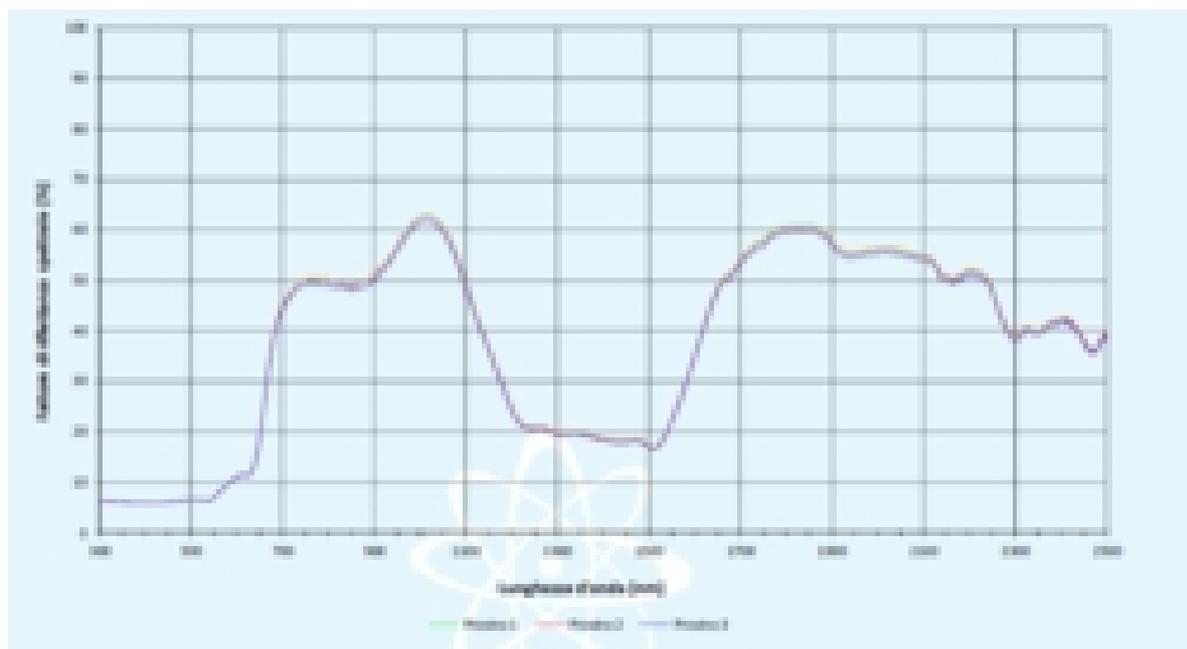


Figura 13 – Spettro TSR della tinta T-141 (THERM)

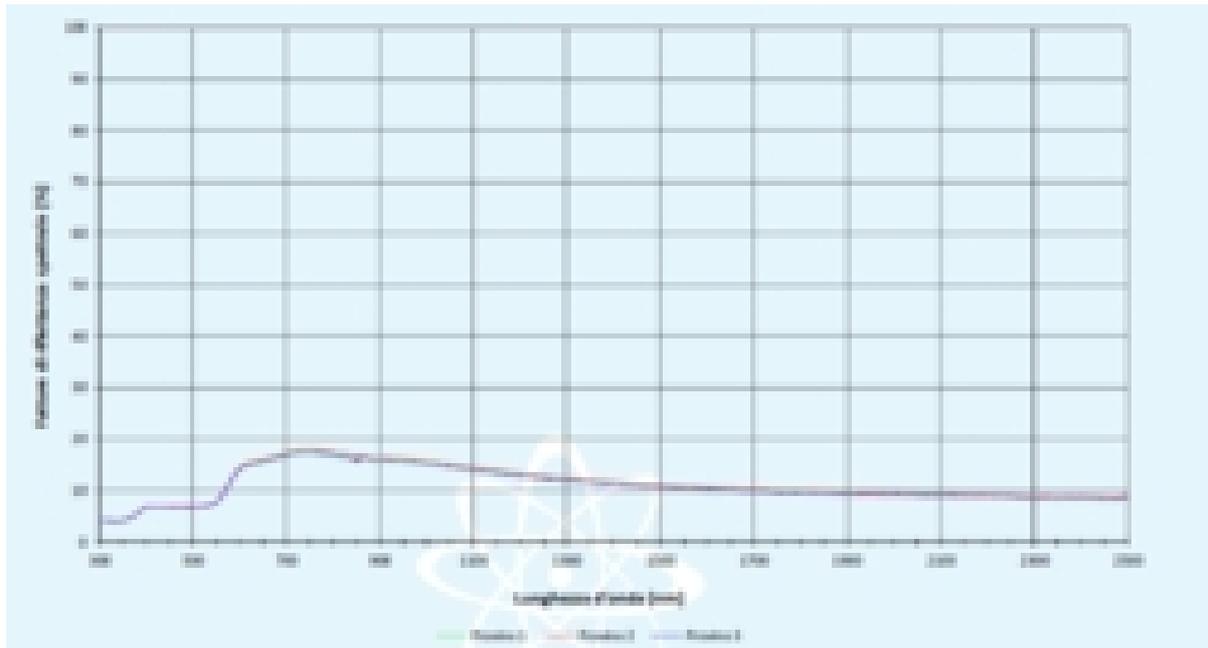


Figura 14 – Spettro TSR della tinta NCS S 6020 – Y80R (TRADIZIONALE)

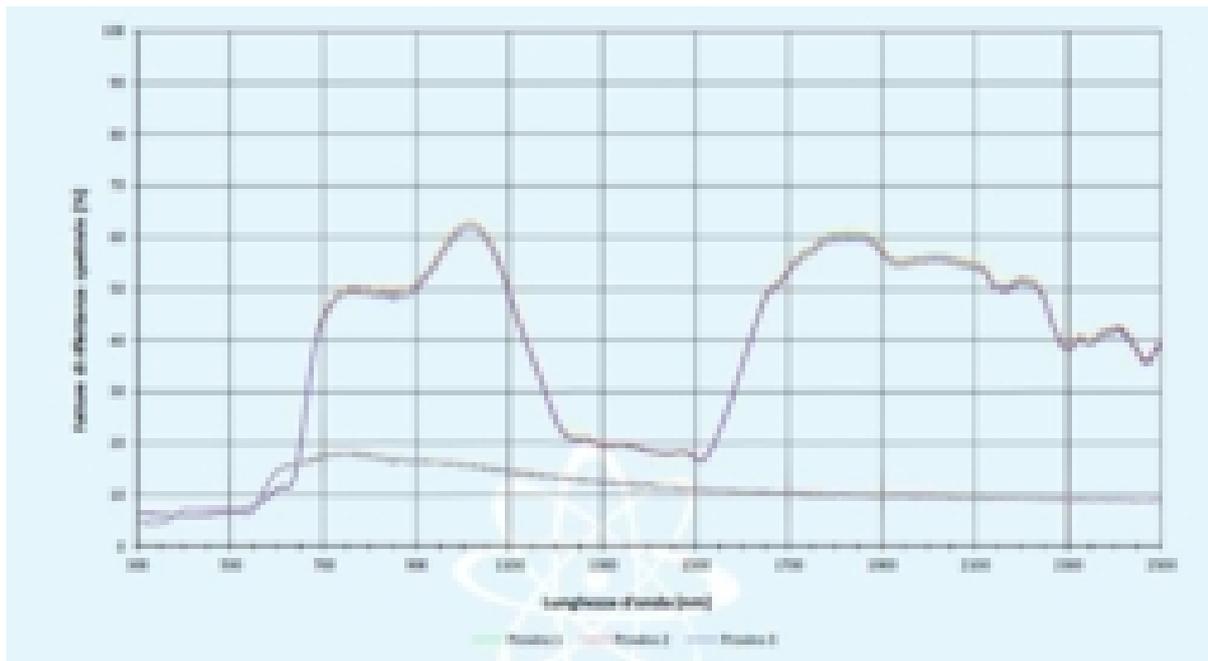


Figura 15 – Spettro TSR di sovrapposizione della tinta THERM e quella TRADIZIONALE

Nella tabella 4 e nel grafico di figura 16 sono riportati i parametri termici ( $\rho_{\epsilon}$ ,  $\alpha_{\epsilon}$ ,  $\epsilon$  e “SRI”) e lo spettro TSR della tinta T-106 (THERM). Pur avendo un tono colore molto scuro ed intenso anche questa tinta ha un indice di riflessione solare piuttosto elevato (SRI attorno a 45) con un profilo di riflettanza che arriva fino al 70%.

Provino	Fattore di riflessione solare "ρ <sub>ε</sub> "	Fattore di assorbimento solare "α <sub>ε</sub> "	Emissività termica "ε"
1	0.401	0.599	0.893
2	0.394	0.606	0.896
3	0.401	0.599	0.893
Indice di riflessione solare "SRI"			
	<i>h<sub>c</sub> = 5 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>	<i>h<sub>c</sub> = 12 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>	<i>h<sub>c</sub> = 30 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>
1	44.6	45.6	46.2
2	43.8	44.7	45.4
3	44.6	45.6	46.2
<b>Valore medio</b>	<b>44.3</b>	<b>45.3</b>	<b>45.9</b>

Tabella 4 – Dati termici della tinta T-106 (THERM)

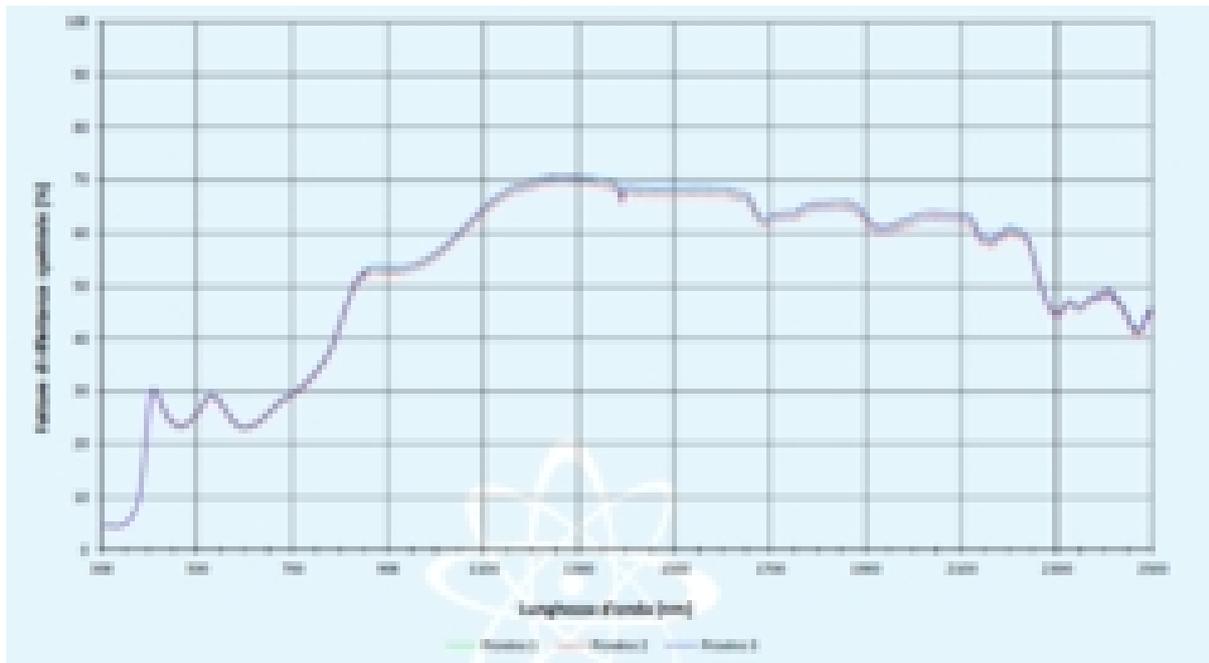


Figura 16 – Spettro TSR della tinta T-106 (THERM)

Nella tabella 5 e nel grafico di figura 17 sono riportati i parametri termici ed il grafico TSR della tinta T-6 (THERM). Anche in questo caso i dati termici indicano che la tinta, pur avendo un tono colore acceso ed intenso, ha un indice di riflessione solare piuttosto elevato (SRI attorno a 38.) con un profilo di riflettanza che arriva fino al 60%

Provino	Fattore di riflessione solare "ρ <sub>ε</sub> "	Fattore di assorbimento solare "α <sub>ε</sub> "	Emissività termica "ε"
1	0.339	0.661	0.914
2	0.350	0.650	0.918
3	0.347	0.653	0.908
<b>Indice di riflessione solare "SRI"</b>			
	<i>h<sub>c</sub> = 5 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>	<i>h<sub>c</sub> = 12 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>	<i>h<sub>c</sub> = 30 W/(m<sup>2</sup> · K)</i>
1	37.6	38.1	38.4
2	39.4	39.8	40.0
3	38.2	38.9	39.3
<b>Valore medio</b>	<b>38.4</b>	<b>38.9</b>	<b>39.2</b>

Tabella 5 – Dati termici della tinta T-6 (THERM)

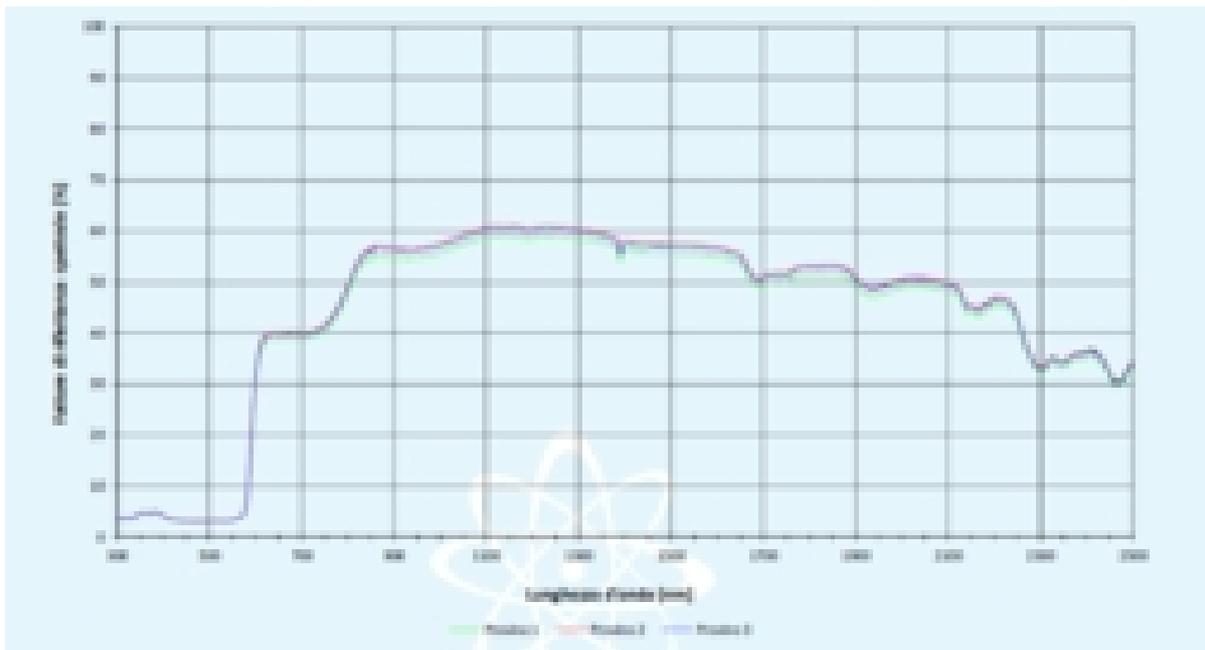


Figura 17 – Spettro TSR della tinta T-6 (THERM)

## 8 LA RESISTENZA ALLA LUCE DI "THERM TINTING SISTEM"

Le tinte scure, oltre alla problematica del surriscaldamento, risentono, rispetto a quelle chiare, di un maggiore e più rapido deterioramento nei confronti degli agenti atmosferici. In altre parole quanto più scuro è il colore di una facciata o di una copertura, tanto più evidenti sono i segni dell'usura. Questo degrado si manifesta tipicamente con:

- alterazione del tono colore delle tinte (che tendono a schiarire);
- formazione di fessurazioni e deformazioni dovute alle maggiori sollecitazioni meccaniche ed agli sbalzi termici cui le tinte scure sono soggette;
- sfarinamento delle superfici causato dal deterioramento del legante polimerico.

Si può quindi affermare che i fattori che influenzano la stabilità del colore sono: le condizioni di esposizione agli agenti atmosferici (cicli di sole, pioggia, condense, agenti inquinanti, ecc...) e la tipologia dei materiali utilizzati.

Ovviamente sulle condizioni ambientali non è possibile intervenire ed anzi, visti gli stravolgimenti climatici a cui si sta andando incontro, esse saranno sempre più aggressive e determinanti. Molto si può invece fare sul fronte dei materiali. In questo senso il sistema tintometrico “KELLY COLOR THERM SYSTEM” offre un importante contributo tecnologico per limitare e/o rallentare il naturale processo di invecchiamento delle superfici scure.

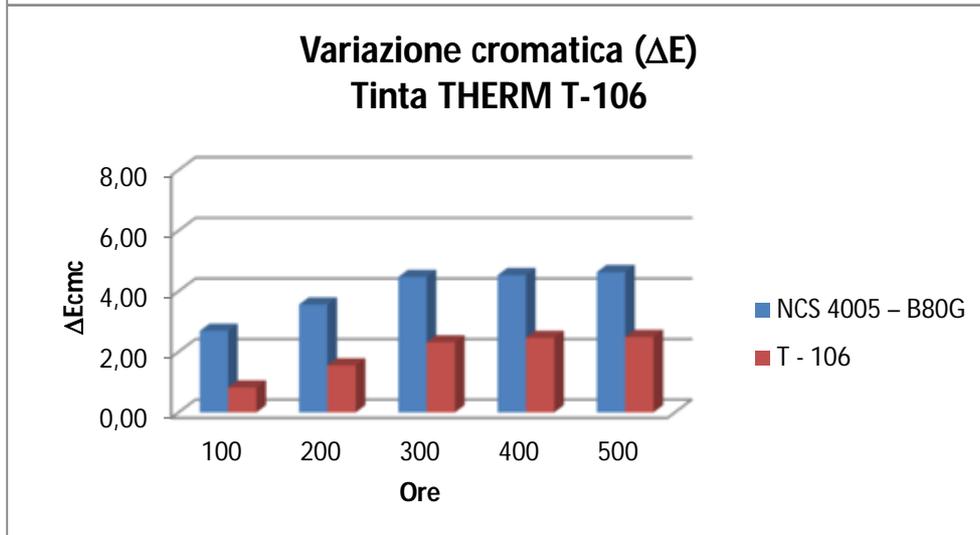
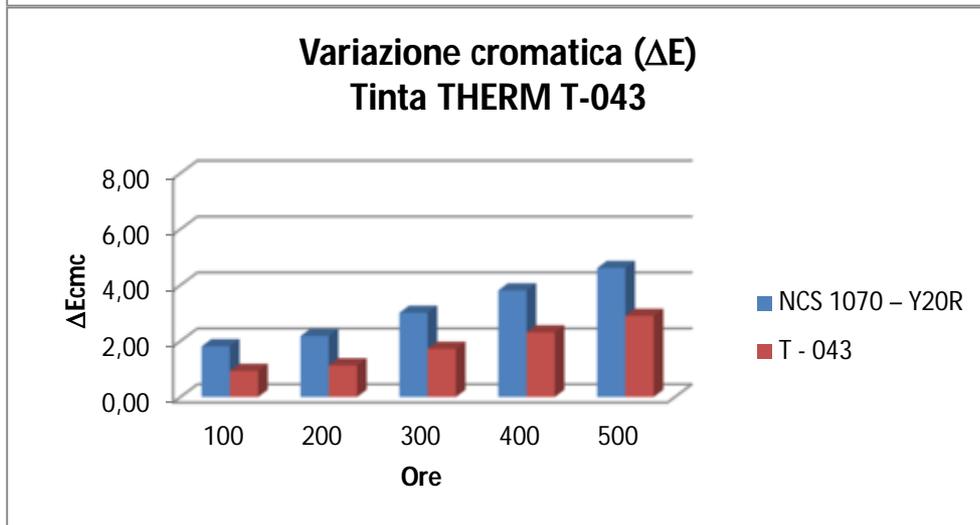
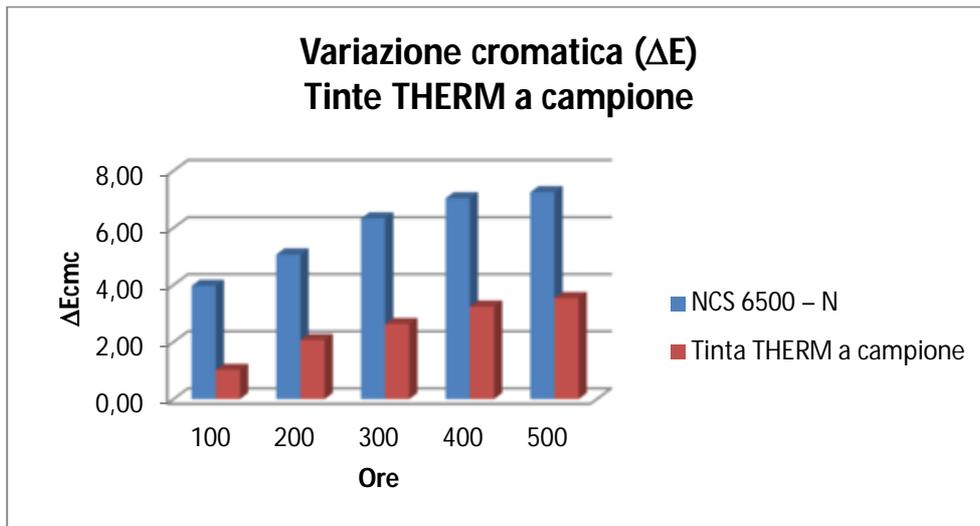
A tale proposito si riportano, di seguito, i confronti tra alcune pitture per facciate aventi la stessa formulazione (a base di emulsione stirolo-acrilica) e colorazioni differenti. Per ogni colorazione è stata preparata la tinta nella versione con paste di pigmento tradizionali (a base di pigmenti inorganici ed ossidi di ferro) e quella con le paste del sistema THERM. In particolare sono state esaminate:

TINTA TRADIZIONALE	TINTA THERM
NCS 1070 – Y20R (tinta giallo-arancio a base di: bismuto vanadato, giallo ossido di ferro e rosso ossido di ferro)	T-043
NCS 4005 – B80G (tinta verde ossido medio a base di: nero ossido di ferro, verde ossido di ferro e blu cobalto)	T-106
NCS 6500 – N (tinta grigia a base di nero ossido di ferro)	Tinta THERM (a campione)

Tutte le pitture sono state esposte a cicli di invecchiamento accelerato in simulatore ambientale Solarbox (Xenon test con lampada 1500 W/m<sup>2</sup>) per un tempo di 500 ore. Ad intervalli regolari di irraggiamento sono state effettuate delle letture di variazione cromatica utilizzando come parametro di confronto, il valore di  $\Delta E_{CMC}(l:c)$  definito come:

$$\Delta E_{CMC}(l:c) = \{[\Delta L/(l SL)]^2 + [\Delta C/(c SC)]^2 + (\Delta H/SH)^2\}^{1/2}$$

	$\Delta E_{cmc}$ (ore esposizione)				
	100	200	300	400	500
NCS 6500 – N	3,97	5,07	6,33	7,04	7,25
Tinta THERM a campione	1,02	2,07	2,63	3,24	3,54
NCS 1070 – Y20R	1,81	2,18	3,01	3,81	4,61
T - 043	0,93	1,13	1,72	2,31	2,90
NCS 4005 – B80G	2,69	3,56	4,47	4,53	4,63
T - 106	0,82	1,55	2,31	2,46	2,49



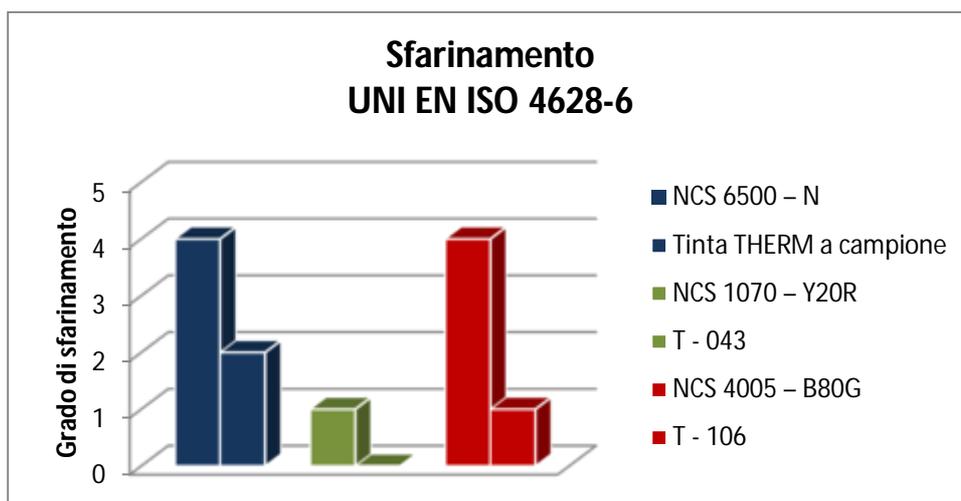
Le pitture colorate con pigmenti tradizionali a base di pigmenti inorganici (principalmente ossidi di ferro) hanno dimostrato variazioni cromatiche piuttosto evidenti ( $\Delta E_{cmc}$  tra 4 e 7) dopo 500 ore di esposizione al simulatore ambientale. In particolare le tinte tendono sempre a schiarire. Al contrario le pitture

contenenti Le paste della linea THERM hanno dimostrato un degrado decisamente inferiore ( $\Delta E_{CMC}$  tra 2 e 3.5).

Oltre allo scolorimento della tinta, si osserva che le pitture tradizionali hanno un elevato grado di sfarinamento. Toccando i provini con la mano, le superfici spolverano sporcando le dita. Ciò significa che il polimero si deteriora e non è più in grado di legare le componenti (cariche e pigmenti) che vengono quindi liberate. Al contrario, le pitture contenenti le paste della linea THERM hanno un grado di sfarinamento molto leggero del tutto accettabile dopo prolungata esposizione nel simulatore.

<b>SFARINAMENTO (UNI EN ISOM 4628-6)</b>	
<b>NCS 6500 – N</b>	4
<b>Tinta THERM a campione</b>	2
<b>NCS 1070 – Y20R</b>	1
<b>T - 043</b>	0
<b>NCS 4005 – B80G</b>	4
<b>T - 106</b>	1

Scala di valutazione (UNI EN ISO 4628-6): 1= nessuno sfarinamento; 5= massimo sfarinamento.



Considerando che il deterioramento avviene sia sulla componente del colore (scolorimento della tinta) che sul legante polimerico (sfarinamento), e considerando la natura chimica dei materiali utilizzati, emulsione stirolo-acrilica e pigmenti inorganici a base di ossidi di ferro, si può ipotizzare che il degrado sia da imputare prevalentemente al surriscaldamento delle superfici. La radiazione solare emessa dal simulatore Solarbox è costituita, proprio come la luce solare reale, dalle componenti ultravioletta (UV), visibile (Vis) ed infrarossa (IR). Quest'ultima sembra avere un effetto dominante sul degrado rispetto alle altre.

Le paste coloranti THERM sono quindi in grado di limitare il surriscaldamento della superficie sollecitando meno il legante polimerico. Ciò si traduce in un aumento della durabilità e della resistenza all'esterno delle pitture colorate.

## 9 CONCLUSIONI

Il sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” consente di ottenere rivestimenti a spessore e pitture colorate, anche nelle tinte più scure, che riducono l’assorbimento del calore solare. In questo modo la temperatura delle superfici, siano esse facciate o coperture, si mantiene più bassa ed il calore accumulato viene ad essere rilasciato più facilmente rispetto alle pitture colorate con sistemi tintometrici tradizionali. Ciò permette di avere edifici che sono più rinfrescati di quelli tradizionali nel periodo estivo migliorando il confort abitativo e riducendo il consumo energetico per il minor utilizzo degli impianti di condizionamento. Il minore assorbimento di calore consente inoltre di migliorare la durabilità delle facciate e delle coperture in quanto non più sollecitate dagli eccessivi sbalzi termici tipici delle pitture di colore scuro.

L’elemento principale di “KELLY COLOR THERM SYSTEM” è rappresentato dalle paste concentrate di pigmento che sono state sviluppate a partire da pigmenti cosiddetti COOL, ovvero capaci di riflettere parte delle lunghezze d’onda della radiazione solare, in particolare quelle presenti nella regione dell’infrarosso. E’ proprio la riflessione di queste radiazioni che diminuisce l’assorbimento del calore mantenendo più freddo tutto l’edificio.

Il vantaggio nell’utilizzo del sistema “KELLY COLOR THERM SYSTEM” è dimostrato dalle prove e dalle misure termiche effettuate sulle pitture colorate preparate con il sistema. Per le tinte più scure tra le pitture colorate con il sistema THERM e quelle colorate con sistemi tintometrici tradizionali si ha una differenza di temperatura mediamente attorno ai 15°C. Inoltre, a parità di tono e saturazione del colore, le tinte del sistema THERM hanno indici di riflessione solare (SRI) nettamente superiori a quelli delle tinte tradizionali. Ciò significa che esse sono in grado di respingere il calore più efficacemente rispetto a quelle colorate in maniera tradizionale.