

Termografia attiva su campioni inerti

V. Redaelli, N. Ludwig, S. Caglio, M. Gargano, M. Monzani

Dall'esperienza precedente si è visto come, riscaldando un campione, si possa mettere in relazione l'aumento di temperatura con il suo contenuto d'acqua. Si è voluto applicare il metodo termografico attivo a materiali inerti, in cui però l'effetto dell'evaporazione sulla curva di aumento della temperatura non è trascurabile come nel caso dei legni; per eliminare l'effetto di riflessione della radiazione della lampada da parte degli oggetti in esame, senza dover ricorrere alla schermatura manuale, abbiamo provveduto ad una modifica dell'apparato sperimentale.

I.1.1. Procedura sperimentale

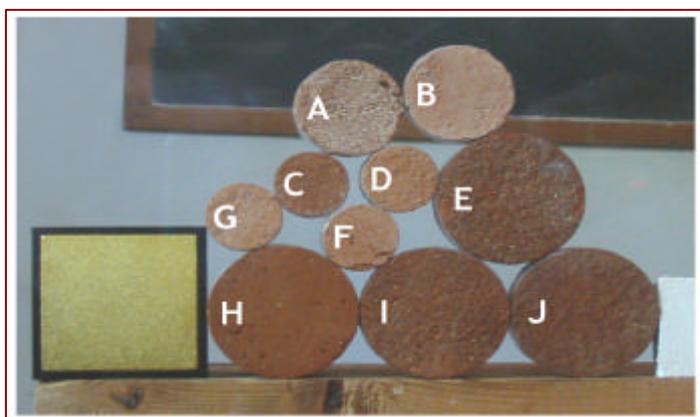


Figura I.2.a Fotografia dei campioni esaminati.

Sulla sinistra si può notare lo standard di riflettanza

essa da un vetro di 3 mm di spessore per eliminare la radiazione che, riflessa, disturberebbe l'analisi; per l'acquisizione delle immagini è stata infatti utilizzata la termocamera longwave¹ sensibile nell'intervallo 8 – 14 μm e la lastra di vetro ha la proprietà, direttamente verificata, di eliminare la radiazione superiore ai 5 μm . Per un'ulteriore verifica dell'effettiva validità del metodo, è stato posto, vicino ai campioni, uno standard di riflettanza nota certificata. Le immagini sono state acquisite ogni 30 secondi per un totale di 40 minuti di riscaldamento.

In tabella vengono riportati i pesi ed i relativi valori di W per i campioni.

Oggetto d'esame sono stati 10 campioni di materiale inerte precedentemente imbibiti secondo tempi differenti per immersione in acqua distillata; tali campioni sono stati pesati prima e dopo l'operazione di imbibizione così da ottenere, come nel caso dei legni, le percentuali di contenuto d'acqua (W). Al fine di ridurre la superficie d'evaporazione e rendere più precise le misure, ogni campione è stato rivestito, tranne che per il lato utile all'indagine, con un film protettivo. I campioni sono stati posti alla distanza di 70 cm dalla lampada e separati da

Campioni	Peso Secco (g)	Peso Umido (g)	W (%)
A	18.8274	21.174	12.46%
B	20.1751	21.518	6.66%
C	10.491	11.897	13.40%
D	10.6578	11.545	8.32%
E	64.728	75.916	17.28%
F	13.9269	15.008	7.76%
G	10.8691	10.927	0.53%
H	91.9027	107.822	17.32%
I	65.0706	75.143	15.48%
J	64.0624	71.946	12.31%

¹ Termocamera longwave (range: 8 - 14 μm)

Per la determinazione del coefficiente di emissività $\epsilon(W)$ utile alla successiva correzione dei coefficienti angolari m (§ I.1.2) sono state eseguite riprese in riflessione, sugli stessi campioni, senza l'ausilio del vetro.

Condizioni Sperimentali:	Temperatura ambiente: 23.5°C	Umidità relativa: 35.4%
---------------------------------	------------------------------	-------------------------

I.1.2. Analisi dati

Dalla sequenza di immagini acquisite e con la prima delle equazioni **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, abbiamo estratto le temperature con le quali si sono tracciate le rette di riscaldamento (§ grafico allegato) in funzione della radice del tempo; da queste è stato poi ricavato il coefficiente angolare m tramite regressione lineare.

Per poter ricavare i coefficienti e_u per i campioni imbibiti si è proceduto come segue: dalle immagini in riflessione si è calcolato, per confronto con lo standard ($r = 1$), il coefficiente di riflettanza (r_s) per ogni campione secco; ricordando che r (riflettanza) è definito come rapporto tra energia riflessa ed energia incidente

$$r = \frac{E_R}{E_I} \quad (2.1)$$

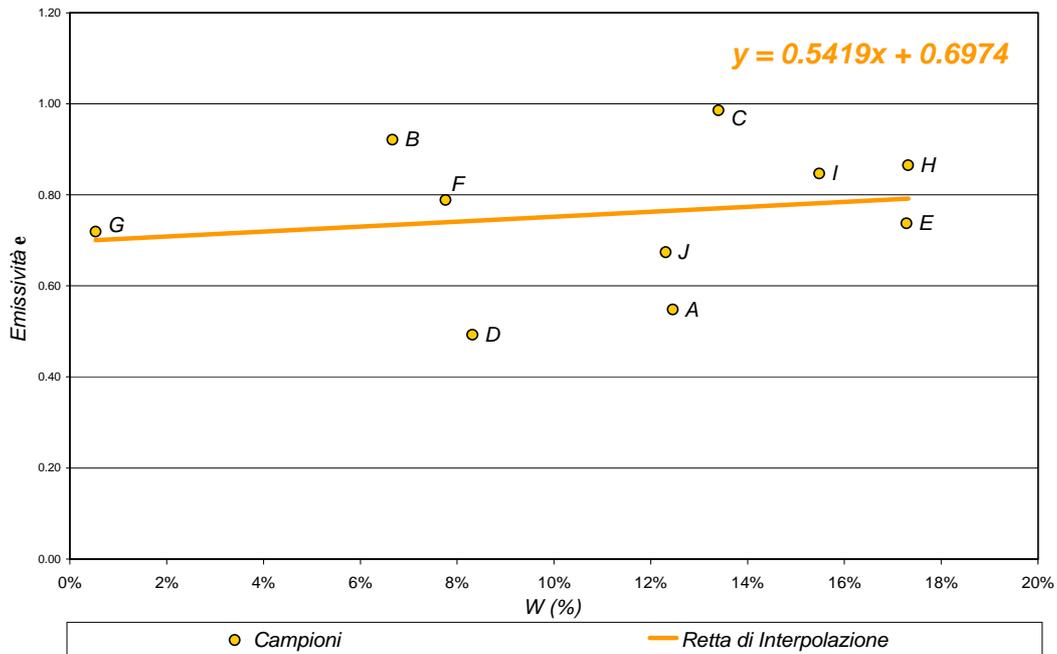
si può in prima approssimazione supporre che la presenza dell'acqua all'interno del campione riduca il valore di riflettanza di un fattore proporzionale alla percentuale di imbibizione essendo parte della radiazione, prima riflessa, ora assorbita dall'acqua.

La relazione che descrive tale decremento è:

$$r_u = r_s - e_w W \quad (2.2)$$

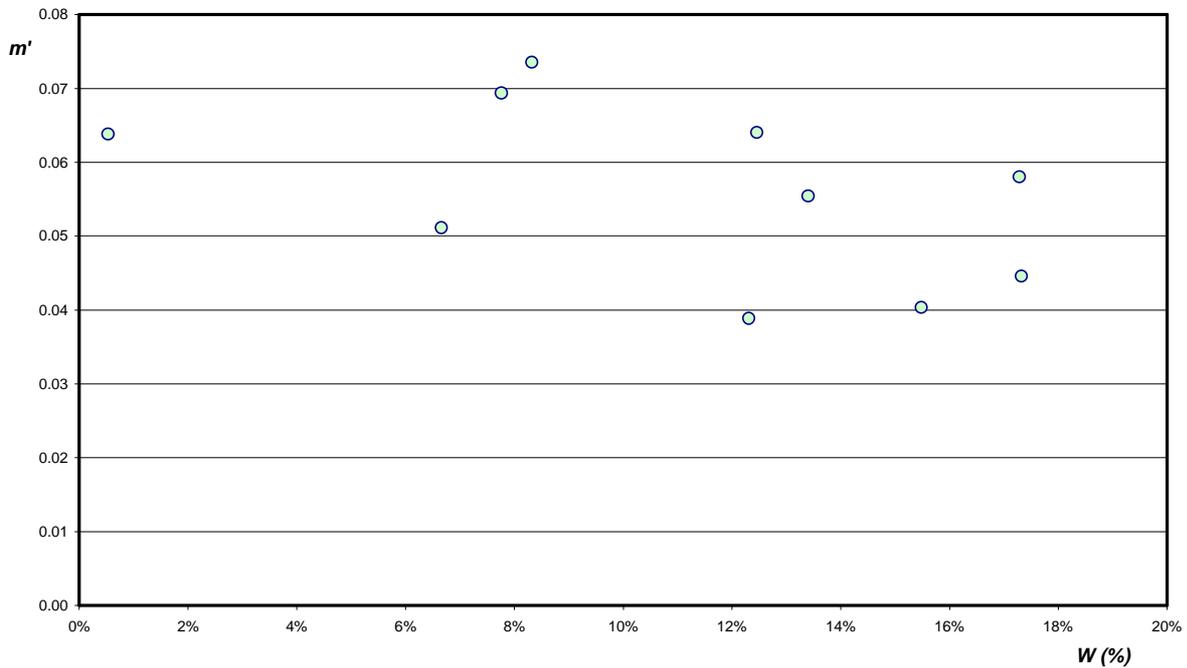
a questo punto il valore di e_u si ricava come complemento a 1 di r_u .

Il grafico successivo mostra l'andamento sperimentale di $e_u(W)$ e la retta di regressione ricavata da tali dati.



La distribuzione dei coefficienti m , corretti in m' secondo la **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è qui di seguito riportato.

Distribuzione sperimentale dei coefficienti angolari delle rette di riscaldamento



Si noti come tale distribuzione non segua l'andamento teorico atteso, fatto che si ripercuote sulla disposizione delle rette di riscaldamento (§ grafico allegato).

In 40 minuti il riscaldamento massimo è di circa 2.5 °C, intervallo che risulta essere esiguo per una corretta valutazione dell'incremento termico in relazione alla sensibilità della termocamera; questo si può inoltre notare dalla presenza di "andamenti orizzontali" nei dati sperimentali.

Nella parte finale delle curve possiamo osservare una diminuzione della crescita della temperatura; ciò comporta un aumento d'errore nel tentativo di linearizzare l'andamento sperimentale. Tale decremento potrebbe essere dovuto ad un aumento dell'evaporazione da parte della superficie libera in relazione al riscaldamento forzato.

I.1.3. Conclusioni

In base alle problematiche sopra rilevate non è stato possibile verificare l'applicabilità del metodo sui campioni in esame; è stata inoltre confermata l'idea di tagliare la radiazione incidente sul materiale per eliminare completamente i problemi di riflessione, anche se l'utilizzo di un comune vetro ha limitato eccessivamente il riscaldamento. Sarebbe opportuno, quindi, ripetere quanto fatto utilizzando un filtro che escluda la sola banda 8 – 14 μm .