

CertiMaC
soc.cons. a r.l.
Via Granarolo, 62
48018 Faenza RA
Italy
tel. +39 0546 670363
fax +39 0546 670399
www.certimac.it
info@certimac.it

R.I. RA,
partita iva e
codice fiscale
02200460398
R.E.A. RA
180280
capitale sociale
€ 84.000
interamente versato

Sperimentazione eseguita

P.I. Germano Pederzoli



Redatto

Dott. Marco Marsigli



Approvato

Ing. Luca Laghi



RAPPORTO DI PROVA

120215-R-4012

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA PERMEABILITA' AL VAPORE D'ACQUA (NORMA UNI EN ISO 7783) DI UN RASANTE A BASE SUGHERO DENOMINATO "SUBER" DELLA DITTA "PDG S.N.C. DI PICA NICOLA & C.", STABILIMENTO DI PONTE (BN).

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 30/05/2014

COMMITTENTE: PDG S.n.C. di Pica Nicola & C.

STABILIMENTO: Contrada Piana, Zona Industriale – 82030 Ponte (BN)

TIPO DI PRODOTTO: Intonaco a base di leganti organici

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN ISO 7783

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: 06/05/2014

DATA ESECUZIONE PROVE: Maggio 2014

PROVE ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

Revisione -	Il presente Rapporto di Prova è composto da n. 9 pagine		Pagina 1 di 9
Classificazione:	Prog. CNT	Ris. III	Arch. +5

1. Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- *determinazione della permeabilità al vapore d'acqua,*

effettuata su una tipologia di prodotto denominato "Suber" inviata al laboratorio CertiMaC di Faenza dalla Ditta "PDG S.n.C. di Pica Nicola & C", stabilimento di Ponte (BN) (Rif. 2-a, 2-b).

La prova è stata effettuata in accordo con le norme riportate nei Rif. 2-c, 2-d.

2. Riferimenti

- a. Preventivo: prot. 14115/lab del 28/04/2014.
- b. Conferma d'ordine: e-mail del 29/04/2014.
- c. Norma UNI EN ISO 7783:2012. Pitture e Vernici. Determinazione delle Proprietà di Trasmissione del Vapore Acqueo.
- d. Norma UNI EN ISO 12572:2006. Prestazione igrometrica dei materiali e dei prodotti per edilizia. Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore d'acqua.

3. Oggetto della prova

La prova è stata eseguita su un intonaco a base di leganti organici fatto pervenire in laboratorio sotto forma di:

- *campioni di sezione circolare di diametro 160 mm e spessore pari a quello tipico del "Suber" allo stato di applicazione in opera (2.5 mm circa).*

La prova è stata eseguita su 3 campioni realizzati dal Committente ed inviati presso il Laboratorio CertiMaC al termine del periodo di stagionatura (Figura 1).



Figura 1. Esempio di campione tal quale realizzato dal Committente e successivamente sottoposto a prova.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

4. Apparato di Prova

Le prove di determinazione della permeabilità al vapore d'acqua, realizzate ai sensi delle Norme ai Rif. 2-c, Rif. 2-d, sono state realizzate tramite un'attrezzatura opportunamente costruita secondo le indicazioni delle stesse norme ed il cui schema è riportato in Fig. 2. Di seguito, in Fig. 3, si riporta invece l'attrezzatura realmente utilizzata.

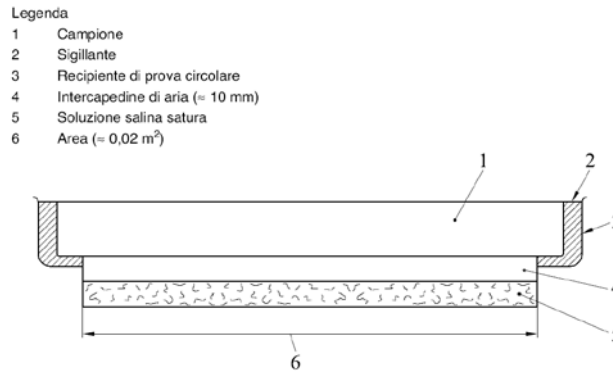


Figura 2. Schema attrezzatura di prova (Rif. 2-c, Rif. 2-d).



Figura 3. Attrezzatura di prova in dotazione al laboratorio, realizzata in PVC.

L'attrezzatura così realizzata rispetta i requisiti richiesti e presenta le seguenti caratteristiche:

- Superficie di scambio: $\approx 0.018 \text{ m}^2$, da cui segue un diametro di circa 152 mm;
- Vano inferiore per l'alloggiamento della soluzione satura salina di KNO_3 necessaria, come si vedrà, per garantire le condizioni di umidità relativa all'interno;
- Intercapedine di 15 ± 5 mm tra la superficie inferiore del campione e il pelo libero della soluzione;
- Vano superiore porta campione con dimensione tale da ospitare provini di sezione circolare e spessore rappresentativo del prodotto da analizzare.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

5. Esecuzione della prova e descrizione dei risultati

5.1. Determinazione della permeabilità al vapore acqueo

La prova è stata eseguita nel pieno rispetto della norma 2-c, 2-d che fissa i metodi per determinare la permeabilità al vapore d'acqua di prodotti edilizi in condizioni di flusso stazionario per condizioni di umidità relativa fissata e costante. Quest'ultima condizione viene garantita grazie all'utilizzo di una soluzione salina satura di KNO_3 (Nitrato di Potassio) che alla temperatura di 20°C garantisce un livello di umidità relativa pari al 93.2%. I contenitori con all'interno i provini opportunamente sigillati lungo il perimetro circolare, vengono posti in un ambiente a temperatura controllata ($20^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ e $50 \pm 5\%$ u.r.) ove la tensione di vapore dell'acqua è mantenuta ad un valore diverso da quella all'interno dei contenitori in modo da garantire la presenza di un gradiente di pressione di vapore tale da innescare i fenomeni di diffusione secondo i criteri dettati dalle *Leggi di Fick*.

Il flusso di vapore, indicato con $\Delta m'$ (kg/s), viene valutato in condizioni di stazionarietà e monodimensionalità a partire dalla variazione di massa dell'insieme contenitore-campione-soluzione. Nello specifico, per incrementare il flusso di vapore e facilitare così il fenomeno di diffusione, si è scelto di fissare le condizioni di umidità esterne al campione con una soluzione satura di LiCl, come esposto nella norma al Rif. 2-d, la quale ha consentito di garantire un'umidità relativa costante a 20°C e pari al 11% nominale (29.9% circa all'equilibrio termico).

Questo processo ripetuto nel tempo ad intervalli di tempo opportuni consente di determinare il raggiungimento della condizione di variazione lineare della massa, visualizzabile graficamente mettendo in relazione la massa e il tempo, quando i punti successivi si dispongono appunto su di una linea retta (Cfr. Fig. 5). Da tale correlazione è possibile pervenire al valore di G, pendenza della retta valutata trascurando la fase iniziale relativa al transitorio.

Il valore di flusso è propedeutico per la determinazione della Permeanza Igroscopica al Vapore acqueo W (1) e del coefficiente di permeabilità al vapore μ (2):

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p_v} \quad (1)$$

dove:

- W = Permeanza Igroscopica ($\text{kg/m}^2 \text{ Pa s}$);
- G = Flusso di Vapore acqueo (kg/s);
- A = Superficie di scambio effettiva legata al diametro dell'attrezzatura e $\approx 0.015 \text{ m}^2$;
- Δp_v = Differenza di tensione di vapore dell'acqua tra l'aria nell'ambiente controllato e la soluzione salina interna (Pa);

Da cui:

$$\mu = \frac{\delta_a}{W \cdot d} \quad (2)$$

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

dove:

- μ = Coefficiente di permeabilità al vapore (-);
- δ_a = Permeabilità Igroscopica dell'aria valutata con la relazione di Schirmer (kg/m s Pa);
- d = Spessore medio del provino (m);



Figura 4. Ambiente di Prova condizionato.

La configurazione di prova con substrato + coating rende necessaria la misura dello spessore del coating in via meccanica mediante sistema a tastatore con risoluzione di lettura pari a $\pm 5 \mu\text{m}$. Dalle rilevazioni fatte sui tre campioni risultano gli spessori riportati in Tab. 1.

La coesistenza di un substrato ricoperto dal coating fa sì che debba necessariamente post-elaborare il dato di flusso di vapore ottenuto in fase di analisi per estrapolare il contributo legato al solo coating.

Si determina pertanto il valore V (rateo di trasmissione di Vapore – $(\text{g}/\text{m}^2 \text{ d})$) a partire dallo stesso relativo al solo substrato ed all'insieme substrato + coating). Tale parametro è alla base della determinazione dello spessore d'aria equivalente s_d (m) e del fattore di resistenza al vapore acqua μ (-).

5.2. Dati di input e condizioni al Contorno

In Tab. 1 si riportano le masse iniziali registrate al tempo 0 in assenza di sigillante per i tre provini analizzati e inseriti nell'attrezzatura e si evidenzia il provino n. 1 per il quale sono riportate, a titolo di esempio, i risultati ottenuti e le seguenti elaborazioni:

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

Campione	Massa Sistema M_0 (kg)	Spessore del Coating (μm)
1	0.8189	2325
2	0.8611	2285
3	0.8455	2312

Tabella 1. Misura della massa iniziale M_0 del sistema (kg)

Si riportano inoltre le condizioni medie ambientali al contorno durante il corso di tutta la prova in termini di temperatura ed umidità relativa:

- Temperatura media interna (Rif. Sistema Fig. 4): **25.4 °C**;
- Temperatura media esterna (Rif. Laboratorio): **20 ± 2 °C**;
- Umidità relativa interna: **93.2%** - assunta pari al valor nominale garantito dalla soluzione satura di KNO_3 poiché lo spazio interno al campione è di dimensioni ridottissime rispetto alla quantità di soluzione presente e tale quindi da garantire il livello di umidità previsto;
- Umidità relativa esterna al campione (Rif. Sistema Fig. 4): **29.9%** - valore medio rilevato lungo la prova).

Le prove realizzate sui campioni di Fig. 1 hanno restituito i seguenti risultati (Tab. 2 e Fig. 5 – relativi, a titolo di esempio, al solo provino 1):

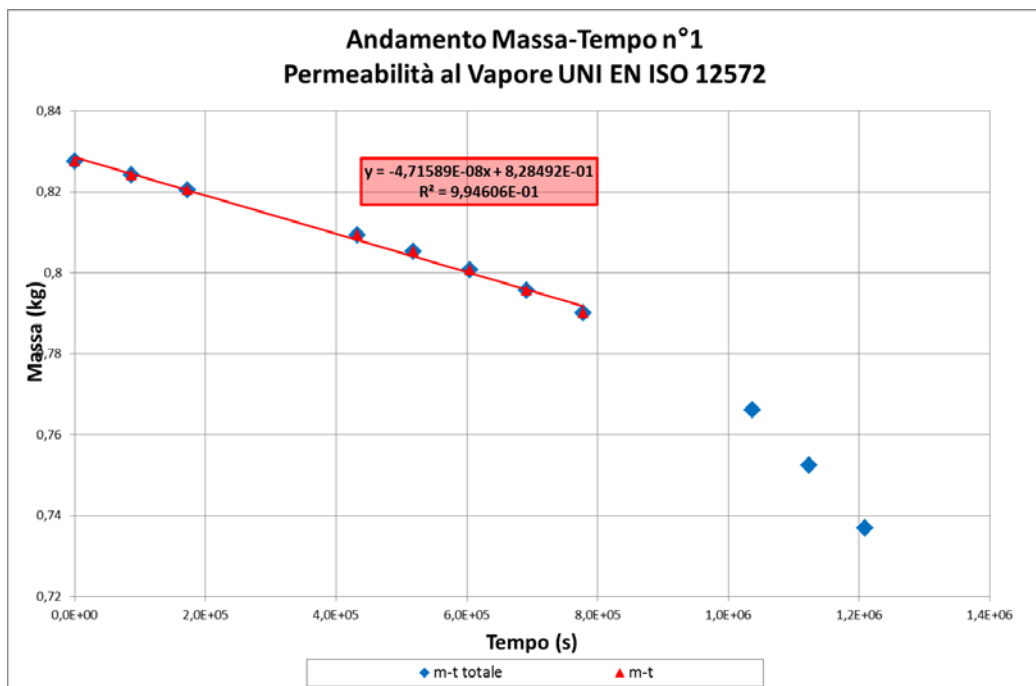


Figura 5. Correlazione Massa-Tempo al termine della Prova.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

Dai risultati ottenuti si può constatare come non si sia verificato un transitorio iniziale con variazione non lineare della massa e perciò tutti i punti sono stati considerati ai fini della determinazione *empirica* del parametro G.

Tempo (h)	Tempo (s)	Massa Campione (kg)
CAMPIONE		N° 1
0	0	0.8276
24	86400	0.8242
48	172800	0.8204
120	432000	0.8093
144	518400	0.8052
168	604800	0.8007
192	691200	0.7956
216	777600	0.7901
288	1036800	0.7664
312	1123200	0.7525
336	1209600	0.7369

Tabella 2. Dati di perdita in massa relativi al Campione 1.

Dai valori misurati (Cfr. Tab. 2 e Figg. 4-5) si possono elaborare i dati ai sensi delle relazioni (1) e (2) al fine di determinare il coefficiente di permeabilità al vapore μ (Tab. 3):

	CAMPIONE			VALORE MEDIO
	1	2	3	
V (g/m ² d)	2.637E02	2.532E02	1.983E02	
S _d (m)	0.108	0.113	0.144	
μ	46.6	49.4	48.4	48.1

Tabella 3. Valori di Permeabilità al Vapore.

I valori presenti in tabella 3 sono stati preventivamente corretti, così come richiesto dalla norma al Rif. 2-c, per tenere conto di alcuni aspetti, descritti nella successiva appendice A e legati alla presenza del bordo schermato.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 7 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

6. Conclusioni

Dalla sperimentazione fatta si dichiara che il valore del coefficiente di permeabilità al vapore d'acqua medio μ risulta pari a **48.1**.

7. Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	PDG S.n.C. di Pica Nicola & C.	1 copia

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 8 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

APPENDICE A

All'Appendice F della Norma di cui al Rif. 2-d, viene presentata una correzione da apportare al parametro g , densità di flusso di vapore ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$), per tener conto dell'effetto del *bordo schermato del provino*, ossia della situazione tale per cui il diametro del provino è maggiore del diametro dell'attrezzatura di prova.

In tal caso, il *bordo schermato* funge da percorso preferenziale per il vapore nel caso di flusso bidimensionale. Considerando di operare in condizioni, per ipotesi, monodimensionali, l'obiettivo è pertanto di incrementare, correggendolo, il flusso di vapore che attraversa il campione in modo da tener conto anche della quota parte che attraversa il bordo schermato. Di seguito si riporta, a titolo di esempio, la relazione utilizzata per determinare g_{me} , flusso di vapore corretto (Cfr. F.1) e la correlazione grafica fornita dalla norma per pervenire allo stesso parametro (Cfr. Fig. 6)

$$\frac{g_{me}}{g} = 1 + \frac{4 \cdot d}{\pi \cdot S} \cdot \ln\left(\frac{2}{1 + \exp(-2 \cdot \pi \cdot b/d)}\right) \quad (F.1)$$

dove:

g_{me} è la portata di vapore misurata in presenza di un bordo schermato, in $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;

g è la portata di vapore trascurando il bordo schermato, in $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;

d è lo spessore del provino, in m;

b è la larghezza del bordo schermato, in m (vedere figura A.1);

S è il diametro idraulico, in m, (quattro volte l'area di prova diviso per il perimetro).

I valori del rapporto g_{me}/g calcolati mediante l'equazione (F.1) dipendono da due rapporti: b/d , la dimensione del bordo schermato diviso per lo spessore del provino e d/S , lo spessore diviso la dimensione caratteristica del provino. La figura F.1 indica i valori di g_{me}/g in funzione di questi due rapporti. I valori di g_{me} misurati utilizzando un recipiente con un bordo schermato devono essere corretti dividendoli per il valore appropriato di g_{me}/g , calcolato dall'equazione (F.1) o ricavato dalla figura F.1, prima di calcolare la permeanza.

Entità della correzione per bordo schermato

Legenda

- 1 g_{me}/g
- 2 Spessore del provino diviso per il diametro idraulico, d/S

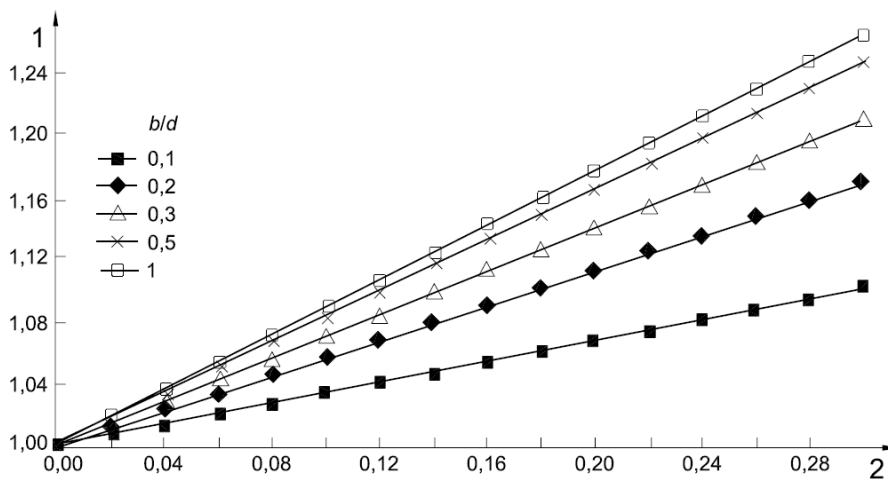


Figura 6. Determinazione del Coefficiente correttivo – effetto del bordo schermato.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 9 di 9
	P.I. Germano Pederzoli	Dr. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	120215-R-4012

