

SCHEDA TECNICO - SCIENTIFICA

IDROREPEL

DESCRIZIONE

IDROREPEL è un protettivo idrorepellente basato su una particolare miscela di silossani disciolti in un solvente inerte ad evaporazione controllata, specificatamente formulato per il trattamento idrofobizzante di materiali lapidei assorbenti, pietre naturali e manufatti edili assorbenti.

IDROREPEL non crea film o pellicole superficiali, raggiunge un elevato grado di penetrazione nel supporto lapideo e crea superfici impermeabili all'acqua piovana e di ruscellamento proteggendolo dagli agenti inquinanti disciolti in essa. IDROREPEL permette alle superfici trattate di traspirare non creando barriere al trasporto di vapore acqueo, non modifica l'aspetto cromatico dei supporti lapidei e dimostra un'ottima resistenza agli agenti del degrado ambientale quali i principali inquinanti atmosferici, i raggi UV. etc....

La bassa viscosità ne permette un'ottima penetrazione nei supporti da trattare.

L'elevata stabilità chimica del principio attivo fondamentale presente in IDROREPEL garantisce una buona durata del trattamento nel tempo unitamente ad un elevato grado di reversibilità.

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

NATURA: miscela di silossani

MATERIA ATTIVA: 5/7 % circa

RESIDUO SECCO: 3,5-4,5% % circa

DENSITA' A 20°: 0.78 Kg/lit

ASPETTO: liquido trasparente

SOLVENTE: ragia minerale

EFFICACIA PROTETTIVA

La valutazione di un prodotto idrorepellente deve essere eseguita determinandone le sue caratteristiche prestazionali in relazione ad ogni materiale lapideo. Un prodotto idoneo per un certo materiale può essere, in effetti, poco efficace per un altro, o, in ogni modo, dimostrarsi inadeguato dopo le prove di durabilità. Per la valutazione dei prodotti sono state eseguite le indagini prescritte dalla Norma UNI 10921:2001 - Beni Culturali – Materiali lapidei naturali e artificiali – Prodotti idrorepellenti: applicazione su provini e determinazione in laboratorio delle loro caratteristiche - nella quale si richiamano i seguenti riferimenti normativi:

- UNI 10859: Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali -

Determinazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità

- NORMAL 7/81: Assorbimento d'acqua per immersione totale - Capacità di imbibizione
- NORMAL 21/85: Permeabilità al vapore d'acqua
- NORMAL 29/88: Misura dell'indice di asciugamento
- UNI 11207:2007: Misura dell'angolo di contatto
- NORMAL 43/93: Misure colorimetriche di superfici opache
- NORMAL 44/93: Assorbimento d'acqua a bassa pressione.

I campioni sono stati trattati secondo le modalità sopra descritte, per sei ore in quanto tale tempo si è dimostrato il migliore a garantire il massimo rapporto di protezione in funzione della quantità di IDROPEL applicato. Tale tipo di trattamento equivale ad una applicazione di protettivo in più mani in modo da raggiungere una completa ed uniforme saturazione del supporto lapideo .

RISULTATI SPERIMENTALI

A. COEFFICIENTE ASSORBIMENTO CAPILLARE

L'assorbimento d'acqua per capillarità rappresenta la quantità di acqua assorbita per unità di superficie, in funzione del tempo. Il coefficiente di assorbimento capillare rappresenta la velocità con cui si verifica, da parte dei campioni, il fenomeno dell'assorbimento d'acqua per via capillare. Viene ricavato dalle curve che rappresentano la quantità di acqua assorbita in funzione del tempo prima e dopo il trattamento con IDROPEL.

La prova è stata eseguita su provini (5 x 5 x 1) di pietra arenaria e calcarea, trattata e non trattata, in contatto con acqua deionizzata, utilizzando il prodotto idrorepellente IDROPEL.

Le prove sono state interrotte a 6 ore ($\sqrt{t} = 147$) per i provini di pietra non trattata e a 9 ore ($\sqrt{t} = 180$) per i provini trattati, quando sono state soddisfatte le condizioni della Norma UNI 10859:2000.

Come resoconto della prova si riportano:

una tabella nella quale si riassumono i valori sperimentali di acqua assorbita dopo 2 ore e al tempo finale, l'Indice di assorbimento capillare "IC", l'Indice di assorbimento capillare relativo "IC_{rel}" e il Coefficiente di assorbimento capillare "CA" relativi ai provini non trattati e a quelli trattati con idrorepellente IDROPEL, su pietra silicatica.

una tabella nella quale si riassumono i valori sperimentali di acqua assorbita dopo 2 ore e al tempo finale, l'Indice di assorbimento capillare "IC", l'Indice di assorbimento capillare relativo "IC_{rel}" e il Coefficiente di assorbimento capillare "CA" relativi ai provini non trattati e a quelli trattati con idrorepellente IDROPEL, su pietra calcarea.

un grafico nel quale si riporta la media dei valori sperimentali della quantità di acqua assorbita dai provini di pietra non trattata e dai provini di pietra trattata con idrorepellente IDROPEL (i valori sono stati calcolati facendo una media tra i provini di pietra silicatica e i provini di pietra calcarea).

ASSORBIMENTO CAPILLARE - PIETRA SILICATICA.

La tabella riassume la media dei risultati ottenuti dall'analisi dell'assorbimento capillare misurati su un campione di pietra silicatica, prima e dopo il trattamento con IDROREPEL.

Valori	unità di misura	Trattamento	
		IDROREPEL	N.T.
Quantità di acqua assorbita a tempi brevi (2 h)	Q [mg/cm ²]	30.979	87.863
Quantità di acqua assorbita al tempo finale	Q ₇₂₀ [mg/cm ²]	49.875	230.448
Indice di assorb. capillare	IC	0.695	0.723
Indice di assorb. capillare relativo	IC _{rel}	0.963	
Coef. di assorbimento capillare	CA [mg/cm ₂ x s ^{1/2}]	0.281	1.024

I risultati confermano che **il trattamento con IDROREPEL aumenta drasticamente le capacità idrorepellenti del substrato lapideo**, impedendo all'acqua di penetrare per capillarità ed esplicando quindi un'ottima azione protettiva.

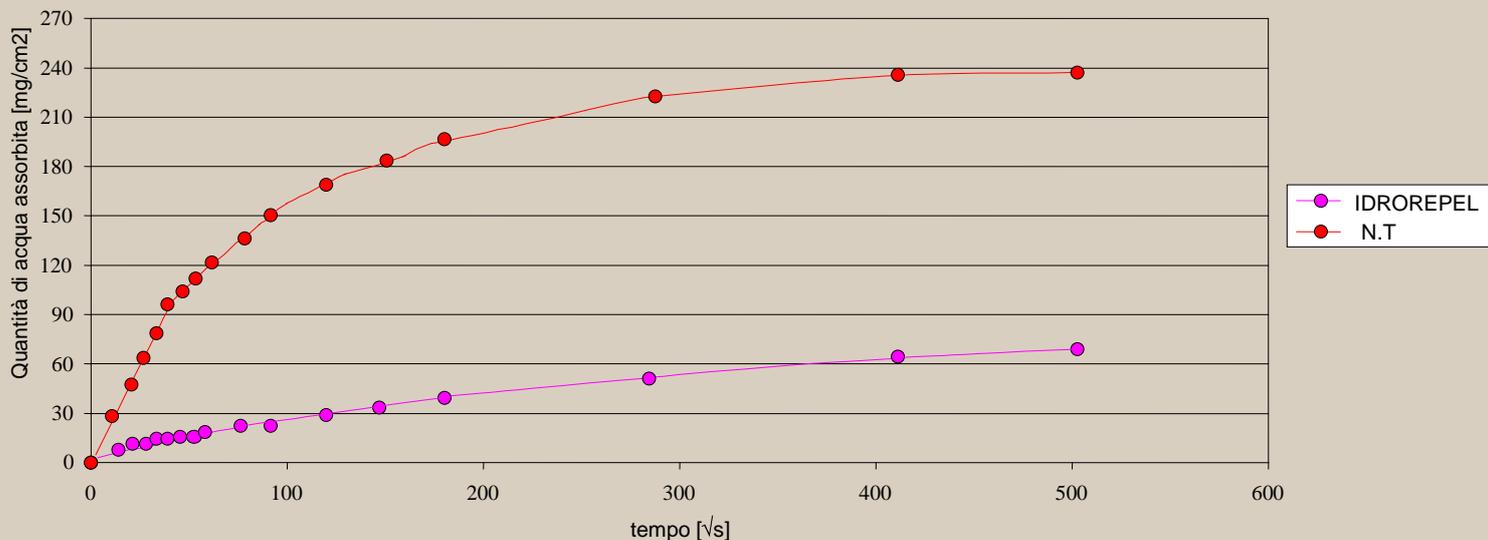
ASSORBIMENTO CAPILLARE - PIETRA CALCAREA.

La tabella riassume la media dei risultati ottenuti dall'analisi dell'assorbimento capillare misurati su un campione di pietra calcarea, prima e dopo il trattamento con IDROREPEL.

Valori	unità di misura	Trattamento	
		IDROREPEL	N.T.
Quantità di acqua assorbita a tempi brevi (2 h)	Q [mg/cm ²]	25.084	154.094
Quantità di acqua assorbita al tempo finale	Q ₇₂₀ [mg/cm ²]	56.008	188.879
Indice di assorb. capillare	IC	0.764	0.898
Indice di assorb. capillare relativo	IC _{rel}	0.793	
Coef. di assorbimento capillare	CA [mg/cm ₂ x s ^{1/2}]	0.390	3.845

Anche in questo caso, i risultati confermano che **il trattamento con IDROREPEL aumenta drasticamente le capacità idrorepellenti del substrato lapideo**, impedendo all'acqua di penetrare per capillarità ed esplicando quindi un'ottima azione protettiva.

GRAFICO RIASSUNTIVO: Confronto N.T. – IDROPEL.



B. RAPPORTO DI PROTEZIONE

Rappresenta una misura percentuale del grado di protezione ottenuto dal trattamento in funzione della quantità di protettivo applicato ed e' espresso dal seguente rapporto :

$$E \% = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100$$

A1= media quantità di acqua assorbita per capillarità prima del trattamento.

A2=media quantità d'acqua assorbita per capillarità dopo il trattamento.

$$A1 = (188.879 + 230.448) / 2 = 209.663 \text{ mg/cm}^2$$

$$A2 = (49.206 + 54.928) / 2 = 52.941 \text{ mg/cm}^2$$

$$E \% = 74,7\%$$

I campioni di materiale lapideo sono stati trattati, seguendo le normative già citate, per sei ore; un tempo che sperimentalmente garantiva il massimo della riduzione nell'assorbimento di acqua utilizzando la minima quantità necessaria di IDROPEL.

L'efficacia protettiva e' risultata prossima al 75 %.

La resa del prodotto, calcolata su pietra serena non degradata, e' risultato pari a 4 ~ 8 mq/kg di prodotto. Vari test effettuati sullo stesso litotipo degradato hanno evidenziato una resa di circa 3 mq/kg di prodotto a causa dell'aumento della porosità che si verifica nel materiale degradato .

C. QUANTITA' DI ACQUA ASSORBITA PER IMMERSIONE TOTALE:

Tale prova evidenzia le differenze in percentuale, prima e dopo il trattamento, di acqua assorbita dai campioni per immersione totale e non per assorbimento capillare.

La prova, eseguita su tre provini di forma cubica di 3 x 3x 3 cm trattati con idrorepellente IDROREPEL e tre provini simili di pietra non trattata, è stata protratta per 43 ore, tempo al quale la quantità di acqua assorbita in due pesate successive è stata $\leq 0.1\%$. Nel resoconto di prova riportiamo i valori della Capacità di Imbibizione "CI", calcolati sia per i provini di pietra silicatica che per quelli di pietra calcarea: essa rappresenta il rapporto tra l'aumento di peso che subisce il provino saturo di acqua ed il suo peso allo stato asciutto, espresso come $CI = \Delta M/M\%$. Si riporta inoltre un grafico riassuntivo, il quale mostra i valori medi di acqua assorbita dai provini non trattati (linea blu) e i valori medi di acqua assorbita dai provini trattati con IDROREPEL (linea rosa), in funzione del tempo trascorso.

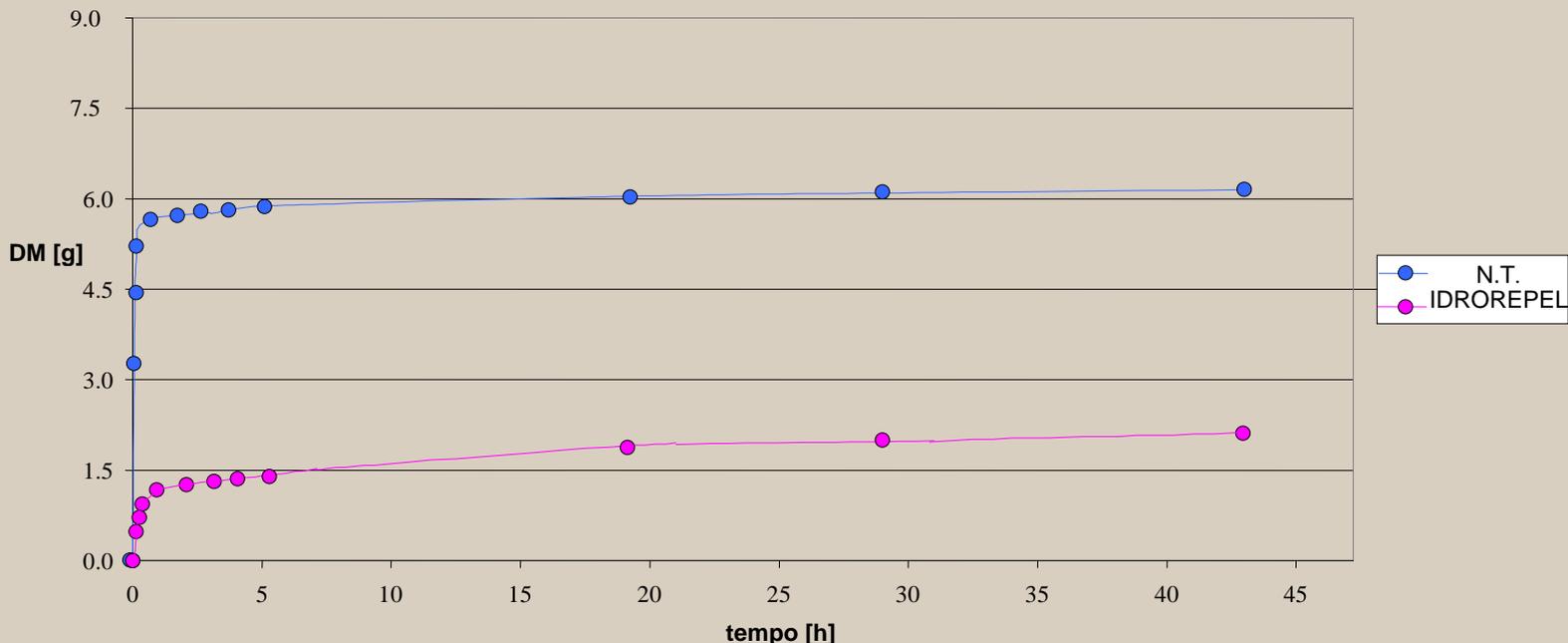
CAPACITA' DI IMBIBIZIONE – PIETRA SILICATICA.

- Trattamento IDROREPEL	CI ($\Delta M/M\%$)= 0.574
- Pietra non trattata	CI ($\Delta M/M\%$)= 1.922
- Riduzione %	69.24%

CAPACITA' DI IMBIBIZIONE – PIETRA CALCAREA.

- Trattamento IDROREPEL	CI ($\Delta M/M\%$)= 3.998
- Pietra non trattata	CI ($\Delta M/M\%$)= 10.119
- Riduzione %	65.47%

GRAFICO RIASSUNTIVO: CONFRONTO N.T. – IDROREPEL.



D. QUANTITA' D'ACQUA ASSORBITA A BASSA PRESSIONE:

Per questa prova si adotta la metodologia indicata nella NORMAL 44/93.

Sono stati sottoposti a prova tre provini (5 x 5 x 2) di pietra non trattata e tre provini trattati con idrorepellente IDROREPEL.

La cella usata per la prova ha una sezione di contatto di 7.065 cm² e la pipetta graduata ha una capacità di 1 ml, suddiviso in intervalli di 0.01ml.

La prova è stata condotta effettuando una lettura ogni 5 minuti per un'ora.

Il Grado di assorbimento "GA" a 60' viene espresso in ml/cm².

Nel resoconto di prova si riportano i valori del Grado di Assorbimento "GA", sia per quanto riguarda i provini di pietra silicatica che quelli di pietra calcarea, prima e dopo il trattamento con IDROREPEL. Si riporta inoltre un grafico riassuntivo che mostra i valori medi di acqua assorbita dai provini non trattati (linea rosa) e i valori medi di acqua assorbita dai provini trattati con IDROREPEL (linea verde), in funzione del tempo trascorso.

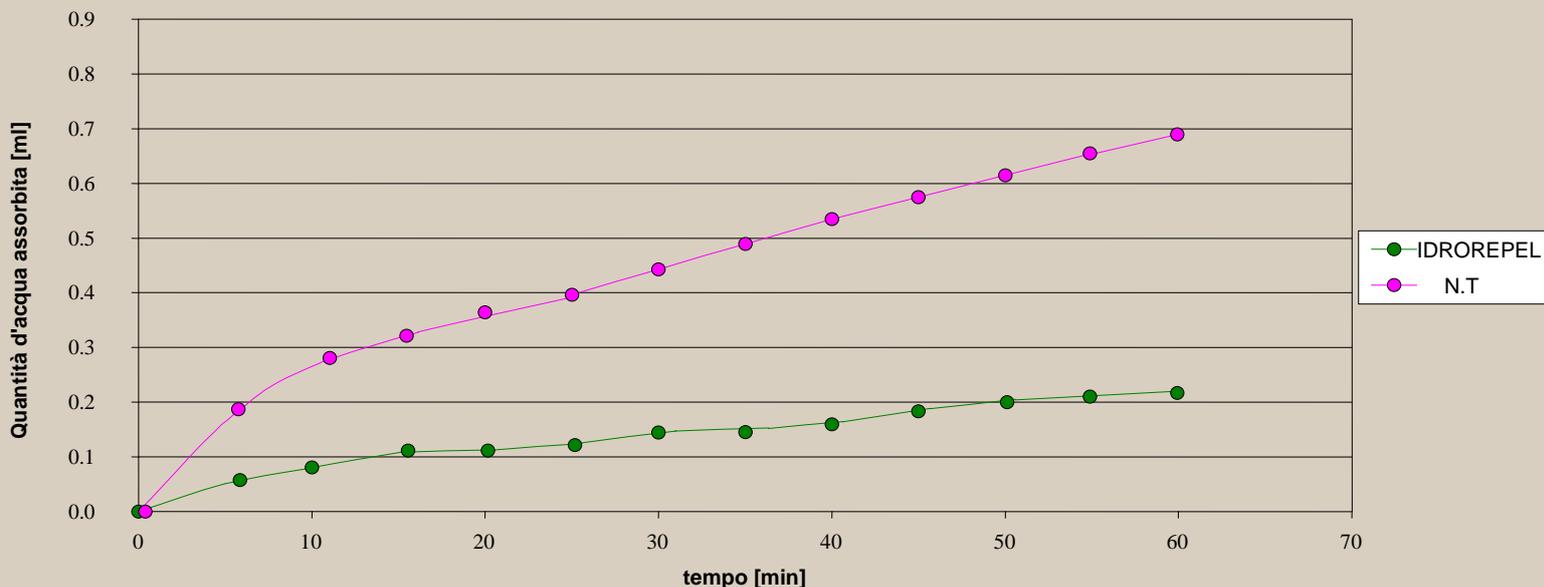
ASSORBIMENTO A BASSA PRESSIONE – PIETRA CALCAREA.

– Pietra non trattata	GA (ml/cm ²) =	1.106
– Trattamento IDROREPEL	GA (ml/cm ²) =	0.320
– Riduzione %		73,06%

ASSORBIMENTO A BASSA PRESSIONE – PIETRA SILICATICA.

– Pietra non trattata	GA (ml/cm ²) =	0.086
– Trattamento IDROREPEL	GA (ml/cm ²) =	0.021
– Riduzione %		76,98%

GRAFICO RIASSUNTIVO: CONFRONTO N.T. – IDROREPEL.



E. PERMEABILITA' AL VAPOR D'ACQUA

Per questa prova è stata applicata la metodologia indicata nella NORMAL 21/85, su provini cilindrici pianparalleli, di diametro 74 mm circa e spessore di 12 mm circa. Le celle di misura sono state poste in un recipiente chiuso, contenente gel di silice.

La prova è stata condotta per complessive 92 ore alla temperatura di 24°C. L'intervallo a flusso costante è stato determinato dalla 44^a alla 92^a ora.

Come risultati di prova vengono riportati i valori medi di permeabilità al vapor d'acqua, espressa in $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ e riferita a 20°C, sia per quanto riguarda i provini di pietra silicatica che quelli di pietra calcarea, prima e dopo il trattamento con IDROPEL. Si riporta inoltre un grafico riassuntivo che mostra i valori medi di perdita in peso, dovuta all'evaporazione del vapore acqueo, dei provini non trattati (linea rossa) e dei provini trattati con IDROPEL (linea verde), in funzione del tempo trascorso. Più la percentuale della riduzione di permeabilità al vapore acqueo è bassa, più la traspirabilità del supporto rimane alta e quindi il prodotto utilizzato è un buon protettivo.

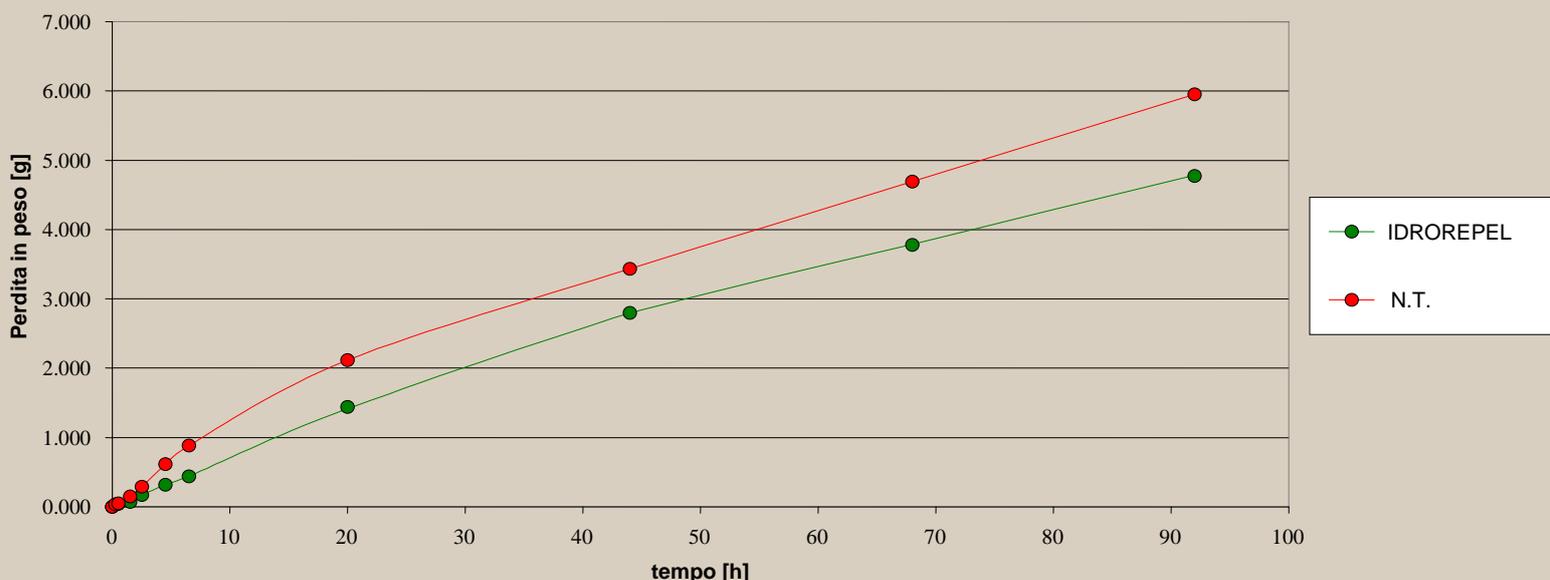
PERMEABILITA' AL VAPOR D'ACQUA – PIETRA CALCAREA.

– Pietra non trattata	$\text{ml}/\text{cm}^2 = 231.550$
– Trattamento IDROPEL	$\text{ml}/\text{cm}^2 = 182.107$
– Riduzione %	23,32%

PERMEABILITA' AL VAPOR D'ACQUA – PIETRA SILICATICA.

– Pietra non trattata	$\text{ml}/\text{cm}^2 = 46.486$
– Trattamento IDROPEL	$\text{ml}/\text{cm}^2 = 33.005$
– Riduzione %	29,02%

GRAFICO RIASSUNTIVO: CONFRONTO N.T. – IDROPEL.



F. QUANTITA' DI ACQUA RILASCIATA PER EVAPORAZIONE

Rappresenta un dato di estrema importanza nella valutazione dell'efficacia protettiva di un prodotto in quanto misura la velocità con cui l'acqua assorbita dal materiale lapideo evapora dal substrato prima e dopo il trattamento, consentendo di effettuare una stima della traspirabilità del protettivo impiegato .

La prova è stata eseguita secondo la metodologia indicata nella NORMAL 29/88, sui provini cubici (3 x 3 x 3 cm) di pietra trattata e non trattata, già sottoposti alla prova di assorbimento d'acqua per immersione totale. L'esperienza è stata protratta per 47 ore quando si sono verificate le condizioni di fine prova richieste.

Il risultato di tale prova viene espresso dall'Indice di Asciugamento.

Nel resoconto di analisi si riporta:

una tabella dove si riassumono i valori sperimentali del contenuto d'acqua residua al tempo relativo e l'Indice di asciugamento "IA", per provini non trattati e per quelli trattati con idrorepellente IDROREPEL, su pietra silicatica.

una tabella dove si riassumono i valori sperimentali del contenuto d'acqua residua al tempo relativo e l'Indice di asciugamento "IA" per provini non trattati e di quelli trattati con idrorepellente IDROREPEL, su pietra calcarea.

un grafico nel quale si riporta la media dei valori sperimentali della quantità di acqua residua al tempo relativo nei provini di pietra non trattata e in quelli di pietra trattata con idrorepellente IDROREPEL (i valori sono stati calcolati facendo una media tra i provini di pietra silicatica e i provini di pietra calcarea)

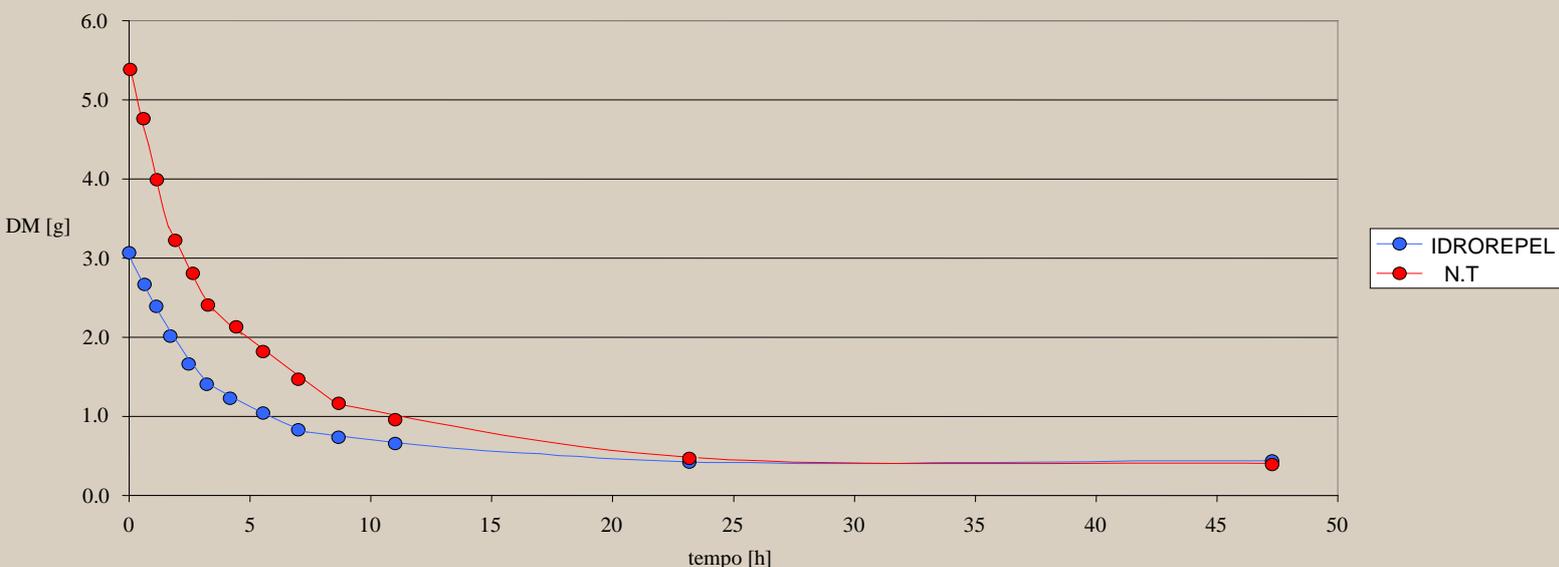
INDICE DI ASCIUGAMENTO - PIETRA CALCAREA.

Valori	unità di misura	Trattamento	
		IDROREPEL	N.T
Contenuto d'acqua iniziale	Q max [%]	4.618	9.387
Tempo finale della prova	[h]	47	47
Indice di asciugamento (drying index)	IA	0.681	1.085

INDICE DI ASCIUGAMENTO - PIETRA SILICATICA.

Valori	unità di misura	Trattamento	
		IDROREPEL	N.T
Contenuto d'acqua iniziale	Q max [%]	0.583	1.412
Tempo finale della prova	[h]	47	47
Indice di asciugamento (drying index)	IA	0.709	0.459

GRAFICO RIASSUNTIVO: Confronto N.T. – IDROPEL.



Si può quindi affermare che **il trattamento con IDROPEL non fa mutare in maniera tangibile la capacità del substrato lapideo di perdere l'acqua eventualmente assorbita**, anche se tale fenomeno risulta leggermente rallentato nelle prime ore di evaporazione.

G. IDROPELLENZA – ANGOLO DI CONTATTO :

E' una misura del cosiddetto "effetto perla" creato dal trattamento protettivo. Si effettua depositando sulla superficie di diversi campioni trattati con IDROPEL alcune gocce di acqua (5 micronlt.) e misurando, quindi, l'angolo formato dalla superficie del campione e la tangente alla goccia di acqua nel punto di contatto. Inoltre, al fine di verificare se l'effetto perla sia duraturo, la misura dell'angolo di contatto e' stata ripetuta sugli stessi campioni dopo irraggiamento con luce ultravioletta (U.V.).

La prova, per la quale è stata adottata la Norma UNI 11207:2007, è stata attuata su tre provini di dimensioni (5 x 5 x 3) cm, su ognuno dei quali sono state eseguite 12 misure (per un totale di 36 misure).

Nel resoconto di analisi si riportano le misurazioni medie dell'angolo di contatto, effettuate rispettivamente su pietra silicatica e su pietra calcarea.

ANGOLO DI CONTATTO - PIETRA SILICATICA.

Treatmento IDROPEL	gradi: 111.80°
Pietra non trattata	gradi: non determinabile

ANGOLO DI CONTATTO - PIETRA CALCAREA.

Treatmento IDROPEL	gradi: 113.40°
Pietra non trattata	gradi: non determinabile

Dai risultati sperimentali si può affermare che **il trattamento con IDROPEL rende il materiale lapideo idrorepellente ed idrofobo all'acqua rispetto al supporto non trattato. Se i gradi misurati sono >90°, allora la tensione superficiale della goccia è elevata e la bagnabilità ridotta. Il valore dell'angolo di contatto misurato sulla pietra trattata conferma questo comportamento, mentre su pietra non trattata esso non è misurabile, visto che l'acqua viene assorbita dal supporto.**

H. MISURE COLORIMETRICHE:

Le prove, per le quali è stata adottata la metodologia indicata nella NORMAL 43/93, sono state eseguite con un colorimetro MINOLTA CR-21.

Le misure sono state eseguite sulle superfici trattate dei provini espresse secondo i sistemi di riferimento CIE x, y, Y e L*, a*.

Di seguito riportiamo la media delle misurazioni effettuate su tutti i provini, trattati e non, rispettivamente su pietra silicatica e su pietra calcarea.

VARIAZIONI CROMATICHE - PIETRA SILICATICA.

Sistema di riferimento CIE

- Trattamento IDROPEL	Y=28.81	x=0.3184	y=0.3280	z=0.3536
- Pietra non trattata	Y=28.08	x=0.3189	Y=0.3282	z=0.3529
- Variazione %	Y=-2.61	x=-0.172	y=-0.046	z=-0.198

Sistema di riferimento L*a*b*

- Trattamento IDROPEL	L* = 60.59	a* = -1.14	b* = 3.98
- Pietra non trattata	L* = 60.00	a* = -0.95	b* = 4.04
- Variazione %	L* = -0.978	a* = -19.92	b* = 1.44

VARIAZIONI CROMATICHE - PIETRA CALCAREA.

Sistema di riferimento CIE

- Trattamento IDROPEL	Y=46.91	x=0.3626	y=0.3597	z=0.2778
- Pietra non trattata	Y=47.46	x=0.36.06	Y=0.3591	z=0.2803
- Variazione %	Y=-1.79	x=-0.554	y=-0.145	z=-0.899

Sistema di riferimento L*a*b*

- Trattamento IDROPEL	L* = 74.09	a* = 3.56	b* = 20.54
- Pietra non trattata	L* = 74.57	a* = 3.05	b* = 20.17
- Variazione %	L* = 0.644	a* = -17.00	b* = -1.83

Interpretazione dei risultati:

I risultati di tali prove non hanno evidenziato significative variazioni nell'aspetto cromatico dei campioni a seguito del trattamento con IDROPEL.

PENETRAZIONE NEL SUPPORTO

La valutazione del grado di penetrazione nel supporto e' stata effettuata misurando il grado di assorbimento di micro gocce d'acqua posizionate a distanze regolari partendo dalla superficie trattata con IDROPEL verso l'interno dei campioni.

Il dato che mediamente si ricava da tali prove e' **una penetrazione del trattamento di circa 8 mm in campioni non degradati** e di 14 ~ 17 mm in campioni degradati .

Il trattamento con IDROPEL, pertanto, garantisce un sufficiente grado di penetrazione in supporti lapidei assorbenti .

CONCLUSIONI

I risultati sperimentali mostrano come il trattamento dei substrati lapidei con IDROPEL assicuri le maggiori caratteristiche d'efficacia idrorepellente in quanto:

A, B - l'assorbimento d'acqua per capillarità è ridotto circa del 75%, come testimonia anche il rapporto di protezione.

C - l'assorbimento d'acqua per immersione totale è ridotto mediamente di circa il 67%.

D - l'assorbimento d'acqua in condizioni di bassa pressione è ridotto mediamente di circa il 75%

E,F - la permeabilità e la traspirabilità del supporto dopo il trattamento subiscono una diminuzione contenuta. La diminuzione della permeabilità del supporto viene quantificata circa in un 25% di media. La traspirabilità risulta diminuita solo nelle prime ore successive al trattamento, dopodiché ritorna su alti valori.

G - il valore, misurato sperimentalmente, dell'angolo di contatto superiore ai 90° conferma che la bagnabilità del supporto è ridotta drasticamente, confermando l'ottimo effetto idrorepellente del prodotto.

H - le prove sulla determinazione colorimetrica dopo l'applicazione del protettivo confermano che non ci sono variazioni tangibili sull'aspetto cromatico del supporto.

TABELLA RIASSUNTIVA IDROPEL:

DEFINIZIONE :	Protettivo Idrorepellente a base di silossani diluiti in solventi idrocarburici alifatici esenti da clorurati e/o cloro-derivati.
ASPETTO :	Liquido limpido incolore.
VARIAZIONE DI COLORE :	Nessuna sensibile variazione cromatica.
RIDUZIONE PERMEABILITA' VAPORE ACQUEO :	mediamente 25% circa.
EFFICACIA PROTETTIVA :	superiore al 75/80%.
PENETRAZIONE :	2-8 mm.

IDROREPELLENZA :	ottima (angolo contatto $\approx 112^\circ$).
RIDUZIONE ASSORBIMENTO ACQUA :	mediamente maggiore del 75%.
DENSITA' :	0,78 g/cm a 25°C.
PUNTO D'INFIAMMABILITA' :	>36°C.

Avvertenze : tutte le informazioni contenute nelle nostre documentazioni corrispondono alle nostre migliori conoscenze tecniche attuali e non possono essere considerate vincolanti o impegnative in quanto le reali condizioni applicative , verificabili caso per caso, possono comportare anche sensibili modifiche sia delle prassi sopra descritte sia dei risultati ottenuti . **Versione 01/10**