

CLEANING AND PROTECTION INTERVENTIONS ON STONE WALLS.

Interazione tra le caratteristiche del supporto lapideo e i prodotti di trattamento superficiale

Antonio De Vecchi - Ornella Fiandaca

Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia - Università di Palermo

ABSTRACT

Our research would like to contribute to the definition of a technical-scientific operative system for surface treatments in order to protect stone materials. In particular, the object of the study is the mechanisms of variation in the characteristics of mounting due to the action of the specific product. This will allow us to evaluate eventual effects caused by the product in the stone material: positive when restoring objects in a state of deterioration, negative when the characteristics and original prerogatives have been modified.

For this intervention it is necessary to identify the requirements that must be satisfied, the characteristics of the stone mounting, and the performance of the product. This will allow us to determine interactions established among these three factors, facilitating effective restoration. Prior research has revealed a large number of relevant parameters, leading us to hypothesise the existence of complex relationships primarily regarding interactions between the last two factors in order to meet the requirements of the first.

Such results seem to negate the benefits that might come from the discovery of these parameters and their relations of interdependence, and lead one to assume that research into the choice of an appropriate product is extremely expensive.

The object of the research is, therefore, to define a methodology to find the relationship between the characteristics of the product and those of the stone mounting, to rigorously prefigure the effects due to the action of the product.

This will permit the operator to estimate, with an high level of approximation, the compatibility between products for surface treatment and stone mounting, allowing the choice of a product that will satisfy all requirements without altering the original characteristics of the material.

Introduzione

Negli ultimi anni è aumentata l'esigenza di arrestare il degrado superficiale dei paramenti lapidei di antichi edifici con interventi che fanno largo uso di prodotti chimici con la funzione di proteggere gli strati esterni della pietra.

L'esperienza ha mostrato che un trattamento superficiale, con l'uso di prodotti specificamente formulati, può rallentare, quando ben riuscito, un processo di degrado indotto da agenti inquinanti artificiali, in crescente aumento, e da agenti naturali, particolarmente nocivi nelle zone edificate in prossimità del mare.

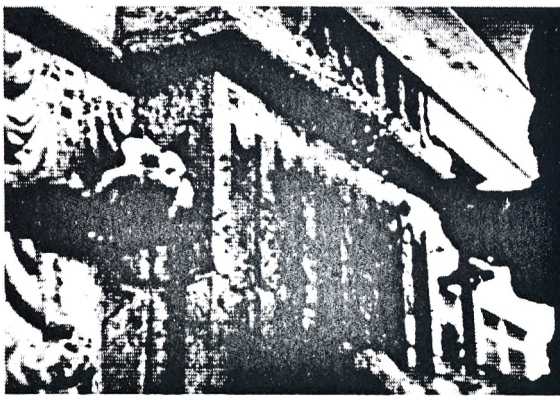
Il concetto fondamentale da tenere presente è che la scelta del trattamento è condizionata dalle caratteristiche tecniche del prodotto, dalle caratteristiche intrinseche del materiale e quindi dalle loro relazioni di interdipendenza in un determinato contesto ambientale. Occorre essere consapevoli che si ha a che fare con un sistema complesso e che qualsiasi intervento consente il raggiungimento di buoni livelli di compatibilità prodotto/supporto quando al ripristino e al miglioramento di talune prestazioni corrispondono minimi livelli di alterazione del materiale lapideo originario che sempre, nel caso di intervento con prodotti chimici, muta nella sua costituzione.

I precedenti

La ricerca e la prassi operativa non hanno fornito finora un metodo che permetta di scegliere un protettivo con cui garantire, in base alle sue caratteristiche, la massima efficacia del trattamento con conseguenze dannose per la pietra accettabili.

I primi interventi di protezione, che si avvalsero della chimica, furono condotti dalle ditte produttrici che, sostituendosi ai progettisti del restauro, misero in commercio un gran numero di prodotti artificiali (tra loro affini nella composizione) dei quali garantivano la capacità di affrontare ogni fenomeno di degrado, senza alcuna controindicazione. L'uso incontrollato di questi prodotti, per i quali non veniva specificata la natura, l'azione, e le modalità di applicazione, non sempre si è rivelato adeguato provocando talvolta fenomeni di alterazione più gravi di quelli esistenti prima del trattamento.

Palazzo Madama a Torino (Juvara 1718). A metà degli anni '70 è stato effettuato un intervento di protezione della facciata in pietra dolomitica di colore bianco. Con il passare di alcuni anni si è manifestato un alterazione cromatica (ingiallimento) della superficie ed inoltre, nelle zone della pietra più compatte e quindi meno assorbenti, si è formato un film di resina che ha incapsulato i sali già presenti innescando processi di alveolizzazione.



L'esito negativo degli interventi ebbe come conseguenza immediata un rifiuto dei prodotti, che furono ritenuti i soli responsabili delle alterazioni osservate. I motivi vennero ricercati nella mancanza di studi preliminari sulla natura del supporto lapideo: la conoscenza del materiale e la diagnosi delle patologie si ritennero allora indispensabili per migliorare la qualità degli interventi. La prassi introdotta comportò l'uso di prove su larga scala, messe a punto in altri campi¹, che risultarono spesso dannose per il supporto lapideo, dal costo eccessivo e non sempre utili. Inoltre, pur fornendo alcuni elementi per poter adeguare la scelta del prodotto al tipo di intervento, non vennero sfruttate in tal senso e si continuò a subire l'imposizione delle ditte che confidavano sulla qualità intrinseca dei loro prodotti senza occuparsi degli effetti reali indotti nel supporto.

L'incremento e l'accelerarsi dei processi di degrado dei paramenti lapidei, per effetto dell'applicazione di sostanze protettive inadeguate, ha imposto la necessità di definire un metodo che consenta al progettista di individuare, attraverso alcune indagini preliminari, il prodotto più adeguato alla natura e al grado di alterazione del materiale lapideo.

Proposte attuali

Una metodologia teorizzata negli ultimi anni prevede di poter verificare l'efficacia di un protettivo effettuando la misura di alcuni parametri prima e dopo il trattamento superficiale del materiale lapideo per stabilire un confronto fra i risultati sperimentali ottenuti. Ciò indipendentemente dalle caratteristiche del prodotto, dalle caratteristiche del materiale lapideo e quindi dalle relazioni che si stabiliscono fra esse.

La scelta dei parametri significativi per detta valutazione e la determinazione dei criteri da adottare per la loro misura, sono state oggetto di molteplici studi, allineatisi su una posizione comune, attualmente piuttosto diffusa, che si riferisce attraverso il lavoro, emblematico in tal senso, svolto dal sottogruppo "Sperimentazione Protettivi" della Commissione Normal².

Il metodo elaborato si avvale di due fasi distinte di sperimentazione, da svolgere in laboratorio e in cantiere, al fine "di individuare i parametri necessari per una corretta valutazione dei prodotti di sintesi o delle sostanze naturali impiegate come protettivi e alla messa a punto delle prove per misurarli"³.

I parametri necessari, dedotti sulla base di esperienze precedentemente effettuate da un gruppo di laboratori interessati alla sperimentazione, sono:

- dati cromatici della superficie;
- quantità di acqua assorbita nel tempo;
- quantità di acqua rilasciata per evaporazione nel tempo;
- permeabilità al vapor d'acqua;
- idrorepellenza della superficie.

Le prove per misurarli, assunte dalla documentazione NORMAL già esistente o formulate per la misura specifica, devono essere eseguite in diversi momenti: “prima del trattamento, dopo l’applicazione del protettivo, dopo i tests biologici e dopo i tests di invecchiamento artificiale”⁴ .

Riteniamo che se questo metodo venisse applicato ad una prassi operativa, mostrerebbe alcuni limiti dovuti a detta impostazione, che si occupa più della qualità del prodotto che dei suoi effetti sul materiale lapideo. Le indagini preliminari, dato il materiale da proteggere, richiederebbero diverse prove da effettuare secondo due modalità:

- in laboratorio su provino estratto da litotipo di cava;
- in cantiere sul paramento lapideo.

In entrambi i casi i risultati ottenuti non sarebbero in grado di fornire elementi utili alla scelta di un protettivo adeguato alle caratteristiche del materiale lapideo. Infatti:

- i dati rilevati su litotipo di cava non sono significativi del reale comportamento del prodotto applicato ad un materiale, quello in opera, con caratteristiche assai diverse per condizioni di estrazione e posa in opera, per il degrado subito nel tempo, ecc. Tra l’altro la preparazione dei provini per la sperimentazione innesca processi di alterazione che allontanano ancor più le loro caratteristiche da quelle del materiale lapideo che dovrà essere trattato.
- la sperimentazione in opera procede per tentativi richiedendo l’esecuzione di più prove, a danno della pietra, e senza che ciò garantisca l’individuazione di un prodotto per il quale i parametri misurati forniscano risultati accettabili.

La procedura descritta potrebbe essere adeguata nel caso in cui si volesse verificare l’efficacia di un trattamento specifico, ma non fornisce alcuna informazione circa la possibilità di riproporlo, anche in circostanze analoghe, poiché da essa non emergono dati necessari per comprendere i fenomeni che hanno causato gli effetti riscontrati, ma solo per constatarne la presenza. Operativamente si dovrebbe allora agire caso per caso senza che l’esperienza compiuta guidi nella definizione di altri interventi.

Metodologie di tal genere, che si basano sul confronto della variazione di alcuni parametri misurati prima e dopo il trattamento di protezione, potrebbero sembrare tuttavia le uniche possibili per tenere conto della variabilità e della complessità dei fattori coinvolti. Caratteristiche del prodotto, modalità di applicazione, caratteristiche del materiale lapideo e suo stato di degrado, requisiti da soddisfare, condizioni ambientali, ecc., interagiscono fra loro in modo apparentemente casuale, producendo effetti sempre diversi.

Obiettivo della nostra ricerca è allora la verifica della possibilità di definire un “approccio scientifico” che, proponendosi l’analisi dei suddetti fattori e delle relazioni fra loro esistenti, si traduca in una prassi operativa generalizzabile attraverso la quale effettuare la scelta del prodotto in base alla previsione delle variazioni delle caratteristiche del materiale lapideo da esso provocate e non in base ad una verifica a posteriori delle stesse.

Metodologia proposta

Accettando la condizione che un intervento di protezione migliora talune prestazioni ma provoca inevitabilmente alcune alterazioni del materiale lapideo originario, occorre che qualsiasi metodo, posto a base della scelta di un prodotto, ottimizzi tale rapporto.

In tal senso quello che stiamo elaborando si propone di ricercare sperimentalmente le relazioni che legano le caratteristiche che qualificano i prodotti attualmente in commercio⁵, a quelle rappresentative della costituzione del materiale lapideo, con riferimento a ciascun requisito che occorre soddisfare per garantire l'efficacia di un intervento di protezione.

E' necessario allora procedere alla:

- *specificazione dei requisiti;*
- *individuazione delle caratteristiche del prodotto e di quelle del materiale lapideo coinvolte da ciascun requisito;*
- *ricerca delle relazioni tra i suddetti fattori.*

La *specificazione dei requisiti* da soddisfare per la riuscita dell'intervento di protezione deriva dall'analisi degli obiettivi che questo si prefigge⁶.

REQUISITI DA SODDISFARE	
AFFINITA' TERMICA	Il prodotto e il materiale lapideo devono possedere caratteristiche termiche di uguale entità al fine di non inficiare l'efficacia del trattamento.
ASSENZA DI CROSTE O STRATIFICAZIONI	Impedire che il trattamento funga da catalizzatore nella formazione di croste o che costituisca, reagendo col supporto, uno strato rigido di elevata compattezza.
ASSENZA DI EFFETTI FILMOGENI	Impedire la formazione di una pellicola superficiale di spessore apprezzabile.
ASSENZA DI PRODOTTI DI DETERIORAMENTO	Impedire l'innescio di reazioni chimiche fra il supporto ed il trattamento che darebbero luogo alla formazione di sali solubili e altri prodotti di deterioramento.
IDROREPELLENZA	Impedire la penetrazione di acqua allo stato liquido e quindi di agenti chimici veicolati da essa.
IMPERCETTIBILITA' AL TATTO	Impedire la formazione di sostanze appiccicose al tatto o comunque modificative delle caratteristiche superficiali della parete trattata.
OLEOREPELLENZA	Impedire la penetrazione di fluidi oleosi.
RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI	Garantire la protezione dalla pioggia, la resistenza al gelo, la stabilità termica, il grado di umidità.
RESISTENZA AGLI AGENTI BIOLOGICI	Garantire la resistenza all'attacco biologico di batteri, attini miceti, funghi, alghe, ecc.
RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI	Garantire la resistenza a sostanze acide, basiche, solventi, grassi vegetali, agenti inquinanti, ecc.
REVERSIBILITA'	Garantire, con appositi solventi, l'eliminazione assoluta del trattamento.
STABILITA' CROMATICA	Impedire qualsiasi viraggio di colore, effetto di lucentezza e ingiallimento nel tempo.
TRASPIRABILITA'	Garantire la capacità di respirare della pietra, cioè di mantenersi permeabile al passaggio dell'acqua allo stato di vapore e dell'aria.
UNIFORMITA' DELL'ASSORBIMENTO	Garantire una distribuzione omogenea del prodotto nei pori del materiale lapideo.

La descrizione della metodologia verrà adesso riferita ad uno solo dei requisiti in elenco, la traspirabilità, poiché con questo articolo si vuole riferire il percorso seguito in termini esemplificativi.

Per la traspirabilità l'individuazione delle caratteristiche del prodotto e di quelle del materiale lapideo coinvolte fornisce:

REQUISITO	CARATTERISTICHE PRODOTTO ⁷	CARATTERISTICHE MATERIALE LAPIDEO
Traspirabilità	<ul style="list-style-type: none"> - Peso molecolare - Struttura molecolare - Viscosità - Tensione superficiale - Resistenza al passaggio dei gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Struttura porosa: Porosità aperta, Area della superficie specifica, Distribuzione grandezza dei pori, Forma dei pori - Discontinuità microscopiche - Indice di asciugamento - Resistenza al passaggio dei gas

Per la ricerca delle relazioni tra i suddetti fattori la metodologia prosegue con la definizione delle caratteristiche individuate, lo studio dei meccanismi di interazione e quindi la definizione delle relazioni che devono essere verificate sperimentalmente.

PESO MOLECOLARE - STRUTTURA MOLECOLARE - VISCOSITÀ

Il *peso molecolare* è la somma dei pesi atomici degli atomi contenuti nella molecola. A piccoli valori di esso corrispondono ridotte dimensioni delle molecole. Per un polimero il peso molecolare è la media di quelli relativi alle macromolecole che lo compongono. La *struttura molecolare* è il tipo di aggregazione degli atomi attraverso i legami che li tengono uniti in una molecola. Per i polimeri si considerano i legami tra le macromolecole. La *viscosità* è la proprietà della materia per cui gli strati di un corpo incontrano resistenza a scorrere l'uno sugli altri. Per i liquidi la viscosità è la proprietà inversa alla fluidità o scorrevolezza.

MECCANISMO DI INTERAZIONE

Al variare della struttura porosa del materiale lapideo il prodotto agisce diversamente ai fini della impregnazione. In particolare, minore è il raggio medio dei pori, minore potrà essere il peso molecolare ai fini di una impregnazione uniforme. Più semplice è il modello morfologico della struttura porosa, a parità di peso molecolare, un prodotto anche con struttura molecolare complessa potrebbe garantire che non vengano occlusi i pori. Analogo effetto produce la viscosità, infatti, minore è il raggio medio dei pori e maggiore è la complessità del modello morfologico, maggiore deve essere la fluidità del prodotto per non fermarsi in superficie.

RELAZIONE CON IL MATERIALE LAPIDEO

Peso e struttura molecolare devono avere rispettivamente compatibilità dimensionale e morfologica con la struttura porosa (distribuzione della grandezza dei pori, modello morfologico, ecc.) del materiale lapideo. Ciò perché si potrebbe creare uno strato di prodotto che ridurrebbe l'area della superficie specifica, della quale occorre stabilire una variazione accettabile da cui dipende il grado di soddisfacimento della traspirabilità.

TENSIONE SUPERFICIALE

La *tensione superficiale* è la forza specifica lineare (per unità di lunghezza) che si manifesta in corrispondenza alla superficie di separazione fra un fluido e un gas o fra due liquidi non miscibili.

MECCANISMO DI INTERAZIONE

In base al valore assunto dalla tensione superficiale il prodotto liquido aderisce alle pareti dei capillari con un certo spessore. Minore è la tensione superficiale più sottile è lo strato di prodotto che è possibile ottenere.

RELAZIONE CON IL MATERIALE LAPIDEO

Bisogna assicurare che il valore della tensione superficiale sia tale da consentire uno spessore che non impedisca il passaggio del vapore d'acqua e dei gas. Ciò perché per valori bassi o medio bassi della porosità un prodotto con un valore elevato della tensione superficiale occlude i pori riducendo la traspirabilità.

La norma DIN 52615 definisce la resistenza al passaggio dei gas attraverso l'uso di un coefficiente m che esprime di quante volte è maggiore la resistenza alla diffusione di un gas offerta da uno strato di prodotto rispetto a quella di uno strato di aria statica dello stesso spessore ed alla stessa temperatura.

La resistenza alla diffusione del vapore di un film di prodotto si ottiene moltiplicando m per lo spessore d applicato espresso in metri: $Sd = m d$

MECCANISMO DI INTERAZIONE

In senso strettamente fisico si può dire che la permeabilità del prodotto può essere considerata il risultato di due diverse proprietà: la bassa resistenza al passaggio dei gas di un suo strato e la bassa tensione superficiale che gli permette di non occludere la porosità del supporto.

RELAZIONE CON IL MATERIALE LAPIDEO

Maggiore è m minore sarà, a parità di tensione superficiale, la permeabilità del prodotto. Nella scelta fra più prodotti tale considerazione consente di optare per quello avente una resistenza al passaggio del vapore d'acqua inferiore (a parità di tensione superficiale), e quanto più possibile vicino a quello misurato per il materiale non trattato al fine di limitare la variazione di traspirabilità.

Dall'analisi svolta emerge la possibilità di prevedere il grado di soddisfacimento della traspirabilità, una volta note le seguenti relazioni:



Per la ricerca delle relazioni riportate sono in programma prove di laboratorio definite seguendo due criteri.

Ad esempio per la prima:

- si applicano su campioni dello stesso materiale lapideo prodotti con peso molecolare, struttura molecolare e viscosità diversi e si effettua uno studio comparativo fra i valori assunti dall'area della superficie specifica del materiale lapideo, analizzando come, per una data struttura porosa si modifica l'azione del prodotto al variare delle caratteristiche in esame;
- si applica lo stesso prodotto su materiali lapidei con struttura porosa diversa e si effettua uno studio comparativo fra i valori assunti dall'area della superficie specifica del materiale lapideo, analizzando come, per un dato valore del peso e della struttura molecolare, si modifica l'azione del prodotto sul materiale lapideo al variare del suo modello morfologico, e come si deve variare la viscosità per tenerne conto.

In tal modo si pensa di poter specificare le relazioni fra le caratteristiche indagate.

Con riferimento ai campioni occorre affermare che, dovendo rintracciare relazioni fra caratteristiche, questi possono essere di qualsiasi natura, provini di cava, frammenti significativi del materiale da trattare, ecc. Infatti i dati rilevati, nel corso delle prove condotte devono dare come risultato un rapporto di variabilità e di interdipendenza fra caratteristiche, indipendentemente dalla condizione specifica in cui si trovano i campioni.

Lo stesso approccio si deve poi applicare all'analisi di tutte le caratteristiche coinvolte nel soddisfacimento della traspirabilità

Ancora, la ricerca deve estendere quanto esposto esemplificativamente, a tutti i requisiti dell'intervento di protezione, creando così un supporto di conoscenze necessario per la scelta corretta di un prodotto.

I risultati conseguiti infatti consentirebbero in termini operativi di:

- disporre di schede prodotto strutturate dalle aziende in base alle caratteristiche del prodotto che la metodologia proposta indica come significative;
- disporre di relazioni di dipendenza prodotto-supporto verificate sperimentalmente;
- scegliere i requisiti da porre a base dell'intervento;
- misurare, se non le si possiede, le caratteristiche del materiale lapideo su cui intervenire, limitatamente a quelle coinvolte dai requisiti da soddisfare;
- stabilire teoricamente, attraverso le relazioni codificate, le variazioni che il supporto lapideo può subire per effetto del prodotto applicato, per diversi gradi di soddisfacimento di ciascun requisito;
- scegliere in base ai risultati acquisiti un prodotto che possieda quelle caratteristiche atte a fornire livelli accettabili di compatibilità con il supporto; tali cioè da produrre il massimo soddisfacimento complessivo dei requisiti posti a base dell'intervento con la minima variazione delle caratteristiche del materiale lapideo.

Conclusioni

A seguito di tale analisi si comprende allora come, piuttosto che verificare a posteriori il mantenimento di un valore accettabile per alcuni parametri dopo il trattamento⁸, risultato su cui fondare la validità di un prodotto, sia possibile prevedere la sua efficacia una volta note le relazioni fra le caratteristiche del prodotto e quelle del materiale lapideo, corrispondenti ai requisiti da soddisfare. Una differenza sostanziale sta nella scelta degli elementi di giudizio che, nel primo caso, sono parametri che rappresentano complessivamente il sistema prodotto-materiale lapideo, nel nostro caso sono rapporti di interdipendenza fra le caratteristiche atti a spiegare gli effetti dell'applicazione di un prodotto sul materiale lapideo.

Lo stato di avanzamento della nostra ricerca attualmente può ritenere acquisita la conoscenza delle caratteristiche del prodotto e del materiale lapideo coinvolte nel soddisfacimento di ciascun requisito del trattamento di protezione superficiale, e l'individuazione delle relazioni di interdipendenza e variazione reciproca, che rimangono ancora da verificare sperimentalmente.

Alla formulazione di questi strumenti dovrebbero collaborare aziende produttrici, professionisti, studiosi del settore con l'obiettivo comune di normalizzare la procedura e i contenuti.

La prassi operativa, disponendo di un tale supporto conoscitivo, potrebbe limitarsi a misurare solo alcune caratteristiche del materiale lapideo per effettuare una prima selezione fra i prodotti scegliendo quelli che inducono nel supporto da trattare variazioni tollerabili.

Fra i prodotti individuati occorrerà poi scegliere quello capace di ottenere il miglior grado di soddisfacimento complessivo dei requisiti per ottenere il più elevato livello di compatibilità possibile: massima efficacia del trattamento con minima nocività per il supporto lapideo.

¹ Prove utilizzate nel campo della chimica e della mineralogia, quali: microanalisi, microscopia elettronica, spettrofotometria infrarossa, diffrattometria ai raggi X, analisi termogravimetrica, termovisione, ecc., vennero utilizzate, talvolta con poca convinzione, per indagare la costituzione e lo stato di conservazione dei materiali lapidei.

² La Commissione Normalizzazione Materiali Lapidei (NorMaL) è stata istituita nel 1978 con il patrocinio dell'ICR (Istituto Centrale del Restauro) e del CNR (Centro Nazionale delle Ricerche). E' strutturata in gruppi divisi per settori di competenza. Il sottogruppo "Sperimentazione Protettivi" è stata istituita con lo scopo di elaborare normative nel campo della protezione dei manufatti lapidei di interesse storico-artistico.

³ Tratto da "Metodologia per la valutazione di prodotti impiegati come protettivi per materiale lapideo", Commissione NORMAL, Sottogruppo Sperimentazione Protettivi, in Edilizia Nov 1993.

⁴ Tratto da "Metodologia per la valutazione di prodotti impiegati come protettivi per materiale lapideo", Commissione NORMAL, Sottogruppo Sperimentazione Protettivi, in Edilizia Nov 1993.

⁵ Il tipo di caratteristica è diversa per ciascuna categoria di prodotti. Ad esempio, l'energia di legame, importante per i polimeri, non è rilevante per gli inorganici.

⁶ La norma UNI 8752 a proposito dei protettivi distingue i rivestimenti riportati, vernici, dai rivestimenti incorporati, impregnanti. Non si prenderanno in considerazione le vernici il cui uso è ormai superato dal diffondersi degli impregnanti che hanno il vantaggio di non formare una pellicola superficiale esterna di spessore apprezzabile.

⁷ Nelle schede prodotto attualmente fornite dalle ditte vengono quasi sempre indicate al posto delle caratteristiche del prodotto le sue prestazioni (spessore medio del film, permeabilità al vapore d'acqua, ecc.). Si ritiene più corretto, ai fini di individuare le variazioni delle caratteristiche del materiale lapideo per effetto del prodotto, fornire le sue caratteristiche. Questo perché le prestazioni dipendono oltre che dalle caratteristiche del prodotto, anche dalle modalità di applicazione e dalle caratteristiche del supporto lapideo.

Ad esempio la capacità di penetrazione dipende:

caratteristiche prodotto: peso e struttura molecolare, densità, viscosità, tensione superficiale

modalità di applicazione: quantità di prodotto applicato,

caratteristiche supporto lapideo: porosità aperta,

⁸ Ci si riferisce a quei parametri che andrebbero misurati per una valutazione corretta del protettivo secondo la metodologia proposta dal sottogruppo "Sperimentazione Protettivi" della Commissione Normal.