





**STUDIO DI UNA METODOLOGIA APPLICATIVA
PER NASIER LAPIDEO L01.A®
FINALIZZATA AL TRATTAMENTO
DELLA STATUA *ABBONDANZA*
NEL PARCO STORICO DI VILLA PISANI**

STUDENTESSA
Giulia Padovan

RELATRICE
Prof.ssa Roberta Gasperini

CORRELATRICE
Rest. Giovanna Pellizzari

Triennio Formativo 2019-2022



ISTITUTO
VENETO
PER I BENI
CULTURALI

ISTITUTO VENETO PER I BENI CULTURALI

CORSO PER TECNICO DEL RESTAURO
DI BENI CULTURALI

CORSO CODICE 463-0003-433-2021
DGR 433 del 06 aprile 2021

STUDIO DI UNA METODOLOGIA APPLICATIVA
PER NASIER LAPIDEO L01.A[®]
FINALIZZATA AL TRATTAMENTO DELLA STATUA *ABBONDANZA*
NEL PARCO STORICO DI VILLA PISANI

Studentessa
Giulia Padovan

Relatrice
Prof.ssa Roberta Gasperini
Correlatrice
Rest. Giovanna Pellizzari

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

Sede legale e didattica Casa Minich
San Marco 2940 - 30124 Venezia - Tel. 041 - 8941521
PI 02926150273 - CF 94029440271 - SDI M5UXCR1
www.ivbc.it - info@ivbc.it - ivbc@pec.it

INDICE

Obiettivo dello studio	p. 1
1. Il complesso di Villa Pisani	p. 3
La villa: storia e progetti costruttivi	p. 4
L'evoluzione del giardino tra XVIII e XX secolo	p. 15
2. La statua lapidea dell'Abbondanza	p. 19
Il materiale costitutivo	p. 22
Lo stato di conservazione	p. 24
3. Il biodeterioramento dei manufatti lapidei collocati all'esterno	p. 29
Cianobatteri e microalghe	p. 32
Licheni	p. 36
Funghi meristemati	p. 38
Muschi	p. 40
Metodi di controllo del biodeterioramento	p. 41
4. L'utilizzo degli enzimi nel trattamento del degrado biologico	p. 47
Gli enzimi	p. 48
Gli enzimi nel restauro	p. 66
Il prodotto Nasier Lapideo L01.a®	p. 70
5. La ricerca metodologica sull'utilizzo di Nasier Lapideo L01.a® nel contesto del parco storico di Villa Pisani	p. 71
Prove iniziali di applicazione e rimozione di Nasier Lapideo L01®	p. 72
Prove avanzate di applicazione e rimozione di Nasier Lapideo L01®	p. 80
Il trattamento della statua dell'Abbondanza	p. 87
Conclusioni	p. 101
Appendice A: documentazione grafica	p. 103
Appendice B: schede tecniche dei prodotti	p. 111
Bibliografia	p. 129
Sitografia	p. 130

OBIETTIVO DELLO STUDIO

Sui manufatti lapidei collocati nei parchi storici sono quasi sempre presenti colonizzazioni molto intense e diversificate ed è assai complicato eliminare i biodeteriogeni per ripulire le superfici. Nello studio sviluppato in questa tesi è stato provato Nasier Lapideo L01.a[®], un formulato a base di enzimi, su alcuni manufatti biodegradati collocati nel parco storico di Villa Pisani. La scelta è caduta su tale prodotto in quanto è raccomandato per la notevole efficacia e la rapidità d'azione nel rimuovere le diverse tipologie di organismi (alghe, licheni, ecc.); inoltre è classificato come non tossico per l'uomo ed ecocompatibile, aspetto importante da considerare soprattutto quando si opera in un contesto di ambiente tutelato. Si è cercato di mettere a punto una metodologia appropriata per la rimozione delle notevoli crescite che non contemplasse ripetute applicazioni del prodotto (molto costoso) o potesse indurre conseguenze dannose al substrato, come depauperazione della superficie e colorazioni indesiderate causate dall'eccessiva spazzolatura. Si sospettava che l'efficacia del Nasier Lapideo L01.a[®] fosse da imputare perlopiù alla rimozione meccanicaprolungata, eseguita dall'operatore, perasportare la biomassa e il gel e solo in parte all'azione di idrolisi enzimatica (limitata alle strutture biologiche più esterne). Lo studio è iniziato su superfici lapidee colonizzate, ma poco significative da un punto di vista storico-artistico, dove sono stati eseguiti tasselli di prova per individuare la metodologia applicativa più efficace. Con il risultato ottenuto, si è passati al trattamento della statua dell'*Abbondanza*, collocata all'interno del parco.



IL COMPLESSO DI VILLA PISANI

CAPITOLO PRIMO

LA VILLA: STORIA E PROGETTI COSTRUTTIVI

Villa Pisani, ora Nazionale, rientra tra le maestose attestazioni architettoniche veneziane che, dalla vittoria su Genova e dalla conseguente espansione territoriale della Serenissima nel XV secolo, caratterizzano il tratto centrale della Riviera affacciata sul corso del Naviglio del Brenta, anticamente il *Medoacus Maior* (Maso 2018, p.117). La diffusione dell'edilizia veneziana nel XV secolo, sporadica e limitata solo ad alcuni tratti della riviera (Monti, 1996, p.13), si concretizzò a partire dal 1504, a seguito dell'accrescimento del potere della nobiltà lagunare, testimoniando il nuovo orientamento economico verso la produzione agricola. Le nuove fabbriche, infatti, furono progettate per essere ville dotate di giardino, brolo e barchesse e per ospitare le attività e le produzioni agricole (Fornezza, Rallo 2000, pp.4-5). Durante il XVI e il XVII secolo, contestualmente allo sviluppo della cultura del vivere in villa e in seguito alle epidemie di peste che colpirono Venezia nel 1575 e nel 1630, questi complessi furono ampliati e ammodernati secondo il gusto della nobiltà e della ricca borghesia lagunare, che ben presto si tramutarono nelle nuove signorie agricole (Monti 1996, p.13). Il Seicento fu il secolo in cui lo scenario agreste acquisì un grande valore sia economico sia rappresentativo per la nobiltà veneziana. E' in questo contesto socio-politico che la famiglia Pisani, i cui esponenti ricoprivano le massime cariche della Repubblica, provvide alla ristrutturazione della cinquecentesca villa a Stra, con lo scopo di celebrare la propria fama, la propria posizione economica (Fornezza, Rallo 2000, pp.18-19) e per dimostrare che nessuna famiglia patrizia poteva competere con loro (Fontana 1983). Inizialmente, nel Seicento, come avvenne per



molte delle residenze patrizie che si affacciavano sul Naviglio, fu ristrutturata unicamente la facciata della villa, che, dalla descrizione di Vincenzo Coronelli, venne suddivisa in due piani e un sottotetto e dotata di un pronao sviluppato su tre piani e poggiato su un basamento a bugne (Fontana 1983, p.18). Successivamente, nel 1711, il neo-procuratore di San Marco Almorò Pisani e il fratello Alvise decisero di demolire e rinnovare l'intera fabbrica padronale cinquecentesca e di ristrutturare il relativo giardino, con l'obiettivo di equiparare la propria residenza agreste alla grandiosità che caratterizzava molte architetture europee del tempo. A tal fine, al nuovo complesso furono annessi tutta una serie di edifici confinanti, tra cui la casa Toffetti, Ca' Zane, la casa Codognola e la casa Graziani (Monti 1996, p.15). La tendenza delle più importanti famiglie patrizie ad ampliare o costruire sul Naviglio nuove dimore dotate di giardini molto estesi e di annessi agricoli, fu la naturale conseguenza del fenomeno della «smania per la

Fig.1
Veduta della prima
villa nell'incisione
pubblicata da G.F.
Coronelli, 1709.

villeggiatura», che raggiunse il suo apice nel XVIII secolo e che provocò il mutamento di quei costumi veneziani morigerati e oculati propri della nobiltà veneziana cinquecentesca (Fornezza, Rallo 2000, p.6). Il settecentesco progetto di costruzione e ristrutturazione della villa, delle sue relative adiacenze e del giardino fu affidato nel 1720 a Griolamo Frigimelica Roberti, architetto, conte e letterato padovano, amico di Almorò Pisani. Un incarico di tale portata richiedette tempi lunghi sia per la progettazione sia per la realizzazione, delle quali purtroppo, a causa della mancanza di documentazione, risulta oggi complesso ricostruire e datare con precisione le singole fasi. Per la redazione del suo progetto, il Frigimelica attinse a modelli quali la Reggia di Versailles, l'architettura classica e quella palladiana (Fornezza, Rallo 2000, p.22), ma anche il manierismo romano e la grandiosità delle ville barocche dei Savoia, mantenendo però sempre un approccio sperimentale (Monti 1996, p.19). L'estensione territoriale del complesso di Villa Pisani fu circa triplicato, ma l'architetto non ignorò completamente l'impianto palladiano precedente. Fu infatti mantenuto come cardine compositivo l'asse di simmetria dell'ansa del naviglio, ai capi opposti della quale si decise di posizionare il Palazzo e le Scuderie. Sotto esplicita richiesta dei committenti, l'architetto si occupò innanzitutto della realizzazione di alcune architetture complementari, tra cui le stesse scuderie, la torretta del labirinto, il portale del Belvedere e le mura di cinta, caratterizzandole per i giochi prospettici e l'ambientazione scenica e teatrale che sono attualmente in grado di evocare (Fornezza, Rallo 2000, p.23). Questi primi lavori furono ultimati nel 1728, nonostante il Frigimelica si fosse già recato a

Modena nel 1721, proseguendo probabilmente la direzione a distanza per mezzo di scambi epistolari con le maestranze presenti a Stra (Fornezza, Rallo 2000, p.24). Egli non riuscì ad occuparsi anche della costruzione del palazzo, perché morì a Modena nel 1732. Per questo motivo, Alvise Pisani affidò l'incarico al giovane architetto Francesco Maria Preti da Castelfranco Veneto (Tieto 1983, p.122), esigendo l'elaborazione di un progetto meno dispendioso e più vicino, rispetto a quello del Frigimelica, ai canoni palladiani e neoclassici che già si erano affermati sul territorio veneto (Monti 1996, p.31). La soluzione originaria, ideata dal precedente architetto, consisteva in una facciata composta da due logge sovrapposte ad architrave, inglobata in due corpi sporgenti e «sormontata da un coronamento barocco con orologio e due figure reggenti lo stemma di Casa Pisani.» (Mazzotti et al. 1973, p.25). Il primo progetto di Preti dimostrò l'intenzione di stabilire una certa continuità con la soluzione precedente, nonostante il carattere molto più pacato delle sue architetture. Egli scelse la sequenza canonica degli ordini architettonici dorico, ionico e corinzio, aperture semplici ed elementi di raccordo lineari e calibrati, oltre ad un'impostazione simmetrica della planimetria. Probabilmente fu proprio a causa della vicinanza rispetto al modello del Frigimelica, oltre alla spesa ancora troppo ingente, che la famiglia Pisani rifiutò la prima proposta del Preti, il quale elaborò in seguito il progetto finale, attualmente in opera (Monti 1996, p.32). Si tratta di una fabbrica dalla struttura architettonica semplice, sviluppata principalmente in lunghezza e larghezza e leggermente sporgente rispetto al recinto di mura che la lambisce. L'impianto si sviluppa attorno ai due cortili porticati del piano terra, separati

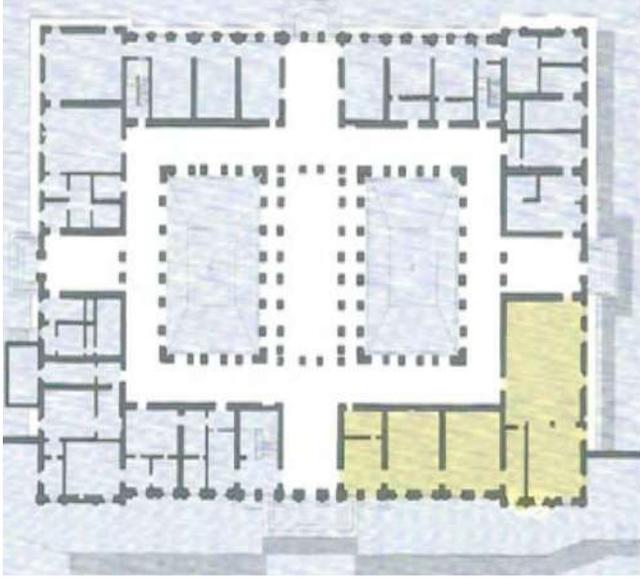


Fig.2
Pianta del piano
terra della villa
progettata da F. M.
Preti.

tra loro da colonne bugnate e attorniate da stanze di servizio. Tramite uno scalone si accede al primo piano, dove si trova lo splendido salone delle feste a doppia altezza, circondato da una galleria che si sviluppa sui quattro lati in corrispondenza dei portici sottostanti e da stanze comunicanti sia tra di loro sia con la galleria (Fornezza, Rallo 2000, pp.51-52). Lo spazio occupato al piano terra dagli atri e dalla galleria tripartita da colonne libere corrisponde a quello dei due vestiboli del piano nobile, affrescati da Francesco Simonini e grazie ai quali si accede al grande salone da ballo. (Fornezza, Rallo 2000, p.52) Gli affreschi che decorano questo grande ambiente, considerato il cuore del Palazzo, furono realizzati da Giovabattista Tiepolo, il figlio Giandomenico e la loro scuola. Il soffitto ospita la *Gloria di Casa Pisani*, realizzata da Giovanbattista tra il 1761 e il 1762, prima della sua partenza per la Spagna. Oltre al mirabile operato di Tiepolo e dei suoi collaboratori, il piano nobile della villa presenta affreschi e pitture di altre personalità artistiche di rilievo, come Giovanni Bevilacqua, Fabio Canal, Jacopo Guarana e Giuseppe Zais (Mazzotti et al. 1973, p.29). Il secondo e ultimo piano è occupato da un appartamento e da alloggi ottenuti dalla soffitta, quindi probabilmente dedicati alla servitù

(Fontana 1983, p.22). La facciata anteriore della villa si affaccia sul naviglio e si sviluppa per 80 metri di lunghezza e 23 metri d'altezza. Essa è suddivisa in cinque corpi, di cui tre sormontati da frontoni e leggermente aggettanti rispetto ai restanti due. La chiave di lettura della fabbrica si fonda sulla corrispondenza tra la partizione delle superfici esterne e degli ambienti interni. Delle porzioni coronate da frontone, quella occidentale corrisponde all'ex oratorio settecentesco, quella centrale alla vera e propria zona residenziale e quella orientale all'ambiente destinato al ricovero delle carrozze. I frontoni recano tre statue allegoriche ciascuno: la Giustizia, la Prudenza e la Temperanza su quello centrale; la Madonna con a fianco un Santo Vescovo e Sant'Antonio su quello occidentale; Perseo accompagnato da due scudieri su quello orientale (Fornezza, Rallo 2000, p.53). La porzione centrale della facciata presenta uno schema tripartito, caratterizzato dalla presenza di otto massicce



Fig.3
La Gloria di Casa
Pisani
di Giovanbattista
Tiepolo sul soffitto
del salone da ballo.



Fig.4
L'attuale facciata
prospiciente il fiume
Brenta, come da
progetto di F.M.
Preti.

semicolonne corinzie che, poggianti su alti piedistalli, si estendono lungo tutto lo spazio compreso tra la trabeazione sottostante il timpano e la balaustra del piano nobile. E' proprio quest'ultima a sottolineare il cambio di passo nella decorazione delle superfici, che dal bugnato del piano terreno passa al liscio marmorino dei due livelli sovrastanti. La trabeazione è composta invece da un fregio recante «festoni di fiori e frutta sorretti da putti con al centro una testa di leone». Per quanto riguarda le aperture, quelle del piano nobile sono ad arco, fatta eccezione per la coppia di finestre architravate ai lati di quella centrale, e quelle del piano superiore rettangolari, ognuna dotata di balaustra. L'apparato decorativo è stato realizzato in pietra tenera di Vicenza, in modo tale da raggiungere una soddisfacente intonazione con l'intonaco di fondo e ottenere una resa quasi monocromatica, la quale fa risaltare questa porzione centrale rispetto al resto della facciata. Le restanti partizioni, invece, recano qualche dissonanze cromatica, volta a distinguere le partiture piatte da quelle decorative tridimensionali (Fornezza, Rallo 2000, p.54). La facciata posteriore, rivolta sul *parterre* interno, presenta lo stesso schema compositivo della facciata anteriore, sebbene sia caratterizzata da una sintassi architettonica molto



distante da quella del Frigimelica e quindi più vicina ai rigorosi, essenziali e geometrici canoni neoclassici. Nella progettazione di questa quinta il Preti ha visibilmente ridotto il movimento della superficie, espresso unicamente dal sistema di lesene leggermed'nte aggettanti. Come per la facciata anteriore, anche in questo caso si evince la differenza nel trattamento di fondo tra il piano terra e i due piani superiori (Fornezza, Rallo 2000, pp.57-58). Anche le quinte a est e a ovest del palazzo tendono alla nitida e lineare semplicità tipica delle architetture neoclassiche, dal momento che presentano due ordini di finestre stagliati su una superficie liscia che viene interrotta unicamente da fasce marcapiano aggettanti (Fornezza, Rallo 2000, p.55). Ciò che la committenza richiedeva era la realizzazione di un corpo architettonico che testimoniassse nella maniera più opportuna l'autorità e l'ufficialità che avevano sempre contraddistinto la famiglia Pisani, soprattutto in seguito all'elezione a doge di Alvise Pisani. I lavori di costruzione del Palazzo di Villa Pisani terminarono nel 1756, ma la decorazione degli interni proseguì almeno fino al 1808, come testimoniano l'attività della bottega di Tiepolo e di Jacopo Guarana nelle sale del piano nobile. La villa rimase di proprietà della famiglia Pisani per poco più di settantanni,

Fig.5
La facciata rivolta verso il *parterre*, come da progetto di F. M. Preti.

durante i quali furono organizzati festeggiamenti e ospitati a palazzo ospiti illustri come gli eredi al trono di Russia nel gennaio del 1782, il re Gustavo III di Svezia solo due anni dopo, l'arciduchessa Maria Elisabetta d'Austria, sorella del defunto imperatore Giuseppe II, nel 1790. Anche Napoleone Buonaparte, accompagnato da Giuseppina Beauharnais, visitò la villeggiatura dogale nel 1797. Nello stesso anno la Repubblica di Venezia smise di esistere e venne annessa con tutti i suoi possedimenti, compresi quelli della terraferma, al Regno d'Italia fondato dall'imperatore francese. Fu proprio costui ad acquistare nel 1807 la villa, che entrò a far parte dei Beni della Corona francese e cambiò il suo nome in Villa Reale. Leggenda narra che Napoleone vi soggiornò per una notte soltanto, regalando poi l'intero complesso al giovane viceré italiano Eugenio Beauharnais, la cui consorte Amalia di Baviera cambiò il nome della villa in Villa Eugenia. Tra il 1807 e il 1814 la villa subì trasformazioni ben più consistenti di quelle legate al suo nome: il giardino venne riformato (Monti 1996, p.30) e l'estensione territoriale ampliata, con l'annessione di villa Cappello e altri terreni limitrofi volti a soddisfare le esigenze della corte vicereale e dei loro ospiti. Inoltre, a seguito della vendita da parte dei Pisani, alcuni settori del giardino e della stessa villa non furono, molto probabilmente, più sottoposti ad opportune e regolari opere di manutenzione. (Fornezza, Rallo 2000, pp.36-37). A seguito del Congresso di Vienna, tenutosi nel 1815, la villa di Stra cambiò nuovamente proprietario, essendo stato il Lombardo Veneto annesso all'impero austriaco. Dallo spirito trasformista e innovatore dei francesi, la villa diventò oggetto di una tendenza molto più conservatrice, vivendo sotto la direzione austriaca un

periodo di arricchimento continuo sia per il parco sia per il palazzo, come testimoniano i documenti datati tra il 1815 e il 1866 e conservati presso l'archivio della villa (Fornezza, Rallo 2000, p.42). A causa degli assidui soggiorni da parte della famiglia imperiale austriaca e di molti altri regnanti europei, la villa venne sottoposta a continue opere di manutenzione, riguardanti non solo la struttura architettonica del palazzo, ma anche i suoi arredi e il parco. Così facendo, grazie alla direzione austriaca e ai relativi interventi, la villa assunse nuovamente la funzione di luogo d'ufficialità e rappresentanza per la quale era stata originariamente progettata (Fornezza, Rallo, 2000, p.44). Da questo momento in poi la villa cominciò ad essere più o meno continuativamente meta di soggiorno per alcune delle personalità più illustri d'Europa, per poi essere adibita, nel 1848, a sede di distaccamenti militari e ad ospedale nell'anno successivo (Fornezza, Rallo 2000, p.44). A scontri terminati, le visite perdurarono fino al 1866, anno in cui il primo re d'Italia Vittorio Emanuele II vi alloggiò per breve tempo, adibendo il palazzo a quartiere generale militare e facendo sostituire lo stemma della casata austro-ungarica con quella della casata italiana (Monti 1996, p.30). Successivamente, a causa del suo mancato inserimento da parte del sovrano nella dotazione immobiliare della corona, la villa perse la sua funzione rappresentativa, subì un forte impoverimento delle sue risorse e fu svalutata. Così rimase all'asta dal 1874 al 1882, finché il Parlamento non la dichiarò monumento nazionale, assegnandone la responsabilità e la direzione al Ministero della Pubblica Istruzione, nello specifico all'Ufficio regionale per i Monumenti. Nonostante molte delle adiacenze, quali Villa Cappello, Ca' Codognola, Ca'

Toffetti e il Casino del Prete, fossero state affittate a privati, si riscontrò una certa difficoltà nel gestire e utilizzare tutti gli ambienti che componevano la villa (Fornezza, Rallo 2000, p.46). Per questo motivo, nel 1909, il ministero decise di destinare parte del piano terra e del parco alla fondazione di un Istituto per le ricerche idrotecniche dell'Università di Padova (Fornezza, Rallo, 2000, p.47). All'indomani del primo conflitto mondiale la villa fu adibita ad ospedale militare, venendo poi di nuovo affidata al Ministero della Pubblica Istruzione, che nel 1923 ne fece «soggiorno temporaneo per studenti di Accademia» e nel 1925 scuola di pomologia e floricoltura per orfani di guerra, affidata alla gestione ad un consorzio (Monti 1996, p.32).

Fig.6
Le scuderie e
il parterre.





L'EVOLUZIONE DEL GIARDINO TRA XVIII E XX SECOLO

Parallelamente alle vicende della casa padronale, anche il giardino di Villa Pisani e le sue architetture subirono nel corso del tempo una concatenazione di trasformazioni dovute alle mutevoli condizioni socio-politiche. Nonostante ciò, il parco storico, progettato per occupare dieci ettari di superficie circa, ha mantenuto nel tempo i due elementi innovativi introdotti dal progetto originario settecentesco del Frigimelica. Si tratta del grande *parterre* compreso tra le fabbriche del Palazzo e delle Scuderie, delimitato da due viali alberati e ornato di statue settecentesche, e la strutturazione del giardino secondo un sistema di assi-viali prospettici che lo attraversavano culminando nei sei portali d'accesso e nelle otto finestre a tabernacolo facenti parte del recinto murario. Tale stratagemma è stato studiato per permettere allo spettatore di godere di scene differenti a seconda del portale o della finestra a cui si affacciava dall'esterno (Fornezza, Rallo 2000, p.22-23). Al Frigimelica vengono inoltre attribuite la realizzazione della torretta del labirinto, visibile nel settore orientale del parco, il portale del Belvedere e la cinta muraria. Se con il Preti l'assetto stabilito dal suo predecessore non viene modificato, è con l'occupazione francese, più precisamente tra il 1807



Fig.7
La torretta del
labirinto progettata
da Girolamo
Frigimelica.

e il 1814, che l'intero complesso subisce trasformazioni ben più consistenti di quelle legate al suo nome (Monti 1996, p.30). L'architetto Giovanni Antonio Antolini, coadiuvato dai due architetti regi Giuseppe Mezzani e Giuseppe Maria Soli, viene incaricato di adattare il giardino e gli ambienti della villa al nuovo gusto e ordine morale napoleonico. Fu così

che gran parte del patrimonio arbustivo e arboreo del parco fu sostituito da una schiera di tigli, platani e faggi volti ad accrescere gli spazi d'ombra per i visitatori. Anche la statuaria decorativa fu ridotta, mentre fu promossa e potenziata la produzione di agrumi sia a spalliera, sia a galleria, sia in vaso, adibendo le ali curve delle scuderie a zona di conserva e di riparo dei vasi (Fornezza, Rallo 2000, pp.38-39). La successiva presenza austriaca favorì l'incremento di piante ad alto fusto, l'arricchimento botanico generale e il completamento della zona boschiva «all'inglese», a cui i francesi avevano destinato la porzione orientale del parco. Tra le principali realizzazioni austriache sono da ricordare l'allestimento di ambientazioni archeologizzanti di gusto romantico, come la montagnola con la ghiacciaia nell'area boschiva

occidentale e la montagnola di Francesco Giuseppe I in quella orientale, la creazione di nuove serre e l'ammodernamento della vaseria di agrumi, presso le scuderie (Fornezza, Rallo 2000, pp.43-44). Quando, a seguito dell'Unità d'Italia, il complesso di Villa Pisani non venne incluso nel demanio della Corona, si sviluppò un certo disinteresse nei suoi confronti. Nel 1869, ad esempio, fu il custode Agostino Baroni a dover sobbarcare le spese annuali relative alla manutenzione delle serre e al ricovero degli agrumi, dal momento che gli unici fondi stanziati vennero utilizzati per la conservazione del Palazzo. Nel 1911 si assistette allo stravolgimento del parterre centrale: l'Istituto per le ricerche idrotecniche dell'Università di Padova realizzò una grande vasca finalizzata all'esecuzione di esperimenti idraulici. Date le ingenti polemiche che questa installazione suscitò, la Soprintendenza propose, in alternativa, la creazione dell'attuale bacino d'acqua antistante la vasca, che fu progettato nel 1913 dall'ingegnere Max Ongaro sotto forma di vaso trilobato, ma che si rivelò inutile per la ricerca scientifica dell'Istituto (Fornezza, Rallo 2000, pp.45-47). Dopo un flebile episodio di ammodernamento, forse unicamente dovuto all'imminente incontro tra Hitler e Mussolini del 1934, il giardino di Villa Pisani fu colpito da un primo depauperamento botanico. Esso consistette nell'abbattimento di alcune specie arboree pregiate, finalizzato a estinguere parzialmente il debito accumulato dall'Azienda Autonoma per la Villa Nazionale di Stra, istituita nel 1938 e soppressa nel 1947. A partire dagli anni Cinquanta del Novecento il complesso di Villa Pisani visse un progressivo stato di abbandono, che terminò solo con l'iniziativa di valorizzazione e conservazione attuata negli anni Novanta (Fornezza, Rallo 2000, pp.48-49).



LA STATUA LAPIDEA DELL'ABBONDANZA

CAPITOLO SECONDO

Al centro di una piccola aiuola, fiancheggiata a sinistra dal viale diretto al cortile della scuderia piccola e a destra da quello che conduce all'essedra, si trova la statua dell'*Abbondanza*. Facente parte dell'arredo scultoreo che decora l'ampio parco di Villa Pisani a Stra, nel 2006 la statua fu inserita nell'*Atlante della Statuaria Veneta da giardino* realizzato dalla Fondazione Giorgio Cini, e datata alla prima metà del XVIII secolo a seguito di un'attenta analisi stilistica. Realizzata in pietra bianca tenera, probabilmente di Vicenza, l'opera si sviluppa per 170 centimetri d'altezza, poggia su un basso rocco lapideo circolare ed è ad oggi attribuita ad un componente molto valido della scuola veneto-barocca. La Dott.ssa Monica De Vincenti, studiosa esperta dell'arte veneta tra Cinquecento e Ottocento e collaboratrice scientifica della Fondazione, ritiene che la statua potrebbe costituire parte dell'insieme di sculture che, come dimostrano alcuni documenti, furono realizzate nel 1720 dalla bottega di Giovanni Bonazza per la decorazione del parco della villa. Nel complesso, infatti, la statua presenta fattezze che richiamano le canoniche figure femminili realizzate dal Maestro, sebbene semplificate, classicheggianti e vicine alla produzione tarda della bottega, più propriamente attribuibile agli allievi e collaboratori del Bonazza, tra cui in primo luogo i figli Tommaso e Antonio. Sembrerebbero infatti riconducibili alla mano del primo la snellezza delle forme, i tratti fisionomici gentili e la posa aggraziata che caratterizzano la statua in questione, ma risulta prematuro avanzare ipotesi in assenza di documenti che le possano confermare. Dal punto di vista iconografico, la statua ritrae l'allegoria dell'Abbondanza. L'allegoria è una figura retorica secondo cui un concetto astratto viene rappresentato attraverso un'immagine e,

nel caso dell'Abbondanza, la rappresentazione canonica corrisponde a quella descritta da Cesare Ripa nell'edizione del 1603 della sua *Iconologia*: «Si tratta di una donna gratiosa che havendo d'una bella ghirlanda di vaghi fiori cinta la fronte et il vestimento di color verde, ricamato d'oro, con la destra mano tenga il corno della dovitia pieno di molti et diversi frutti, uve, olive et altri et col sinistro braccio stringa un fascio di spighe di grano, di miglio, panico, legumi et somiglianti, dal quale si vederanno molte di dette spighe uscite cadere et sparse anco per terra.» Le caratteristiche descritte da Cesare Ripa corrispondono quasi totalmente a quelle della scultura oggetto di studio, la quale ritrae una giovane fanciulla vestita e intenta ad osservare la cornucopia ricca di frutti che sorregge con il braccio sinistro, mentre con la mano trattiene la veste e col braccio destro stringe il ramo di una pianta non identificata (<https://arte.cini.it/Opere/85811>).



IL MATERIALE COSTITUTIVO

La statua dell'*Abbondanza* è realizzata in pietra tenera proveniente dai Colli Berici, probabilmente pietra di Vicenza, litotipo che veniva estratto nelle cave di Brendola, Costozza, Arcugnano, Villabalzana, Zovencedo e San Gottardo, alcune delle quali sono attualmente attive. La successione delle formazioni rocciose calcaree stratificate che oggi costituisce i Colli Berici ha avuto origine decine di milioni di anni fa, quando fanghi, sabbie, frammenti di piante e gusci animali cominciarono a depositarsi in maniera lenta, ma continua sul fondo del mare, che al tempo si estendeva fino all'attuale area occupata dai Colli. Con il passare del tempo, gli strati di materiale accumulato si disidratano a causa dell'evaporazione dell'acqua, raggiungendo lo stesso livello di durezza e compattezza della roccia. A seguito di un corrugamento localizzato della crosta terrestre, durante l'epoca del Miocene i Berici furono sollevati ed esposti agli agenti atmosferici, la cui azione corrosiva causò la loro attuale morfologia arrotondata. (Della Libera 2006, p.1) Il rilievo si sviluppa attualmente a sud, sud-ovest di Vicenza, lungo l'asse che congiunge i monti Lessini con i Colli Euganei (Cavallo 2013). La Pietra di Vicenza è

un corpo roccioso appartenente alla formazione rocciosa delle Calcareniti di Castelvetro, affioranti nell'area di Brendola e derivate dall'accumulo e dalla compattazione di nuovi strati calcarei sulle più antiche formazioni della Pietra di Nanto e della Scaglia Rossa durante l'Oligocene. Nello stesso periodo, a causa del mare poco profondo e del clima tropicale, sul margine sud orientale dei Berici si sviluppò una barriera corallina delimitante una laguna. Ai piedi di quest'ultima, all'interno delle sue acque basse e calme e nei canali di marea, si depositarono sedimenti dalla granulometria fine e uniforme, che sedimentando e compattandosi diedero origine alla Pietra di Vicenza. Si tratta quindi di una roccia sedimentaria calcarea, una calcarenite nulliporica di retroscogliera, dal colore bianco o leggermente paglierino, formatasi in ambiente neritico, ricco di ossigeno e di energia, in corrispondenza dei canali di marea (Della Libera 2006, p.2). Dal punto di vista mineralogico la pietra di Vicenza si può definire un calcare puro, in quanto formato all'80% da CaCO_3 , e una biomicrite, dal momento che tutto il carbonato di calcio di cui è formato è microcristallino e ha origine biologica. Il restante 20% comprende ossidi di silicio, alluminio, ferro, calcio e magnesio. Macroscopicamente viene descritto come un conglomerato eterogeneo di calcari grossolani, formati da clasti carbonatici e bioclasti, chiamati anche biofossili. In quest'ultima categoria rientrano i frammenti di nullipore, ovvero le aghe calcaree di cui sono principalmente composti i depositi da cui ha origine la roccia, ma anche i frammenti di conchiglie e di gusci di echinidi e nummuliti (Pavan 2019, p.17). In passato la pietra di Vicenza veniva estratta dalle priare dei Colli Berici, ovvero dalle cave sotterranee, tagliata in blocchi spessi

un metro e lunghi fino a quattro e caricata su grossi carri trainati da buoi che la trasportavano fino ai laboratori. Appena estratta, la roccia possedeva ancora l'acqua di cava, che le permetteva di rimanere tenera e facilmente tagliabile, perciò veniva segata a mano, sagomata e intagliata con una certa facilità. Evaporata l'acqua, nel corso del tempo il carbonato di calcio si depositava sulla superficie della roccia, colmando e riducendo la porosità e aumentando la durezza e la resistenza agli agenti atmosferici, quindi la durabilità del materiale. Sono queste le ragioni che hanno indotto l'uomo, nel corso dei secoli, ad un copioso utilizzo della pietra di Vicenza nel campo sia edilizio sia decorativo-artistico (Della Libera 2006, p.2). A lungo andare, però, i minerali argillosi e fossiliferi di cui questo litotipo è composto lo espongono ad alterazioni che ne aumentano la porosità e la fragilità. I processi di degrado che più comunemente si riscontrano sono la solfatazione, soprattutto se in un ambiente inquinato, seguita solitamente dallo sfarinamento della superficie e il dilavamento da parte dell'acqua piovana. Quest'ultimo tende ad attaccare principalmente la matrice carbonatica, lasciando esposti i clasti grossolani di cui la pietra può essere composta (Pavan 2019, p.17).

LO STATO DI CONSERVAZIONE

La statua in oggetto si trova al centro di una delle aiuole che si incontrano quando dalla villa si decide di raggiungere gli alloggi del giardiniere nella parte orientale del grande giardino. Essendo collocato in ambiente esterno e costeggiato su due lati da viali alberati, il manufatto presenta condizioni conservative discrete, dal momento che sono riscontrabili le forme di degrado più tipiche per un materiale lapideo similmente collocato.

Le caratteristiche climatiche e ambientali del contesto in cui è inserita la statua, nello specifico i valori di umidità relativa del territorio e la vicinanza con la strada trafficata che è fonte di inquinamento, agiscono da catalizzatori del degrado del materiale lapideo, che nel caso della statua in questione è di tipo sia fisico che chimico. L'acidità del particolato presente nell'atmosfera unita all'alta percentuale di carbonato di calcio del materiale di cui è costituita la statua permettono l'attuazione di tutti i processi di degrado chimico delle pietre carbonatiche, come la solubilizzazione, ricristallizzazione e rideposizione di un carbonato di calcio di nuova formazione molto più solubile di quello originario, con conseguente impoverimento del componente principale della pietra. Inoltre, l'inquinamento atmosferico può favorire la formazione di solfati di calcio che compromettono la conservazione del materiale. La pietra diventa così ambiente favorevole allo sviluppo e alla colonizzazione di organismi e microrganismi vegetali. Ad un primo esame visivo, il fenomeno di biodeterioramento appare localizzato in diverse e ampie zone della superficie. Le tipologie biologiche presenti sono principalmente licheni di colore giallo, arancione e nero e microrganismi di colore scuro per la cui identificazione non è però sufficiente il solo esame visivo. Il fatto che lo sviluppo di questi microrganismi sia riuscito a resistere all'irraggiamento solare e alle variazioni, anche estreme, di temperatura fa supporre che si tratti di cianobatteri. Ad ogni modo, le specie biologiche presenti sul manufatto sono specie autotrofe, la cui crescita è permessa e stimolata dall'acqua piovana. La colonizzazione biologica, infatti, si distribuisce sulla superficie a seconda delle diverse modalità con cui l'acqua colpisce il substrato: se essa si incanala, percolando



Fig.8
Particolare della
statua *Abbondanza*
situata nel parco
storico di
Villa Pisani.

lentamente sulla superficie, fornisce ai microrganismi il tempo necessario per attecchire e svilupparsi, favorendo la formazione di colonie e patine di diverso colore. Al contrario, scorrendo rapidamente, l'acqua impedisce l'attecchimento e lo sviluppo di organismi biodeteriogeni sulla superficie, la quale, oltretutto, presenterà una colorazione bianca dovuta all'azione erosiva esercitata dall'acqua stessa. Tale colorazione si distingue, in quanto più brillante, da quella che caratterizza le aree interessate da una quantità d'acqua irrisoria o nulla, poiché queste ultime non vengono colpite dall'azione erosiva dell'acqua. La scarsa quantità o mancanza d'acqua è un altro fattore che, come

l'alta velocità di scorrimento della stessa, sfavoriscono la colonizzazione biologica della superficie. L'orientamento che caratterizza la statua in questione prevede che il fronte sia esposto a sud-est, dove l'evaporazione dell'acqua è maggiore a causa della prolungata esposizione ai raggi solari. Il retro del manufatto, invece, è esposto a nord-ovest, dove la permanenza dell'acqua sul substrato è di

gran lunga elevata rispetto al fronte, a causa del minor irraggiamento solare. Sulla base di queste condizioni, si riscontrano sul fronte per lo più licheni arancioni (prevalentemente *Caloplaca sp.*) a livello delle superfici orizzontali e sub-orizzontali, dal momento che essi necessitano di maggior permanenza d'acqua e depositi organici, e cianobatteri in zone verticali, accompagnati da alcune evidenze di licheni fogliosi provenienti dagli alberi. Sul retro, invece, si riscontrano maggiormente patine algali scure, licheni neri (prevalentemente *Verrucaria sp.*) e fogliosi. Queste specie biologiche si sono sviluppate su diversi strati che appaiono ad occhio nudo molto compatti e aderenti alla superficie del materiale. E' inoltre presente una frattura che si estende lungo l'intera circonferenza del collo della figura e che si congiunge con una mancanza di materia presente sul retro del capo. Tali fenomeni potrebbero indicare che in passato la testa della statua è ceduta o ha subito una rottura intenzionale, alla quale si è rimediato ricollocando successivamente la testa mediante l'utilizzo di un perno, forse metallico.

Fig.9
Particolare della
statua *Abbondanza*
situata nel parco
storico di
Villa Pisani.





**IL BIODETERIORAMENTO
DEI MANUFATTI LAPIDEI
COLLOCATI ALL'ESTERNO**

CAPITOLO TERZO

La prima definizione di biodeterioramento viene fornita nel 1965 da Hueck Van Der Plas, il quale descrive questo fenomeno come «ogni cambio indesiderabile nelle proprietà di un materiale, causato dalle attività vitali di organismi e microrganismi». Questi ultimi vengono attualmente chiamati biodeteriogeni, dal momento che attecchiscono e si sviluppano sul materiale, ancorandosi e causando danni allo stesso. Il biodeterioramento rientra infatti nella classificazione dei meccanismi di degrado dei materiali, dal momento che li modifica causando il peggioramento delle loro condizioni conservative. I processi tramite cui questo fenomeno si manifesta hanno natura chimica quando la crescita dei biodeteriogeni sul substrato ne comporta la decomposizione, ovvero la trasformazione dei principali costituenti attraverso l'emissione di determinate sostanze chimiche quali acidi organici o inorganici, enzimi e pigmenti. Se invece l'azione esercitata dai biodeteriogeni comporta il decoesione del substrato, quindi la formazione di lesioni, fratturazioni o distacchi, causate dalla pressione esercitata durante l'ancoraggio, la crescita e la penetrazione all'interno del materiale, si parla di processi di natura meccanica. Nonostante questa distinzione, è possibile che le due tipologie di processi vengano messe in atto contemporaneamente dai biodetriogeni durante l'attacco, a patto che si manifestino le condizioni di temperatura, umidità, ventilazione, luce, e presenza di sostanze organiche favorevoli all'attecchimento e allo sviluppo della colonizzazione biologica. L'entità e i meccanismi di biodeterioramento dipendono infatti da una serie di fattori, tra cui la natura del materiale, che può essere organica o inorganica, la categoria nutrizionale a cui appartengono i biodeteriogeni e le condizioni ambientali

presenti. Per quanto riguarda i manufatti lapidei collocati in ambiente esterno, la colonizzazione biologica più comune è quella attuata da micro e macrorganismi autotrofi e da alcuni microrganismi eterotrofi. I primi sono quelle specie organiche capaci di produrre autonomamente le sostanze nutritive necessarie al proprio sostentamento, nello specifico alghe, cianobatteri, licheni, muschi e piante superiori. I secondi, invece, corrispondono a quegli organismi che, non essendo in grado di autosostentarsi, tendono a ricercare il proprio nutrimento all'esterno, colonizzando materiali organici, dai quali estraggono le sostanze nutritive attraverso il processo chimico di digestione enzimatica, o quelli inorganici su cui è presente della sostanza organica. A questa classe di organismi appartengono i funghi meristemati. Per quanto riguarda il fattore ambientale, lo sviluppo degli organismi autotrofi dipende principalmente dalla presenza di luce solare ed acqua, necessari per poter compiere la fotosintesi clorofilliana. Si tratta di un processo molto importante, dal momento che, a partire dalla reazione di acqua e anidride carbonica presenti nell'aria e catalizzate dall'energia elettromagnetica emessa dai raggi solari, viene prodotto il glucosio di cui questi organismi si nutrono. Molto rilevanza assume inoltre il fattore temperatura: il congelamento dell'acqua cellulare potrebbe indurre l'aumento di volume e la rottura della membrana cellulare, con conseguente disidratazione e morte della cellula. Al contrario, valori molto elevati o un successivo aumento della temperatura ambientale potrebbero catalizzare le reazioni chimiche alla base del processo metabolico degli organismi autotrofi, incrementandone lo sviluppo. L'ambiente ideale per la crescita di questa specie organica dovrebbe quindi innanzitutto essere esterno, esposto alla

luce e all'acqua piovana, ma anche caldo e umido, dal momento che un alto indice di umidità relativa ambientale presuppone la presenza di un elevato tasso d'acqua nell'aria. Il principale fattore ambientale condizionante la crescita dei microrganismi eterotrofi è invece la presenza di sostanza organica, sebbene anche la presenza di acqua contribuisca ad eutrofizzare la superficie. Oltre ai danni di natura fisica e chimica, possono manifestarsi anche danni di natura estetica, che consistono principalmente in alterazioni cromatiche, sviluppo di patine di diversi colori o presenza di vegetazione infestante. Si tratta di forme di degrado d'entità minore rispetto a quelle derivate dai processi fisico-chimici, poiché solitamente reversibili (Franceschi, Germani 2012, pp.62-63). Di seguito sono riportate e descritte i principali agenti biodeteriogeni responsabili del degrado biologico dei manufatti lapidei esposti all'esterno.



CIANOBATTERI E MICROALGHE

I cianobatteri e le alghe verdi sono entrambi microrganismi fotoautotrofi e fotosintetici, ma rispettivamente procariotici ed eucariotici. I primi sono formati da cellule fornite di membrana plasmatica, parete cellulare e di un nucleo privo di membrana nucleare e formato da un unico cromosoma, un citoplasma privo di reticolo e il citoscheletro, mentre i secondi sono dotati di cellule

composte da una parete rigida esterna, la membrana cellulare, il citoplasma e un nucleo avvolto da una propria membrana. La grande famiglia delle alghe prevede specie unicellulari, in cui è una sola cellula a svolgere le funzioni vitali e ad agire come corpo vegetativo ed elemento riproduttore, e specie pluricellulari in cui tutti gli organismi possiedono un tallo, ovvero un corpo vegetativo dalla struttura semplice. Questi microrganismi crescono e si sviluppano formando patine polverulente e strati gelatinosi di colori variabili a seconda del corredo di pigmenti che possiedono. I cianobatteri, invece, appartengono al regno degli eubatteri e sono organismi unicellulari chiamati anche alghe azzurre a causa della presenza di un pigmento azzurro, la ficocianina, che colora le loro cellule prevalendo su quello verde della clorofilla. Le cellule di entrambe le specie sono circondate da una guaina mucillaginosa di polisaccaridi che può assumere colori diversi e che svolge importanti funzioni per la cellula. Questa matrice gelatinosa protettiva si occupa di mantenere le cellule unite e coese tra di loro, di creare una riserva idrica assorbendo acqua e trattenendola per lungo tempo evitando la disidratazione delle cellule, di favorire l'adesione delle cellule al substrato tramite la formazione di legami a idrogeno, di permettere gli scambi biochimici tra una cellula e l'altra e di ospitare i pigmenti scuri che proteggono la cellula dai raggi ultravioletti emessi dalla luce solare. Questa matrice influisce inoltre sull'entità del degrado provocato da questi microrganismi, perché agisce da mezzo di contatto tra il substrato e le sostanze acide prodotte e liberate dalle cellule. E' soprattutto la presenza di questa guaina che permette a cianobatteri e microalghe di sopravvivere e permanere sul substrato anche in condizioni ambientali ostili. La modalità con cui

questi microrganismi s'insediano e crescono sul substrato li definisce epilitici nel caso in cui si sviluppino unicamente sulla superficie del materiale lapideo, e endolitici, se invece penetrano nella profondità del materiale. All'interno di quest'ultima tipologia, s'inseriscono anche i criptoendolitici, che tendono a colonizzare cavità del materiale già esistenti, e quelli euendolitici, responsabili invece della creazione di nuove cavità di diversa morfologia a causa della loro azione penetrativa. Se l'ambiente è caratterizzato da condizioni favorevoli alla loro crescita, i cianobatteri e le microalghe tendono a svilupparsi per lo più in maniera epilitica, formando una patina di colore variabile. A differenza della crescita per lo più epilitica, il processo riproduttivo si differenzia tra alghe e cianobatteri. Nei diversi gruppi algali può essere agamica, quando non prevede la fusione dei gameti e il conseguente rimescolamento del patrimonio genetico, o gamica quando tutto ciò avviene. Nelle alghe unicellulari la riproduzione agamica avviene per divisione cellulare o attraverso la formazione di spore endogene di diverso tipo che germinano in seguito. Nelle specie pluricellulari e nelle forme coloniali, invece, avviene la frammentazione del tallo in diverse parti, ognuna delle quali da origine ad un nuovo organismo. I cianobatteri attuano generalmente la riproduzione gamica. Gli unicellulari subiscono generalmente la divisione cellulare per scissione binaria o multipla, ma a seconda del genere i cianobatteri attuano svariati processi riproduttivi. Nel caso in cui i fattori ambientali dovessero subire un drastico cambiamento, i cianobatteri riuscirebbero a svilupparsi nella profondità del materiale, in funzione protettiva, mentre le alghe, la cui crescita è sostanzialmente superficiale, risulterebbero meno resistenti alle nuove condizioni ambientali.

L'azione degradante esercitata da questi microrganismi è sia chimica che meccanica. Essi sono infatti in grado di attivare i processi chimici di trasformazione del carbonato di calcio in bicarbonato di calcio, chiamata acidolisi, e di formazione di complessi di chelazione dello ione calcio, chiamata complessolisi. Entrambi costituiscono meccanismi chimici di erosione del substrato causati dal rilascio da parte delle cellule dei microrganismi di sostanze acide scartate durante i processi metabolici delle loro cellule. All'azione chimica degradante dei cianobatteri, si aggiunge la capacità di fissare l'azoto presente in atmosfera, producendo amminoacidi e proteine che permettono loro sia di colonizzare una superficie «pulita» sia di eutrofizzare quella da loro già colonizzata, favorendo, ad esempio, la crescita di microrganismi eterotrofi. Dal punto di vista meccanico, cianobatteri e microalghe sono in grado di provocare al substrato importanti stress meccanici, dovuti principalmente alla pressione da loro esercitata durante la fase di ancoraggio e di crescita. Inoltre, proprio a causa dell'ancoraggio al substrato, nel momento in cui, per disidratazione, la patina creatasi viene rimossa meccanicamente o cade spontaneamente, reca con sé i frammenti di materiale eroso dai processi chimici sopra citati. Le principali forme di degrado che si manifestano sui manufatti lapidei a causa dell'attacco di cianobatteri e microalghe consistono perciò nella decoesione, erosione, distacco e possibile caduta del materiale, a cui segue un massiccio aumento della porosità. Assume una certa rilevanza anche il danno estetico che questi microrganismi possono causare. Esso consiste nella formazione di patine variamente colorate e di possibili macchie causate dalla fuoriuscita dei pigmenti contenuti nelle loro cellule, a causa dell'applicazione di

trattamenti troppo aggressivi (Franceschi, Germani 2012, pp.63-64; Caneva et al. 2007, pp.71-77)



LICHENI

I licheni appartengono alla classe degli organismi macroscopici, visibili ad occhi nudo, e nascono dall'unione di un fungo e di un'alga microscopica procariote o eucariote, che vengono inglobati nel lichene stesso. Questa simbiosi permette al lichene di ottenere le sostanze nutritive necessarie, tra cui carboidrati, proteine e lipidi, direttamente dal microrganismo autotrofo inglobato, che in cambio viene protetto e mantenuto in vita dal lichene. Inoltre, essendo organismi poichiloidrici, sono in grado di sopravvivere anche in condizioni di minimo apporto d'acqua, dal momento che possono reidratarsi autonomamente se disidratati. Questi sono i motivi per cui i licheni riescono a svilupparsi anche in ambienti poveri e/o caratterizzati da condizioni climatiche severe, eccetto quella di inquinamento gassoso, alla quale non riescono a sopravvivere. Il lichene è composto da un corpo vegetativo fungino, chiamato tallo, e da un insieme di piccole catene formate da una sequenza di cellule, le ife fungine o rizine. A causa della forma circolare e dell'aspetto crostoso e scabro del suo corpo fungino, la cui colorazione varia a seconda della specie, il lichene appartiene alla famiglia delle tallofite. La principale classificazione è stata esegui-

ta in relazione alla forma del tallo lichenico. Se presentano l'aspetto di una crosta e sono costituiti da lamine aderenti al substrato, allora vengono definiti licheni crostosi, caratterizzati da una superficie continua oppure suddivisa in piccole aree poligonali chiamate areole, che a loro volta possono essere piane, concave o convesse. Esistono poi i licheni fogliosi, che assumono la forma di lamine spesso suddivise in lobi e parzialmente sollevate dal substrato, e i licheni fruticosi, il cui tallo, ancorato al substrato in un unico punto o solamente appoggiato ad esso, si sviluppa nelle tre dimensioni attraverso ramificazioni chiamate lacinie. Infine i licheni squamosi, formati da piccole squame o scaglie e privi di rizine. L'ancoraggio al substrato di questi licheni avviene per una sola estremità. I licheni vengono inoltre suddivisi in calcicoli e silicicoli a seconda del tipo di pietra che colonizzano, rispettivamente calcarea e silicea, e in epilittici e endolittici sulla base della modalità di crescita. Il tallo fungino si sviluppa molto lentamente, ma è possibile che, su uno stesso manufatto, si sviluppino contemporaneamente anche più specie licheniche a seconda delle condizioni ambientali. Dal punto di vista morfologico, la crescita lichenica prevede la formazione di spesse strutture di natura organica che, a differenza dei cianobatteri, non si caratterizzano in quanto patina, ma prevedono una diffusione a macchie. L'azione biodeteriogenica esercitata dai licheni si attua attraverso meccanismi di tipo sia fisico, sia chimico, causando inoltre un rilevante danno estetico. Dal punto di vista meccanico, questi organismi esercitano una notevole pressione, dovuta non solo all'ancoraggio al substrato, ma anche all'azione delle rizine durante lo sviluppo endolittico e ai fenomeni di espansione e contrazione del tallo lichenico, che dipendono dal quantitativo d'acqua di

cui esso può disporre. Inoltre, come nel caso dei cianobatteri, il distacco e la caduta dei corpi fruttiferi ancorati al substrato provoca l'erosione e la decoesione dello stesso, con conseguente aumento della porosità del materiale lapideo. L'azione chimica, invece, consiste nell'attuazione di processi innescati dal rilascio sul substrato di prodotti acidi di scarto del metabolismo cellulare. Le specie licheniche più dannose per il materiale lapideo sono sicuramente quelle crostose e fogliose, dal momento che riescono ad estendersi notevolmente se le condizioni ambientali lo permettono. I licheni sono in grado di riprodursi secondo due modalità. La prima consiste nella liberazione di spore che, trasportate dall'aria, possono in seguito depositarsi su un nuovo substrato favorevole alla colonizzazione e quindi germogliare. La seconda è invece la modalità del distacco sterile, che permette ad una porzione distaccata del corpo fungino di colonizzare il substrato su cui è caduta, sempre che questo presenti le medesime condizioni favorevoli del precedente (Franceschi, Germani 2012, pp.67-68; Caneva et al.,2007, pp.77-81).

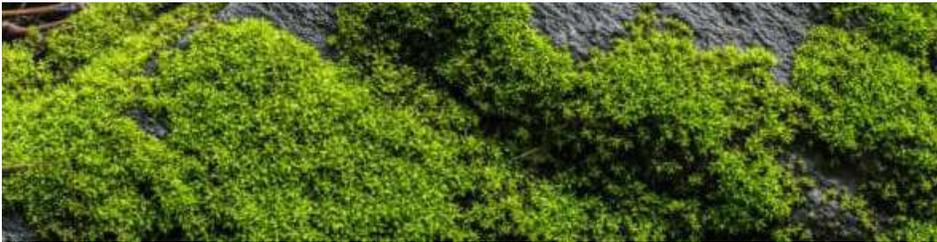


FUNGI MERISTEMATICI

Tra i microrganismi eterotrofi più comunemente responsabili del degrado dei manufatti lapidei esposti all'esterno rientra la specie dei funghi meristemati o

funghi neri della pietra. Si tratta di un ampio ed eterogeneo gruppo di microrganismi accomunati dalla produzione di un pigmento melaninico nero-olivaceo e dalla crescita meristemica, la quale consiste nell'ingrossamento delle cellule fungine, con ispessimento della parete contenente la melanina, e produzione interna di spore. Queste due caratteristiche permettono ai funghi meristemici di sopravvivere a condizioni ambientali «estreme», come la scarsità d'acqua, di materiale organico e la forte insolazione. Lo sviluppo di questi microrganismi è favorito in ambienti ricchi d'acqua e ossigeno, caratterizzati da determinate temperature e da una certa acidità. Per questo motivo i soggetti più colpiti sono litotipi particolarmente acidi quali i graniti, le dioriti, le ardesie o le argille, sui quali i funghi meristemici possono avere sviluppo sia epilittico sia endolitico. La crescita endolitica può essere cripto o euendolitica, ma la modalità di penetrazione dei funghi differisce da quella di alghe e cianobatteri, in quanto avviene principalmente a causa di un'azione fisico-meccanica. Grazie all'ispessimento della propria parete cellulare, i funghi meristemici sono in grado di scavare vere e proprie gallerie nel materiale, giungendo anche a 10 mm di profondità. Si tratta di un'attività molto invasiva, dal momento che, oltre ad imprimere forti stress meccanici, aumenta drasticamente la porosità del materiale, facilitando la penetrazione dell'acqua attraverso alveoli di grandi dimensioni. L'attività chimica dei funghi meristemici è meno impattante rispetto a quella fisico-meccanica, ma comunque rilevante, dal momento che prevede la produzione di numerosi acidi organici. Questi sono responsabili della formazione di complessi di chelazione con i cationi metallici del substrato e della dissoluzione

di calcari, minerali siliciatici, minerali contenenti ferro, magnesio e alcuni fosfati. Di conseguenza, il substrato colonizzato da funghi meristemati può presentarsi decoeso a causa della loro azione fisico-meccanica e corrosivo a causa di quella chimica (Franceschi, Germani, 2012, pp.67-68; Caneva et. al. 2007, pp.70-71)



MUSCHI

I MUSCHI sono organismi fotosintetici e autotrofi che per crescere e svilupparsi necessitano di acqua, luce, aria e materiale organico, dal quale, però, a differenza degli organismi precedentemente descritti, estraggono unicamente i sali minerali, essendo in grado di produrre autonomamente le sostanze organiche necessarie al proprio sostentamento. Questi organismi sono facilmente riscontrabili in ambienti caldo-umidi, costantemente bagnati e recanti terriccio depositato o residui di altri organismi. La struttura dei muschi è composta da insiemi di alghe che compongono il gambo, chiamato caudilio, e le foglie, filloidi. Essendo ancorato al substrato tramite rizine, il caudilio si occupa di estrarre i sali minerali, che vengono poi trasportati fino alle foglie. Il caudilio cresce e si sviluppa sulla superficie, mentre le rizine si fanno strada nella profondità del materiale. E' proprio tale attività a causare il processo di degrado fisico dovuto alla presenza dei muschi: le radici, infatti, oltre ad esercitare una certa pressione, producono colle proteiche

che permettono loro di ancorarsi al substrato, causando la possibile rimozione di frammenti di substrato durante l'eventuale fase di asportazione meccanica degli stessi muschi. Nonostante i muschi esercitino principalmente l'azione meccanica, la quale ad ogni modo si mostra meno invasiva rispetto a quella attuata dai licheni, data la minore forza di adesione al substrato esercitata dai muschi, questi sono anche capaci di trasformare il carbonato di calcio in bicarbonato di calcio sfruttando l'apporto d'acqua che ricevono. A seguito delle due tipologie di degrado, il substrato colonizzato da muschi potrebbe perciò apparire decoeso, disgregato ed eroso. Inoltre, similmente a tutti gli organismi precedentemente descritti, i muschi causano l'alterazione estetica dei manufatti lapidei, sviluppandosi sotto forma di cuscinetti erbosi verdi e molto compatti. (Franceschi, Germani 2012, pp.68-69; Caneva et. al. 2007, pp.81-87).

METODI DI CONTROLLO DEL BIODETERIORAMENTO

Prima di intervenire su un manufatto lapideo affetto da biodeterioramento è necessario stabilire i metodi e i materiali che andranno a definire il tipo di intervento da eseguire. Tale scelta è vincolata da alcuni criteri, tra cui le specie biologiche presenti sul manufatto da trattare, l'estensione del biodeterioramento e lo stato di conservazione del materiale costitutivo. I metodi di intervento si distinguono in indiretti e diretti. La differenza principale consiste nello scopo che si prepongono: i primi sono finalizzati a limitare o impedire lo sviluppo dei biodeteriogeni attraverso misure preventive volte a controllare i parametri che determinano la crescita biologica (temperatura, luce solare, umidità relativa, quantitativo di acqua piovana

a contatto con il substrato); mentre i secondi mirano alla eliminazione dei biodeteriogeni, sebbene non costituiscano soluzioni definitive. Spesso, infatti, se i fattori responsabili della colonizzazione biologica non vengono modificati o eliminati, il biodeterioramento può manifestarsi nuovamente. In ambiente esterno il controllo dei parametri ambientali risulta molto complicato, perciò i manufatti similmente collocati vengono trattati attraverso metodi diretti, dal momento che un corretto intervento di restauro, unito ad una manutenzione periodica, può rendere accettabili alcuni parametri ed evitare il manifestarsi di successive ricolonizzazioni. Tra i metodi diretti si distinguono quelli meccanici, fisici, chimici e biologici (Caneva et. al. 2007, pp.309-311).

METODI MECCANICI

I metodi meccanici sono finalizzati a rimuovere tutto ciò che si sovrappone alla superficie oggetto di intervento conservativo, tra cui le biomasse. L'asportazione non si avvale dell'utilizzo diretto di una sostanza biocida, ma viene svolta manualmente dall'operatore tramite l'utilizzo di mezzi meccanici quali bisturi, spatole, raschietti e strumenti simili. Sebbene l'operazione si ponga il fine di asportare il più completamente possibile la biomassa, la sua efficacia non è quasi mai totale, soprattutto nel caso in cui le specie biologiche presenti siano penetrate ed ancorate al substrato. Il rischio che ne consegue è che porta l'operatore a prestare una certa attenzione è di compromettere la superficie, lesionandola. L'utilizzo di metodi meccanici è consigliato per la rimozione di patine, pellicole, incrostazioni dovute alla presenza di microrganismi o di licheni, ma anche per l'asportazione di muschi, epatiche e di vegetazione fanerogamica. Nel

caso in cui la biomassa presenti un volume notevole, si può rivelare utile e opportuno abbinare l'utilizzo di metodi chimici ad un primo intervento di rimozione meccanica (Caneva et. al. 2007, pp.311-313).

METODI FISICI

Tra i metodi fisici, i più utilizzati e sperimentati sono le radiazioni ultraviolette e i sistemi elettrici a bassa corrente. Le prime sono caratterizzate da un'azione biocida che si manifesta a lunghezze d'onda comprese tra 280 nm e 240 nm, perciò possono essere utilizzate unicamente per eliminare determinati microrganismi, dal momento che non presentano tutti la stessa sensibilità a questa radiazioni. Inoltre, i raggi UV sono caratterizzati da una penetrabilità scarsa e, causando alterazioni cromatiche su tutta la gamma di colori, non possono essere utilizzati per il trattamento di superfici dipinte o naturalmente colorate. I sistemi elettrici a bassa corrente sono, invece, utilizzati come deterrente contro l'avifauna. Essi consistono in reti elettriche di distribuzione installate sulle parti piane e aggettanti degli edifici e alimentate da scariche elettriche che, pur essendo innocue per animali e uomini, infastidiscono gli uccelli, facendoli allontanare (Caneva et. al., 2007, pp. 313-314).

METODI CHIMICI

I metodi chimici si avvalgono dell'utilizzo di composti ad azione biocida, formulati commerciali la cui idoneità viene stabilita sulla base dei componenti che li costituiscono, ovvero il principio attivo, le sostanze chimiche diluenti e le sostanze coadiuvanti. La scelta del più opportuno prodotto da impiegare per un dato intervento si basa sulla valutazione di alcuni aspetti tecnici del formulato, quali:

- L'efficacia contro i biodeteriogeni, che deve essere massima e di lunga durata all'utilizzo di una minima dose di prodotto.
- L'interazione chimica con il substrato, aspetto che impone la scelta di un formulato che non tonalizzi la superficie, che presenti un pH neutro o simile a quello del substrato e che non reagisca con esso alterandone le caratteristiche fisico-chimiche.
- La tossicità nei confronti dell'operatore e l'inquinamento ambientale. La tossicità dei prodotti può essere acuta, quando si manifesta in breve tempo, o cronica, quando si manifesta a seguito di un'assunzione prolungata nel tempo di basse dosi. E' consigliato l'utilizzo di prodotti registrati appartenenti alla classe di tossicità III o IV.

La scelta della modalità di applicazione del prodotto biocida dipende dalle dimensioni e dallo stato conservativo del manufatto lapideo, dal tipo di biodeterioramento che lo interessa e dall'entità di quest'ultimo. Una volta diluito, il biocida può essere applicato a spruzzo mediante l'utilizzo di spruzzatori e procedendo dall'alto verso il basso con andamento orizzontale; attraverso pennelli morbidi, piatti e di setola, che non abradano la superficie, applicando il prodotto ugualmente dall'altro verso il basso con andamento orizzontale; a impacco, quando si riveli necessario mantenere il prodotto a contatto prolungato con la superficie, come nel caso di patine o croste molto adese e compatte. L'impacco viene eseguito imbevendo del biocida un supportante quale la polpa di carta, la sepiolite o la carbossimetilcellulosa e applicandolo coperto e sigillato da un foglio di politene, per evitare l'evaporazione del solvente; a iniezione, soltanto nel caso di piante arboree; dispersione di granuli, nel caso si debba attuare il diserbo di piante superiori su superfici

orizzontali. L'acqua piovana o l'irrigamento sciolgono i granuli depositatisi sul terreno, facendoglieli assorbire. Per attinomiceti, batteri, alghe, funghi e licheni la modalità da attuare può essere scelta tra spruzzo, spennellatura o impacco. I muschi e le piante epatiche tendono invece ad essere trattate a spruzzo, così come le piante superiori, sebbene per queste ultime possano essere utilizzati anche i metodi ad iniezione e dispersione. Una volta eseguito l'intervento, non resta che valutarne l'efficacia. Quest'operazione, che può essere svolta dopo un arco di tempo variabile a seconda del tipo di biodeterioramento sul quale si è intervenuti, consiste per la macroflora nella sola osservazione diretta delle modificazioni subite, mentre per la microflora prevede una seconda fase, ovvero quella di prelievo di alcuni campioni da analizzare in laboratorio per verificare l'assenza o riduzione dei biodeteriogeni. Tali campioni vengono sottoposti all'osservazione al microscopio ottico, ad analisi colturali qualitative-quantitative e permettono di determinare la persistenza o meno post-trattamento di quei composti organici indici di attività biologica. Terminata la valutazione dell'efficacia, le operazioni conclusive consistono nella rimozione degli eventuali residui di biomassa sulla superficie e nel lavaggio con acqua deionizzata (Caneva et. al. 2007, pp.318-322).

METODI BIOLOGICI

I metodi più utilizzati per il trattamento del biodeterioramento dei manufatti lapidei sono sicuramente quelli chimici e fisici, sebbene ci sia la possibilità che essi si rivelino sia invasivi ed aggressivi nei confronti del materiale costitutivo, sia negativamente impattanti per quanto riguarda l'ambiente e l'operatore incaricato

di metterli in pratica. Da questo punto di vista, i metodi biologici, che impiegano microrganismi ed enzimi come agenti di pulitura biologica, possono essere considerati una valida alternativa, dal momento che consentono un maggior rispetto e una maggiore sicurezza sia per il manufatto che per l'ambiente e l'operatore. Nel concreto vengono sfruttati gli stessi processi biologici che questi agenti svolgono in natura, dal momento che garantiscono esiti potenzialmente vantaggiosi se considerati dal punto di vista del biorisanamento di manufatti artistici, come la rimozione di sostanze organiche indesiderate. Inoltre, si tratta di processi che non comportano rischi se condotti in maniera appropriata. Ciò implica l'esecuzione, di volta in volta, di un'attenta selezione dei microrganismi adatti a rimuovere le concrezioni o le patine organiche in questione, escludendo quelli potenzialmente patogeni per l'uomo e per l'ambiente, e l'esecuzione di un'attenta e delicata fase finale di lavaggio, volta a garantire la completa rimozione dei residui organici, che si tratti di enzimi o di cellule, vive o morte, dei microrganismi applicati (Caneva et. al. 2007, pp. 340-344).



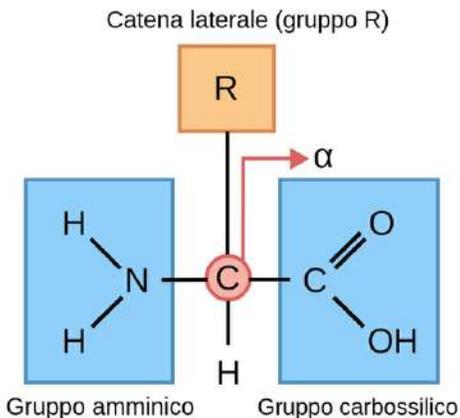
**L'UTILIZZO DEGLI ENZIMI
NEL TRATTAMENTO DEL
DEGRADO BIOLOGICO**

CAPITOLO QUARTO

Al fine di estirpare le forme di biodeterioramento presenti sulla statua in oggetto, si è deciso di ricorrere all'utilizzo di un prodotto a base di enzimi, data la selettività e il minimo rischio tossicologico che li caratterizzano, soprattutto in confronto ai tradizionali prodotti biocidi. Prima di esporre le diverse fasi metodologiche, è importante fornire una descrizione più approfondita dei composti organici protagonisti di questa ricerca e del prodotto scelto per il trattamento del manufatto.

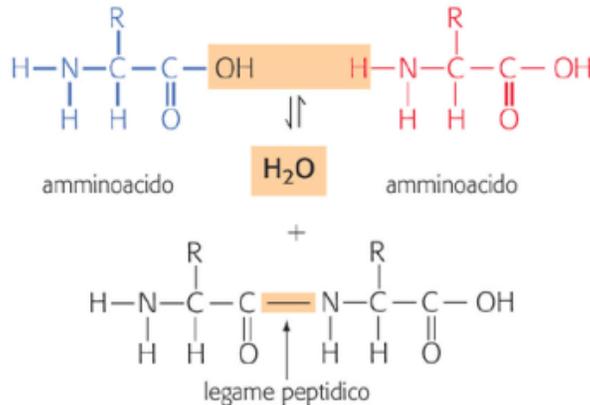
GLI ENZIMI

DEFINIZIONE E FORMAZIONE

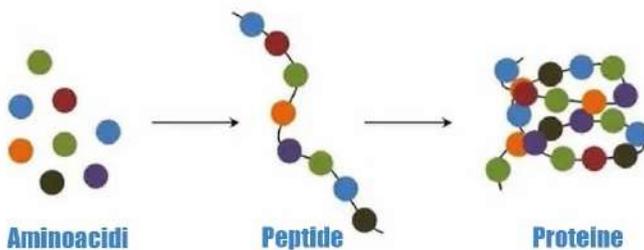


Gli enzimi sono proteine funzionali, più precisamente polipeptidi dalla struttura complessa, dotati di sito attivo e per questo capaci di svolgere una funzione altamente specifica. Un polipeptide può essere definito come un composto organico macromolecolare di origine naturale costituito da un numero variabile di aminoacidi. Questi composti organici bifunzionali sono

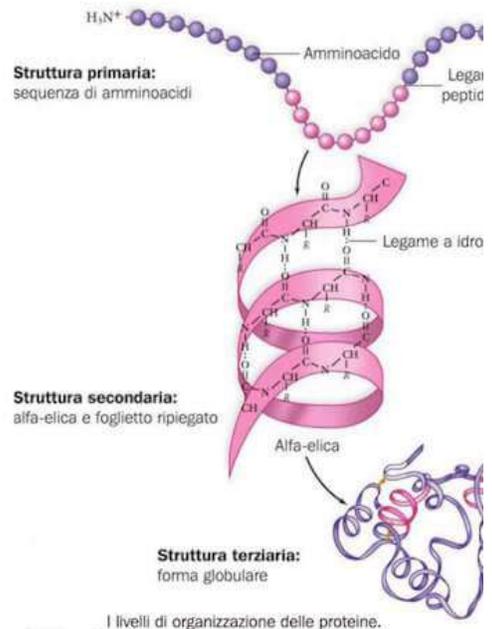
in grado di reagire tra loro, concatenandosi attraverso reazioni di condensazione che coinvolgono il gruppo carbossilico di un aminoacido e uno dei gruppi amminici di un secondo aminoacido. Perdendo una molecola d'acqua che si crea un nuovo legame di tipo ammidico tra i due residui, chiamato peptidico, dal quale ha origine un dipeptide. A partire da questo, che



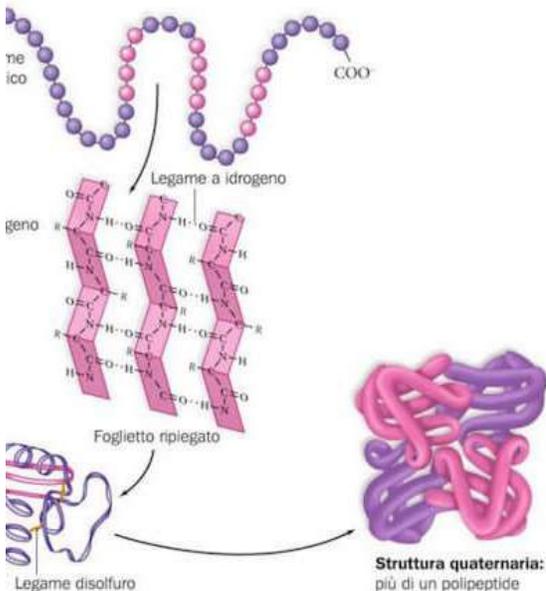
presenta ai lati opposti della sua struttura due gruppi funzionali capaci di condensare a loro volta, si possono creare nuovi legami peptidici che a seconda del numero di aminoacidi concatenati tra loro assumono il nome di, tri, tetra, penta, esapeptide. Generalmente quando il numero i aminoacidi è compreso tra due e sette si parla di oligopeptidi; da otto a quarantanove di polipeptidi e da cinquanta in poi di proteina (Prezioso 2016). Nell'ultimo caso il polipeptide presenta una peso molecolare superiore ai 10.000 dalton e presenta una struttura che varia a seconda dei legami attraverso cui gli aminoacidi si uniscono tra loro per formare le catene (Prezioso 2016).



La capacità di concatenazione tipica degli aminoacidi è chiamata struttura primaria o covalente delle proteine. Un polipeptide, e quindi una proteina, è inoltre in grado di ruotare, ma tale capacità è interamente imputabile a quella dei legami C-C, data la rigidità del legame C-N. La delocalizzazione del doppietto elettronico dell'azoto trasforma, infatti, la forma ammidica in dipolare, distribuendo il doppio legame sugli atomi C, N e O, garantendo così la rigidità del legame peptidico e impedendo la rotazione intorno ad esso. La capacità di rotazione di una proteina genera ripiegamenti e torsioni delle catene polipeptidiche, garantendo alla macromolecola una forma tridimensionale, chiamata conformazione. Essa dipende dalla sequenza di aminoacidi e dalle relazioni attrattive tra i legami peptidici (C-N) e le catene laterali (R), che possono essere di tipo covalente o meno. Tra le



ultime rientrano i legami a idrogeno, le forze idrofobiche, le forze di dispersione e quelle elettrostatiche, capaci di modificare la conformazione della catena influenzando di conseguenza la sua forma. Sul manifestarsi di una o l'altra forza di attrazione influiscono diversi fattori, tra cui il pH, la temperatura e la presenza di sostanze ioniche. Un'importante caratteristica legata alla variazione di tali interazioni è la struttura, la quale determina la funzione biologica della proteina. La modifica della struttura potrebbe dunque compromettere e danneggiare l'attività della proteina stessa. Quando la catena polipeptidica interagisce con sé stessa attraverso interazioni di tipo non covalente, si parla di struttura secondaria, la quale si suddivide in due tipologie: la forma a elica e la forma a foglietto. Nel primo caso, i gruppi ammidici si legano con quelli posti alla terza posizione lungo la catena, formando



legami ad idrogeno e provocando un ripiegamento tale che la catena assume la forma di un'elica. Le catene laterali si sviluppano verso l'esterno rispetto all'asse dell'elica. Nel secondo caso, la struttura appare lineare e a pieghe, con le catene laterali che si sviluppano al di sopra e al di sotto dell'asse di struttura (Prezioso 2016). Quando lungo la catena si possono distinguere tratti ripiegati «a gomito», causati dall'interazione della proteina con forze idrofile o idrofobiche e responsabili dell'inversione della direzione della catena, la proteina assume la struttura terziaria. Tali forze possono instaurarsi tra i residui di catena o tra questi e l'acqua in cui le proteine si trovano, spingendo la proteina a ripiegarsi fino a raggiungere una forma simile a quella di un globulo. I residui aminoacidi polari si troveranno sulla superficie, a contatto con l'acqua, mentre quelli apolari saranno rivolti verso l'interno della struttura, rendendo la proteina solubile. La seconda, invece, indica più sub-unità a struttura terziaria tenute insieme da interazioni generalmente non covalenti e di natura idrofobica o, anche se molto raramente, da legami covalenti o legami a ponte di idrogeno. L'interazione della proteina globulare con una moltitudine di forze covalenti e non rende la superficie della stessa macromolecola irregolare, costellata di cavità e sporgenze che assumono la denominazione di sito attivo. Tali irregolarità detengono la funzione ben specifica di riconoscere le sostanze chimiche attraverso un metodo estremamente selettivo, che segue il modello chiave-serratura. E' dunque possibile comprendere come ogni cambiamento della struttura e quindi della forma di una proteina possa inficiare tale attività di riconoscimento (Prezioso 2016). Le pareti del sito attivo ospitano catene laterali di aminoacidi contenenti gruppi donatori o

accettori di ioni idrogeno (acidi e basi di Broensted); gruppi che sono in grado di agire da nucleofili (-OH; -SH); gruppi idrofobici, in grado di interagire con i gruppi apolari del substrato oppure ostacolare l'ingresso dell'acqua, impedendo la solvatazione del substrato in vista della reazione (Goldin 2017). Nonostante la struttura terziaria rappresenti nella maggior parte dei casi la conformazione finale assunta dalle proteine, ne esistono molte costituite da più sub-unità a struttura terziaria, chiamate monomeri. Se questi risultano uguali, la proteina sarà omo-oligomerica, se diversi etero-oligomerica. Ad ogni modo tale struttura viene definita quaternaria e prevede che le diverse unità terziarie siano tenute insieme da interazioni non covalenti e di natura idrofobica o, anche se molto raramente, da legami covalenti o legami a ponte di idrogeno. I monomeri tendono ad affiancarsi contrapponendo tra loro le proprie porzioni idrofobiche e rivolgendo quindi verso l'esterno quelle idrofile. E' possibile distinguere due categorie di proteine sulla base della forma e della funzione: le proteine globulari e le proteine fibrose (Prezioso 2016). Al primo gruppo appartengono gli enzimi, i quali rappresentano la classe di proteine più numerosa, con un numero stimabile tra i diecimila e i ventimila. Queste macromolecole sono costituite da catene polipeptidiche talmente lunghe che tendono ad arrotolarsi, facendo assumere all'enzima la forma sferica già precedentemente citata. Generalmente, le proteine enzimatiche sono contraddistinte da una struttura terziaria o quaternaria, a seconda della funzione che devono svolgere (Prezioso 2016).

MECCANISMO D'AZIONE

Per poter svolgere la sua funzione, l'enzima deve dunque possedere un sito attivo, la cui formazione deriva da una modifica strutturale della molecola: è necessario, infatti, che l'enzima nella sua struttura primaria inattiva, lo zimogeno, si trasformi in apoenzima, ovvero nella sua forma attiva. Tale fenomeno avviene attraverso la rottura di uno o più legami peptidici che favoriscono l'attivazione dell'enzima, per la quale è fondamentale l'interazione dell'intera struttura con una molecola organica o ione metallico, chiamato cofattore (Prezioso 2016). Le proteine enzimatiche possono essere semplici o coniugate, sono idrosolubili e definite catalizzatori biologici, poiché sono specializzate nella catalisi delle reazioni chimiche che avvengono all'interno o all'esterno delle cellule (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Durante la catalisi enzimatica, le velocità della reazione all'andata e al ritorno sono accelerate, ma l'equilibrio chimico determinato dalle leggi della termodinamica e rappresentato dal rapporto tra le due velocità, rimane inalterato. Per questo motivo, similmente alla catalisi inorganica, l'attività degli enzimi aumenta le velocità di reazione, abbassandone l'energia di attivazione: aumenta il numero dei reagenti che posseggono un quantitativo di energia sufficiente per superare la barriera energetica e tramutarsi in prodotti. Affinché possano ottenere quest'energia, i reagenti devono scontrarsi attraverso urti che devono avvenire in specifiche zone della molecola e produrre un quantitativo energetico sufficiente per far reagire gli orbitali di legame. Dal momento che questo stesso risultato si potrebbe ottenere mediante l'aumento della temperatura, il quale provocherebbe l'aumento

dell'energia cinetica delle molecole, per quale motivo si sceglie di utilizzare gli enzimi come catalizzatori biologici? Perché l'aumento della temperatura potrebbe causare la morte della cellula o dell'intero individuo. Gli enzimi, invece, dopo essersi legati alle molecole reagenti, chiamate substrati, permettono il razionamento dell'energia necessaria allo svolgimento della reazione, rendendo più facile il reperimento dell'energia stessa: in un primo momento gli enzimi si legano al substrato attraverso un'energia di attivazione molto più bassa di quella richiesta dalla reazione in assenza dell'enzima; successivamente, il substrato si trasforma in prodotto sfruttando un'ulteriore energia di attivazione e infine, grazie ad un altro quantitativo energetico, avviene la completa trasformazione dei reagenti in prodotti. Nonostante la somma delle tre energie di attivazione corrisponda al quantitativo energetico di cui necessiterebbe la reazione in assenza di attività enzimatica, la suddivisione energetica messa in atto dalla catalisi enzimatica accelera lo svolgimento della reazione conducendola lungo un percorso diverso, dove le barriere energetiche da superare sono molto più basse. Tale azione avviene senza alcuna alterazione o consunzione irreversibile dell'enzima e rappresenta il fondamento della capacità enzimatica di disgregare le macromolecole organiche, agendo in maniera talmente specifica e selettiva da evitare la formazione di alcun prodotto secondario durante la reazione (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). La selettività che contraddistingue l'azione enzimatica è dovuta alla presenza del sito attivo, il quale detiene un'enorme importanza. Nonostante rappresenti una piccola parte del volume molecolare totale, si tratta

della zona più direttamente responsabile e coinvolta nella catalisi, nell'interazione con il substrato e nella rottura o formazione dei legami chimici. Il sito attivo è una cavità o fenditura della superficie molecolare, costituita da gruppi di aminoacidi provenienti da posizioni anche molto distanti tra loro lungo la struttura primaria, ma che, in seguito al ripiegamento proteico o folding, si ritrovano vicini. La natura apolare di tale cavità consente all'enzima di instaurare una serie di deboli forze di attrazione con il substrato e di rimanervi successivamente ancorato grazie alla formazione di numerosi legami non covalenti, come quello a idrogeno, le forze attrattive tra ioni di carica opposta o le forze di Van der Waals, portando alla formazione del complesso enzima-substrato (E-S) (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Il tipo di forze che si instaurano dipende dalle caratteristiche strutturali del substrato e permette all'enzima di riconoscerne la natura macromolecolare. La natura e la forma del substrato rappresentano i due aspetti determinanti l'azione enzimatica: la specificità del legame E-S si fonda, infatti, sulla complementarità tra la forma del sito attivo e quella del substrato. Ogni enzima si lega attraverso il proprio sito attivo ad un solo substrato, la cui forma deve essere perfettamente complementare a quella del sito, in modo tale da consentirne l'incastro. Ne consegue che, il meccanismo tramite cui avvengono il riconoscimento e l'ancoraggio dell'enzima al substrato venga definito modello chiave-serratura, sottolineando la specificità dell'azione enzimatica e l'importanza della compatibilità tra l'enzima e il substrato (Goldin 2017). Tale specificità rappresenta la caratteristica che più distingue la catalisi enzimatica

da quella inorganica e si suddivide in due tipologie: la specificità di substrato si basa sulla somiglianza strutturale e può raggiungere picchi molto elevati, dal momento che un enzima può giungere a riconoscere e quindi ad agire solo su un isomero; la specificità di reazione rappresenta, invece, la tendenza a catalizzare solo un tipo di trasformazione del substrato a cui si sono legati. Una volta ancorato, il sito attivo si occupa di fornire al substrato il più efficace orientamento, in modo tale da consentire l'esecuzione dei soli urti utili al guadagno del giusto quantitativo di energia d'attivazione. La specificità enzimatica, il corretto orientamento del substrato e il frazionamento dell'energia di attivazione consentono dunque l'esecuzione di un maggior numero di urti favorevoli per unità di tempo e l'aumento della velocità di reazione (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

FATTORI CHE INFLUENZANO L'AZIONE ENZIMATICA

Esistono diversi fattori che influiscono sull'efficienza degli enzimi:

La prossimità e l'orientazione sono entrambi essenziali per la riuscita della reazione tra substrato ed enzima. L'efficienza di ogni enzima è infatti dovuta ad una specifica combinazione dei due fattori. L'attività enzimatica rispetta i principi della cinetica, secondo cui: il requisito della prossimità impone che due molecole entrino in contatto per poter reagire, mentre il requisito dell'orientazione stabilisce che per rompere e/o formare un legame chimico sia necessario che le due molecole non solo entrino in contatto, ma siano inoltre correttamente orientate. Perciò, non solo l'enzima si legare al substrato in più punti, bensì spinge il substrato a orientarsi

correttamente rispetto ai proprio gruppi funzionali cataliticamente attivi, così da permettere la corretta sovrapposizione degli orbitali di legame (Goldin 2017).

La catalisi covalente consiste nella conversione del substrato in un intermedio covalente molto reattivo, in seguito trasformato nel prodotto. Ne consegue che la reazione si sviluppi in due stadi, entrambi più veloci del singolo stadio non catalizzato (Goldin 2017).

La catalisi acido-base. Nei residui di amminoacidi che costituiscono gli enzimi possono essere presenti donatori e accettori di protoni capaci di accelerare alcune reazioni tramite catalisi acido-base generica, quando esse ne necessitano, ovvero a pH prossimi alla neutralità. L'azione di catalisi consiste in questo caso nel trasferire uno ione H allo stadio determinante la velocità di reazione (Goldin 2017).

L'ambiente idrofobico. Per quanto riguarda le molecole organiche, la separazione di carica è legata principalmente alla presenza di cariche formali o di legami covalenti polari. Nonostante questo, anche le molecole che non posseggono un momento dipolare possono essere temporaneamente polarizzate da parte di un campo elettrico esterno. La polarizzabilità delle molecole consiste nella loro capacità di deformare le nubi elettroniche e assume dunque un ruolo molto importante nelle reazioni chimiche poiché da essa dipende l'intensità delle forze che incidono sulla rottura e sulla formazione di vecchi e nuovi legami. Sull'intensità di tali forze incide molto la natura del solvente in cui le molecole sono disperse: un solvente polare come l'acqua garantirà un'intensità molto inferiore rispetto a quella derivante da un solvente apolare. Se consideriamo l'enzima e il suo sito attivo, tale cavità rappresenta un ambiente

poco polare. Ne consegue che i gruppi funzionali cataliticamente attivi e il legame destinato a rompersi saranno molto più facilmente polarizzabili all'interno del sito attivo che all'interno di una soluzione acquosa, nonostante in alcuni casi le molecole di acqua facilitino il contatto tra enzima e substrato mediante la realizzazione di ponti di legame a idrogeno (Goldin 2017).

La tensione sterica. Da alcune osservazioni sperimentali è emerso che la conformazione di un enzima può essere modificata a seguito della sua interazione col substrato e che tale alterazione si riflette sul substrato stesso provocandone una distorsione che indebolirebbe il legame destinato alla rottura, facilitandola (Goldin 2017).

La cooperatività di azione dei gruppi funzionali.

I gruppi funzionali degli enzimi ricoprono un ruolo molto importante nella catalisi di una reazione. Difatti la loro disposizione e orientazione relativa rispetto al substrato permettono a ciascun enzima di esercitare la propria azione specifica, coadiuvando quella di tutti gli altri, col fine di provocare un abbassamento dell'energia di attivazione della reazione e il conseguente aumento della velocità (Goldin 2017).

La specificità del substrato. Tale caratteristica indica la tendenza di un enzima ad attaccare solo un certo tipo di legame, più o meno indipendentemente dalla struttura di cui fa parte, attraverso una reazione altamente specifica. Infatti, gli enzimi sottopongono il substrato ad un'unica tipologia di trasformazione, senza dar inizio a reazioni collaterali le quali provocherebbero non solo uno spreco di energia, bensì porterebbero alla formazione di sottoprodotti inutili se non tossici per le cellule. La ragione di tanta specificità va ricercata nella presenza del sito attivo. Dal punto di vista ambientale, l'enzima necessita inoltre di

alcune condizioni prestabilite e stabili nel tempo, come:

La concentrazione del substrato [S], che cambia con la velocità iniziale di catalisi $[V_0]$. Quando $[S]$ ha un valore basso, $[V_0]$ aumenta quasi linearmente ad $[S]$, mentre quando $[S]$ è elevata, V_0 aumenta sì con l'aumento di $[S]$, ma in misura minore, avvicinandosi sempre di più alla velocità massima, ovvero quando la concentrazione del substrato è tale da saturare i siti attivi di tutti gli enzimi presenti. Le diverse fasi di una reazione presentano varie costanti di velocità, complessivamente rappresentate dalla costante di Michaelis (K_m), che esprime l'affinità dell'enzima per il substrato, quindi la forza attrattiva tra le due molecole. Si tratta di un valore che cambia di enzima in enzima e a seconda del tipo di substrato e di alcune condizioni ambientali come il pH, la temperatura o la forza ionica dei composti. Il valore della costante di Michealis e la forza di attrazione tra il substrato e l'enzima sono valori inversamente proporzionali (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

La concentrazione dell'enzima. Questo fattore e la velocità di reazione sono legati vicendevolmente da una relazione di tipo lineare (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

La concentrazione dei cofattori. Gli enzimi composti da proteine coniugate presentano una parte proteica chiamata apoenzima, e una parte non proteica, quali molecole, ioni organici e inorganici, chiamata cofattore. Nello specifico, quando il cofattore è una molecola organica molto complessa prende il nome di coenzima, mentre viene definito gruppo prostetico quando risulta legato all'apoenzima attraverso

legami stabili, di tipo covalente. L'insieme di apoenzima e cofattore/coenzima/gruppo prostetico si definisce oloenzima. Tali enzimi necessitano di ioni o molecole di natura inorganica o organica, più o meno complesse, che formino un legame covalente con l'apoenzima, così da formare l'oloenzima. Perciò i cofattori necessari possono essere ioni metallici come Ca, mg, Mn, Zn, Cu, i quali ricoprono un ruolo fondamentale, dal momento che permettono alla proteina di assumere la conformazione terziaria più opportuna per la funzione da svolgere. Essi coadiuvano l'attività dell'enzima risiedendo nel sito attivo o formando un ponte tra l'enzima e il substrato. In altri casi, a legare il substrato con la proteina sono molecole organiche anche molto complesse. In questo caso si parla di coenzimi che si legano ugualmente mediante legame covalente, ma, a differenza dei cofattori, si modificano durante la reazione, perché svolgono la funzione di trasportatori o di intermedi. Ne consegue che gli enzimi non debbano essere in qualche modo ricostituiti, mentre i coenzimi si, subendo reazioni inverse a quelle che ne hanno causato la modifica. Inoltre, mentre gli enzimi sono altamente specifici, i coenzimi vengono utilizzati per un insieme abbastanza ampio di reazioni catalizzate da enzimi (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

La temperatura. Generalmente, l'incremento della temperatura causa l'aumento dell'energia cinetica delle particelle coinvolte in una reazione chimica non enzimatica. Se consideriamo, invece, una reazione enzimatica, l'aumento della temperatura provoca due effetti opposti: da un lato si realizza ugualmente un aumento della cinetica delle particelle coinvolte, con conseguente aumento della velocità di reazione;

dall'altro, però, la velocità di denaturazione degli enzimi, sostanze termolabili in quanto proteine, raddoppia per ogni aumento di 10°C. La denaturazione consiste in quel processo che porta all'inattività degli enzimi come catalizzatori. Il grafico che relazione l'attività enzimatica con la temperatura mostra come gli enzimi raggiungano la massima attività a temperature prossime a quella corporea e allo stesso tempo come essa crolli repentinamente in corrispondenza di valori superiori o inferiori. Nel primo caso l'inattivazione è irreversibile perché l'enzima viene denaturato, mentre nel secondo caso gli enzimi sono in grado di riacquistare la loro capacità catalitica una volta aumentata nuovamente la temperatura, poiché la diminuzione della temperatura non ne provoca la denaturazione. Il valore al di sopra del quale l'enzima si inattiva corrisponde a 56°C (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

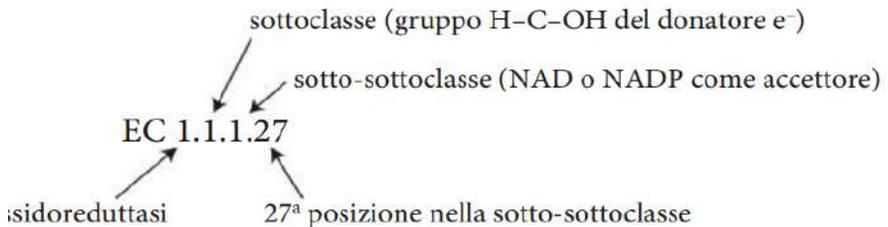
Il pH. Esso detiene una forte influenza sulla struttura enzimatica, soprattutto sulla geometria del sito attivo, sulle cariche elettriche presenti e sui legami covalenti che si instaurano tra enzima e substrato. La gran parte degli enzimi è caratterizzata da un intervallo di valori di pH, chiamato pH ottimale, in cui l'efficienza è massima. Si tratta di un intervallo che varia di enzima in enzima e che generalmente è abbastanza ristretto. Inoltre, esso non sempre coincide con il valore di pH della porzione cellulare in cui si trova. Tale rapporto può essere sfruttato dalla cellula per regolare l'azione enzimatica, attività estremamente importante, dal momento che gli enzimi a seconda delle situazioni vanno continuamente attivati o spenti (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).

INIBIZIONE ENZIMATICA

L'attività enzimatica può svolgersi fino al completo esaurimento del substrato o fino a quando l'enzima stesso viene inibito, il che comporta la modifica strutturale e di conseguenza funzionale. L'inibizione di un enzima può essere: competitiva, incompetitiva, non competitiva o irreversibile. L'inibizione competitiva prevede che l'inibitore competi con il substrato per legarsi al sito attivo e quindi all'enzima libero, riuscendoci nel caso in cui la sua concentrazione sia maggiore rispetto a quella del substrato. Se l'inibizione è incompetitiva invece, l'inibitore si lega con il complesso E-S, rendendolo inattivo, quindi incapace a reagire. Il terzo tipo di inibizione viene definito non competitivo e prevede che l'inibitore possa legarsi sia con l'enzima libero che con il complesso E-S. Il legame però non avviene con il sito attivo, bensì con un altro sito, causando una deformazione strutturale e di conseguenza funzionale dell'enzima, il quale infatti non sarà più in grado di formare il complesso E-S e i relativi prodotti alla stessa velocità. La quarta ed ultima tipologia di inibizione è quella irreversibile, secondo cui l'enzima viene inattivato definitivamente. Tale fenomeno avviene tramite la modifica chimica di una porzione sempre maggiore di molecole enzimatiche, operata da parte di agenti capaci di alterare permanentemente un gruppo funzionale indispensabile per la riuscita della catalisi enzimatica (Prezioso 2016).

CLASSIFICAZIONE E NOMENCLATURA

Nel 1961, la Commissione per gli Enzimi CE della International Union of Biochemistry ideò un nuovo sistema di nomenclatura e classificazione degli enzimi, basato non solo sul tipo di reazione catalizzata, ma anche sul nome del substrato a cui i diversi enzimi si legano. Questo sistema si suddivide in sei classi principali, a loro volta suddivise in sottoclassi in base al tipo di reazione catalizzata. Le sottoclassi sono ulteriormente divise in sotto-sottoclassi che ospitano i singoli enzimi (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf).



Classi	Sottoclassi	Sotto-sottoclassi
5. isomerasi	5.1. racemasi ed epimerasi	5.1.1 agenti su aminoacidi e derivati
		5.1.2 agenti su idrossiacidi e derivati
		5.1.3 agenti su carboidrati e derivati
	5.2. <i>cis-trans</i> -isomerasi	
	5.3. ossidoreduttasi intramolecolari	5.3.1 interconvertenti aldosi e chetosi
		5.3.2 interconvertenti gruppi chetonici e gruppi enolici
		5.3.3 trasferenti legami C=C
	5.4. transferasi intramolecolari	5.4.1 trasferenti gruppi acilici
		5.4.2 trasferenti gruppi fosforilici
		5.4.99 trasferenti altri gruppi
	5.5. liasi intramolecolari	

Classi e azione catalitica	Principali sottoclassi
1. ossidoreduttasi catalizzano le reazioni di ossidoriduzione	1.1. gruppi alcolici 1.2. gruppi chetonici 1.3. alcheni 1.4. gruppi amminici primari 1.5. gruppi amminici secondari 1.6. NADH e NADPH 1.7. altri composti azotati 1.8. gruppi sulfidrilici 1.9. eme 1.10. difenoli 1.11. acqua ossigenata 1.12. idrogeno come donatore 1.13. donatori singoli che accettano O ₂ 1.14. donatori in coppia che accettano O ₂ 1.15. superossidi 1.16. metalli 1.17. gruppi metilenici 1.18. altre ossidoreduttasi
2. transferasi catalizzano il trasferimento di gruppi funzionali	2.1. gruppi a un atomo di carbonio 2.2. gruppi aldeidici o chetonici 2.3. gruppi acile 2.4. gruppi glicosilici 2.5. gruppi alchilici o arilici 2.6. gruppi azotati 2.7. gruppi fosforici 2.8. gruppi contenenti zolfo
3. idrolasi catalizzano la rottura di legami con l'aggiunta di acqua	3.1. legami estere 3.2. legami glicosidici 3.3. legami etere 3.4. legami peptidici 3.5. altri legami C—N 3.6. legami anidridici 3.7. legami C—C 3.8. legami con alogeni C—X, P—X 3.9. legami P—N 3.10. legami S—N 3.11. legami P—C
4. liasi catalizzano l'addizione di gruppi a doppi legami o l'inverso	4.1. legami C—C 4.2. legami C—O 4.3. legami C—N 4.4. legami C—S 4.5. legami C—alogeno 4.6. legami P—O
5. isomerasi catalizzano le reazioni di isomerizzazione	5.1. racemasi ed epimerasi 5.2. <i>cis-trans</i> -isomerasi 5.3. ossidoreduttasi intramolecolari 5.4. transferasi intramolecolari 5.5. liasi intramolecolari
6. ligasi catalizzano la formazione di legami accoppiati all'idrolisi di ATP	6.1. legami C—O 6.2. legami C—S 6.3. legami C—N 6.4. legami C—C 6.5. legami C—P

Questo sistema consente di indicare ogni enzima con un nome composto dalla reazione da esso catalizzata e da un numero di classificazione di quattro cifre, molto utilizzato nelle pubblicazioni scientifiche internazionali. La prima cifra rappresenta la classe, la seconda la sottoclasse, la terza la sotto-sottoclasse e la quarta il numero progressivo assegnato all'enzima in questione nelle sotto-sottoclassi.

GLI ENZIMI NEL RESTAURO

A partire dagli anni Ottanta del Novecento, le potenzialità e le caratteristiche degli enzimi, già sfruttate all'interno del campo medico, farmaceutico, chimico e alimentare, sono state estese ed applicate a quello del restauro (Goldin 2017). Le proteine enzimatiche utilizzate all'interno di questo contesto sono classificate a seconda della reazione che catalizzano e attraverso l'aggiunta del suffisso «asi». Ne deriva la classe delle idrolasi, proteine in grado di catalizzare la rottura dei legami per mezzo dell'aggiunta di acqua, al cui gruppo appartengono ad esempio lipasi, amilasi e proteasi, che agiscono su macromolecole rispettivamente lipidiche, proteiche e polisaccaridi, degradandole (Prezioso 2016). Gli enzimi lipolitici agiscono su materie grasse, quali oli siccativi e vernici oleo-resinose, idrolizzando esteri di acidi carbossilici. Le Gliceroloestere Esterasi, chiamate più comunemente Lipasi, idrolizzano il glicerolo, gli esteri di acidi grassi e il legame estero dei trigliceridi, riuscendo ad agire su cere, resine acriliche e viniliche. In particolari condizioni, però, le lipasi possono danneggiare pigmenti a base di ocre e terre (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Questi enzimi possono avere origine animale, quando derivano da tessuti del pancreas ad esempio, vegetale,

se provenienti da germi di frumento o microbica, quando ricavati da funghi e batteri (Prezioso 2016). Gli enzimi proteolitici idrolizzano le proteine, rompendo i legami peptidici costituenti la catena. Essi possono dunque essere efficaci per la rimozione di colle, gelatine animali, albumine, caseina, uovo e avere origine animale simile a quella degli enzimi lipolitici, microbica o vegetale, quando derivano da frutti come l'ananas, la papaya o il fico (Prezioso, 2016). Nei confronti del caseinato di calcio, utilizzato come consolidante per le pitture murali, si dimostrano inefficaci alla rimozione, ma utili nell'ammorbidire la sostanza in modo da facilitarne la successiva rimozione meccanica (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Infine le Glicosidasi, alla cui classe appartengono le amilasi, idrolizzano il legame glucosidico nell'amilosio e sono in grado di degradarlo. Questi enzimi possono essere utilizzati per la rimozione di sostanze amilacee quali pasta d'amido, gomma arabica e altre gomme vegetali, miscelate con altri composti. Difatti, se utilizzate da sole, queste sostanze mantengono una buona reversibilità, proprietà che svanisce nel momento in cui vengono unite ad altri componenti, come le colle d'amido o di pasta (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Le amilasi possono provenire da funghi e batteri, da tuberi, dai tessuti di alcuni organi o dalla saliva (Prezioso, 2016). L'utilizzo di enzimi nel settore del restauro è dunque attualmente riservato alla rimozione di patine formate da: polisaccaridi (amido, gomme vegetali e cellulosa), proteine (albumine, colle, caseine e uovo), lipidi (cere, oli e grassi), che nella maggior parte dei casi costituiscono leganti,

fissativi o protettivi applicati in passato sui manufatti, e derivati delle colonizzazioni biologiche (Goldin 2017). Alcuni composti proteolitici sono inoltre capaci di facilitare la rimozione di alcune colonie licheniche da paramenti lapidei mediante reazioni di decomposizione delle proteine che li costituiscono (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). I vantaggi del metodo enzimatico a confronto con quello tradizionale sono dovuti ad alcune delle proprietà peculiari di tali proteine (Prezioso, 2016):

- 1) L'attività enzimatica è caratterizzata da un'elevata selettività, a causa del sistema di riconoscimento chiave-serratura;
- 2) La specificità della catalisi enzimatica è talmente elevata da impedire la formazione di prodotti secondari che potrebbero in qualche modo danneggiare il supporto;
- 3) L'azione è istantanea;
- 4) L'utilizzo degli enzimi non costituisce fonte di tossicità né per l'operatore né per l'ambiente;
- 5) Non si presenta il problema dello smaltimento, dal momento che, una volta disattivati, gli enzimi non sono più in grado di agire.

Gli enzimi, dunque, si occupano di svolgere unicamente le reazioni per le quali sono indicati, portandole brevemente a compimento senza innescare di secondarie o produrre sottoprodotti possibilmente dannosi per il manufatto (Goldin 2017). La metodologia di utilizzo permette di scegliere tra enzimi liberi, disciolti in acqua distillata, o addensati in forma di gel, applicati a tampone, a pennello o tramite l'ausilio di un supportante, il quale, però, tende a ridurre il livello di profondità raggiungibile dall'azione enzimatica. Ad applicazione terminata, la rimozione

della miscela, supportata o meno, prevede il risciacquo mediante acqua distillata, che può essere coadiuvato da una lieve azione meccanica realizzata con spazzolini morbidi di setola o nylon (Goldin 2017). La scelta dell'enzima più appropriato presuppone necessariamente l'esecuzione di un'accurata campagna analitica preliminare, in modo tale da riconoscere chimicamente le varie sostanze presenti, ma soprattutto distinguere ciò che è opportuno rimuovere da ciò che costituisce matericamente il manufatto (https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf). Il trattamento a base di enzimi rappresenta una buona alternativa all'utilizzo dei tradizionali prodotti chimici, ma presenta delle limitazioni legate principalmente ai valori di Temperatura e pH: né l'uno, né l'altro devono difatti variare durante l'intera durata dell'intervento. Per quanto riguarda la temperatura, l'attività enzimatica si dimostra versatile dal punto di vista meteorologico, raggiungendo il massimo del suo potenziale nel range compreso tra i 30 e i 40 °C. Questo non esclude che l'azione si svolga anche a temperature inferiori o leggermente superiori: è necessario, ad ogni modo, evitare temperature superiori ai 45 °C o inferiori ai 15 °C, oltre le quali l'enzima utilizzato tenderebbe alla denaturazione e dunque all'inattività (Prezioso 2016). Ulteriori accorgimenti riguardano le modalità di conservazione e gli strumenti da utilizzare per l'applicazione degli enzimi. Se non ancora miscelati, essi possono essere conservati fino a diciotto mesi in ambienti caratterizzati da temperature comprese tra i 4°C e i 20°C. Se miscelati e in grandi quantità, invece, la conservazione diminuisce a quindici giorni. E' molto importante ricordare che gli enzimi non possono essere

preparati, quindi miscelati, e successivamente applicati mediante l'utilizzo di oggetti metallici, dal momento che gli ioni metallici potrebbero essere in grado di inibire definitivamente l'azione catalitica (Prezioso 2016).

IL PRODOTTO NASIER LAPIDEO L01.A®

Il prodotto che è stato utilizzato per estirpare le diverse tipologie di biodeteriogeni presenti sulla statua dell'*Abbondanza* è un detergente ecompatibile, un gel acquoso a base di enzimi stabilizzati, di colore bianco e inodore, adatto alla rimozione di patine biologiche e proteiche presenti sulle superfici lapidee tramite idrolisi dei legami peptidici. Si tratta di un prodotto ecologico, il cui impatto sull'operatore e sull'ambiente è nullo. I vantaggi che si ricavano dall'utilizzo di enzimi stabilizzati, in confronto a quelli liberi, riguardano soprattutto il controllo del pH e della temperatura durante l'intera durata dell'intervento: difatti non si rende necessario mantenere costanti né l'intervallo di temperatura caratteristico dell'attività enzimatica nella metodologia tradizionale, né i valori di pH della superficie e della miscela enzimatica. Il prodotto Nasier Lapideo L01.a® è pronto all'uso, non necessita di diluizione, ma unicamente di essere mescolato in maniera adeguata prima di essere applicato. Esso, inoltre, non impedisce l'utilizzo di strumenti metallici, così come la sua efficacia non viene influenzata dall'eventuale presenza sul manufatto di inserti metallici. Il costo del prodotto si aggira attorno ai 200 euro al kg, quantità sufficiente per trattare una superficie di 4 mq all'incirca l'estensione della statua *Abbondanza*.



**LA RICERCA METODOLOGICA SULL'UTILIZZO
DI NASIER LAPIDEO L01.A® NEL CONTESTO
DEL PARCO STORICO DI VILLA PISANI**

CAPITOLO QUINTO

PROVE INIZIALI DI APPLICAZIONE E RIMOZIONE DI NASIER LAPIDEO L01.A®

L'individuazione di una metodologia adatta a rimuovere le forti colonizzazioni ha previsto l'esecuzione di molteplici prove di applicazione e rimozione, le quali si differenziano per tipo di organismo coinvolto, numero di applicazioni del prodotto e tempistiche. Essendo le specie biologiche presenti sulla statua da trattare prevalentemente licheni arancioni (appartenenti al genere *Caloplaca sp.*), licheni neri (appartenenti al genere *Verrucaria sp.*) e patine verdi-nerastre, dovute per lo più a colonizzazioni di cianobatteri, si è scelto di eseguire le prove sul bordo della peschiera che separa il palazzo dalle scuderie e che presenta forme di biodeterioramento molto simili a quelle della statua oggetto (Figg.10-12). Nella realizzazione delle diverse prove, il prodotto è stato applicato sul substrato a pennello e lasciato agire per un determinato tempo di contatto, valutando gli eventuali vantaggi che una copertura con una pellicola di PVC avrebbe potuto recare alla rimozione della biocenosi presente sul substrato. Una volta applicato il gel, la miscela è stata idratata e massaggiata ad intervalli regolari (ogni 15 minuti ca), in modo tale da assicurare una costante attività enzimatica. Infine, allo scadere del tempo di contatto, è stata eseguita una spazzolatura di 15 minuti ca., tramite spazzolini a setole sintetiche di media-durezza, seguita da un risciacquo finale volto a rimuovere la biomassa e il Nasier Lapideo L01.a® e a constatare l'esito della procedura. Inizialmente si è deciso di testare l'efficacia di una sola applicazione di prodotto su due tasselli interessati da forme di biodeterioramento differenziate, nello specifico una patina verde-nerastra e licheni arancioni (in foto rispettivamente **Tassello A** e **B**).



Fig.10 La peschiera all'interno del parco.



Fig.11 Dettaglio del biodegradamento presente sulla superficie della peschiera.



Fig.12 Dettaglio del biodegradamento presente sulla statua dell'Abbondanza.



Fig.13 **Tassello A** (patina verde-nerastra, prima e dopo)



Fig.14 **Tassello B** (*Caloplaca* sp. prima e dopo)

Su entrambi i tasselli è stata eseguita un'applicazione della durata di 30 minuti, la quale ha dato risultati soddisfacenti nella rimozione della patina verde-nerastra, ma non nel caso della colonia lichenica. Per questo motivo, si è successivamente optato di trattare due ulteriori tasselli similmente interessati da colonie licheniche di *Caloplaca sp.* con due applicazioni successive di prodotto da 30 minuti ciascuna, provando anche a testare l'eventuale miglioramento dell'efficacia del prodotto mediante la stesura di una copertura in PVC su uno dei due tasselli (**Tasselli C e D**). Lo strato in PVC, mantenuto per l'intera durata di applicazione del prodotto, dovrebbe favorire e facilitare la successiva rimozione meccanica della biomassa, in quanto contribuisce a mantenere un ambiente umido, rallentando l'asciugatura del gel e prolungandone l'azione nel tempo.



Fig.15 **Tassello C** (*Caloplaca sp.* prima e dopo 2 applicazioni di Nasier Lapideo® da 30 minuti ciascuna senza copertura di PVC)



Fig.16 **Tassello D** (*Caloplaca sp.* prima e dopo 2 applicazioni di Nasier Lapideo L01.a® da 30 minuti ciascuna con copertura di PVC)

Visivamente, il risultato ottenuto senza o con copertura appare uguale, ma la rimozione meccanica della biomassa riguardante il **Tassello D** ha previsto un minor dispendio di tempo ed energia. Evidentemente, la copertura in PVC ha permesso alla biomassa di rimanere più idratata e morbida, quindi più facilmente rimovibile. Considerati i risultati ottenuti per i licheni arancioni, si è deciso di eseguire la stessa prova di applicazione su due tasselli interessati da licheni neri del genere *Verrucaria sp.*, di solito molto difficili da eliminare dal substrato (**Tasselli E ed F**).



Fig.17 **Tassello E** (*Verrucaria sp.* prima e dopo 2 applicazioni di Nasier Lapideo L01.a® da 30 minuti ciascuna senza copertura di PVC)

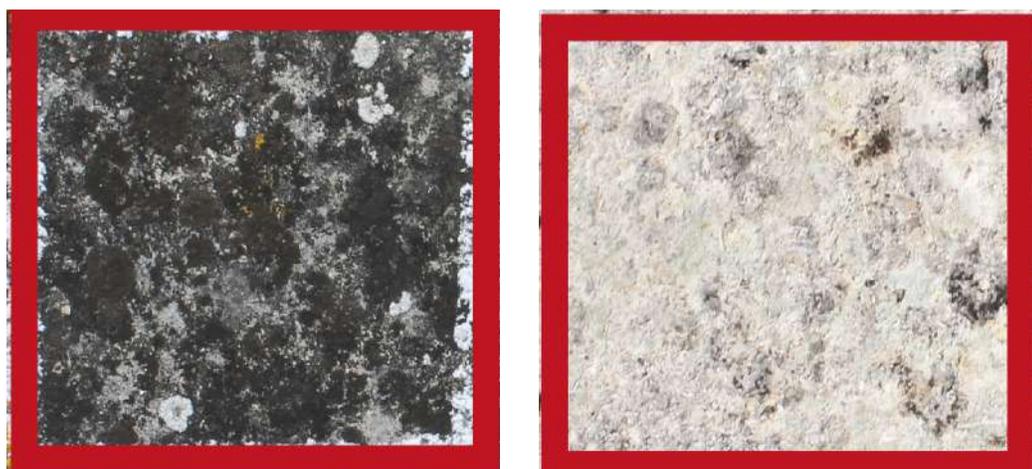


Fig.18 **Tassello F** (*Verrucaria sp.* prima e dopo 2 applicazioni di Nasier Lapideo L01.a® da 30 minuti ciascuna con copertura di PVC)

In questo caso, si sono riscontrati i medesimi benefici dati dalla stesura di una copertura in PVC, ma la quantità di residui di biomassa rimasta a seguito della seconda applicazione è stata nettamente superiore a quella ascrivibile ai licheni del genere *Caloplaca sp.* Tale risultato probabilmente è dovuto al fatto che i licheni del genere *Verrucaria sp.* presentano un tallo molto scuro e molto più aderente al substrato, quindi più ostico da rimuovere meccanicamente anche a seguito di due applicazioni di Nasier Lapideo L01.a ®. Di conseguenza, dopo aver constatato che l'eventuale trattamento della statua attraverso due applicazioni successive da 30 minuti ciascuna non solo non avrebbe fornito risultati particolarmente soddisfacenti nella rimozione dei licheni del genere *Verrucaria sp.*, ma avrebbe anche implicato l'utilizzo di un'elevata quantità di prodotto, si è deciso di testare l'efficacia di un'unica applicazione prolungata nel tempo, mettendo a confronto tre tasselli su cui il prodotto è stato mantenuto rispettivamente per 30, 60 e 90 minuti, con copertura in PVC. L'esame visivo della superficie evidenzia che i residui dei talli lichenici sono visibili su tutti e tre i tasselli, benché la loro quantità sia decrescente rispetto al tempo di permanenza di Nasier Lapideo L01.a ®. Per il **Tassello G**, trattato 90 minuti, la rimozione della biomassa è stata migliore rispetto a quella avvenuta per gli altri tasselli, sebbene il risultato non si possa definire soddisfacente; quindi l'allungamento dei tempi di applicazione porta a una differenza nella rimozione dei licheni, ma nonostante l'ora e mezza di permanenza del prodotto non si arriva ad una completa disinfezione della superficie. Si è provata una seconda applicazione, della durata di 50 minuti, per cercare una conferma dei risultati ottenuti per i **Tasselli C, D, E e F**. Effettivamente, anche in questo caso, vi è stato un incremento nel



Fig.19 I **Tasselli** durante l'applicazione:
da sinistra, **G** trattato per 90 minuti, **H** per 60 minuti e **I** per 30 minuti.



Fig.20 I **Tasselli** dopo la prima l'applicazione:
da sinistra, **G** trattato per 90 minuti, **H** per 60 minuti e **I** per 30 minuti.

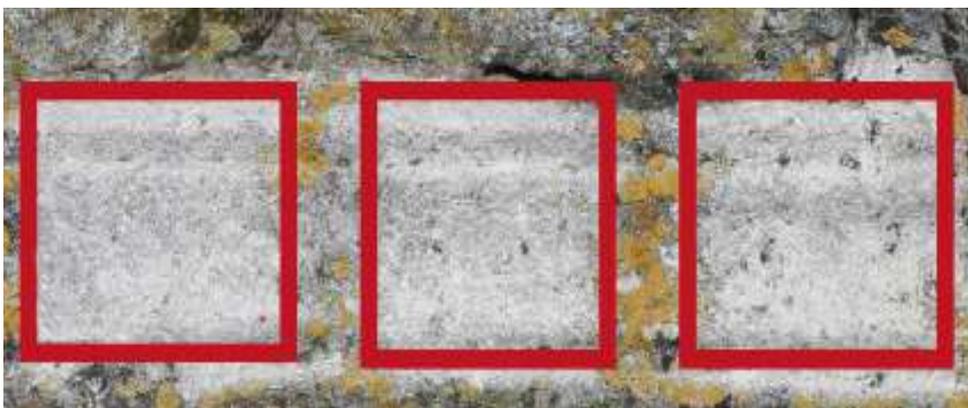


Fig.21 I **Tasselli** dopo la seconda applicazione:
da sinistra, **G** trattato per 90+50 minuti, **H** per 60+50 minuti e **I** per 30+50 minuti.

quantitativo di biomassa rimossa dai tasselli dopo il secondo trattamento (vedi Fig. 21): le tre superfici si sono abbastanza uniformate, anche se il **Tassello G** (trattato inizialmente per 90 minuti) appariva leggermente più pulito rispetto agli altri. Per eliminare completamente i residui di colonizzazione sarebbe stato forse necessario eseguire un'applicazione aggiuntiva, ciò avrebbe però significato l'utilizzo di una quantità molto elevata di prodotto che avrebbe aumentato in maniera esorbitante i costi dell'intervento.

PROVE AVANZATE DI APPLICAZIONE E RIMOZIONE DI NASIER LAPIDEO L01.A[®]

Le prove effettuate e appena descritte hanno dimostrato che in presenza di colonizzazioni spesse (es. colonie licheniche) il trattamento con un'unica applicazione di Nasier Lapideo L01.a[®] non porta alla rimozione totale dei biodeteriogeni. Residui di biomassa rimangono aderiti al substrato richiedendo, per la completa eliminazione, ulteriori applicazioni del prodotto oppure spazzolature prolungate ma poco rispettose della conservazione del manufatto, un'opzione non considerata nello studio. Dopo queste osservazioni la ricerca si è indirizzata verso l'elaborazione di un protocollo che garantisca una migliore efficacia di Nasier Lapideo L01.a[®] anche con una sola applicazione e un tempo di spazzolatura limitato, in maniera da contenere i costi di esecuzione dell'intervento. Si è ipotizzato che potesse essere una buona soluzione anteporre all'applicazione della miscela enzimatica un trattamento biocida e/o disinfettante, in modo tale da disidratare la biomassa e renderne facile il distacco dal substrato. Il fine ultimo era quello di trovare una metodologia efficace,

ripetibile e veloce da applicare a biocenosi complesse come quella attecchita sulla statua dell'*Abbondanza*. Per testare il trattamento disinfettante, sono stati scelti e messi a confronto metodi classici a base di biocidi e metodi ecocompatibili a base di olio essenziale di origano (*Origanum vulgare*, chemiotipo principale: carvacrolo, (Carson, Hammer 2011, p.204-216). Anche questa volta sono stati segnati dei tasselli (n°4 di dimensioni 15x15 cm circa) sul bordo della peschiera e i prodotti, una volta diluiti, sono stati applicati a pennello eseguendo tre passaggi (circa 50 ml di soluzione per tassello) allo scopo di bagnare abbondantemente i biodeteriogeni. In tabella sono riportati i nomi dei prodotti, le concentrazioni e i veicolanti in cui sono stati disciolti.

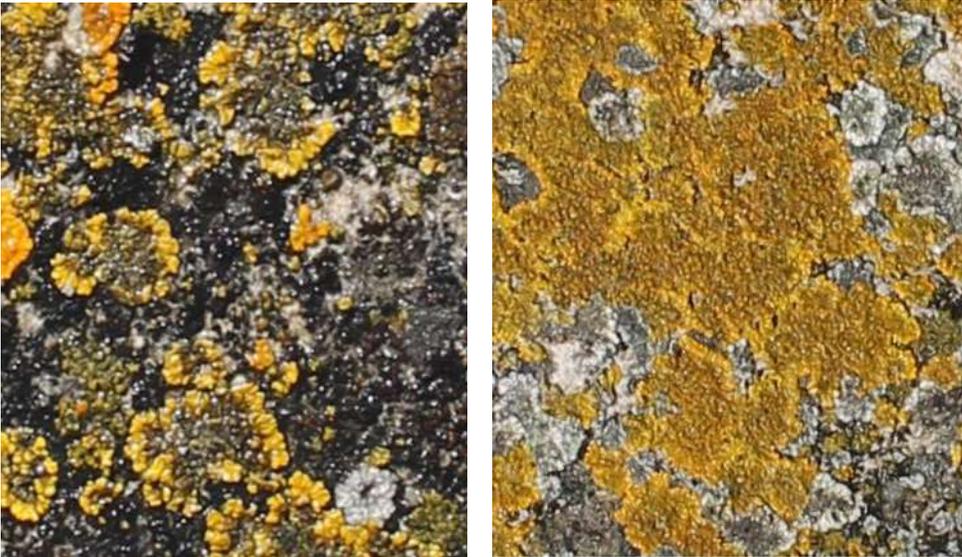
Tassello	Trattamento
L	olio essenziale "Pranarom" d'origano all'1% in Ligroina.
M	olio essenziale "Pranarom" olio essenziale d'origano all'1% in emulsione a base di New Des allo 0,5%.
N	Biotin T al 2% in soluzione acquosa.
O	Biotin R al 3% in Ligroina.



Fig.22 Da sinistra a destra: **Tasselli L, M, N, O** dopo il trattamento disinfettante.

A causa di esigenze organizzative, tali trattamenti sono stati lasciati agire per un totale di 45 giorni, al termine dei quali si potevano osservare delle differenze nell'aspetto dei biodeteriogeni tra i diversi tasselli. Infatti:

- i **Tasselli L** e **O** presentavano da asciutti una biomassa caratterizzata da licheni tendenti a un colore brunoastro, che indicava decadimento della clorofilla con riduzione di vitalità, e di consistenza fragile a causa della disidratazione (Fig.23);
- i **Tasselli M** e **N** presentavano da asciutti una biomassa caratterizzata da colori marcati (giallo, grigio, ecc.) che indicavano ancora una buona vitalità delle diverse specie. (Fig.24).



Figg.23-24 Particolari delle colorazioni bruna e giallo-aranciata rispettivamente del **Tassello L** a sinistra e **N** a destra.

Successivamente, su tutti i tasselli è stato applicato il prodotto Nasier Lapideo L01.a® per un'ora e mezza (visti i risultati migliori ottenuti per il **Tassello G**, pag.80), coprendolo ad applicazione ultimata con uno strato in PVC. La miscela è stata inoltre idratata e massaggiata con uno spazzolino a setole morbide ogni 20/30 minuti. Durante questo trattamento, il gel di carbossimetilcellulosa contenente gli enzimi è diventato:

- di colore marrone in corrispondenza dei **Tasselli L e O**, confermando la perdita di clorofilla dovuta all'inattivazione degli organismi;
- di color verdastro in corrispondenza dei **Tasselli M e N**, in questo caso confermando la presenza di clorofilla attiva e la vitalità di quasi tutti gli organismi.

E' stato eseguito anche un tassello di confronto col solo Nasier Lapideo L01.a® (vedi Fig.28).



Fig.25 **Tasselli L, M, N, O** durante il trattamento a base di Nasier Lapideo L01.a®.

A seguito del risciacquo e della rimozione della biomassa mediante spazzolatura, durata 15 minuti ca. per tassello:

- i **Tasselli L e O** presentavano una rimozione pressoché completa, raggiunta con minor tempo di spazzolatura e minor fatica da parte dell'operatore;
- i **Tasselli M e N** nonostante la maggior quantità di tempo dedicata alla spazzolatura, presentavano ancora dei residui di biomassa, la quale è stata lavorata con più fatica da parte dell'operatore.



Fig.26 Da sinistra a destra: **Tasselli L, M, N, O** a fine trattamento.

I risultati ottenuti con le ultime prove dimostrano che, se la biomassa viene preventivamente inattivata tramite un biocida o una soluzione di oli essenziali, l'efficacia del prodotto Nasier Lapideo L01.a® è maggiore e non viene richiesto un eccessivo dispendio di materiale, tempo ed energia da parte dell'operatore per disinfettare in maniera efficace la superficie lapidea. Inoltre, i risultati mostrano che il trattamento ecocompatibile a base di olio essenziale d'origano (**Tassello L**) ha indotto lo stesso effetto del trattamento a base di biocida residuale Biotin R (**Tassello O**), fornendo un'alternativa ecosostenibile all'intervento. L'utilizzo dell'olio essenziale d'origano, seguito dall'applicazione del prodotto Nasier Lapideo L01.a®, i cui enzimi contenuti esplicano più un'azione pulente che disinfettante, è la metodologia uscita fuori dallo studio condotto e ritenuta appropriata per il trattamento della statua dell'*Abbondanza*. Da aggiungere che tale metodologia permette un intervento totalmente *green* e rispettoso dell'ambiente di Villa Pisani.



Figg. 27-28 Confronto tra il **Tassello L** (in alto), trattato attraverso la nuova metodologia individuata, ed il **Tassello di controllo** (in basso), trattato unicamente con Nasier Lapideo L01.a®.

IL TRATTAMENTO DELLA STATUA DELL'ABBONDANZA

Prima di procedere al trattamento del manufatto mediante la metodologia sopra individuata, sono state effettuate delle valutazioni sulle tempistiche di applicazione dell'olio essenziale di origano (45 giorni di contatto) rispetto all'attuabilità in un contesto di cantiere. A seguito di tali riflessioni si è pensato di ridurre a 15 giorni il tempo di permanenza dell'olio sulle colonizzazioni, in modo da rendere più accettabile l'intervento da un punto di vista operativo. Il trattamento condotto è stato il seguente:

- applicazione di 4 Litri della soluzione di olio essenziale d'origano all'1% in Ligroina, lasciata agire per 15 giorni. Durante tale periodo la statua è stata interamente ricoperta con un telo in polietilene per evitare la totale evaporazione dei terpeni attivi presenti nell'olio;
- successiva applicazione sul retro della statua (dalle spalle ai piedi) del prodotto Nasier Lapideo L01. a® ricoperto, come previsto, con uno strato in PVC, e lasciato agire per 90 minuti. Durante questo



Fig.29
La statua durante l'applicazione dell'olio essenziale d'origano.



Fig.30
Il retro della statua durante il trattamento
a base di Nasier Lapideo L01.a®.

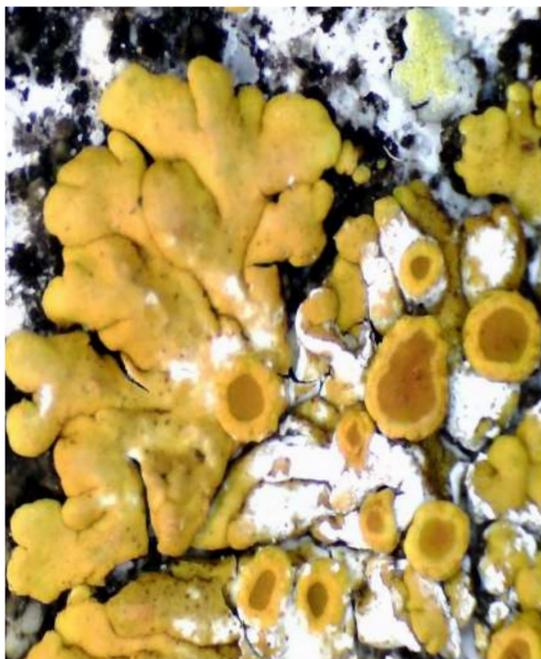
intervallo di tempo il gel è stato inumidito e massaggiato ogni 20 minuti, per mantenere più attivi gli enzimi, quindi è stato rimosso e la superficie è stata risciacquata spazzolando.

Si è potuto osservare:

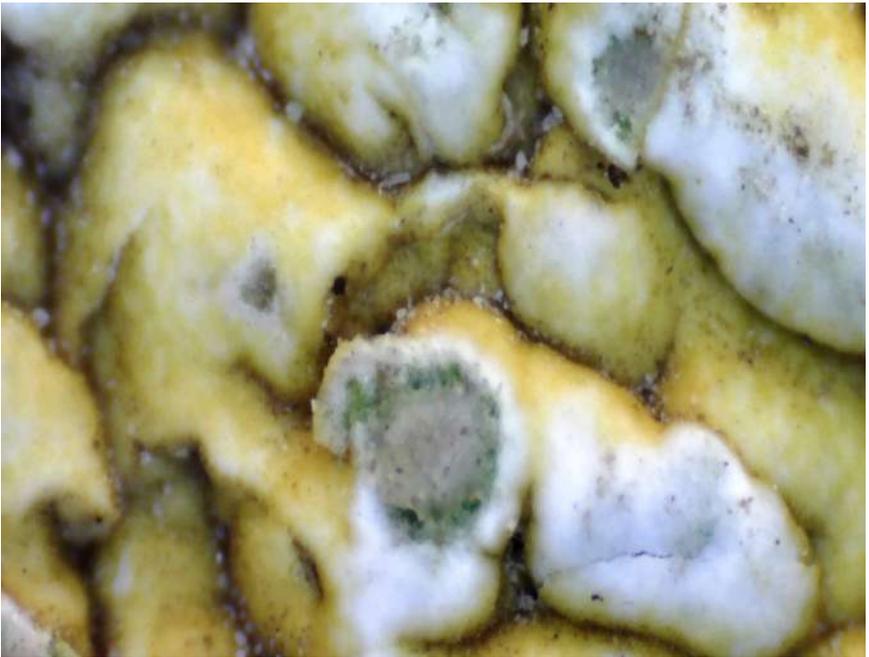
- una certa efficacia nella rimozione della patina verde-nerastra, sebbene a livello superficiale;
- l'inefficacia nella rimozione delle colonie licheniche presenti, probabilmente a causa della ancora completa vitalità degli organismi per un effetto limitato dell'olio d'origano. Più precisamente, i licheni dei generi *Caloplaca sp.* e *Verrucaria sp.* si presentano privati unicamente e in maniera non uniforme dello strato più superficiale, chiamato cortex, di colore arancione nel primo caso e bruno nel secondo. In corrispondenza delle mancanze di cortex, la medulla, ovvero lo strato sottostante e contenete le microalghe, risulta di un colore verde acceso, indicando una persistente attività vitale del lichene (vedi Figg. 31-42).



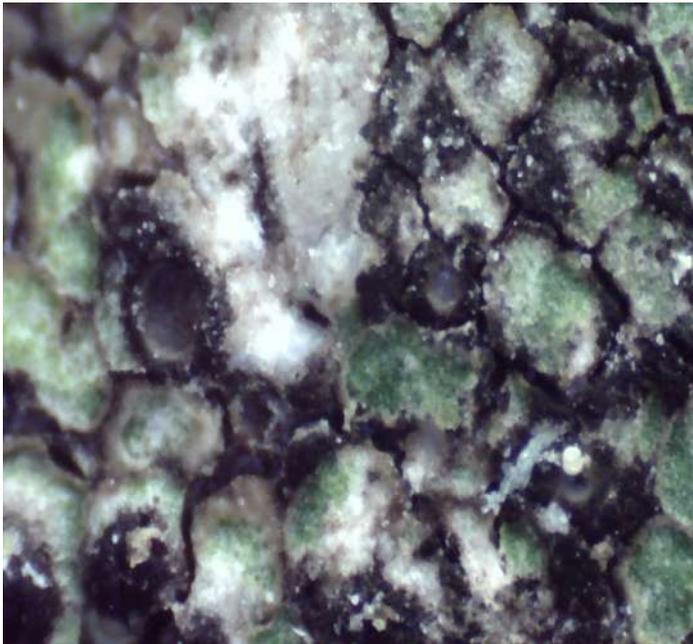
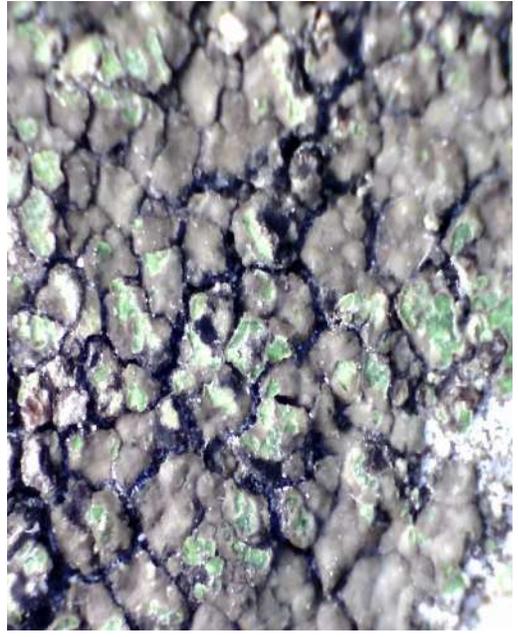
Figg.31-32 Particolari della biocenosi presente sul retro della statua prima e dopo il trattamento.



Figg.33-34 Esempio di *Caloplaca sp.* prima e dopo il trattamento.
(scatti eseguiti con microscopio digitale)



Figg.35-36 Esempio di *Caloplaca sp.* prima e dopo il trattamento.
(scatti eseguiti con microscopio digitale)



Figg.37-38 Esempio di *Verrucaria sp.* dopo il trattamento.
(scatti eseguiti con microscopio digitale)



Figg.39-40 Esempio di patina verde-grigiastra prima e dopo il trattamento.
(scatti eseguiti con microscopio digitale)

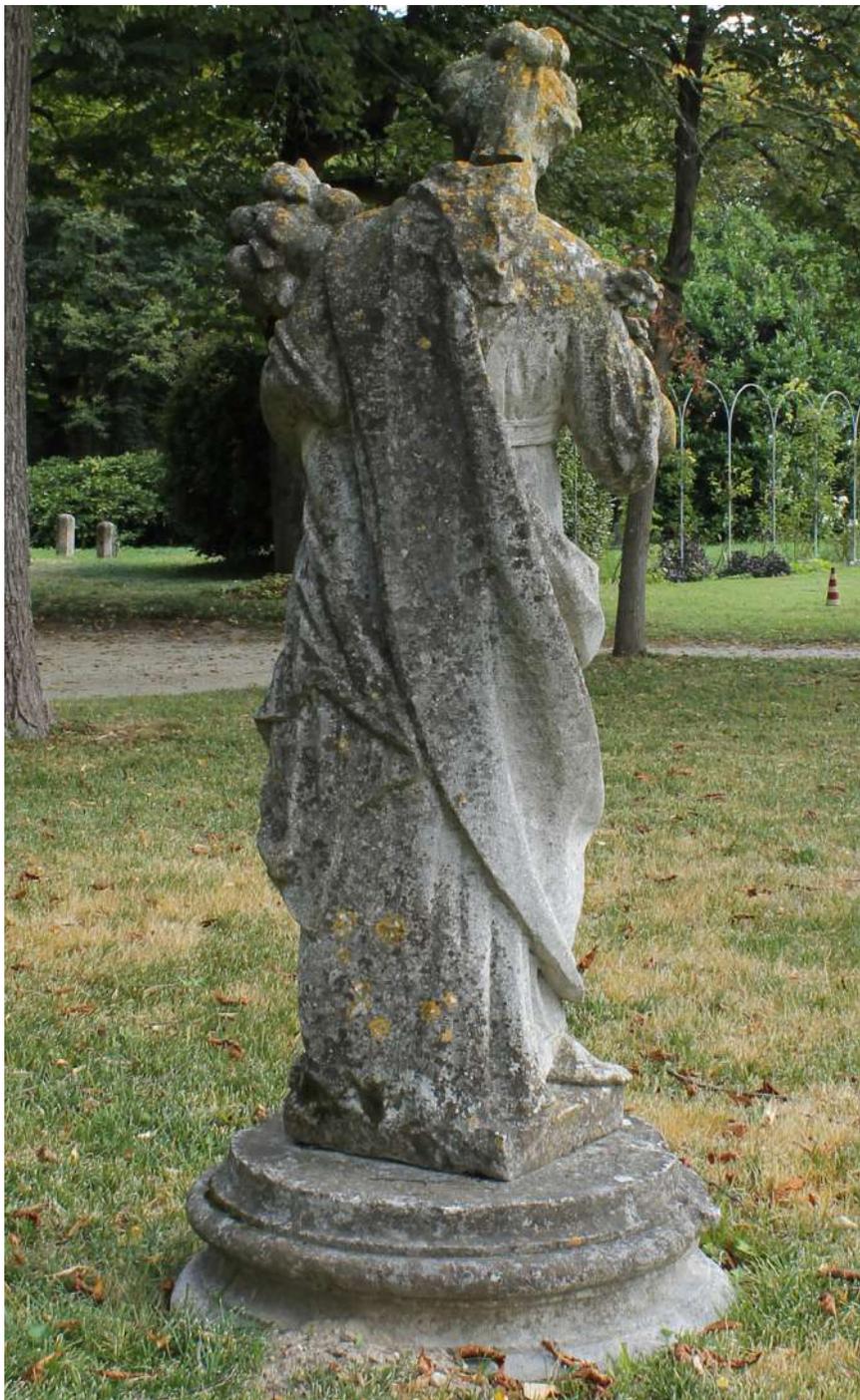


Fig.41 Il retro della statua dell'*Abbondanza* prima del trattamento.



Fig.42 Il retro della statua dell'*Abbondanza* dopo il trattamento.

Dato il risultato poco soddisfacente e non essendoci una scadenza da rispettare nel portare a termine l'intervento di restauro della statua, si è pensato di eseguire una prova di applicazione della medesima metodologia, ma secondo i tempi testati per i tasselli eseguiti sul bordo della peschiera. Quindi la statua, interamente trattata con l'olio essenziale d'origano (vedi pag.93), è rimasta coperta per ulteriori 30 giorni (45 in totale). Alla fine di tale periodo, la verifica dello stato di alcuni licheni ha evidenziato che essi apparivano devitalizzati e che le microalghe non erano più presenti all'interno della medulla (vedi Digg.43-46). A questo punto, si è deciso di realizzare un tassello sul lato anteriore, in corrispondenza della spalla sinistra, appena al di sopra del fascio di spighe. Su questa porzione è stato applicato a pennello il prodotto Nasier Lapideo L01.a[®], che è stato lasciato agire per 90 minuti, previa stesura di una copertura in PVC, idratando e massaggiando la miscela ad intervalli regolari di 20 minuti. A tempo di contatto terminato, la superficie del tassello è stata spazzolata e risciacquata per 15 minuti ca. Il risultato ottenuto è stato abbastanza soddisfacente, nonostante la permanenza di alcuni residui di biomassa (vedi Figg.47-48), ed è paragonabile a quello ottenuto sul bordo della peschiera (vedi Figg.26-28). La difficoltà nel rimuovere totalmente i licheni probabilmente è da imputare alla forte scabrosità del materiale, dovuta sia alla natura dello stesso che alla lavorazione, ma anche all'effetto di degrado causato dagli agenti atmosferici.



Fig.43 *Caloplaca sp.* dopo il primo trattamento
(15 giorni di olio essenziale di origano + un'ora e mezza di Nasier Lapideo L01.a®).



Fig.44 *Caloplaca sp.* dopo 45 giorni dall'applicazione dell'olio essenziale di origano.

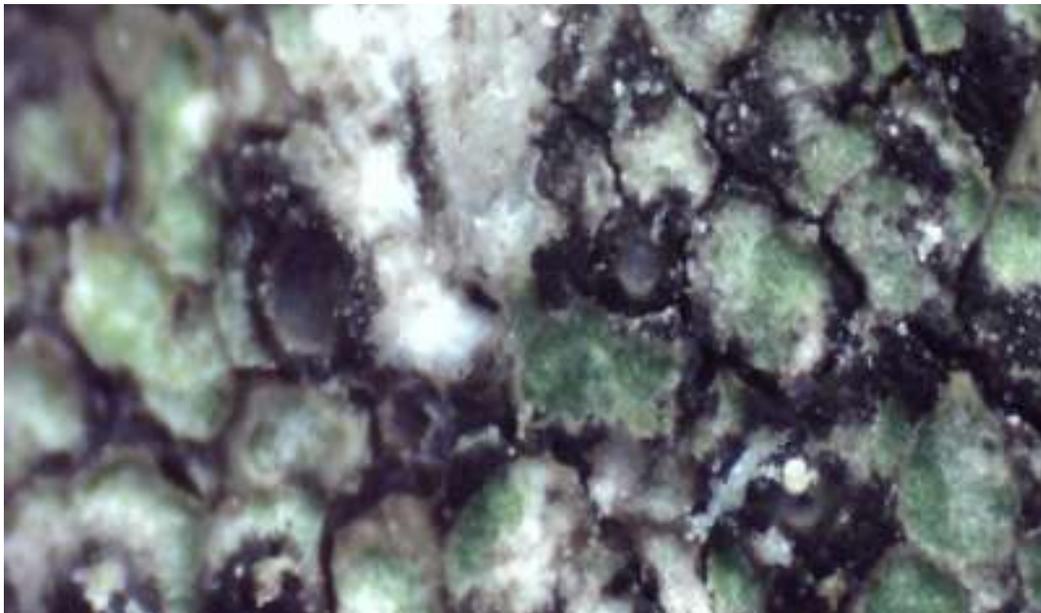


Fig.45 *Verrucaria sp.* dopo il primo trattamento
(15 giorni di olio essenziale di origano + un'ora e mezza di Nasier Lapideo L01.a®).

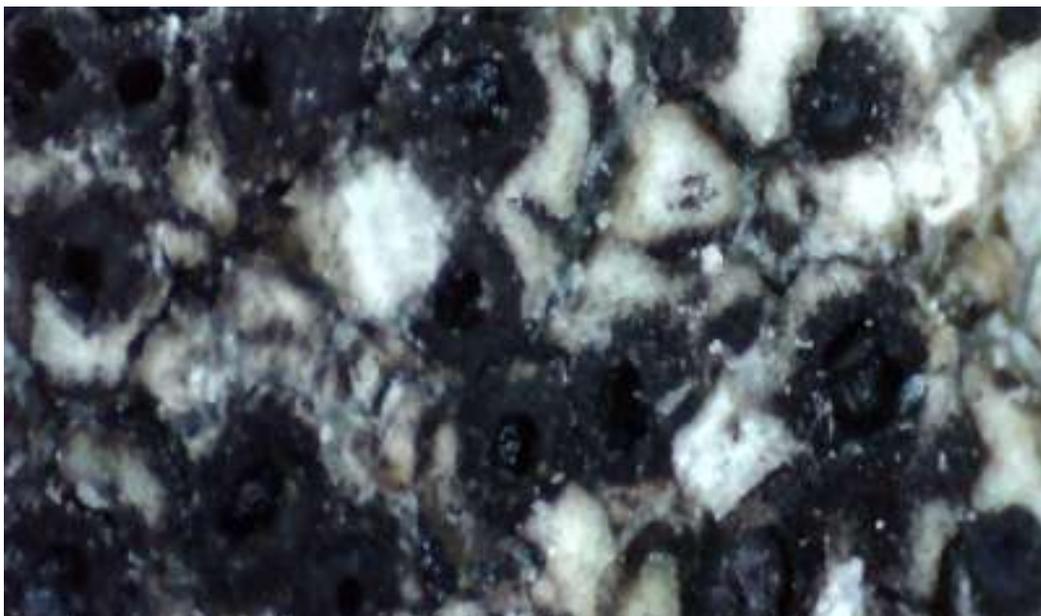


Fig.46 *Verrucaria sp.* dopo 45 giorni dall'applicazione dell'olio essenziale di origano.



Figg.47-48 Il **Tassello P** prima e dopo il trattamento.

Le prove effettuate sul bordo della peschiera e sulla statua dell'*Abbondanza* hanno richiesto inaspettatamente dei tempi molto lunghi, considerando che si è dovuto pretrattare con l'olio essenziale d'origano, prima di applicare Nasier Lapideo L01.a®. Quindi non è stato possibile portare a conclusione l'intervento di restauro della statua entro i tempi concessi per l'elaborazione della tesi e l'esame finale. E' previsto il completamento dell'intervento nei prossimi mesi.



Figg.49-50 Applicazione di Nasier Lapideo L01.a® su patina verde sottile ed omogenea. Da sinistra a destra: prima e dopo.

CONCLUSIONI

La metodologia individuata al termine dello studio ed efficace per la disinfezione della statua *Abbondanza* si articola come segue:

- 1) trattamento a base d'olio essenziale d'origano, lasciato agire per tempi lunghi (almeno un mese e mezzo per inattivare i biodeteriogeni) con copertura;
- 2) applicazione di Nasier Lapideo L01.a® per circa un'ora e mezza, coprendo il prodotto distribuito, idratando e massaggiando a intervalli regolari;
- 3) rimozione della biomassa degenerata e del prodotto tramite spazzolatura con acqua.

(vedi pagg.87-88)

Questo studio, che ha richiesto diverse prove e tempi piuttosto lunghi, permette di trarre delle conclusioni rispetto all'attività di Nasier Lapideo L01.a® nei confronti dei biodeteriogeni. Infatti, l'utilizzo di un solo passaggio di prodotto funziona quando la colonizzazione biologica è:

- epilitica;
- caratterizzata da uno spessore poco consistente;
- costituita da una sola o da poche tipologie di organismi;
- non particolarmente adesa al substrato;
- sviluppata su un substrato poco scabro ed eroso.

(vedi figg.49-50)

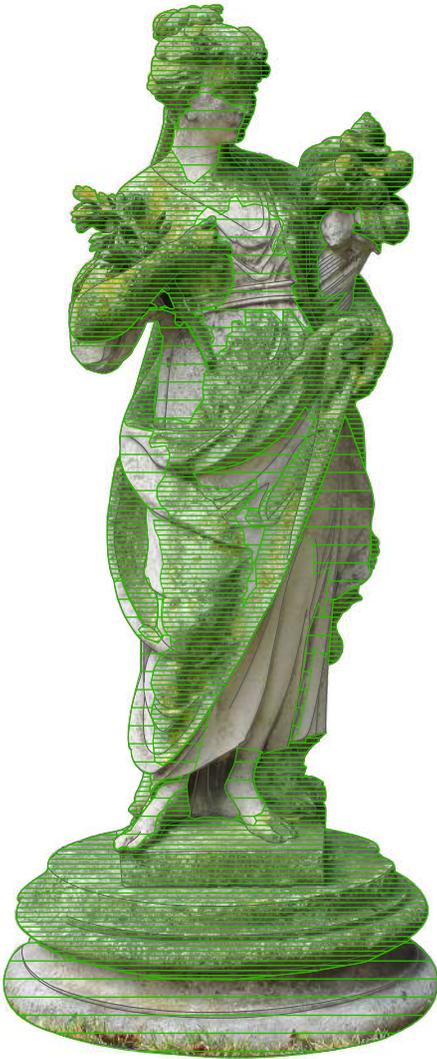
Quando, invece, la colonizzazione si presenta particolarmente eterogenea, consistente, adesa e articolata un'applicazione di Nasier Lapideo L01.a® non è sufficiente. Sarebbero forse necessarie 2 o 3 applicazioni per fare in modo che gli enzimi riescano a digerire l'intera biocenosi. In questo caso, però, si tratterebbe di una procedura non accettabile dal punto di vista operativo perchè troppo costosa.

L'efficacia del prodotto Nasier Lapideo L01.a[®] potrebbe essere potenziata, come per il caso di questa tesi, da un'antecedente applicazione di sostanza disinfettante (biocida, soluzione a base di oli essenziali, ecc.) che riesca ad inattivare e disseccare gli organismi, così da facilitare la degenerazione e lo «scioglimento» da parte degli enzimi supportati. Dalle osservazioni maturate, perciò, si potrebbe suggerire per le indicazioni di utilizzo di Nasier Lapideo L01[®] un effetto pulente e distaccante più che un'azione disinfettante del materiale lapideo colonizzato.

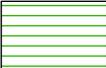
APPENDICE A
DOCUMENTAZIONE GRAFICA

Tavola degrado

Statua *Abbondanza* - Fronte e lato destro



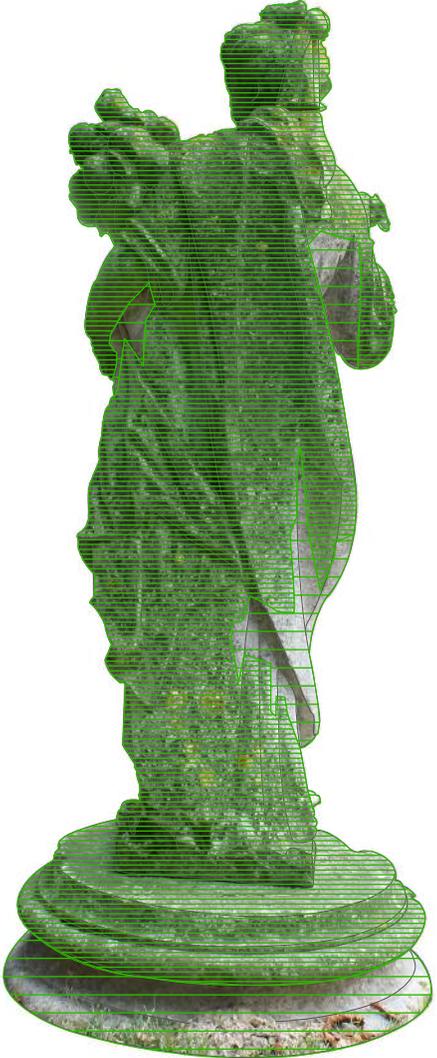
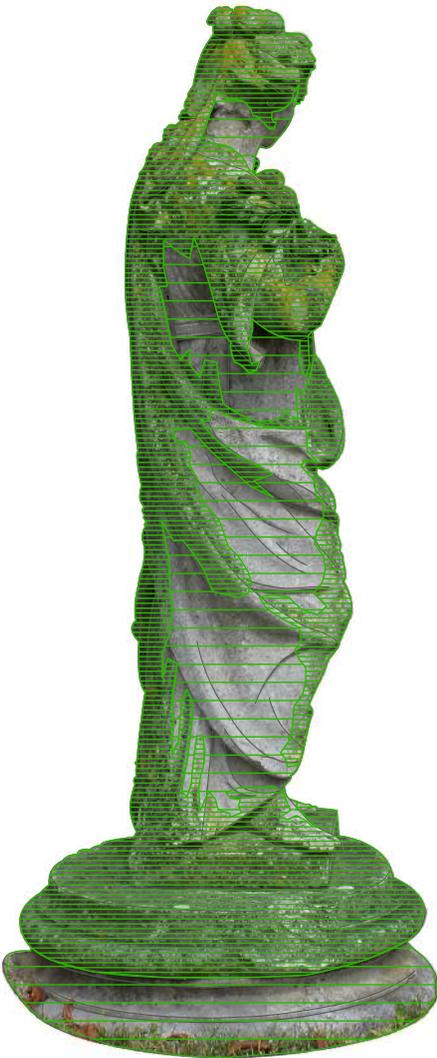
LEGENDA



Colonizzazione biologica

Tavola degrado

Statua *Abbondanza* - lato sinistro e retro



LEGENDA



Colonizzazione biologica

Tavola de grado
Statua *Abbondanza* - Fronte



LEGENDA

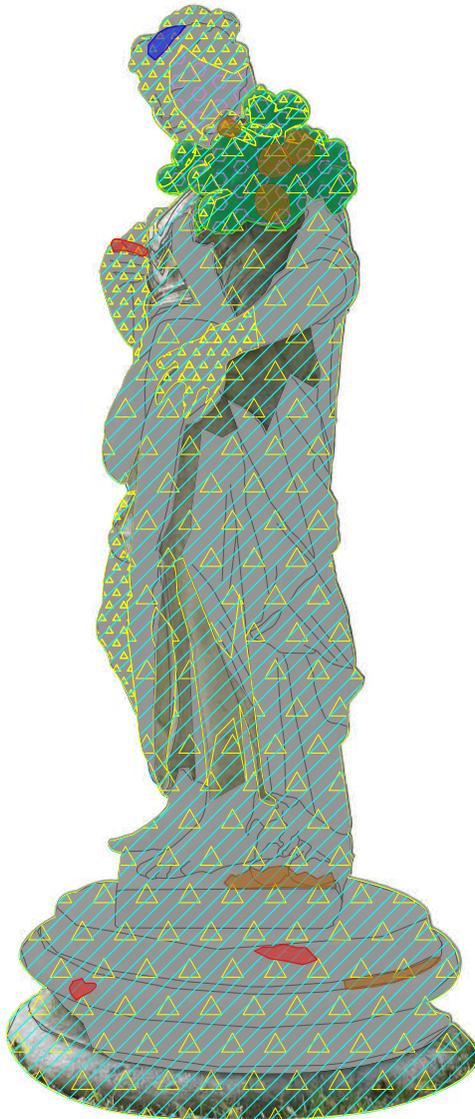
-  Erosione diffusa
-  Deposito superficiale (guano)
-  Mancanze
-  Varietà di talli lichenici crostosi
-  Biofilm grigio-verdastro
-  Fessurazioni
-  Talli lichenici fogliosi
-  Biofilm grigio-nerastro

0 0,1 0,25 0,50 1 m



Tavola degrado

Statua *Abbondanza* - Lato destro



LEGENDA



Erosione diffusa



Deposito superficiale (guano)



Mancanze



Varietà di talli lichenici crostosi



Muschio



Talli lichenici fogliosi



Biofilm grigio-nerastro



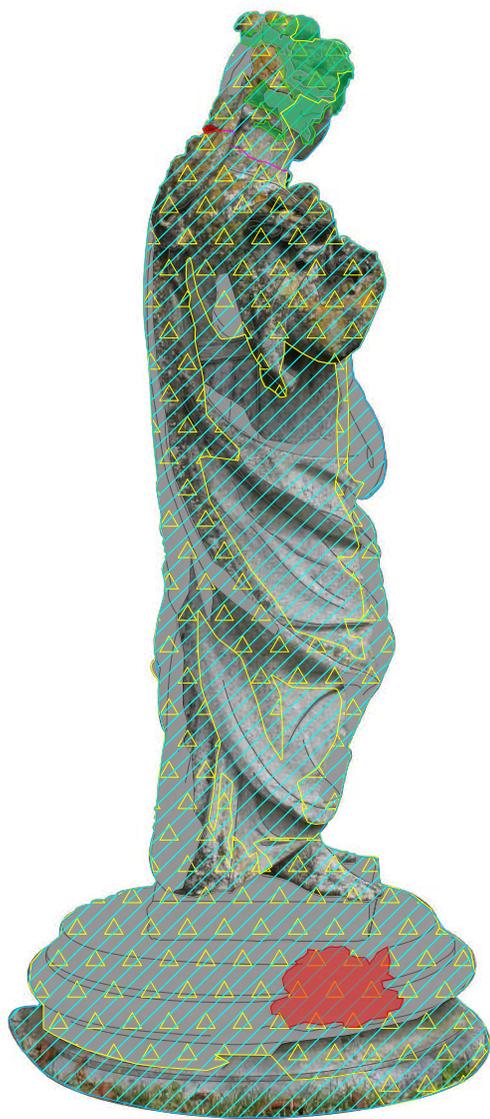
Biofilm grigio-verdastro

0 0,1 0,25 0,50 1 m



Tavola degrado

Statua *Abbondanza* - Lato sinistro



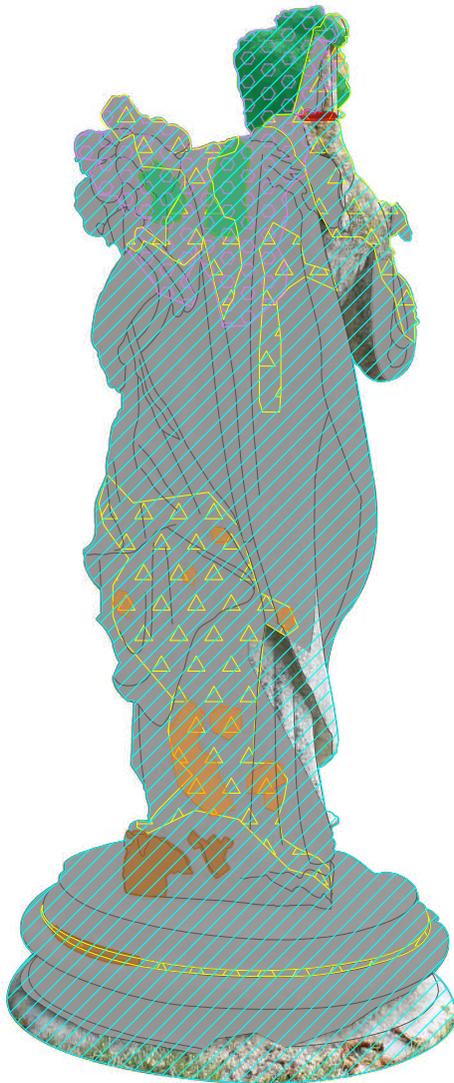
LEGENDA

-  Erosione diffusa
-  Mancanze
-  Varietà di talli lichenici crostosi
-  Biofilm grigio-verdastro
-  Fratture
-  Biofilm grigio-nerastro

0 0,1 0,25 0,50 1 m



Tavola degrado
Statua *Abbondanza* - Retro



LEGENDA



Erosione diffusa



Mancanze



Varietà di talli lichenici crostosi



Biofilm grigio-nerastro



Fessurazioni



Talli lichenici fogliosi



Biofilm grigio-verdastro



Effetto peeling



Muschio

0 0,1 0,25 0,50 1 m



APPENDICE B
SCHEDE TECNICHE DEI PRODOTTI



SCHEDA TECNICA NASIER LAPIDEO L01

TIPOLOGIA DI TRATTAMENTO

- Nasier Lapideo L01 è un detergente ecocompatibile idoneo alla rimozione di patine biologiche e proteiche da superfici lapidee, ceramiche, vitree e metalliche durante le operazioni di restauro.
 - **Patine biologiche:** licheni, muffe, cianobatteri, alghe, muschi
 - **Patine proteiche:** caseina, colle proteiche, sostanze proteiche

PROPRIETÀ PRODOTTO

- Gel acquoso a base di enzimi stabilizzati, di colore bianco, pronto all'uso.
- Il prodotto non è un biocida.
- È un prodotto ecologico e sicuro, sia per l'operatore che per l'ambiente.
- La sua composizione gli permette di agire selettivamente senza aggredire e danneggiare la superficie sottostante. Aiuta ad eliminare facilmente le patine biologiche presenti sulle superfici da trattare e idrolizza i legami peptidici presenti nelle sostanze proteiche.
- Grazie alla tecnologia impiegata, il prodotto può essere utilizzato senza il rilievo di pH e temperatura della superficie da trattare e del prodotto stesso.
- Può essere utilizzato anche se il manufatto presenta delle parti metalliche.
- Ad esclusivo uso professionale.

CARATTERISTICHE CHIMIC

Aspetto (stato fisico e colore): Gel a base acquosa, bianco

Odore: Inodore

pH: 8,5

Solubilità in acqua: Il gel è a base acquosa

Proprietà esplosive: sulla base della composizione e struttura chimica del prodotto si escludono proprietà esplosive della miscela.

Proprietà ossidanti: sulla base della composizione e struttura chimica del prodotto si escludono proprietà ossidanti della miscela.

PREPARAZIONE

- Prima del trattamento la superficie non deve subire preparazioni che prevedono l'utilizzo di sostanze diverse dall'acqua. Qualora fosse necessario, contattare prima la figura di riferimento di Brenta.
- **Il prodotto è pronto all'uso, non deve essere diluito.**
- **È necessario mescolare bene il gel tramite pennello o spatola fino al raggiungimento del colore bianco omogeneo da parte del prodotto.**



- È preferibile versare il quantitativo di gel necessario in un contenitore a parte, in modo da evitare l'inquinamento dell'intero prodotto con l'utensile sporco.
- **La resa del prodotto è di circa 4 mq/Kg.**

5. APPLICAZIONE

- Nasier Lapideo L01 può essere applicato su **materiali lapidei, musivi e derivati, superfici decorate dell'architettura** (come ad esempio, statue, facciate, intonaci, mosaici, affreschi). Inoltre su **materiali e manufatti ceramici, vitrei e organici, metallo e leghe**.
- Si può spalmare direttamente sulla superficie da trattare oppure, in presenza di superfici delicate o decoese, posizionando un'interfaccia tra il prodotto e la zona in oggetto.
- Per l'applicazione del gel utilizzare: pennelli, rulli o spatole. Non è necessario prestare attenzione alle parti in metallo dell'utensile utilizzato.
- Il prodotto può essere applicato **senza alcun controllo di pH** e con **temperature ambientali comprese tra 5° e 38°C**. Al di fuori dell'intervallo indicato, potrebbe non conservare la stessa efficacia.
- Per i **tempi di applicazione** del prodotto, a titolo indicativo, seguire le tempistiche riportate in *Tabella 1*.

	T<12°-15°C	12°-15°C <T<25°C	T>25°C
Superficie ben conservata	90 min	45 min	45 min + pellicola
Superficie delicata/decoesa	A partire da 15 min	A partire da 15 min	A partire da 15 min + pellicola

*Tabella 1*_Tempi di applicazione per tipologia di superficie e temperatura ambientale

- È sufficiente applicare uno spessore di pochi mm, in modo da mantenere il gel umido il tempo necessario all'applicazione. Affinchè gli enzimi possano agire, **il gel quindi non deve seccarsi entro i tempi di applicazione previsti**.
Se dovesse accadere, si può intervenire nel seguente modo:
 1. Spruzzare dell'acqua in modo da inumidire il gel e
 2. stendere del nuovo prodotto al di sopra di quello seccoIn presenza di alte temperature, è comunque sempre necessario applicare direttamente una pellicola protettiva sull'applicazione. Per 'pellicola' si intende qualsiasi pellicola trasparente in grado di coprire e proteggere il gel dall'essiccazione causata dalle alte temperature.
- A seconda dello stato di conservazione della superficie, è opportuno seguire le seguenti indicazioni di applicazione:

a) Applicazione su superfici ben conservate:

- Stendere tramite pennello o spatola il gel direttamente sulla superficie da trattare.
- A seconda delle temperature ambientali, seguire le tempistiche riportate in *Tabella 1*.
- Una volta concluso il tempo di applicazione, inumidire leggermente la superficie trattata con acqua normale e **strofinare** con una spazzola a setole morbide, in modo da staccare la patina deteriorata dall'azione enzimatica.
- **Sciacquare** con acqua normale la superficie trattata, aiutandosi con delle spugne se necessario.



- Eseguire queste due azioni (**strofinare-sciacquare**) per **3 volte complessive**. Non si deve più vedere la formazione di una leggera schiuma durante lo strofinamento.
- Se si dovesse fare un secondo trattamento, non è necessario attendere l'asciugatura della superficie tra un'applicazione e l'altra.

b) Applicazione su superfici delicate o decoese:

- Applicare un pezzo di carta giapponese direttamente sulla superficie da trattare.
 - Stendere il gel sopra all'interfaccia, facendo attenzione a non superare i bordi.
 - A seconda delle temperature ambientali, seguire le tempistiche riportate in *Tabella 1*. In questo caso, è consigliato testare con un'applicazione di 15 minuti e se necessario procedere progressivamente con altre da 30'-45'-60' fino a 90 minuti con temperature più rigide.
 - Concluso il tempo di applicazione, rimuovere con delle pinze l'interfaccia contenente il gel, inumidire leggermente la superficie trattata con acqua normale e **strofinare delicatamente** con una spazzola a setole morbide (se giudicata idonea per la rimozione, altrimenti utilizzare un sistema più blando), in modo da staccare la patina deteriorata dall'azione enzimatica.
 - **Sciacquare** con acqua normale la superficie trattata, aiutandosi con delle spugne se necessario.
 - Eseguire queste due azioni (**strofinare-sciacquare**) per **3 volte complessive**. Non si deve più vedere la formazione di una leggera schiuma durante lo strofinamento.
 - Se si dovesse fare un secondo trattamento, non è necessario attendere l'asciugatura della superficie tra un'applicazione e l'altra.
- In generale, nel caso la superficie fosse troppo porosa, anteporre un'interfaccia su cui stendere il gel, oppure bagnare la zona in modo da ridurre l'assorbimento successivo di acqua.
 - In caso di una patina particolarmente spessa o recalcitrante, è possibile applicare il gel direttamente per un tempo più lungo rispetto il minimo previsto oppure eseguire una seconda applicazione con le stesse modalità (**In qualsiasi caso, contattare comunque la persona di riferimento di Brenta per avere conferma o ulteriori indicazioni**).
 - **È suggerito, sulla base del risultato analitico, usare un protettivo successivamente alla fase di pulitura per proteggere e prolungarne il risultato.**

6. SICUREZZA

- È un prodotto ecologico e sicuro sia per l'operatore che per l'ambiente.
- Non presenta pittogrammi di pericolo in etichetta.
- Non è necessario raccogliere le acque di lavaggio al termine del trattamento.
- **Norme di sicurezza in accordo con il regolamento (CE) N. 1272/2008:**

Il prodotto non è classificato come pericoloso in accordo con il Regolamento (CE) n. 1272/2008.

Classe di pericolo	Categoria di pericolo	Indicazioni di pericolo
-	-	-



- **Etichettatura in accordo con Regolamento (CE) N. 1272/2008.**

Pittogramma(i) di pericolo:	Nessun pittogramma di pericolo.
Avvertenza:	Nessuna avvertenza.
Indicazione(i) di pericolo:	Nessuna indicazione di pericolo.
Consigli di prudenza:	Nessun consiglio di prudenza.
Informazioni supplementari:	EUH208: Contiene tripsina. Può provocare una reazione allergica. EUH210: Scheda dati di sicurezza disponibile su richiesta.

- **Per altre informazioni consultare la Scheda di Sicurezza.**

7. CONSERVAZIONE

- Conservare in un luogo fresco e asciutto, lontano da fonti di calore.
- Una volta aperto, se non presenta alcuna contaminazione al suo interno (come riportato alla voce 4. Preparazione), si può continuare a conservarlo in luogo fresco ed asciutto e adoperarlo entro i termini di scadenza riportati in etichetta.

SCHEDA TECNICA: Ligroina 100-140

2/26/2015

LIGROINA 100-140**CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE**

Composizione	etere di petrolio a basso punto di ebollizione
Aspetto	liquido incolore
Odore	caratteristico
Densità (20°C)	ca 0,7 kg/l
Solubilità	insolubile in acqua e dimetilsolfossido. Miscibile in solventi organici a polarità bassa
Parametri di solubilità approssimativi	f _d 97 f _p 2 f _h 1

Solvente idrocarburico dearomatizzato, apolare, poco penetrante, volatile e a debole ritenzione. Contenuto in benzene <0,1%.

Usato come diluente e come solvente di alcune sostanze.

IMPIEGHI

La Ligroina è usata per:

- diluire soluzioni/formulati in solventi organici a polarità bassa (es. White Spirit, Benzina Rettificata)
- solubilizzare resine quali Plexisol P550, Adesivo 375, Laropal A81 (parzialmente), Regalrez 1094, Regalrez 1126, cere (paraffina, cera microcristallina), olii, bitumi, ciclododecano
- test di solubilità assieme ad Acetone e Alcole etilico v. test Wolbers-Cremonesi

MODALITÀ D'USO

La Ligroina si utilizza:

- per diluire soluzioni e formulati (es. Algochene concentrato, Xylores concentrato, Vernice finale 075) e per sciogliere diverse sostanze
- per la rimozione di sostanze in forma supportata con cotone idrofilo
- per la rimozione (o assottigliamento, rigonfiamento) di resine, sostanze grasse e paraffiniche (es. macchie di cera) da supporto lapideo con applicazione ad impacco di sepiolite o polpa di carta. L'uso del solvente leggermente riscaldato (40°C) può facilitare la rimozione delle suddette sostanze.
- in forma addensata, da solo o in miscela con altri solventi, per la pulitura selettiva di ridipinture e/o vernici dalle superfici policrome qualora i test di solubilità ne rivelino l'adeguatezza in termini di polarità. V. scheda tecnica Ammina di cocco C12 - Ethomeen C12

SCHEDA TECNICA: Ligroina 100-140

2/26/2015

PRECAUZIONI

Liquido e vapori facilmente infiammabili, tenere lontano da calore e altre fonti di ignizione.

Può essere letale in caso di ingestione e di penetrazione nelle vie respiratorie. Evitare l'inalazione dei vapori.

Indossare indumenti protettivi, guanti in nitrile, occhiali di sicurezza e semimaschera con filtri per vapori organici di tipo A1.

STABILITÀ

Stabile nelle normali condizioni di impiego e stoccaggio.

Conservare in luogo fresco ed areato.

TAGLIE

1-5-25 I

Le istruzioni e le informazioni sopra riportate sono dettate da una lunga esperienza di laboratorio e di impiego e sono quindi accurate e pertinenti. Poiché le reali condizioni di utilizzo da parte degli utenti non sono da noi controllabili, esse vengono fornite da parte nostra senza alcuna responsabilità o garanzia, implicita od esplicita.



C.T.S. S.R.L.
Via Piave, 20/22 - 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Italy
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano Via A.F. Stella, 3 - 20125 Tel. +39 02 67483225 Fax +39 02 67483233 cta.milano@ctseurope.com	Firenze Via L. Giordani, 54 - 50127 Tel. +39 055 3245014 Fax +39 055 3245078 cta.firenze@ctseurope.com	Roma Via G.Fantini, 26 - 00149 Tel. +39 06 55301779 Fax +39 06 5962681 cta.roma@ctseurope.com	Trevi (PG) Via Popoli, 15 - 00039 Tel. +39 0742 381027 Fax +39 0742 386413 cta.trevi@ctseurope.com	Napoli Via delle Puglie, 228 int.4 - 80143 Tel. +39 081 7592571 Fax +39 081 7593116 cta.napoli@ctseurope.com	Gravina di Catania (CT) Via A. Gramsci, 3/A - 95030 Tel. +39 095 7441595 Fax +39 095 7442934 cta.catania@ctseurope.com
--	---	--	---	---	---

NEW DES 50

(NUOVA FORMULAZIONE)

PRESERVANTE CONCENTRATO A BASE DI SALI QUATERNARI D'AMMONIO PER MATERIALI ORGANICI E DA COSTRUZIONE

PROPRIETÀ

Il **NEW DES 50** deve la sua efficacia ad un sale quaternario d'ammonio, il cloruro di N,N-didecil-N,N-dimetilammonio, in soluzione acquosa al 50% di materia attiva. Questo tensioattivo a carattere "cationico" presenta, come altri sali quaternari d'ammonio, un elevato potere detergente e una marcata capacità pulente, associati ad una azione preservante delle superfici lapidee o di altri materiali da costruzione, mediante il controllo degli attacchi microbiologici e delle alghe.

CAMPI D'APPLICAZIONE

Il **NEW DES 50** viene utilizzato su superfici lapidee naturali ed artificiali, pitture murali, terrecotte e ceramiche,intonaci, malte e materiali organici come carta, tele e legno.

AZIONE DEL pH E DELLA TEMPERATURA

L'attività del **NEW DES 50** aumenta se viene utilizzato in ambiente alcalino anziché acido, ed inoltre aumenta all'aumentare della temperatura. Quindi, grazie alla sua stabilità alle alte temperature, ne viene consigliato l'uso in soluzioni calde ed anche con erogatori di vapore d'acqua, come la **PULITRICE A VAPORE MINOR 164**.

ATTIVITÀ SUPERFICIALE

Il **NEW DES 50** diminuisce notevolmente la tensione superficiale ed interfacciale dell'acqua in cui è disciolto, effetto coadiuvato dalla presenza del 20% di alcool isopropilico. Questo fa sì che si comporti come un emulsionante, disperdente e bagnante. Le sue soluzioni, agitate, danno luogo a formazione di schiuma. Queste proprietà sono molto importanti sia per il potere detergente sia per l'azione sui microrganismi. Grazie alle proprietà bagnanti ha tendenza a distribuirsi sulle superfici su cui è applicato ed a penetrare profondamente nei depositi infetti che si creano facilmente negli angoli e nei punti morti.

Il **NEW DES 50** è fortemente assorbito dalla superficie dei materiali con cui entra in contatto. Questa proprietà è molto utile in alcune applicazioni poiché non risciacquando o risciacquando poco, rimane una parte del sale d'ammonio quaternario che protegge per settimane il manufatto dal riformarsi di patine biologiche.

DATI TECNICI ED ANALITICI TIPICI

Aspetto:	liquido da incolore a giallo
Densità a 20 °C:	0,9 ± 0,02 g/ml.
Viscosità dinamica:	<100 cPs
pH:	6,5 – 8,0
Miscibilità:	miscibile in acqua ed in alcool in tutte le proporzioni.
Compatibilità:	limitata con tensioattivi anionici e con prodotti che li contengono.

CARATTERISTICHE

- Alle dosi d'impiego è incolore ed inodore.
- E' facilmente solubile in acqua formando soluzioni stabili che non sono influenzate dalla luce, dalla temperatura o da lungo immagazzinamento. E' solubile anche in alcool.
- Non è aggressivo nei confronti di metallo, legno, gomma o altro.
- Per il carattere "cationico" è incompatibile con sostanze "anioniche" quali sapone, alcoli solfonati, ecc.; è, invece, compatibile con detersivi cationici o non ionici ed in parte con sali detersivi come carbonato di sodio, fosfato trisodico, ecc. che, anzi, a piccole dosi, alcalinizzano l'ambiente incrementandone così l'effetto.
- Il **NEW DES 50**, alla diluizione d'uso, non è irritante per la pelle e non è causa di sensibilizzazione.
- Il **NEW DES 50** vede diminuire la sua attività in presenza di materia organica. Quindi in presenza di patine biologiche spesse è consigliabile aumentare la concentrazione ed effettuare una seconda applicazione dopo aver rimosso lo strato più esterno.



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**

Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039

www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano	Firenze	Roma	Trevi (PG)	Napoli	Gravina di Catania (CT)
Via A. F. Stella, 5 - 20125 Tel. +39 02 67493225 Fax +39 02 67493233 cts.milano@ctseurope.com	Via L. Corcigliari, 54 - 50127 Tel. +39 055 5245014 Fax +39 055 5245076 cts.firenze@ctseurope.com	Via G.Fantini, 26 - 00149 Tel. +39 06 55301779 Fax +39 06 5592861 cts.roma@ctseurope.com	Via Popoli, 15 - 06109 Tel. +39 0742 381027 Fax +39 0742 385413 cts.trevi@ctseurope.com	Via delle Puglie, 228 PIA - 00143 Tel. +39 081 7592071 Fax +39 081 7593116 napoli@ctseurope.com	Via A. Gramsci, 37A - 95030 Tel. +39 095 7441565 Fax +39 095 7442954 cts.catania@ctseurope.com

METODOLOGIE E DOSI

Il **NEW DES 50** viene utilizzato in soluzioni acquose, assieme ad altri reagenti ed inerti, per la preparazione di impacchi di pulitura da applicare sulla superficie da trattare. Una formulazione di indiscutibile successo in cui il **NEW DES 50** conferma la sua efficacia è l'"AB 57" (formula dell'Istituto Centrale del Restauro di Roma). Data la nuova concentrazione (50%) si consiglia di diluirlo prima al 10% di materia attiva (1 lt di **NEW DES 50** in 4 lt d'acqua), e poi di addizionarlo al formulato secondo le dosi prescritte.

Il **NEW DES 50** viene inoltre impiegato in soluzioni acquose su superfici precedentemente pulite. Le concentrazioni d'uso del **NEW DES 50** sono variabili a seconda delle specie infestanti l'opera da trattare. E' sempre comunque consigliabile effettuare indagini preliminari per determinare la concentrazione più opportuna.

Da varie sperimentazioni eseguite in laboratorio e in cantieri-prova si è riscontrata la massima azione sui microrganismi con una concentrazione del 5% di materia attiva (ottenibile diluendo il prodotto 1:9). In molti casi si ottengono buoni risultati anche con diluizioni maggiori, fino a 1:50.

In prove di laboratorio **NEW DES 50** è risultato attivo su alcune delle più comuni specie di microrganismi, quali: *Pseudomona Aeruginosa*, *Staphilococcus aureus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Subtilis*, *Mucor*, *Citrobacter intermedium*, *Enterobacter aerogenes*, *Aspergillus niger*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Phormidium innudatum*, *Saccaromyces cerevisiae*.

BIBLIOGRAFIA

Tretiach M., Bertuzzi S, Candotto Carniel F.; "Heat Shock Treatments: A New Safe Approach against Lichen Growth on Outdoor Stone Surfaces" Environmental Science and Technology, 2012
Fiorentino F., Agresta F., Borgioli L., Bicchieri M., Coalizzi P., Pascalicchio F., Ruggiero D., Sclocchi M.C., Pinzari F.; "Valutazione di due formulati commerciali per il trattamento di infezioni fungine sui materiali cartacei" Atti del X Congresso IGIIIC "Lo Stato dell'Arte 10", Roma 22-24 novembre 2012.

CONFEZIONI

Il **NEW DES 50** è disponibile nelle confezioni da: 1 - 5 - 25 lt.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze e prove di laboratorio alla data dell'ultima versione. L'utilizzatore deve assicurarsi della idoneità del prodotto in relazione allo specifico uso tramite prove preliminari, ed è tenuto ad osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza. C.T.S. S.r.l. garantisce la qualità costante del prodotto ma non risponde di eventuali danni causati da un uso non corretto del materiale. Prodotto destinato esclusivamente **ad uso professionale**. Inoltre, possono variare in qualsiasi momento i componenti e le confezioni senza obbligo di comunicazione alcuna.



C.T.S. S.R.L.
Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com



Milano	Firenze	Roma	Trevi (PG)	Napoli	Gravina di Catania (CT)
Via F. Sella, 5 - 20125 Tel. +39 02 67483225 Fax +39 02 67483233 cts.milano@ctseurope.com	Via L. Giorgini, 54 - 50127 Tel. +39 055 3245014 Fax +39 055 3245076 cts.firenze@ctseurope.com	Via C. Farini, 26 - 00149 Tel. +39 06 55021779 Fax +39 06 5592861 cts.roma@ctseurope.com	Via Popoli, 15 - 06109 Tel. +39 0742 381927 Fax +39 0742 385413 cts.trevi@ctseurope.com	Viale delle Puglie, 228 int.4 - 80143 Tel. +39 081 7592971 Fax +39 081 7593118 napoli@ctseurope.com	Via A. Gramsci, 37A - 95030 Tel. +39 095 7441565 Fax +39 095 7442954 cts.catania@ctseurope.com

BIOTIN T

PRESERVANTE CONCENTRATO PER MATERIALI ORGANICI E DA COSTRUZIONE

DILUIBILE IN ACQUA

CARATTERISTICHE GENERALI

Il **BIOTIN T** è un preparato concentrato liquido di sostanze attive da impiegarsi, previa diluizione, per la preservazione e la riparazione dall'attacco microbiologico di superfici quali materiali lapidei, malte e intonaci, affreschi, laterizi e materiali organici come carte, tele e legno.

Per la diluizione del **BIOTIN T** deve essere sempre utilizzata **acqua demineralizzata**, in quanto la durezza delle acque di rete può portare alla riduzione dell'efficacia.

COMPOSIZIONE DELLA SOSTANZA ATTIVA

BIOTIN T è costituito da n-ottil-isotiazolinone (OIT) e di un Sale di Ammonio Quaternario. Per la presenza di quest'ultimo principio attivo, che è un tensioattivo cationico, deve essere evitata la miscelazione con tensioattivi anionici e acque troppo dure.

DATI TECNICI ED ANALITICI TIPICI

Aspetto:	liquido da incolore a giallo
Densità a 20°C:	0,94 g/ml.
Viscosità dinamica:	50 mPa·s
Punto di solidificazione:	< -5°C
Punto di infiammabilità:	29°C DIN 53213
Stabilità:	• temperatura: da -5°C a +80°C; • pH: da 5 a 9
Miscibilità:	miscibile in acqua in tutte le proporzioni. Miscibile in alcool, esteri e idrocarburi aromatici.
Compatibilità:	limitata con tensioattivi anionici e con prodotti che li contengono.

SPETTRO DI ATTIVITÀ e MODALITÀ DI APPLICAZIONE

BIOTIN T, che ha sostituito il noto Biotin N, presenta un ampio spettro di attività per il controllo microbiologico. E' uno dei pochi prodotti attivi sui **licheni** (assieme al **Biotin R**), oltre che su batteri, funghi e alghe.

Si raccomanda l'applicazione a pennello o ad impacco, anche se è possibile applicare il prodotto a spruzzo.

I principi attivi presentano un pH debolmente acido (pH 5.5 ±0,5) e perdono di efficacia a pH superiori a 9.

Non si può quindi additivare **BIOTIN T** a malte a base calce o cemento, ma si può applicare sulle malte asciutte.

Viene generalmente utilizzato in soluzione acquosa, anche se è diluibile con alcoli, esteri e idrocarburi aromatici. Non è miscibile in acetone, idrocarburi alifatici e clorurati.

Si raccomanda di iniziare ogni trattamento spruzzando una piccola quantità di soluzione sulle superfici infette; questo per evitare che le spore vengano sparse attorno.

E' necessario attendere dai 2 ai 4 giorni prima di eseguire una completa rimozione meccanica del microrganismo.

Occorre evitare che la pioggia possa dilavare il prodotto nelle prime 24 ore seguenti il trattamento.

Successivamente saturare nuovamente le superfici con la soluzione. Si consiglia di non effettuare nessun lavaggio successivo: le piccole quantità residue di prodotto non portano infatti a nessuna controindicazione, anzi, impartiranno una eventuale protezione nei confronti del ritorno di microrganismi.

DOSAGGIO

Il dosaggio ottimale del **BIOTIN T** dipende da numerosi fattori quali: la natura delle superfici, il procedimento di applicazione ed il livello di attacco microbiologico.

L'esperienza pratica ha dimostrato che si sono ottenuti buoni risultati con soluzioni pronte all'uso con un contenuto di **BIOTIN T** tra l'1 ed il 3%.

TOSSICITÀ e MANIPOLAZIONE

Il **BIOTIN T** allo stato concentrato ha una DL₅₀ acuta (orale ratto) di 248 mg/kg (riferito all'OIT) e di 300 mg/Kg (riferito al cloruro di didecildimetilammonio), e deve quindi essere evitato ogni contatto con il prodotto.



C.T.S. S.R.L.
Via Piave, 20/22 - 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Italy
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com



Milano	Firenze	Roma	Treviso (PG)	Napoli	Gravina di Catania (CT)
Via A.F. Stella, 5 - 20125 Tel. +39 02 67493225 Fax +39 02 67493233 cts.milano@ctseurope.com	Via L. Giorgini, 54 - 59127 Tel. +39 055 3245014 Fax +39 055 3245078 cts.firenze@ctseurope.com	Via G. Farini, 26 - 00149 Tel. +39 06 55207779 Fax +39 06 5592891 cts.roma@ctseurope.com	Via Popoli, 15 - 06109 Tel. +39 0742 381921 Fax +39 0742 385413 cts.treviso@ctseurope.com	Via delle Puglie, 228 (PZA - 80145) Tel. +39 081 7952071 Fax +39 081 7953116 cts.napoli@ctseurope.com	Via A. Gramsci, 3/A - 95035 Tel. +39 095 7441955 Fax +39 095 7442954 cts.catania@ctseurope.com

Grazie alla bassa tensione di vapore a temperatura ambiente, il pericolo dell'inalazione dei vapori di **BIOTIN T** è estremamente ridotto.

Deve essere invece fatta una particolare attenzione nella manipolazione del prodotto concentrato, utilizzando gli appropriati dispositivi di protezione individuale anche al momento dell'applicazione.

Quando si applica a spruzzo il **BIOTIN T**, specialmente in ambienti chiusi, si raccomanda di utilizzare una maschera protettiva e di fornire una sufficiente ventilazione.

BIBLIOGRAFIA

Tretiach M., Bertuzzi S., Salvadori O. *"In situ vitality monitoring of photosynthetic organisms by chlorophyll fluorescence techniques"* atti del convegno "In situ monitoring of monumental surfaces", Firenze 27-29 Ottobre 2008.

Tretiach M., Bertuzzi S, Candotto Carniel F.; *"Heat Shock Treatments: A New Safe Approach against Lichen Growth on Outdoor Stone Surfaces"* Environmental Science and Technology, 2012.

Fiorentino F., Agresta F., Borgioli L., Bicchieri M., Coalizzi P., Pascalicchio F., Ruggiero D., Sclocchi M.C., Pinzari F.; *"Valutazione di due formulati commerciali per il trattamento di infezioni fungine sui materiali cartacei"* Atti del X Congresso IGILC "Lo Stato dell'Arte 10", Roma 22-24 novembre 2012.

CONFEZIONI

Il **BIOTIN T** è disponibile in confezioni da 1 - 5 -20 kg.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze e prove di laboratorio alla data dell'ultima versione. L'utilizzatore deve assicurarsi della idoneità del prodotto in relazione allo specifico uso tramite prove preliminari, ed è tenuto ad osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza.

C.T.S. S.r.l. garantisce la qualità costante del prodotto ma non risponde di eventuali danni causati da un uso non corretto del materiale. Prodotto destinato esclusivamente **ad uso professionale**. Inoltre, possono variare in qualsiasi momento i componenti e le confezioni senza obbligo di comunicazione alcuna.



C.T.S. S.R.L.
Via Piave, 20/22 - 36077 **Altavilla Vicentina (VI) - Italy**
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via F. Sella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67483225
Fax +39 02 67483233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gerdigan, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245314
Fax +39 055 3245076
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via C. Farini, 26 - 00145
Tel. +39 06 55021779
Fax +39 06 5502891
cts.roma@ctseurope.com

Treviso (PG)
Via Popoli, 15 - 06109
Tel. +39 0742 381927
Fax +39 0742 386413
cts.treviso@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 int.4 - 00143
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593119
cts.napoli@ctseurope.com

Gravina di Catania (CT)
Via A. Gramsci, 37A - 95030
Tel. +39 095 7441565
Fax +39 095 7442954
cts.catania@ctseurope.com

Vi riportiamo, di seguito, alcune **referenze** raccolte su **“BIOTIN”** :

Nome del monumento/opera/cantiere	Località – Provincia (Nazione)
Teatro Romano	Trieste (I)
Portale principale della Cattedrale	Getafe – Madrid (E)
Facciata Nord della Cattedrale	Xativa – Valencia (E)
Ponte romano ed area archeologica Madinat Al-Zahra	Cordoba (E)
Palazzo Bellomo e Castello Maniace	Siracusa (I)
Villa romana del Casale	Piazza Armerina – Enna (I)
La Alhambra de Granada – Puerta de Los Granados	Granada (E)
Palazzo della Moncloa	Madrid (E)
Porta Grande e Porta dell'Alcazar delle mura di Avila	Avila (E)
Aree Archeologiche “Baelo Claudia”, “Teatro Tia Norica”	Tarifa e Cadice (E)
Mezquita – Cattedrale	Cordoba (E)
Castello di Guzman El Bueno	Tarifa (E)
Palazzo del Municipio	Castiglione del Lago – PG (I)
Cattedrale di Nicosia	Nicosia – Enna (I)
Basamento del Campanile di S.Frediano	Lucca (I)
Duomo	Modena (I)
Chiesa di San Francesco	Milazzo (ME)
Rocca Sillana	Pomarance (PI)
Basilica di S.Pietro	Città del Vaticano
Campanile di Santo Spirito	Firenze (I)
Ex Convento di San Vincenzo	Piacenza (I)
Fontana Piazza dell'Annunciata	Venaria – Torino (I)
Villa Marengo a Spinetta Marengo	Alessandria (I)
Castello di Luzzana	Luzzana – Bergamo (I)
Villa La Gallerena	Carugate - Milano (I)
Monumento Ossario	Mentana- Milano (I)
Villa Badia e facciata della Chiesa dei SS.Pietro e Paolo	Leno – Brescia (I)
Rocca di Cologno	Cologno al Serio –Bergamo (I)
Pitture murali della “Casa Mudejar”	Cordoba (E)
Area archeologica dell'Alcazar di Jerez de la Frontera	Cadiz (E)
Muralla Del Castillo De Buralgimar	Baños De La Encina – Jaen
Castillo De Marcilla	Marcilla- Navarra
Conjunto Arqueologico De Italica	Santiponce – Sevilla
Monumento a Francesco Stocco	Catanzaro



C.T.S. S.R.L.

Via Piave, 20/22 - 36077 Altavilla Vicentina (VI) - Italy
Tel. +39 0444 349088 - Fax +39 0444 349039
www.ctseurope.com - cts.italia@ctseurope.com

SINCERT



Milano
Via A. F. Sella, 5 - 20125
Tel. +39 02 67493225
Fax +39 02 67493233
cts.milano@ctseurope.com

Firenze
Via L. Gerdani, 54 - 50127
Tel. +39 055 3245014
Fax +39 055 3245076
cts.firenze@ctseurope.com

Roma
Via G. Fantini, 26 - 00149
Tel. +39 06 55307779
Fax +39 06 5592861
cts.roma@ctseurope.com

Trevi (PG)
Via Popoli, 15 - 06109
Tel. +39 0742 381027
Fax +39 0742 385413
cts.treviso@ctseurope.com

Napoli
Via delle Puglie, 228 r/cA - 00145
Tel. +39 081 7592971
Fax +39 081 7593116
napoli@ctseurope.com

Gravina di Catania (CT)
Via A. Gramsci, 37A - 95030
Tel. +39 095 7447565
Fax +39 095 7442954
cts.catania@ctseurope.com

Nome del monumento/opera/cantiere	Località – Provincia (Nazione)
Monumento all'Unità d'Italia	Reggio Calabria
Monumento equestre a Vittorio Emanuele II	Palermo (I)
Trattamento e manutenzione dei portali della Cattedrale	Siviglia (E)
Iglesia de la Asuncion	Catalla- Alicante
Castillo de Moclin	Moclin – Granada
Iglesia San Salvador	Oña-Burgos
Capilla Anunciacion- Catedral	Burgos
Ermita de Treviana	La Rioja
Iglesia de Carbellino	Zamora
Palacio Chabbarri	Bilbao
Murallas Marinies	Ceuta (E)
Fachada Principal Palacio Escoriaza Esquivel	Vitoria (E)
Fachada Principal y Pabellones Antiguo Hospital San Pau	Barcelona (E)
Museo Elisa Cendrero	Ciudad Real (E)
Conservatorio de Musica	Ubeda (E)
Iglesia de San Francisco	Trujillo – Caceres (E)
Valle dei Templi	Agrigento (I)
Teatro Politeama	Palermo (I)
Campanile del Duomo	Spoletto (I)
Chiesa di S.Giorgio	Vicenza (I)
Villa Borri-Manzoli	Corbetta - Milano (I)
Duomo	Crema (I)
Porte Palatine e Borgo Neomedievale del Valentino	Torino (I)
Monastero di Astino	Bergamo (I)
Castello Sforzesco-cortile d'onore	Milano (I)
Moai "Hature Huke" dell'Isola di Pasqua	Isola di Pasqua – Cile
Mura storiche di Loreto	Loreto – PU (I)
Palazzo Barberini	Roma (I)
Mura del Cassero di Poggibonsi	Poggibonsi – SI (I)
Mura storiche di Cittadella	Cittadella – PD (I)

Lo studio per la messa a punto del Biotin R (L.Borgioli, A.De Comelli, G.Pressi, "Indagini microbiologiche per la verifica dell'efficacia di alcuni biocidi esenti da metalli pesanti") è stato pubblicato su Progetto Restauro n°38 (Primavera 2006).

Uno studio sull'efficacia del Biotin R è stato condotto dai Laboratori di Biologia dell'Istituto Centrale del Restauro (M.Bartolini, A.M. Petri, S.Ricci, "Valutazione dell'efficacia di alcuni nuovi biocidi per il trattamento di microflora fotosintetica e di briofite su materiali lapidei." Bollettino ICR n°14, 2007).

Biotin T, Biotin R e New Des 50 sono stati messi a confronto su diversi licheni (Tretiaeh M., Bertuzzi S, Candotto Carniel F.; "Heat Shock Treatments: A New Safe Approach against Lichen Growth on Outdoor Stone Surfaces" Environmental Science and Technology, 2012)



C.T.S. S.R.L.
VIA PIAVE, 20/22 - 36077 **ALTAVILLA VICENTINA (VI)**
TEL. +39 0444 349080 (4 linee r.a.) - FAX +39 0444 349039
www.ctseurope.com - E-mail: cts.italia@ctseurope.com - P.I. e C.F. IT02443840240



FILIALI:
VIA A. F. STELLA, 5 - 20125 **MILANO** - TEL. 02 67493225 (2 linee r.a.) - FAX 02 67493233
VIA L. GORDIGIANI, 54 int. A1-A2 - 50127 **FIRENZE** - TEL. 055 3245014 (2 linee r.a.) - FAX 055 3245078
VIA G. FANTOLI, 26 - 00149 **ROMA** - TEL. 06 55301779 (2 linee r.a.) - FAX 06 5592991
VIA DELLE PUGLIE, 228 int. 4 - 80143 **NAPOLI** - TEL. 081 7592971 - FAX 081 7593118

BIOTIN R 1 + R 2

**NUOVO SISTEMA PRESERVANTE A DUE COMPONENTI CONCENTRATI
PER MATERIALI ORGANICI E DA COSTRUZIONE. DILUIBILE IN SOLVENTE**

CARATTERISTICHE GENERALI

Il **BIOTIN R 1 + R 2** è un nuovo sistema preservante a due componenti concentrati liquidi da impiegarsi, previa diluizione in solventi, per la preservazione dall'attacco microbiologico di superfici quali materiali lapidei, malte e intonaci, affreschi, laterizi e materiali organici come legno, carta, dipinti su tela e tavola.

È possibile ottenere una protezione duratura nel tempo grazie alla bassa solubilità in acqua delle sostanze attive che lo compongono, che permette di resistere a ripetuti dilavamenti meteorici.

Quindi **BIOTIN R 1 + R 2** si dimostra particolarmente utile per la protezione delle opere soggette agli agenti atmosferici, ed anche in presenza di umidità permanente, come negli ambienti ipogei.

Inoltre, **BIOTIN R 1 + R 2** è il prodotto ideale per il trattamento di **supporti sensibili all'acqua**, come ad esempio:

- supporti lapidei, stucchi o affreschi contenenti sali solubili o altre sostanze che potrebbero affiorare a seguito di trattamenti acquosi;
- fronte e retro di dipinti su tela;
- tempere magre.

COMPOSIZIONE

BIOTIN R 1 + R 2 è costituito da:

- **BIOTIN R 1**, contenente iodopropinilbutilcarbammato (IPBC), sciolto in dietilenglicol(mono)butiletere.
- **BIOTIN R 2**, contenente n-ottil-isotiazolinone (OIT) e terbutrina, sciolti in dietilenglicol(mono)butiletere.

Questa miscela replica la formulazione del classico BIOTIN R monocomponente, con l'aggiunta del principio attivo terbutrina, che ne amplia il campo di azione.

DOSAGGIO

Il dosaggio ottimale del **BIOTIN R 1 + R 2** dipende da numerosi fattori quali: intensità e natura dell'attacco microbiologico, tipologia delle superfici e possibile azione della pioggia.

L'esperienza pratica ha dimostrato che si sono ottenuti buoni risultati con soluzioni pronte all'uso con un contenuto di **BIOTIN R 1 + R 2** tra il 3 ed il 5% di miscela attiva.

PREPARAZIONE

Miscelare **BIOTIN R 1** e **BIOTIN R 2** in rapporto 1:1, e solo dopo aggiungere il solvente prescelto. La miscela è solubile nella maggior parte dei solventi organici come alcoli, idrocarburi aromatici e alifatici (ad esempio *white spirit*), mentre è immiscibile in acqua.

Miscelare solo la quantità necessaria all'applicazione, e non stoccare i prodotti miscelati per più di un mese.

È sconsigliato l'uso in chetoni o acetati per la possibile formazione di composti gialli.

Nel caso di manufatti esposti all'esterno, la resistenza al dilavamento può essere incrementata facendo seguire al trattamento con **BIOTIN R 1 + R 2** l'applicazione dell'idrorepellente silossanico **SILO 111**.

Si può procedere anche all'applicazione dei due prodotti in una sola fase diluendo la miscela del **BIOTIN R 1 + R 2** direttamente nel **SILO 111**, come sotto riportato:

Esempi di preparazione:

	BIOTIN R 1	BIOTIN R 2	solvente (esempio)
<u>soluzione al 5% (per superfici fortemente infestate)</u>	25 g	25 g	1 litro di white spirit
<u>soluzione al 3% (per policromie attaccate da microrganismi)</u>	15 g	15 g	1 litro di white spirit
<u>soluzione al 5% in Silo 111 (per un'alta protezione in esterno)</u>	125 g	125 g	5 litri di Silo 111



C.T.S. S.R.L.
VIA PIAVE, 20/22 - 36077 **ALTAVILLA VICENTINA (VI)**
TEL. +39 0444 349088 (4 linee r.a.) - FAX +39 0444 349039
www.ctseurope.com - E-mail: cts.italia@ctseurope.com - P.I. e C.F. IT02443840249



FILIALI:

VIA A. F. STELLA, 5 - 20125 **MILANO** - TEL. 02 67493225 (2 linee r.a.) - FAX 02 67493233
VIA L. GORDIGIANI, 54 int. A1-A2 - 50127 **FIRENZE** - TEL. 055 3245014 (2 linee r.a.) - FAX 055 3245078
VIA G. FANTOLI, 26 - 00149 **ROMA** - TEL. 06 55301779 (2 linee r.a.) - FAX 06 5592891
VIA DELLE PUGLIE, 228 int. 4 - 80143 **NAPOLI** - TEL. 081 7592971 - FAX 081 7595118

DATI TECNICI

	Biotin R 1	Biotin R 2
Aspetto:	liquido paglierino	
Densità a 20°C:	1,1 g/cm ³	1,0 g/cm ^{3l}
Punto di ebollizione:	>200 °C	>210 °C
Punto di infiammabilità:	>100 °C	>100 °C

SPETTRO DI ATTIVITA' e MODALITA' DI APPLICAZIONE

BIOTIN R 1 + R 2 presenta un ampio spettro di attività per il controllo microbiologico, grazie ai tre principi attivi contenuti.

È uno dei pochi prodotti attivi sugli **attinomiceti** e sui **licheni**, oltre che su batteri, funghi e alghe.

Si raccomanda l'applicazione a pennello o ad impacco, anche se è possibile applicare il prodotto a spruzzo.

Si raccomanda di iniziare ogni trattamento spruzzando una piccola quantità di soluzione sulle superfici infette; questo per evitare che le spore vengano sparse attorno.

È necessario attendere dai 2 ai 4 giorni prima di eseguire una completa rimozione meccanica del microrganismo.

Occorre evitare che la pioggia possa dilavare il prodotto nelle prime 24 ore seguenti il trattamento. Successivamente saturare nuovamente le superfici con la soluzione. Si consiglia di non effettuare nessun lavaggio successivo: le piccole quantità residue di prodotto non portano infatti a nessuna controindicazione, anzi, impartiranno una persistente protezione nei confronti del ritorno di microrganismi.

AVVERTENZE

In conseguenza al trattamento potrebbe verificarsi, in qualche raro caso, l'apparizione di una colorazione in corrispondenza alle zone infestate.

Alcuni microrganismi, quali alcune specie di alghe e licheni, morendo possono rilasciare pigmenti organici con colori che spaziano dal giallo, all'arancio, al rosso, al verde. Tali pigmenti (melanine e carotenoidi, o la stessa clorofilla), non sono duraturi, decolorandosi alla luce, ma possono essere espulsi dalle cellule a seguito della morte del microrganismo. Essendo parzialmente solubili in solventi vengono richiamati in superficie, accentuando l'effetto ottico.

Le informazioni contenute in questa scheda si basano sulle nostre conoscenze e prove di laboratorio alla data dell'ultima versione. L'utilizzatore deve assicurarsi della idoneità del prodotto in relazione allo specifico uso tramite prove preliminari, ed è tenuto ad osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza.

C.T.S. S.r.l. garantisce la qualità costante del prodotto ma non risponde di eventuali danni causati da un uso non corretto del materiale. Prodotto destinato esclusivamente **ad uso professionale**. Inoltre, possono variare in qualsiasi momento i componenti e le confezioni senza obbligo di comunicazione alcuna.

È opportuno quindi effettuare una prova preliminare e, nel caso si presenti la colorazione, testare soluzioni decoloranti come miscele di acqua ossigenata/ammoniaca a diverse concentrazioni.

Importante: si sconsiglia l'utilizzo di chetoni (acetone e metiltilchetone) e acetati, che possono reagire con i principi attivi del **Biotin R 1 + R 2**, dando luogo ad una leggera colorazione gialla, indipendentemente dalla presenza di microrganismi.

TOSSICITA' e MANIPOLAZIONE

BIOTIN R 1 allo stato concentrato ha una DL₅₀ acuta (orale ratto) di 248 mg/kg (riferito all'OIT), e **BIOTIN R 2** di 300-500 mg/Kg (riferito all'IPBC). Deve quindi essere evitato ogni contatto con i prodotti. Grazie alla bassa tensione di vapore a temperatura ambiente, il pericolo dell'inalazione dei vapori di **BIOTIN R 1 + R 2** è estremamente ridotto.

Deve essere invece fatta una particolare attenzione nella manipolazione dei prodotti concentrati, utilizzando gli appropriati dispositivi di protezione individuale anche al momento dell'applicazione (si vedano le rispettive schede di sicurezza).

Quando si applica a spruzzo il **BIOTIN R 1 + R 2**, specialmente in ambienti chiusi, si raccomanda di utilizzare una maschera protettiva e di fornire una sufficiente ventilazione.

BIBLIOGRAFIA

L.Borgioli, A.De Comelli, G.Pressi, "Indagini microbiologiche per la verifica dell'efficacia di alcuni biocidi essenti da metalli pesanti" Progetto Restauro n. 38 (Primavera 2006)

Uno studio sull'efficacia del Biotin R è stato condotto dai Laboratori di Biologia dell'Istituto Centrale del Restauro (M.Bartolini, A.M. Petrini, S.Ricci, "Valutazione dell'efficacia di alcuni nuovi biocidi per il trattamento di microflora fotosintetica e di briofite su materiali lapidei." Bollettino ICR n°14, 2007).

Biotin T, Biotin R e New Des 50 sono stati messi a confronto su diversi licheni: Tretziach M., Bertuzzi S, Candotto Carniel F.; "Heat Shock Treatments: A New Safe Approach against Lichen Growth on Outdoor Stone Surfaces" Environmental Science and Technology, 2012.

CONFEZIONI

Sono disponibili le seguenti confezioni:

- BIOTIN R 1 : 1 - 5 kg.
- BIOTIN R 2 : 1 - 5 kg.



C.T.S. S.R.L.

VIA PIAVE, 20/22 - 36077 **ALTAVILLA VICENTINA (VI)**
TEL. +39 0444 349088 (4 linee r.a.) - FAX +39 0444 349039
www.ctseurope.com - E-mail: cts.italia@ctseurope.com - P.I. e C.F. IT02443840240

FILIALI:

VIA A. F. STELLA, 5 - 20125 **MILANO** - TEL. 02 67493225 (2 linee r.a.) - FAX 02 67493233
VIA L. GORDIGIANI, 54 int. A1-A2 - 50127 **FIRENZE** - TEL. 055 3245014 (2 linee r.a.) - FAX 055 3245078
VIA G. FANTOLI, 26 - 00149 **ROMA** - TEL. 06 55301779 (2 linee r.a.) - FAX 06 5592891
VIA DELLE PUGLIE, 229 int. 4 - 80143 **NAPOLI** - TEL. 081 7592971 - FAX 081 7593118

Body Accredited by ACCNEDIA



Vi riportiamo, di seguito, alcune **referenze** raccolte sulla linea **"BIOTIN"** :

Nome del monumento/opera/cantiere	Località – Provincia (Nazione)
Teatro Romano	Trieste (I)
Portale principale della Cattedrale	Getafe – Madrid (E)
Facciata Nord della Cattedrale	Xativa – Valencia (E)
Ponte romano ed area archeologica Madinat Al-Zahra	Cordoba (E)
Palazzo Bellomo e Castello Maniace	Siracusa (I)
Villa romana del Casale	Piazza Armerina – Enna (I)
La Alhambra de Granada – Puerta de Los Granados	Granada (E)
Palazzo della Moncloa	Madrid (E)
Porta Grande e Porta dell'Alcazar delle mura di Avila	Avila (E)
Aree Archeologiche "Baelo Claudia", "Teatro Tia Norica"	Tarifa e Cadice (E)
Mezquita – Cattedrale	Cordoba (E)
Castello di Guzman El Bueno	Tarifa (E)
Palazzo del Municipio	Castiglione del Lago – PG (I)
Cattedrale di Nicosia	Nicosia – Enna (I)
Basamento del Campanile di S.Frediano	Lucca (I)
Duomo	Modena (I)
Chiesa di San Francesco	Milazzo (I)
Rocca Sillana	Pomarance (I)
Basilica di S.Pietro	Città del Vaticano
Campanile di Santo Spirito	Firenze (I)
Ex Convento di San Vincenzo	Piacenza (I)
Fontana Piazza dell'Annunciata	Venaria – Torino (I)
Villa Marengo a Spinetta Marengo	Alessandria (I)
Castello di Luzzana	Luzzana – Bergamo (I)
Villa La Gallerena	Carugate - Milano (I)
Monumento Ossario	Mentana- Milano (I)
Villa Badia e facciata della Chiesa dei SS.Pietro e Paolo	Leno – Brescia (I)
Rocca di Cologno	Cologno al Serio –Bergamo (I)
Pitture murali della "Casa Mudejar"	Cordoba (E)
Area archeologica dell'Alcazar di Jerez de la Frontera	Cadiz (E)
Muralla Del Castillo De Burgulimar	Baños De La Encina – Jaen (E)
Castillo De Marcilla	Marcilla- Navarra (E)
Conjunto Arqueologico De Italica	Santiponce – Sevilla (E)
Monumento a Francesco Stocco	Catanzaro (I)



C.T.S. S.R.L.
VIA PIAVE, 20/22 - 36077 **ALTAVILLA VICENTINA (VI)**
TEL. +39 0444 349088 (4 linee r.a.) - FAX +39 0444 349039
www.ctseurope.com - E-mail: cts.italia@ctseurope.com - P.I. e C.F. IT02443840240

Body accredited by ACCREDITA



FILIALI:

VIA A. F. STELLA, 5 - 20125 **MILANO** - TEL. 02 67493225 (2 linee r.a.) - FAX 02 67493233
VIA L. GORDIGIANI, 54 int. A1-A2 - 50127 **FIRENZE** - TEL. 055 3245014 (2 linee r.a.) - FAX 055 3245078
VIA G. FANTOLI, 26 - 00149 **ROMA** - TEL. 06 55301779 (2 linee r.a.) - FAX 06 5592891
VIA DELLE PUGLIE, 228 int. 4 - 80143 **NAPOLI** - TEL. 081 7592971 - FAX 081 7593118

Nome del monumento/opera/cantiere	Località – Provincia (Nazione)
Monumento all'Unità d'Italia	Reggio Calabria (I)
Monumento equestre a Vittorio Emanuele II	Palermo (I)
Trattamento e manutenzione dei portali della Cattedrale	Siviglia (E)
Iglesia de la Asuncion	Catalla- Alicante (E)
Castillo de Moclin	Moclin – Granada (E)
Iglesia San Salvador	Oña-Burgos (E)
Capilla Anunciacion- Catedral	Burgos (E)
Ermita de Treviana	La Rioja (E)
Iglesia de Carbellino	Zamora (E)
Palacio Chabbarri	Bilbao (E)
Murallas Marinies	Ceuta (E)
Fachada Principal Palacio Escoriaza Esquivel	Vitoria (E)
Fachada Principal y Pabellones Antiguo Hospital San Pau	Barcelona (E)
Museo Elisa Cendrero	Ciudad Real (E)
Conservatorio de Musica	Ubeda (E)
Iglesia de San Francisco	Trujillo – Caceres (E)
Valle dei Templi	Agrigento (I)
Teatro Politeama	Palermo (I)
Campanile del Duomo	Spoletto (I)
Chiesa di S.Giorgio	Vicenza (I)
Villa Borri-Manzoli	Corbetta - Milano (I)
Duomo	Crema (I)
Porte Palatine e Borgo Neomedievale del Valentino	Torino (I)
Monastero di Astino	Bergamo (I)
Castello Sforzesco-cortile d'onore	Milano (I)
Moai "Hature Huke" dell'Isola di Pasqua	Isola di Pasqua – Cile
Mura storiche di Loreto	Loreto – PU (I)
Palazzo Barberini	Roma (I)
Mura del Cassero di Poggibonsi	Poggibonsi – SI (I)
Mura storiche di Cittadella	Cittadella – PD (I)

BIBLIOGRAFIA

BARTOLINI, PIETRINI 2016 = M. Bartolini, A. M. Pietrini, *La disinfezione delle patine biologiche sui manufatti lapidei: biocidi chimici e naturali a confronto*, in *Bollettino ICR*, 33, Roma 2016.

CANEVA ET. AL. 2007 = G. Caneva, M. P. Nugari, O. Salvadori, *La biologia per i Beni Culturali. Biodeterioramento e Conservazione*, 1 vol, Firenze 2005.

CARSON, HAMMER 2011= C. F. Carson, K. A. Hammer, *Chemistry and Bioactivity of Essential Oils*, in *Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents*, Hoboken 2011.

CAVALLO 2013 = F. Cavallo, *La Pietra Tenera di Vicenza della cava “La Vecchia Priara”*; *Caratterizzazione Petrografica e analisi della porosità in sezione sottile*, Padova 2013.

DELLA LIBERA 2006 = F. Della Libera, *La Pietra di Vicenza*, Mostra della pietra a San Gottardo di Zovencedo, 2006

GOLDIN 2017 = E. Goldin, *Confronto tra Nasier e i Biocidi tradizionali per la Biopulitura di Opere Contemporanee e Moderne*, Venezia 2017.

FONTANA 1983 = L. Fontana, *Villa Pisani a Stra*, Milano 1983.

FORNEZZA, RALLO 2000 = A. Fornezza, G. Rallo, *Villa Nazionale Pisani Stra*, Roma 2000.

FRANCESCHI, GERMANI 2012 = S. Franceschi, L. Germani, *Il degrado dei materiali nell'edilizia. Cause e valutazione delle patologie*, Roma 2011.

MASO 2018 = D. G. Maso, *La Riviera del Brenta. L'unicità di un paesaggio e il riconoscimento del suo valore*, in *Luoghi e itinerari della riviera del Brenta e del Miranese*, 8 voll., a cura di A. Draghi, Castelfranco Veneto 2018.

MAZZOTTI ET AL. 2000 = G. Mazzotti, L. Puppi, R. Ruggero, *Ville Venete*, Treviso 2000.

MONTI 1996 = G. Monti, *Storia e Architettura*, in *I Tesori di Villa Pisani*, a cura di G. Monti, Padova 1996.

PAVAN 2019 = C. Pavan, *L'acido citrico e l'olio d'origano per la pulitura dei materiali lapidei*, Venezia 2019.

PREZIOSO 2016 = A. Prezioso, *Ricerca e restauro: Una nuova metodologia per la rimozione dei biodeteriogeni. Applicazione di Enzimi Amilasi-Proteasi e Lipasi liberi*, Venezia 2016.

TIETO 1983 = P. Tieto, *Riviera del Brenta*, Castelfranco Veneto 1983.

SITOGRAFIA

<https://limes.cfs.unipi.it/allegorieripa/abbondanza-scheda/>

https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808135896_04_CAP.pdf

<https://www.asim.it/iconologia/ICONOLOGIAview.asp?Id=1>

<https://arte.cini.it/Opere/85811>