



NICOLA SANTOPUOLI

Ricercatore confermato di Restauro dell'Architettura, presso la Facoltà di Architettura - Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della "Sapienza" Università di Roma, svolge attività didattica, di ricerca e professionale nel settore del restauro, realizzando e coordinando indagini preliminari e progetti d'intervento conservativo. Ha diretto e svolto ricerche orientate all'approfondimento di aspetti scientifici e teoretici del restauro, in particolare nell'ambito del rilievo, della diagnostica, delle modalità esecutive e dei criteri per gli interventi conservativi.

Il rilievo del colore per il restauro delle superfici architettoniche

The color survey for the architectural surfaces restoration

Le questioni di conservazione delle superfici architettoniche affrontate sul piano storico-tecnico rimandano ad importanti temi della teoria del restauro ed al suo rapporto con la scienza della conservazione.

Nella conservazione delle superfici e dei materiali dell'architettura, assumono particolare importanza la ricerca storica, le indagini preliminari e la conoscenza delle tecniche e dei materiali costitutivi.

Il rilievo e le indagini strumentali possono svolgere un ruolo sostanziale all'interno del progetto conservativo per la conoscenza dei materiali, per la redazione del progetto e per il controllo e il collaudo degli interventi di restauro.

In questo contributo vengono illustrati alcuni progetti di restauro riguardanti il Colosseo di Roma, la chiesa di San Carlo a Noto ed il centro storico di Ceglie Messapica.

From a historical-technical point of view the issue of architectural surfaces conservation refers to restoration theory and its connection with the science of conservation.

Historic research, preliminary investigations, materials and building techniques knowledge become important for architectural surfaces and materials preservation.

Survey and instrumental investigations can play a substantial role within the conservation project for the materials knowledge, the design development and the restoration works control and testing.

Restoration projects about Colosseum in Rome, San Carlo Church in Noto and Ceglie Messapica historic center are now proposed.

Parole chiave: rilievo , colore, restauro, conservazione, analytical monitoring, spettrofotometria

Keywords: survey, color, restoration, conservation, monitoring, spectrophotometric analyses

PREMESSA

Sul trattamento delle superfici architettoniche in muratura a vista o anche intonacate e tinteggiate, dagli anni '70 del Novecento in poi si è manifestato un progressivo e generalizzato interesse da parte tanto degli operatori e delle imprese edili e di restauro, quanto d'un più vasto pubblico (1). L'intera questione è stata affrontata sul piano storico-tecnico con buoni risultati, arrivando, grazie al sussidio di studi veramente fondativi, mirati spesso alla ricerca sulle pitture murali in genere (2), a precisare meglio materiali, manualità e caratteri delle finiture tradizionali, delle procedure conservative e dei connessi fattori di rischio.

Il tema della conservazione delle superfici decorate e dei materiali dell'architettura deve essere affrontato sotto la bipolarità storica ed estetica, riconducendolo a quella più generale del restauro. In esso dunque assumono particolare importanza la ricerca storica, le indagini preliminari e la conoscenza delle tecniche e dei materiali costitutivi.

La ricerca storico-archivistica risulta fondamentale per il ritrovamento di eventuali testimonianze sul momento esecutivo/creativo e sugli interventi successivi relativi all'opera, sui materiali e le tecniche utilizzate, sul suo autore. Con lo studio, i rilievi, le indagini diagnostiche e le analisi di laboratorio diventa possibile caratterizzare la natura dei materiali, approfondire le tecniche esecutive e valutare lo stato conservativo da cui partire per la redazione del progetto di restauro. In particolare, nello studio di tali manufatti e, in special modo, dei sistemi di finitura e di coloritura superficiale, il rilievo e le indagini strumentali possono svolgere un ruolo sostanziale all'interno del progetto conservativo per la conoscenza dei materiali, per la redazione del progetto e per il controllo e il collaudo degli interventi di restauro.

Nell'intero processo conservativo è infatti necessario salvaguardare anche il dovuto equilibrio tra strumento e conoscenza, tra mezzo e fine, tra indiscriminata raccolta dei dati e valutazione critica dello stato di conservazione del bene mediante le diverse tecnologie. A tale scopo, in questo contributo vengono illustrati alcuni progetti di restauro riguardanti il Colosseo di Roma, la chiesa di San Carlo a Noto ed il centro storico di Ceglie Messapica.

IL COLORE DELLA CITTA' STORICA

Il centro storico è inteso, nel significato corrente, come la parte di una città cui sono riconosciuti particolari valori ambientali, architettonici e di testimonianza storica, leggibili nella continuità strutturale del tessuto urbano. La città si può definire come un disegno ambientale e architettonico priva di purezza formale assoluta, ma caratterizzata da una figurazione che ammette la possibilità di mutamenti e variazioni. Questa struttura richiede una lettura complessa che deve distinguere l'opera, il linguaggio architettonico, la manifestazione di gusto. Della città storica è necessario quindi, innanzitutto, riconoscere i caratteri e i rapporti connettivi che la caratterizzano per poterli preservare e valorizzare attraverso un'operazione conservativa condotta utilizzando, nel modo più appropriato, i principi che sono alla base della disciplina del restauro (3) individuando le modalità più opportune per effettuare adattamenti e trasformazioni funzionali e impiantistiche che siano rispettose dei valori del patrimonio storico edilizio.

Il progetto del colore deve essere considerato a pieno titolo un progetto di restauro, un intervento che non può essere fondato sopra una scelta di gusto o anche esclusivamente 'filologica', ma che deve essere invece il risultato di un'analisi e di un giudizio critico, proprio perché il restauro è un'ipotesi critica, non una "libera" creazione sovrapposta all'integrativa opera architettonica.

Le facciate sono spesso luoghi ricchi di testimonianze storiche nelle quali i segni del tempo rendono ben riconoscibili le azioni dell'uomo e l'intervento sulle superfici dovrebbe concretizzarsi con discrezionalità, rispettando la materia storica.

Ma la prassi operativa è spesso contraddistinta da disinvolute improvvisazioni condotte senza la necessaria conoscenza e gli indispensabili fondamenti concettuali. Nel processo edilizio, infatti, raramente emerge la volontà di conservare piuttosto che demolire le finiture storiche, adducendo spesso come motivazione l'oneroso impegno economico che graverebbe sull'intervento. In realtà, deve essere precisato che la voce demolizione di intonaci rappresenta uno degli interventi più costosi e che, invece, un'effettiva conservazione - sfruttando, con gli opportuni adattamenti, le procedure utilizzate nel campo delle pitture murali - può permettere un risparmio in termini economici, mantenendo materiali tradizionali con caratteristiche non inferiori ai prodotti impiegati nella bioedilizia.

Con la piena coscienza della dimensione critica del tema e lo sviluppo delle metodologie di rilievo e di studio diagnostico dei materiali e delle cromie delle superfici diventa possibile attuare interventi nel rispetto del patrimonio storico edilizio. In particolare, è necessario attuare il rilievo del colore, delineare un adeguato progetto diagnostico e garantire soluzioni corrette nel rapporto fra colore e compagine architettonica (4). Nel processo di conoscenza acquistano fondamentale rilevanza la comprensione dell'impaginato architettonico in rapporto al colore per identificare e sottolineare la gerarchia degli elementi costruttivi e la sintassi architettonica che caratterizzano il linguaggio del costruito (5).

Se partiamo dal presupposto che l'esigenza di conservare il monumento in ogni sua parte pone l'obbligo di indagare in merito alle cause che ne producono l'invecchiamento e il degrado, allo scopo di migliorare l'azione preventiva e fermare o rallentare le alterazioni-degradazioni e l'invecchiamento, si comprende facilmente come ciò possa essere attuato in primo luogo attraverso il rilievo e le indagini scientifiche.

In ogni fase di un intervento l'analisi storica, le indagini conoscitive e gli approfondimenti scientifici devono coesistere ed integrarsi in un equilibrio reciproco, momento di reale sintesi del processo intrapreso, all'interno del quale è però necessario che il ruolo di guida appartenga alle istanze storico-critiche. Per giungere a questo traguardo vanno valorizzate le competenze progettuali e di cantiere dei diversi operatori coinvolti, e in particolare dell'architetto, il quale deve possedere la capacità di gestire in modo pluridisciplinare il momento delle indagini, soprattutto nel campo del rilievo del colore e della diagnostica finalizzata al restauro, assicurando così quell'equilibrio tra strumento e conoscenza, tra mezzo e fine, di cui si diceva nell'introduzione.

IL RILIEVO DEL COLORE E L'APPORTO DIAGNOSTICO

Nello studio dei beni culturali il rilievo del colore (6) è tra quelli maggiormente impiegati per misurare in modo oggettivo le cromie delle superfici e per la caratterizzazione dei materiali (7). Non esiste nulla nella realtà che possa fisicamente essere definito colore. Il colore non è una proprietà intrinseca dei materiali ma è una sensazione, un fenomeno psichico che esiste nei nostri occhi e nella nostra mente. Con la tecnologia a disposizione per il rilievo del colore, è possibile effet-

tuare, in tempi rapidi ed a costi accettabili, diverse affidabili indagini non distruttive, sia di tipo qualitativo che quantitativo. In questo modo, la scelta di metodologie differenziate e realmente commisurate alle reali esigenze può essere la risposta alle problematiche conservative sia di opere d'arte mobili, sia di superfici estese e complesse come quelle architettoniche, classificando le cromie, individuando le loro alterazioni (per la presenza di umidità, per depositi di inquinanti, per l'azione nociva della calce o per altre cause accidentali come un incendio, ecc.) (8), datando i colori (8) - come supporto alle indagini stratigrafiche e ad un eventuale progetto di intervento - e facendone, dove possibile, una vera e propria stratigrafia (9).

Il colore può essere uno dei parametri da monitorare nell'ambito di studi diagnostici sullo stato di conservazione dei manufatti e risulta fondamentale per la verifica degli interventi conservativi così nell'auspicata manutenzione. Inoltre, la colorimetria trova applicazione nello studio e nella verifica della durabilità dei prodotti da impiegare negli interventi conservativi.

In rapida sintesi, le metodologie che possono essere applicate per controllare e misurare i colori sono le seguenti:

1 - Rilievo fotografico digitale con il controllo della temperatura-colore e l'utilizzo di campioni di riflettanza e di riferimento cromatico, per una più fedele riproduzione delle zone in esame.

L'utilizzo sempre più frequente di macchine fotografiche digitali consente un controllo accurato di tutti i parametri di ripresa, fra cui in particolare della temperatura-colore (bilanciamento del bianco) attraverso una modalità automatica o mediante varie opzioni manuali, come tarature prefissate per particolari sorgenti di luce ed anche una regolazione personalizzabile sul soggetto in esame mediante il classico puntamento di un foglio bianco. Se necessario, ci si potrà munire di sistemi di taratura professionale, che forniscono risultati ancora più equilibrati, soprattutto quando la temperatura-colore diminuisce (sorgenti date da lampade ad incandescenza). Per quanto riguarda l'utilizzo di campioni di riferimento, almeno nelle immagini significative di una campagna fotografica dovranno sempre essere presenti sia una scala di grigi, sia una selezione dei principali colori, utilizzando rispettivamente, ad esempio, la Kodak Gray Scale, la Kodak Color Control Patches e la ColorChecker. In questo modo sarà possibile tarare con una certa approssimazione il cromatismo delle immagini, sia in fase di visualizzazione che di stampa.

Tuttavia, ai fini di una gestione efficiente di un database fotografico, soprattutto se digitale, occorre sottolineare che andrebbe implementata una completa gestione del colore, per avere colori il più possibile fedeli e prevedibili dal momento in cui si acquisiscono le immagini, a quando si rielaborano e si visualizzano, fino al momento della stampa. Per fare questo occorre dotarsi di software specifico e di idonei colorimetri o spettrofotometri, in modo da calibrare inizialmente il sistema di acquisizione, visualizzazione e stampa mediante i cosiddetti profili ICC (International Color Consortium). Inoltre, le immagini andranno acquisite preferibilmente in formato raw ed elaborate in spazi colore adeguati.

2 - Rilievo del colore con il metodo del confronto visivo, che si avvale della comparazione tra la cromia in esame ed una serie di campioni standard, utilizzando un atlante del colore.

Gli atlanti (o carte) del colore sono delle raccolte di campioni fisici di uguale materiale che contengono un ordinamento più o meno ampio di colori e rappresentano anche oggi un modo pratico e molto diffuso per catalogare delle cromie. I limiti di questa impostazione stanno nel fatto che i campioni, accostati al colore da rilevare, andrebbero sempre osservati sotto un dato illuminante, con un adeguato sfondo neutro, rispettando una determinata geometria di illuminazione ed osservazione, ed ancora sarebbe opportuno, possibilmente, che ogni serie di confronti venisse fatta dallo stesso operatore in condizioni psicofisiche buone.

Esistono svariati atlanti, ma - non solo nel campo dei beni culturali - sicuramente il più utilizzato è il Munsell Book of Color, proposto dall'artista americano A. H. Munsell nel 1905, che dipinse ad acquarello ogni tassello, e pubblicato per la prima volta nel 1915. È questo un sistema di codificazione dei colori in coordinate cilindriche, che individua ogni campione mediante una terna di indici, indicanti rispettivamente la tinta (Hue: cioè, i colori base, suddivisi in 5 principali e 5 intermedi), la croma (Chroma: cioè, la saturazione, che nelle ultime versioni dell'atlante va da 1 a 16) ed il valore (Value: cioè, la chiarezza, la cui scala va da 0 a 10). Per quanto riguarda le principali modalità operative, l'ultima edizione del libro di Munsell (ne esistono più versioni, a seconda che il tipo di superficie da valutare sia lucida od opaca) è fatta per essere utilizzata con l'illuminante ed i campioni vanno guardati sempre in modo perpendicolare.

3 - Rilievo strumentale del colore, basato sull'elabora-

zione della misura della riflettanza diffusa dalla superficie.

Il rilievo strumentale consente di rilevare in modo oggettivo, riproducibile e quantitativamente accurato un colore, sfruttando spazi colore assoluti, cioè indipendenti dai dispositivi, come in particolare lo spazio colorimetrico Yxy , stabilito nel 1931 dalla CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) sulla base dei cosiddetti valori tristimolo XYZ, ed una sua più recente modifica molto utilizzata che è lo spazio CIELAB 1976 (detto anche spazio).

Le strumentazioni di più frequente utilizzo sono il colorimetro, lo spettrofotometro ed il telefotometro, che, in modi diversi, analizzano la luce riflessa da una superficie, cioè più precisamente il fattore di riflettanza diffusa (o riflettanza diffusa), definito come il rapporto percentuale fra l'intensità della luce riflessa dalla superficie in modo non speculare e l'intensità della luce incidente. In particolare, con riferimento alla strumentazione attuale, che, rispetto al passato, presenta spiccate caratteristiche di portabilità e semplicità d'uso, si ha che:

1. il colorimetro ha solo tre sensori, con una sensibilità approssimativamente corrispondente ai coni dell'occhio umano, lavora a contatto con un punto della superficie (in realtà, un'area circolare variabile di alcuni millimetri di diametro), di cui misura le tre coordinate cromatiche (ad esempio, XYZ o Yxy o);
2. lo spettrofotometro ha sensori multipli, ad esempio una quarantina, ciascuno sensibile ad una particolare lunghezza d'onda, lavora a contatto con un punto della superficie (in realtà, un'area circolare variabile di alcuni millimetri di diametro), di cui fornisce la curva (spettro) della riflettanza diffusa nella banda del visibile: da questa curva, con un procedimento di integrazione numerica eseguito automaticamente dal processore interno allo strumento, si deduce subito la misura delle tre coordinate cromatiche (ad esempio, XYZ o Yxy o);
3. il telefotometro è una telecamera CCD pilotata da un computer e dotata di un set di filtri interferenziali intercambiabili, che individuano strette bande spettrali (ad esempio, 10 nm), centrate su un insieme di lunghezze d'onda (ad esempio, 16) dal vicino UV al vicino IR; lo strumento realizza un telerilevamento digitale di immagini, in quanto lavora a distanza dalla superficie da indagare (sulla quale vanno posizionati degli standard di riflettanza diffusa), acquisendo una sequenza di immagini, ciascuna delle quali in corrispondenza di uno dei filtri. Di conseguenza, da ciascun punto di tutta la

superficie ripresa (in realtà, una piccola area definibile dall'operatore) con un apposito software di elaborazione è possibile ricavare prima lo spettro della riflettanza diffusa e poi le tre coordinate cromatiche.

In definitiva, le metodiche da un lato si stanno sempre più raffinando e dall'altro diversificando, per cui, a seconda delle finalità degli operatori e dei fondi a disposizione, è quasi sempre disponibile una soluzione adeguata. Ad esempio, con l'acquisizione di dati colorimetrici all'interno del progetto conservativo si hanno a disposizione nel corso degli interventi affidabili parametri, che consentono di controllare in modo analitico sia le varie fasi dei processi di pulitura (scegliendo, in particolare, il livello a cui è opportuno arrivare), sia eventualmente la qualità dei nuovi trattamenti; inoltre, se a questi dati si aggiungono misure colorimetriche in zone campione ripetute nel corso del tempo, si può giungere a costruire un'utile banca dati per tenere sotto controllo la dinamica dei fenomeni di degrado (ad esempio, il progressivo grado di sporcamento e, quindi, di ingrigimento di un materiale lapideo), così da intervenire il più possibile in modo preventivo.

Infine, occorre sottolineare che quando alle misure colorimetriche vengono unite le curve di riflettanza fornite in modo non distruttivo dalle indagini di tipo spettrofotometrico o telefotometrico, l'operatore esperto può dedurre, anche se usualmente in modo qualitativo, maggiori conoscenze chimico-fisiche sui materiali (10), che spesso si rivelano utili per la conoscenza ed il restauro del bene indagato. Dato che per raggiungere questi risultati è estremamente importante disporre di banche dati di spettri di riferimento, si segnala la recente messa in rete di un archivio di spettri di riflettanza di materiali pittorici, realizzato in collaborazione tra l'Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara del CNR e l'Opificio delle Pietre Dure (<http://fors.ifac.cnr.it>).

INDAGINE SPETTROFOTOMETRICA SUL PARAMENTO LAPIDEO DEL COLOSSEO A ROMA

Nell'ambito degli interventi manutentivi condotti dalla Soprintendenza ai Beni Archeologici di Roma, dal 1997 al 2003 sono state condotte campagne di studi e di indagini sul paramento murario del Colosseo (11). In particolare, a partire dal 1999 sul lato nord del paramento esterno (fornici L e L1) e sui fronti interni dei cunei del I ordine, n. 42 e n. 43, sono state svolte indagini di tipo spettrofotometrico sulle superfici architettoniche per il

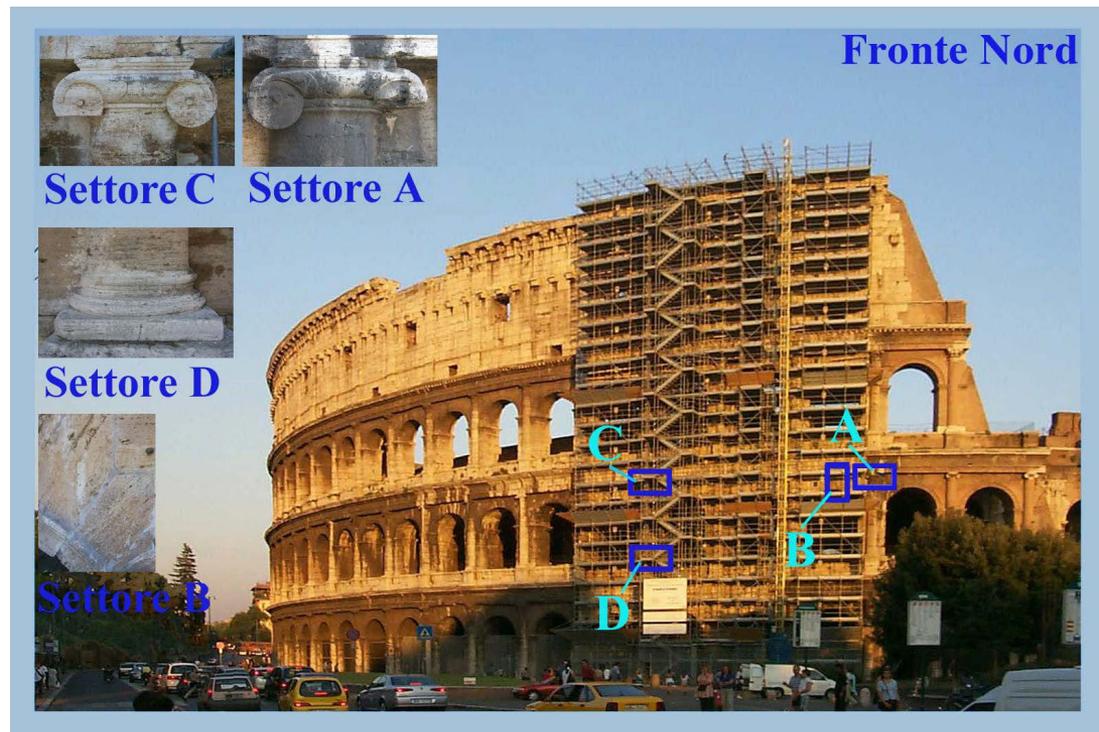


Fig. 1.

controllo dei processi di pulitura e degli interventi di integrazione delle superfici e di stuccatura dei giunti; in fig. 1 è mostrato il fronte nord del Colosseo nel luglio 1999, con i settori oggetto d'indagine.

Mediante l'utilizzo dello spettrofotometro portatile Minolta CM 503i e del telefotometro NIR 1000 della Opto-Lab di Milano, sono stati indagati i materiali lapidei naturali (travertino e tufo) ed artificiali (laterizi, malte ed intonaci); in questo modo, è diventato possibile strutturare una banca di dati spettrofotometrici (che include anche i valori colorimetrici):

1) per il controllo strumentale dell'efficacia delle azioni di pulitura ed, in particolare, per l'individuazione oggettiva del livello da raggiungere, sulla base delle zone campione indicate come pulite dagli esperti della Soprintendenza, che hanno costituito la standard di riferimento a cui avvicinarsi il più possibile;

2) da associare alle specifiche tecniche riguardanti le malte previste per gli interventi d'integrazione delle lacune nella superficie dei conci lapidei e di stuccatura dei giunti del paramento.

In definitiva, sulla base di questa articolata sperimentazione, sono state anche stilate le procedure da introdurre all'interno del cantiere per l'utilizzo dei tradizionali metodi di rilievo del colore attraverso atlanti di riferimento (in fig. 2 viene mostrato il rilievo del colore, tramite il Munsell Book of Color, su un capitello del secondo ordine oggetto delle prove di pulitura) e delle tecniche strumentali, in particolare la spettrofotometria, sia in fase di definizione degli interventi conservativi, sia per il monitoraggio ed il collaudo degli stessi interventi: a questo proposito, si pensi al vantaggio di avere per via strumentale un confronto diretto di tipo quantitativo con zone campione precedentemente

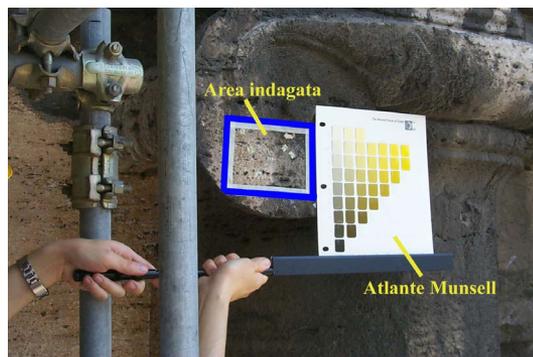


Fig. 2.

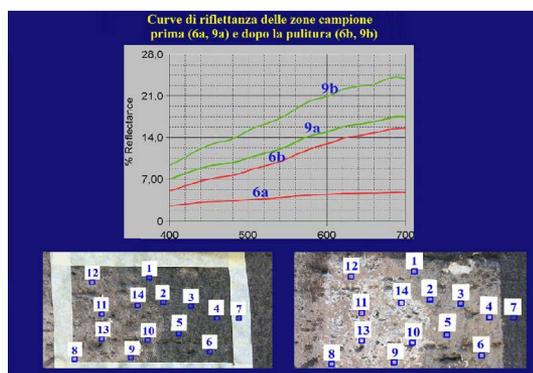


Fig. 4.

classificate.

A titolo esemplificativo, in fig. 3 si può vedere il particolare di un capitello del secondo ordine prima e dopo le prove di pulitura, realizzate con impacchi di carbonato di ammonio e tramite nebulizzazione. Si noti che dopo i primi test e le verifiche spettrofotometriche si è stabilita una durata della nebulizzazione di quattro e otto ore. In fig. 4 in alto si vedono gli spettri di riflettanza di due punti di una zona campione del capitello, prima (6a e 9a) e dopo la pulitura (6b e 9b). La zona campione con i punti indicativi delle misure è mostrata prima della pulitura in basso a sinistra e pulita in basso a destra. Inoltre, in fig. 5 è riportato un particolare del paramento interno del cuneo del I ordine, n. 43, ripreso in corrispondenza di un intervento d'integrazione delle lacune nella superficie dei conci lapidei e di stuccatura dei giunti: si noti che negli interventi sono state



Fig. 3.



Fig. 5.

utilizzate malte opportunamente formulate ed è stato effettuato il controllo spettrofotometrico dei materiali originali e delle integrazioni.

In sintesi, la procedura seguita è stata di questo tipo: in primo luogo, sulla base delle indagini preliminari e delle analisi a vista delle superfici, sono state classificate le aree omogenee per materiale e per stato conservativo. Successivamente, all'interno di ogni area omogenea sono state individuate le zone rappresentative per i rilievi spettrofotometrici, le quali sono state a loro volta classificate con l'elaborazione dei dati spettrofotometrici al fine di individuare con precisione i punti campione in cui effettuare i prelievi di materiale per le analisi di laboratorio. In questo modo è stato possibile ottenere dati di laboratorio rappresentativi ed in modo minimamente distruttivo, in quanto i campioni necessari sono stati ridotti di numero ed i punti di prelievo



Fig. 6.

sono stati razionalizzati.

Infine, va sottolineato come il cantiere del Colosseo sia stato realmente contraddistinto da un'attenta regia della direzione lavori, mediante la quale il processo di conoscenza che ha coinvolto i vari esperti e restauratori è stato di effettiva collaborazione, avendo sempre come fine primario la conservazione dell'importante monumento attraverso l'individuazione di procedure efficaci e, per quanto possibile, non invasive.

INDAGINI SUL PARAMENTO DELLA CHIESA DI SAN CARLO BORROMEO DELLA CITTÀ DI NOTO

La chiesa di San Carlo Borromeo (Fig. 6), attigua al collegio gesuita, è posta lungo il Corso Vittorio Emanuele e la piazza principale della città. La chiesa fu costruita



Fig. 7.



Fig. 8.

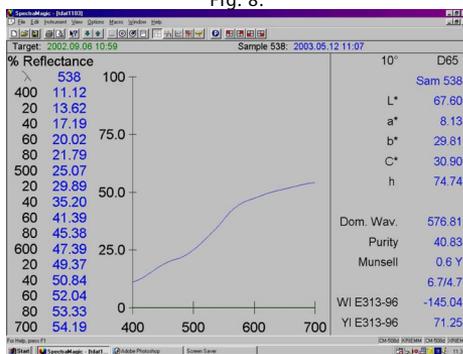


Fig. 9.

tra il 1736 ed il 1746 in sostituzione della precedente, su progetto attribuito a Rosario Gagliardi (12). La facciata principale, tra le più interessanti della città, si presenta su tre livelli, ed è caratterizzata dall'andamento concavo e dall'uso di colonne libere, formata da tre ordini sovrapposti con colonne a fusto liscio rispettivamente coronate di capitelli di ordine dorico, ionico e corinzio (dal basso verso l'alto). La chiesa è a pianta longitudinale, con tre navate coperte da una volta a botte e scandite da semicolonne. La concavità dell'abside è richiamata, nei pressi del portale, da un corrispondente atrio curvilineo.

Il paramento dei fronti esterni della chiesa di San Carlo, costituito da blocchi di pietra locale, presenta una finitura gialla-dorata che caratterizza la scena urbana della città di Noto (Fig. 7) e risulta essere stata impiegata per tutte le superfici, sia in pietra che intonacate (13).

In occasione dei restauri della facciata sono stati svolti studi, rilievi e indagini che hanno riguardato anche il rilievo del colore e l'indagine spettrofotometrica delle zone rappresentative del fronte (14).

Lo studio delle superfici della facciata della chiesa è iniziato con un'attenta osservazione visiva del paramento per poter individuare le aree omogenee in cui effettuare particolari osservazioni macroscopiche (visive e fotografiche) e realizzare tasselli stratigrafici, fino ad arrivare alla scelta delle zone rappresentative in cui procedere con il rilievo del colore, applicato con il metodo del confronto visivo e strumentale.

Dopo aver elaborato i dati del rilievo, sono stati identificati i punti campione dove effettuare i prelievi di materiale da sottoporre alle analisi di laboratorio.

Dalle indagini svolte è emersa la presenza di un trattamento di scialbatura con latte di calce intenzionalmente pigmentato (Fig. 8). La "finitura" - rinvenuta nelle aree protette dall'azione del dilavamento e al di sotto delle croste nere e delle zone interessate dai depositi superficiali pulverulenti - è infatti di colore giallo-rossastro, ed ha uno spessore compreso tra 0,02 e 0,05 mm. L'immagine della scena urbana è dunque caratterizzata da tale colore che acquista una particolare bellezza al tramonto sì da risultare dorato, un aspetto questo che ha affascinato storici, studiosi e narratori. Tornando alla metodologia del rilievo del colore, la composizione delle tinte (15) dello scialbo originario è stata rilevata, a pulitura effettuata, utilizzando lo spettrofotometro portatile Minolta CM 508i, tramite quindici misurazioni che sono sintetizzate nella Tabella 1.

Osserviamo subito che "i parametri del sistema Mun-

Osservatore a 10° Illuminante D65

Numero di lettura:	Dom. Wav. (nm)	Purity (%)	Indice di giallo YI E313-96	Munsell hue	Munsell value/chroma
529	577,96	42,04	74,57	0.1 Y	5.3/4.1
532	577,06	41,37	72,38	0.7 Y	5.7/4.2
533	578,21	40,02	71,83	9.8 YR	5.3/3.9
534	577,39	46,43	80,20	0.3 Y	6.3/5.2
537	577,77	44,28	77,59	10.0 YR	6.1/4.9
538	576,81	40,83	71,25	0.6 Y	6.7/4.7
540	578,66	33,98	62,79	8.9 YR	6.1/3.9
541	577,65	26,12	48,91	9.5 YR	6.0/2.8
542	579,14	36,12	66,85	8.8 YR	5.6/3.9
544	574,84	25,10	45,16	1.6 Y	7.4/2.9
546	575,94	29,36	52,85	0.9 Y	6.5/3.2
548	576,06	34,48	60,89	1.0 Y	6.5/3.8
550	577,75	32,55	59,56	9.8 YR	5.8/3.4
562	577,49	25,82	48,29	9.7 YR	6.0/2.8
563	576,74	24,04	44,76	0.3 Y	6.0/2.5

Tabella 1.

sell, riportati dai rilevamenti, classificano il colore dello scialbo nell'ambito delle tonalità gialle, con sfumature rossastre. Dato il carattere sostanzialmente monocromatico della superficie e la non eccessiva saturazione delle parti indagate, si è ritenuto utile riferirsi, oltre ad alcuni classici parametri cromatici, anche ad un indice di giallo: l'YI E313-96".

Riportiamo, come esempio tipico di questo gruppo di misure, lo spettro di riflettanza del campione 538 (Fig. 9): la curva crescente mostra che questa cromia, prevalentemente gialla e mediamente luminosa, ha un andamento decisamente mosso, che si traduce, per chi guarda, in una ricchezza di sfumature. Infatti, si può notare che "l'andamento di questo giallo-dorato è caratterizzato da tre intervalli: il primo, fra 400 e 500 nanometri (nm), presenta una pendenza moderata; il secondo, fra circa 500 e 600 nm, ne ha una maggiore; mentre il terzo, fra circa 600 e 700 nm, vede la curva flettere decisamente".

Con le indagini colorimetriche sono stati perseguiti i seguenti obiettivi: i) creare un archivio di riferimento, sia di tipo spettrofotometrico che fotografico, con riferimento alla situazione precedente e successiva agli interventi conservativi, ii) realizzare all'interno di zone campione un confronto fra il dato colorimetrico e di riflettanza dei tasselli di pulitura e quello delle stesse parti ancora sporche, iii) monitorare nel tempo dal punto di vista colorimetrico alcune zone campione, selezionate sulla base del punto precedente, iv) analizzare qualitativamente e quantitativamente i dati cromatici (cioè, sia le coordinate cromatiche, sia la curva spettrofotometrica nel suo andamento complessivo) di alcune zone significative, al fine di contribuire all'indi-



Fig. 10-12. Il centro storico di Ceglie Messapica.

viduazione di alcune caratteristiche dei materiali componenti.

INDAGINE SPETTROFOTOMETRICA SUI FRONTI DEL CENTRO STORICO DI CEGLIE MESSAPICA

Sul centro storico della città salentina è stato sviluppato un complesso progetto di ricerca interdisciplinare, - che ha affrontato globalmente i diversi aspetti storico-archeologici, tecnico-costruttivi e paesaggistico-ambientali e che ha portato alla redazione di linee guida per il restauro critico-conservativo dei trattamenti superficiali dell'edilizia storica (16).

La città di Ceglie Messapica (Brindisi) si trova a circa 300 metri s.l.m., sulle ultime propaggini della bassa Murgia, al confine con la Valle d'Itria a nord-ovest e con i territori adriatici di Ostuni, Cisternino, San Michele Salentino e Francavilla Fontana. Il nucleo antico, noto con il toponimo "la terra", si sviluppa all'interno della cinta muraria messapico-medievale, sulla cima del colle che ospita le emergenze architettoniche monumentali del castello e della chiesa Matrice.

Nel centro storico di Ceglie Messapica ogni edificio si configura come un frammento di memoria, insostituibile tassello del mosaico urbano che concorre a definire l'armonia che caratterizza il paesaggio nel suo insieme. Ogni paramento è intonato con una malta di calce con altissimo potere idraulico (detta cazzafitta) e rifinita con un latte di calce dato a pennello a più strati, reiterati nei secoli. Dalla lettura della tecnica costruttiva locale si evince un uso specializzato di pochi materiali poveri: la pietra locale calcarenitica, la calce, la terra, la polvere di marmo. Questa corralità d'intenti culturali che accomuna tutta l'edilizia storica definisce il "colore della città" e lo rende unico e caratteristico delle città salentine.

In occasione dei sopralluoghi sono state effettuate attente osservazioni generali e particolari sulle caratteristiche cromatiche e conservative delle quinte urbane e delle singole facciate, seguite, nel maggio 2012, dalla campagna di rilievo del colore. Sulla base delle conclusioni della ricerca storica, delle analisi a vista delle superfici e dei risultati delle indagini scientifiche, sono state classificate le zone omogenee per finitura e per stato conservativo, aree cui associare una zona campione con dati spettrofotometrici di riferimento. Di ognuna di esse, dopo l'acquisizione dei dati, sono state elaborate, con software opportuni (17), le curve



Fig. 13. Ceglie Messapica, esemplificazione di alcune delle aree rappresentative sottoposte ad indagini visive e al rilievo del colore.

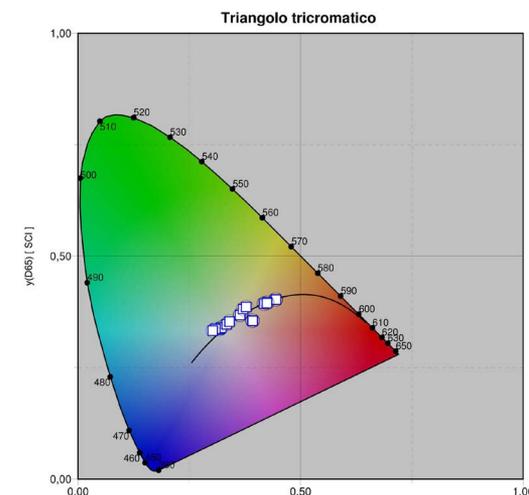


Fig. 14. Ceglie Messapica, elaborazione dei dati nello triangolo tricromatico CIE da cui emerge il carattere non saturo delle cromie rilevate.

di riflettanza al fine di ottenere i dati colorimetrici (18). L'attenta analisi, sia qualitativa che quantitativa, delle curve di riflettanza permette di ricavare molteplici informazioni sulle superfici, come i valori colorimetrici e

anche alcune caratteristiche dei materiali componenti. Da una prima elaborazione dei dati raccolti è stato quindi possibile classificare come segue le cromie del centro storico salentino:

- bianche (scialbi di calce senza aggiunta di terre che rivestono gran parte dei fronti),
- gialle, rosse, blu, verdi, grigie-neri (scialbi di calce con aggiunta di terre o ricche di sostanze organiche).

È importante sottolineare che tali informazioni, organizzate sotto forma di archivio potranno costituire una banca dati che andrebbe ulteriormente ampliata e messa a disposizione per gli interventi di restauro delle superfici architettoniche del centro storico della città, per il quale, inoltre, a conclusione della prima fase di questo progetto di ricerca, è stato elaborato il Piano del Colore.

Al Piano si accompagnano le norme tecniche d'attuazione (NTA) aventi come obiettivo la conservazione delle tecniche costruttive tradizionali di finitura, la tutela e la salvaguardia tipologica, morfologica ed estetica delle quinte architettoniche e paesaggistiche della città storicizzata.

L'ELABORAZIONE MATEMATICA DEI DATI

In questa sede si vuole soltanto accennare all'importanza sempre crescente che la matematica sta acquistando nel settore dei beni culturali, in particolare al fine di confrontare ed analizzare la grande quantità di dati che le moderne strumentazioni permettono di acquisire, in modo affidabile ed in tempi molto più rapidi rispetto ad un passato anche recente. Infatti, se ormai gli operatori del settore sono in maggioranza pienamente consapevoli del ruolo strategico delle indagini di tipo fisico, e quindi stanno acquistando familiarità con alcuni principi basilari -per esempio, per programmare indagini riflettografiche e spettrofotometriche occorre sicuramente possedere alcune nozioni basilari sull'interazione tra radiazione e materia-, non altrettanto si verifica per quanto riguarda le discipline matematiche applicate all'elaborazione dei dati. È opportuno cercare di colmare questo gap, perché in caso contrario si rischia di incorrere nella sottovalutazione sistematica del potenziale conoscitivo delle banche dati che si vanno via via costruendo. Per giungere a questo scopo - vale a dire una maggiore consapevolezza del ruolo meno appariscente, ma altrettanto fondamentale, degli aspetti matematici rispetto a quelli fisici in un

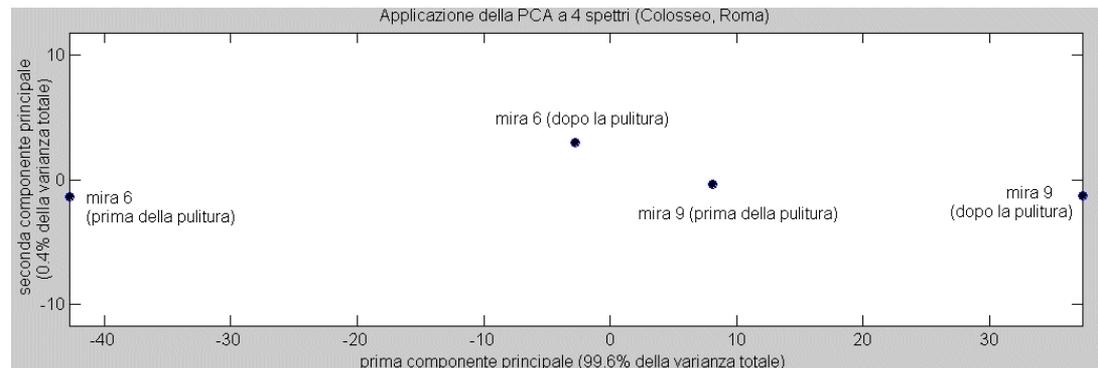


Fig. 15.

progetto conservativo - c'è sicuramente un cammino da percorrere, sia da parte degli operatori che stanno sul versante tecnico, che da parte di quelli che operano su quello archeologico e storico-artistico.

L'ANALISI MULTIVARIATA

A conclusione di ogni campagna di monitoraggio spettrofotometrico è buona regola effettuare rapidamente una prima analisi esplorativa sui dati, che sono formati in primo luogo da curve di riflettanza, ottenute da almeno 16 misure prese a lunghezze d'onda diverse per il telefotometro, oppure da almeno 30 nel caso dello spettrofotometro. Appare evidente, quindi, che, se si hanno molte curve, un loro confronto diretto rischia di diventare estremamente complesso, per cui una prima strategia può essere quella di individuare per ogni curva, se possibile, dei punti caratteristici opportunamente definiti (come certi tipi di massimi) e condurre l'analisi sulle loro variazioni. Un altro modo più generale di procedere consiste nell'utilizzo di tecniche matematiche di analisi multidimensionale dei dati, le quali ci consentono, ad esempio, con: 1) l'analisi in componenti principali (PCA: principal component analysis), di interpretare le curve come punti in uno spazio astratto a più dimensioni, da cui estrarre sezioni significative (cioè, in pratica aggregazioni di punti) in familiari spazi a due od al massimo tre dimensioni, ricavate combinando linearmente le misure alle diverse lunghezze d'onda; 2) la cluster analysis, di raggruppare le curve in vari insiemi di riferimento, mediante procedure agglomerative gerarchiche operanti su una matrice delle

distanze riferita sempre allo spazio multidimensionale. Si noti che di questi metodi esistono molteplici varianti, ed è consigliabile utilizzarne diversi contemporaneamente sullo stesso insieme di dati: infatti, la loro convergenza permette in molti casi di confermare in modo più preciso precedenti ipotesi relazionali fra i dati e/o di suggerirne di nuove.

Come caso esemplificativo si illustrano qui di seguito i risultati di un progetto di ricerca sul paramento murario del Colosseo a Roma (19), finalizzato al restauro (Soprintendente: Prof. A. La Regina, Funzionario archeologo: Dr.ssa I. Jacopi, Responsabile del procedimento: Arch. G. Martines, Responsabile dei restauri: Dr.ssa C. Conti). In questo caso è stata applicata la prima tecnica (PCA), le cui elaborazioni sono state fatte in ambiente Matlab sfruttando il toolbox Statistics.

Nel corso dello sviluppo del progetto di ricerca, a partire dal 1999, sono state svolte indagini spettrofotometriche sulle superfici architettoniche per il controllo dei processi di pulitura e degli interventi di stuccatura delle superfici e dei giunti. In particolare, sono stati indagati i materiali lapidei naturali (travertino e tufo) ed artificiali (laterizi, malte ed intonaci).

In questo esempio, con riferimento ai dati acquisiti mediante telefotometria, viene mostrato nella Fig. 15 - sfruttando la PCA - come la proiezione di 4 spettri sui primi due assi principali distingua nettamente - in special modo con riferimento al primo asse principale - fra mire (cioè, zone campioni) prima della pulitura e dopo la pulitura. Questo fatto suggerisce che le variazioni rispetto alla prima componente principale possano rappresentare un indicatore significativo per fenomeni di degrado superficiale: ad esempio, rilevandone l'insor-

genza quando ad occhio nudo non si riescono ancora ad individuare, oppure controllando l'efficacia dell'azione di pulitura, avendo, naturalmente, individuato preventivamente degli standard di riferimento.

Si sottolinea il fatto che questa nuova variabile significativa, la prima componente principale, non è osservabile direttamente, ma risulta da un'opportuna combinazione lineare delle quantità effettivamente misurabili: in pratica, solo questa analisi statistica è in grado di individuarla rapidamente. In questo modo, una volta che la sua efficacia sia stata verificata in situazioni controllate, essa si potrà considerare come un indicatore sintetico per il controllo di alcuni processi conservativi.

NOTE

1- Carbonara Giovanni, Trattato di Restauro Architettonico, III volume, Torino 1999.

2- Carbonara Giovanni, Superfici dell'architettura: le finiture, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, 26-29 giugno 1990, a cura di Biscontin Guido e Volpin Stefano, Padova, 1990.

3- Mora Paolo, Mora Laura, Le superfici architettoniche, materiale e colore, in Bureca Agostino, Palandri Giorgio (a cura di), "Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica", Atti del Convegno. (Roma, 25-27 ottobre), 1984.

4- Miarelli Mariani Gaetano, 1987 "Città e colore: le esigenze del linguaggio architettonico", in Cardilli Luisa (a cura di) Coloriture e trattamenti degli edifici storici a Roma: atti del convegno (Roma, 27-28 maggio 1987). Quaderni di "AU", 1990.

5- Sette Maria Pia, Ancora sul 'colore' note in margine ad alcune questioni di restauro, in: Rossi Maurizio, Siniscalco Andrea. "Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari". (vol. VII A - Colore e colorimetria - contributi multidisciplinari), Roma, 15-16 settembre 2011.

6- Oleari Carlo, (a cura di), Misurare il Colore - Spettrofotometria, fotometria e colorimetria - Fisiologia e percezione, Milano 1998; Palazzi Sergio, "Colorimetria. La scienza del colore nell'arte e nella tecnica", Firenze 1995.

7- Santopuoli Nicola, Seccia

Leonardo, Il rilievo del colore nel campo dei beni culturali, in Carbonara Giovanni, "Trattato di Restauro Architettonico". Secondo aggiornamento, Torino 2008, vol. X, pp. 141-163, 2008

8- Carbonara Giovanni, op. cit. alla nota (1).

9- Bensi Paolo, Aspetti tecnici e storici dei materiali coloranti tradizionali per pitture e decorazioni murali, in Bottaro Onofrio (a cura di) "Atti Eurocoat 96", I volume, Atti del Congresso UATCM, Genova 1996.

10- Casarino Alessandra, Pittaluga Daniela, Superfici intonacate: inquinamento, degrado e pulitura nei secoli XVI-XIX, in Biscontin Guido e Driussi Guido (a cura di) "La pulitura delle superfici dell'architettura", Atti del XI convegno di studi: Scienza e Beni Culturali. Bressanone 3-6 luglio 1995, Padova 1995.

11- Santopuoli Nicola, Seccia Leonardo, Il rilievo del colore per il monitoraggio delle superfici architettoniche negli interventi conservativi, in Migliari Riccardo (a cura di) "Frontiere del Rilievo", collana Strumenti del Dottorato di Ricerca, Roma 2001.

12- Boscarino Salvatore, Sicilia barocca architettura e città 1610 - 1760, Roma 1981 e 1986; Di Blasi Luigi, Genovesi Francesco, Rosario Gagliardi architettura dell'ingegnosa città di Noto, Catania 1972.

13- La pietra di Noto, il cui nome trae origine dalla formazione geologica cosiddetta "NOTO", contraddistingue le murature dell'architettura della città

di Noto ricostruita dopo il terremoto del 1693. È una pietra estremamente tenera con una notevole capacità di trattenere i dettagli, cosa che la rende facile alla lavorazione. La pietra di Noto è composta da calcare marnoso, biancastro, a grana fine e struttura microporosa, il quale presenta microfossili e bioclasti circondati da una matrice micritica. Le indagini mineralogico-petrografiche sono state effettuate dalla CEPA srl di Palermo in L'ISOLA laboratori di restauro (a cura di), Studio conoscitivo sul prospetto della chiesa di S. Carlo Borromeo in Noto, Barcellona P.G. 1994.

14- Santopuoli Nicola, Indagini colorimetriche, in L'ISOLA laboratori di restauro (a cura di), Relazione finale sul restauro del prospetto della chiesa di S. Carlo Borromeo in Noto, Barcellona P.G. 2003, p. 4.

15- Si veda ICR e CNR (a cura di), Raccomandazione Normal 43/93: Misure Colorimetriche di superfici opache, Roma, 1993.

16- Santopuoli Nicola, Pecorarò Ilaria, Restauro dei centri storici ed efficientamento energetico negli antichi edifici, PONTE (edizione Genio civile), n.2/2014, pp. 17-25.

17- L'elaborazione dei dati è stata realizzata con il software Spectra Magic © fornito dalla Konica Minolta ©.

18- Per ogni zona campione rilievato con lo spettrofotometro sono stati elaborati: i dati colorimetrici nei sistemi CIELAB e CIELCH (L*, a*, b*, C* e h), la curva di riflettanza, il triangolo tricromatico con indicata la

collocazione della misura, i dati colorimetrici con la notazione di Munsell, l'indice di bianco (WI E313-96) e l'indice di giallo (WI(E313-96)(C)).

19- Santopuoli Nicola, Secchia Leonardo, op. cit. alla nota (7).

BIBLIOGRAFIA

Bensi, Paolo, Aspetti tecnici e storici dei materiali coloranti tradizionali per pitture e decorazioni murali, in Bottaro, Onofrio (a cura di) "Atti Eurocoat 96", I volume, Atti del Congresso UATCM, Genova 1996;

Boscarino, Salvatore, Sicilia barocca architettura e città 1610 - 1760, Roma 1981 e 1986;

Carbonara, Giovanni, Superfici dell'architettura: le finiture, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, 26-29 giugno 1990, a cura di Biscontin, Guido, e Volpin, Stefano, Padova, 1990;

Carbonara, Giovanni, Trattato di Restauro Architettonico, III volume, Torino 1999;

Casarino, Alessandra; Pittaluga Daniela, Superfici intonacate: inquinamento, degrado e pulitura nei secoli XVI-XIX, in Biscontin Guido e Driussi Guido (a cura di) "La pulitura delle superfici dell'architettura", Atti del XI convegno di studi: Scienza e Beni Culturali. Bressanone 3-6 luglio 1995, Padova 1995;

Di Blasi, Luigi; Genovesi, Francesco, Rosario Gagliardi architetto dell'ingegnosa città di Noto, Catania 1972;

Fiorani Donatella (a cura

di), Il colore dell'edilizia storica, in "Atti del convegno", L'Aquila, 13-14 novembre 2000, Gangemi editore, Roma 2000;

Miarelli, Mariani, Gaetano, 1987 "Città e colore: le esigenze del linguaggio architettonico", in Cardilli Luisa (a cura di) Coloriture e trattamenti degli edifici storici a Roma: atti del convegno (Roma, 27-28 maggio 1987). Quaderni di "AU", 1990;

Mora, Paolo; Mora, Laura, Le superfici architettoniche, materiale e colore, in Bureca Agostino, Palandri Giorgio (a cura di), "Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica", Atti del Convegno. (Roma, 25-27 ottobre), 1984;

Muratore, Oliva, Il colore dell'architettura storica. Un tema di restauro, Alinea editore, Firenze 2010;

Oleari, Carlo, (a cura di), Misurare il Colore - Spettrofotometria, fotometria e colorimetria - Fisiologia e percezione, Milano 1998; Palazzi Sergio, "Colorimetria. La scienza del colore nell'arte e nella tecnica", Firenze 1995;

Santopuoli, Nicola; Secchia, Leonardo, Il rilievo del colore per il monitoraggio delle superfici architettoniche negli interventi conservativi, in Migliari, Riccardo (a cura di) "Frontiere del Rilievo", collana Strumenti del Dottorato di Ricerca, Roma 2001;

Santopuoli, Nicola; Secchia, Leonardo, Il rilievo del colore nel campo dei beni culturali, in Carbonara Giovanni, "Trattato di Restauro Architettonico". Secondo aggiorn-

amento, Torino 2008, vol. X, pp. 141-163, 2008;

Santopuoli, Nicola (a cura di), I colori dell'edilizia storica bolognese, in "Arkos", Supplemento: I Grandi Restauri, n.3/2000, UTET Periodici, Torino 2000;

Santopuoli, Nicola; Secchia Leonardo, Indagini spettrofotometriche e colorimetriche non distruttive sulle pitture murali della domus del Centenario: monitoraggio e creazione di una banca dati, in Santoro, Sara, (a cura di), "Indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche", vol. 1, collana Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), Editore Ante Quem, Bologna 2007;

Santopuoli, Nicola; Pecoraro, Ilaria, Restauro dei centri storici ed efficientamento energetico negli antichi edifici, PONTE (edizione Genio civile), n.2/2014, pp. 17-25;

Sette, Maria Pia, Ancora sul 'colore' note in margine ad alcune questioni di restauro, in: Rossi, Maurizio;

Siniscalco, Andrea "Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari". (vol. VII A - Colore e colorimetria - contributi multidisciplinari), Roma, 15-16 settembre 2011.