Colore e Colorimetria
Contributi Multidisciplinari

Vol. XV A

A cura di Aldo Bottoli e Veronica Marchiafava

GRUPPO DEL COLORE
ASSOCIAZIONE ITALIANA COLORE

www.gruppodelcolore.it

Regular Member
AIC Association Internationale de la Couleur

Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. XV A
A cura di Aldo Bottoli e Veronica Marchiafava

Impaginazione: Veronica Marchiafava

ISBN 978-88-99513-10-8

© Copyright 2019 by Gruppo del Colore – Associazione Italiana Colore
Piazza C. Caneva, 4
20154 Milano
C.F. 97619430156
P.IVA: 09003610962
www.gruppodelcolore.it
e-mail: segreteria@gruppodeloclore.org

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Finito di stampare nel mese di novembre 2019

Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari
Vol. XVA

Atti della Quindicesima Conferenza del Colore.

Meeting congiunto conh:
Associação Portuguesa da Cor
Colour Group Great Britain (CG-GB)
Colourspot (Swedish Colour Centre Foundation)
Comité del color (Sociedad Española de Óptica)
Deutsche Farbwissenschaftliche Gesellschaft
Uomen väriyhdistys/The Finnish colour association

Accademia di Belle Arti di Macerata
Macerata, Italia, 5-7 settembre 2019

Comitato Organizzatore

Paola Taddei
Piergiorgio Capparucci
Aldo Bottoli
Marcello Picollo

Comitato di Programma

Paola Taddei
Eleonora Sarti
Veronica Marchiafava
Gabriele Simone

Segreteria Organizzativa

Veronica Marchiafava, Associazione Italiana Colore
Eleonora Sarti, Accademia di Belle Arti di Macerata

Comitato Scientifico – Peer review

Fabrizio Apollonio | Università di Bologna, IT
John Barbur | City University London, UK
Laura Bellia | Università di Napoli Federico II
Giordano Beretta | Peaxy Inc., US
Berit Bergstrom | NCS Colour AB, SE
Giulio Bertagna | B&B Colordesign, IT
Marco Bevilacqua | Università di Pisa, IT
Fabio Bisegna | Sapienza Università di Roma, IT
Aldo Bottoli | B&B Colordesign, IT
Patrick Callet | École Centrale Paris, FR
Piergiorgio Capparucci | Accademia di Belle Arti di macerata, IT
Jean-Luc Capron | Université Catholique de Louvain, B
Cristina Maria Caramelo Gomes | Universidade Lusiada de Lisboa, P
Antonella Casoli | Università di Parma, IT
Céline Caumon | Université Toulouse2, FR
Rossella Cerboni | Marini Pandolfi-Gruppo Comet, IT
Vien Cheung | University of Leeds, UK
Osvaldo Da Pos | Università di Padova, IT
Julia De Lancey | Truman State University, Kirsville-Missouri, USA
Reiner Eschbach | Xerox, USA
Maria Linda Falcidieno | Università di Genova, IT
Alessandro Farini | INO-CNR, IT
Francesca Fragliasso | Università di Napoli Federico II, IT
Davide Gadia | Università di Milano, IT
Marco Gaiani | Università di Bologna, IT
Margarida Gamito | University of Lisbon, P
Guy Lecerf | Université Toulouse2, FR
Maria Dulce Loução | Universidade Tecnica de Lisboa, P
Lia Luzzatto | Color and colors, IT
Veronica Marchiafava | IFAC-CNR, IT
Gabriel Marcu | Apple, USA
Anna Marotta | Politecnico di Torino IT
Berta Martini | Università di Urbino, IT
Stefano Mastandrea | Università Roma Tre, IT
John Mollon | University of Cambridge, UK
Lia Maria Papa | Università di Napoli Federico II, IT
Carinna Parraman | University of the West of England, UK
Laurence Pauliac | Historienne de l'Art et de l'Architecture, Paris, FR
Giulia Pellegri | Università di Genova, IT
Luciano Perondi | Isia Urbino, IT
Marcello Picollo | IFAC-CNR, IT
Angela Piegari | ENEA, IT
Fernanda Prestileo | ICVBC-CNR, IT
Boris Pretzel | Victoria & Albert Museum, UK
Alessandro Rizzi | Università di Milano, IT
Maurizio Rossi | Politecnico di Milano, IT
Michela Rossi | Politecnico di Milano, IT
Michele Russo | Sapienza Università di Roma, IT
Paolo Salonia | ITABC-CNR, IT
Eleonora Sarti | Accademia di Belle Arti di Macerata, IT
Verena M. Schindler | Atelier Cler Études chromatiques, Paris, FR
Gabriele Simone | Renesas Electronics Europe GmbH, D
Andrea Siniscalco | Politecnico di Milano, IT
Gennaro Spada | Università di Napoli Federico II, IT
Roberta Spallone | Politecnico di Torino, IT
Andrew Stockman | University College London, UK
Paola Taddei | Accademia di belle arti di Macerata, IT
Delphine Talbot | University of Toulouse 2, FR
Raffaella Trocchianesi | Politecnico di Milano, IT
Stefano Tubaro | Politecnico di Milano, IT
Francesca Valan | Studio Valan, IT

Organizzatori

Sponsor

Patrocini:

ADI Associazione per il Disegno Industriale
AIDI
AIAr-Associazione Italiana Archeometria
CESMAR7
Clementoni
Comune di Macerata
Comune di Montecassiano
CVPL-Associazione Italiana per la ricerca in Computer Vision,Pattern recognition e machine Learning
Federchimica AVISA
IGIIC
iGuzzini
Ordine Architetti di Fermo
Ordine Ingegneri della Provincia di Fermo
Ordine Architetti della Provincia di Marcerata
Ordine degli ingegneri della Provincia di Marcerata
SIOF
Unione Italiana Disegno

Indice

1. Colore e misurazione/strumentazione …….……..8

Misurazioni di colore in ambito cosmetico attraverso colorimetri 2D: un caso di studio, 9
C. Bonanomi

Misure spettrali di capelli tinti, 15
S. Liberini, A. Avolio, N. Travaglini, A. Rizzi

Il rilievo del colore in architettura: confronto fra nuove e vecchie metodologie, 23
F. Cherubini, A. Casini, C. Cucci, M. Picollo, L. Stefani

Forma e apparenza: il colore strutturale, 27
G. Buratti, M. Rossi

2. Colore e digitale ……...……...…38

Ruolo del colore nello sviluppo di un sistema automatico per l'analisi di immagini istologiche di tessuto tumorale, 39
E. Casiraghi, B. Vergani, B.R. Barricelli, S. Liberini, B.E. Leone, A. Rizzi

3. Colore e illuminazione……...……..…47

Valutazione della differenza cromatica percepita sotto diversi illuminanti, 48
L. Grechi, A. Plutino, A. Rizzi

Light Design Strategy, 56
F. Cecarini

Progettare con l'immateriale. Luci - colori - suoni come strumenti di progettazione, 64
L. Bellia, G. Capasso

4. Colore e restauro ……...…….……72

Il ruolo del colore nel restauro della monumentale Basilica Minore di Maria SS. Incaldana in Mondragone, 73
F. Miraglia

Il *Paesaggio* di Leonardo da Vinci analizzato colorimetricamente, 79
M. Gaiani, F.I. Apollonio

Luce e colore nelle cattedrali e nelle chiese gotiche: filosofia, storia ed esiti di alcuni restauri, 88
C. Megna, V. Restelli

I colori dei solai lignei a vista veneziani: tradizioni e trasformazioni, 96
L. Scappin

Luce attraverso il colore: il comportamento di alcuni pigmenti storici nei dipinti su tela in luce trasmessa nel visibile e in infrarosso (TL and IRT), 104
M. A. Herrero-Cortell, M. Raïch, P. Artoni, A. V. Pedret, A. Piñol

Dalla conoscenza alla modellazione illuminotecnica in un progetto di fruizione del patrimonio culturale, 112
L.M. Papa, L. Bellia, P. D'Agostino, G. Spada, G. Antuono

Riconoscere dal colore. Pigmenti e coloranti dell'età moderna nell'analisi multibanda dei dipinti: uno strumento visivo per gli storici dell'arte e i conservatori, 120
M. Raïch, P. Artoni, M. A. Herrero-Cortell, A. La Bella, M.L. Ricci, A. Hernandez

5. Colore e ambiente costruito……..……..…..……128

Il Piano del Colore di Rovasenda (VC), 129
C. Polli, M. Bonino

I colori del floreale a Napoli, 136
M. Martone, A.M. Giugliano

6. Colore e progettazione ……...…….……..……144

Color design per la produzione industriale di Sant'Andrea Novara, 145
G. Muriglio

Colorare la materia: il progetto dallo scarto alla tinta, 149
A. Di Roma, A. Scarcelli

7. Colore e cultura…….……158

Nero bianco e rosso: significati antropologici e culturali, 159
L. Luzzatto, R. Pompas

La theōria del colore nel Peri chrōmatōn pesudoaristotelico, 165
M. F. Ferrini

Analisi contrastivo-traduttiva del fraseologismo "dar luz verde" in un episodio della serie tv "La casa di carta", 173
P. Katelhoen, A. Muco

Cromatismo emozionale in ritmo variabile: l'opera di Polo Bini per il concerto di Francesco De Gregori. Arte Contemporanea – luce e colore a teatro, 182
M. L. Paiato

Architettura futurista, 189
A. Marotta

8. Colore ed educazione……..……..……198

Metodo Mariuccia Lab. Una proposta di integrazione tra colore e educazione, 199
E. Romanò, R. Fantuzzi, R. Giordanelli

Mantova e Sabbioneta: due città, un unico sito UNESCO. Il tema colore come traccia per educare al patrimonio 206
F. Zuccoli, A. Poli, A. De Nicola

Albert Henry Munsell: la riscoperta di una specifica didattica del colore, 212
F. Zuccoli, A. Poli, A. De Nicola

Per una didattica del colore attraverso una innovativa pedagogia alla Hochshule für Gestaltung di Ulm, 221
A. Poli

1. Colore e Misurazione/Strumentazione

Misurazioni di colore in ambito cosmetico attraverso colorimetri 2D: un caso di studio

Cristian Bonanomi
Konica Minolta Sensing Europe B.V.

1. Introduzione

Negli ultimi anni si sta diffondendo sempre maggiormente l'uso di fotometri e colorimetri 2D all'interno delle grandi industrie o centri di ricerca, soprattutto in ambito automobilistico, aerospaziale, o nell'elettronica di consumo. Questo trend è dovuto principalmente alle recenti innovazioni tecnologiche, anche in ambito fotografico, con lo sviluppo di sensori con risoluzioni sempre maggiori e ottiche prive di aberrazioni cromatiche e distorsioni geometriche. Questo ha permesso di ridurre i costi di tali sistemi e allo stesso tempo aumentarne l'accuratezza di misura. Il vantaggio di questi strumenti rispetto ai fotometri o colorimetri tradizionali, che permettono solo una misura puntuale, è la possibilità di poter acquisire un numero maggiore di informazioni scattando una fotografia colorimetricamente accurata. In questo modo è possibile analizzare più facilmente i valori di luminanza e cromaticità, valutare l'omogeneità di aree, e, grazie ad algoritmi di image processing, estrarre punti di interesse automaticamente.

I colorimetri 2D sono tipicamente progettati per misure di luminanza: analisi di display, spie luminose, bottoni, fanali, etc. A seconda del tipo di sorgente luminosa che si sta misurando, viene caricata la calibrazione opportuna, che permette di rilevare i valori assoluti di Luminanza in cd/m2 e di cromaticità x, y.

In questo articolo, tratteremo una applicazione di tipo diverso: utilizzeremo il colorimetro per misurare il colore di cosmetici applicati direttamente sulla pelle, per fare misure in riflettanza. Lo scopo è valutare la variazione del colore del cosmetico nel tempo effettuando diverse misure ad intervalli regolari, e calcolando il ΔE. I principali punti critici da tenere in considerazione e a cui prestare particolare attenzione sono tre: i) effettuare una calibrazione corretta, affinché i valori in luminanza misurati possano essere correlati a misure in riflettanza; ii) scegliere una sorgente di luce adeguata per l'illuminazione del viso, che sia sufficientemente diffusa e stabile nel tempo; iii) posizionare il viso in maniera fissa e salda, per evitare effetti di movimento durante l'acquisizione e per ritrovare facilmente gli stessi punti di interesse nei diversi scatti.

2. I colorimetri 2D

I colorimetri 2D [1, 2] sono strumenti di misura progettati per scattare delle fotografie fotometricamente e colorimetricamente accurate. Hanno quindi una struttura simile a quella di una macchina fotografica: un obiettivo da cui entra la luce e un sensore che riceve i segnali luminosi e li trasforma in segnali elettrici. Tali segnali verranno poi elaborati e trasformati in valori di luminanza e cromaticità. A differenza però delle macchine fotografiche in commercio, questi sistemi hanno caratteristiche tali da renderli più accurati e precisi: il classico filtro di Bayer è sostituito da tre o quattro filtri la cui risposta spettrale simula quella delle color matching functions (CMFs). I filtri sono posizionati su una ruota che gira all'interno del sistema: vengono scattate tre o quattro fotografie, una con ciascun filtro, che vengono combinate per ricavare la matrice di luminanza e di cromaticità. La scelta di usare tre o quattro filtri dipende dalla accuratezza che si vuole ottenere: il quarto filtro simula la piccola gobba intorno ai 450 nm ('blu') della CMF x.

Altre caratteristiche che rendono questi strumenti adatti a questo tipo di misure sono: la possibilità di raffreddare il sensore anche a temperature di 5°, in modo da ridurre il rumore termico, la calibrazione sul color-shift delle lenti e la calibrazione flat-field per compensare le irregolarità della superficie, del vignetting e allineare le risposte di sensitività dei pixel del CCD.

Il vantaggio di questo tipo di strumenti rispetto a degli strumenti puntuali, cioè che misurano solo un punto o comunque un'area molto piccola (tipicamente con un field of view di 1°), è chiaramente la possibilità di avere in unica misura una serie di punti. Questa possibilità, abbinata a potenti software di image processing, permette di velocizzare enormemente il flusso di lavoro, ricercando

automaticamente dei punti di interesse (ad esempio simboli luminosi), estraendo luminanza e cromaticità media, massima, minima, etc.

3. Applicazione del colorimetro 2D in ambito cosmetico

In genere, in ambito cosmetico, il controllo del colore viene fatto applicando il trucco sul cartoncino e per la misura sono utilizzati strumenti a contatto, i quali emettono un lampo di luce calibrata che viene riflessa dal campione e misurata [3].

In questa applicazione specifica, si vuole misurare il colore del cosmetico applicato sulla pelle per valutare come questo vari nell'arco di alcune ore. A tale scopo si vorrebbe evitare di utilizzare uno strumento a contatto, per scongiurare il problema di rovinare il trucco stesso. Un'altra richiesta è quella di valutare anche alcune caratteristiche di uniformità. Per questo motivo, si è considerata la possibilità di utilizzare un colorimetro 2D. In particolare, per i test che seguono, si è utilizzato il Konica Minolta CA-2500 2D Color Analyzer.

L'utilizzo di questo tipo di strumento richiede però alcune considerazioni:

- A differenza di uno spettrofotometro in cui ogni lunghezza d'onda viene misurata (nella pratica discretizzata a passo 1nm ad esempio, da 380nm a 780 nm per un totale di 401 valori), un colorimetro contiene al proprio interno tre o quattro filtri: questo significa passare da una informazione continua (o quasi-continua, considerando 401 valori) a uno spazio ridotto.
- Uno spettrofotometro a contatto utilizza un lampo di luce calibrata, che serve a valutare in che percentuale le lunghezze d'onda vengono riflesse, mentre il colorimetro 2D necessità di una sorgente di luce esterna. Come già esplicitato, questo tipo di strumenti è pensato per valutare la luminanza di una sorgente luminosa.
- I colorimetri 2D utilizzano una ruota su cui sono posizionati dei filtri che rispecchiano le CMF, per poter sfruttare la piena risoluzione del sensore, evitando sotto-campionamenti del pixel come avviene per le macchine fotografiche commerciali. Questo implica che occorrono tempi di misurazioni più lunghi e che il campione (o soggetto) sia perfettamente immobile.

4. L'esperimento

Per valutare i risultati delle misure di un colorimetro 2D per misure di riflettanza a distanza, è stato svolto un test, confrontando i risultati con quelli di uno spettrofotometro a contatto. Sono stati selezionati 20 campioni da una cartella colore, scegliendo colori con sfumature simili al colore della pelle, e altri che potessero richiamare un cosmetico, in aree del verde e del blu. I campioni sono stati incollati su un pannello di plastica cercando di rispettare il posizionamento nel piano a*b*, in modo da valutare visivamente verso quali tinte i campioni si posizionano (Fig. 1).

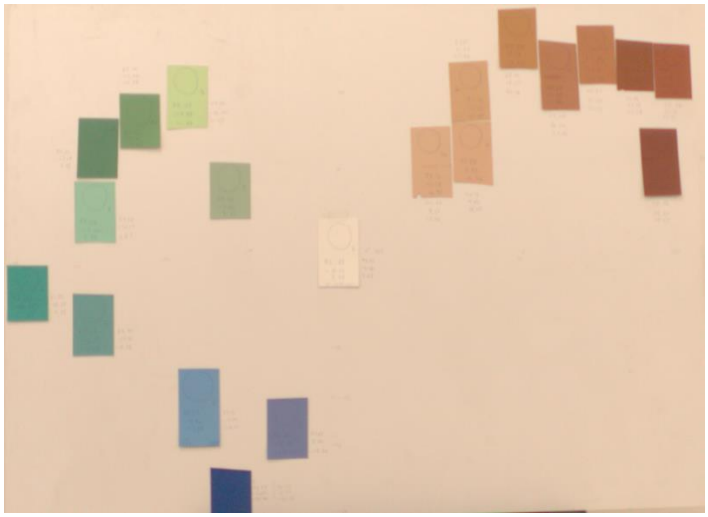


Fig. 1- immagine dei campioni misurati

Il pannello è stato agganciato alla parete ed illuminato da plafoniere a LED. Dalle finestre, parzialmente schermate, penetrava luce esterna. Per valutare l'eventuale variazione di luce durante le misurazioni, un luxmetro ha misurato in modalità continua per tutta la durata dell'esperimento, senza rilevare significative differenze temporali. Per valutare l'uniformità spaziale, sono stati misurati quattro punti, utilizzando lo stesso luxmetro. I dati sono riportati in Tab.1.

Punto	Posizione	lux	x	y
1	Alto a sinistra	313	0.385	0.393
2	Basso a sinistra	293	0.388	0.393
3	Centro	313	0.388	0.392
4	Alto a destra	323	0.389	0.392

Tab. 1- misure tramite luxmetro per valutare uniformità di illuminamento e cromaticità nei punti di interesse.

Per verificare altre condizioni di illuminazione, è stato misurato la distribuzione di potenza spettrale e l'indice di resa cromatica (Fig. 2). Lo spettro indica che la sorgente è un LED bianco del tipo blu coperto da fosfori gialli, la temperatura colore è di 4001 K, e l'indice di resa cromatica 87.8. La luce esterna sembra influenzare solo minimamente la luce LED.

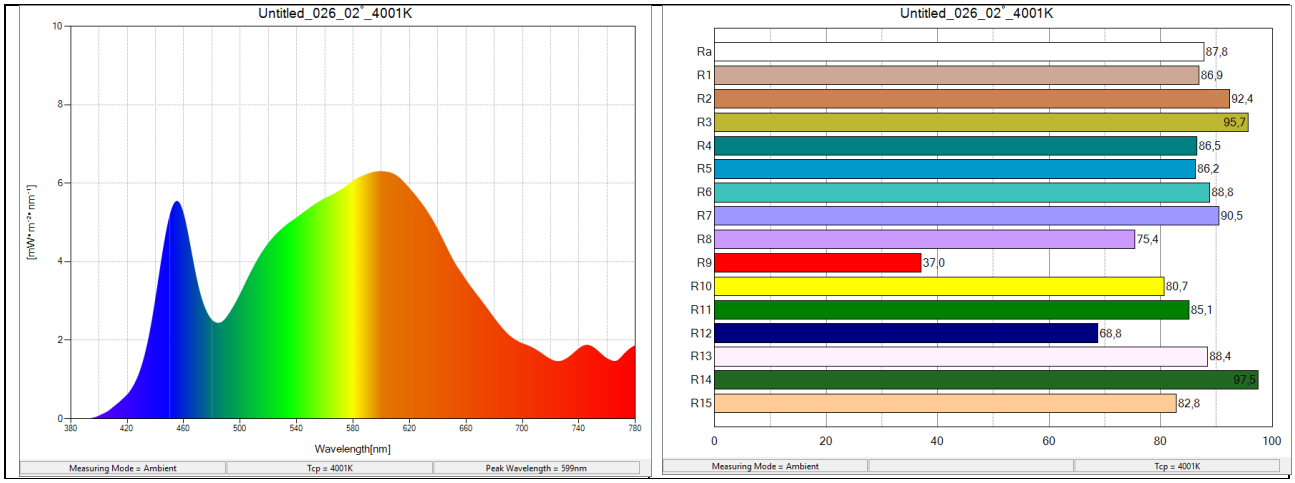


Fig. 2 - Distribuzione di potenza spettrale sulla superficie da misurare e indice di resa cromatica.

Tutti i campioni sono stati misurati usando uno spettrofotometro a contatto (Konica Minolta CM-700d) per estrarre i valori di riflettanza, utilizzando le condizioni di misura: osservatore 2°, illuminante D65 (per la trasformazione in CIELAB).
Per correlare i valori di luminanza misurati dal colorimetro 2D con i valori di riflettanza ricavati dallo spettrofotometro, è stata effettuata una calibrazione custom sul campione bianco: in termini pratici, si è assegnato al campione bianco i valori risultanti dalla riflettanza (valori di tristimolo X Y Z). Per poter effettuare un confronto, i risultati delle due misure sono stati trasformati in CIELAB (con illuminante D65) ed è stato calcolato il ΔE1976.
In Tab. 2 sono riportati i valori di ΔE per tutti i campioni, assieme al valore medio, massimo e minimo (escludendo per queste statistiche il campione bianco, su cui è stata fatta la calibrazione).

ΔE Medio	8.03
ΔE Minimo	1.44
ΔE Massimo	12.87

Tab. 2 - Valori di ΔE medio, massimo e minimo tra i campioni misurati con uno spettrofotometro e il colorimetro 2D

Come si nota, i valori di ΔE sono piuttosto alti, rendendo come prima impressione il fatto che tale strumento non sia adeguato a questo tipo di misure. Per valutare la relazione tra le misurazioni, in fig. 3 sono stati rappresentati i campioni sul piano a* b*, dove il simbolo 'x' rappresenta il riferimento misurato con lo spettrofotometro e il simbolo 'o' rappresenta il campione misurato con il colorimetro 2D.

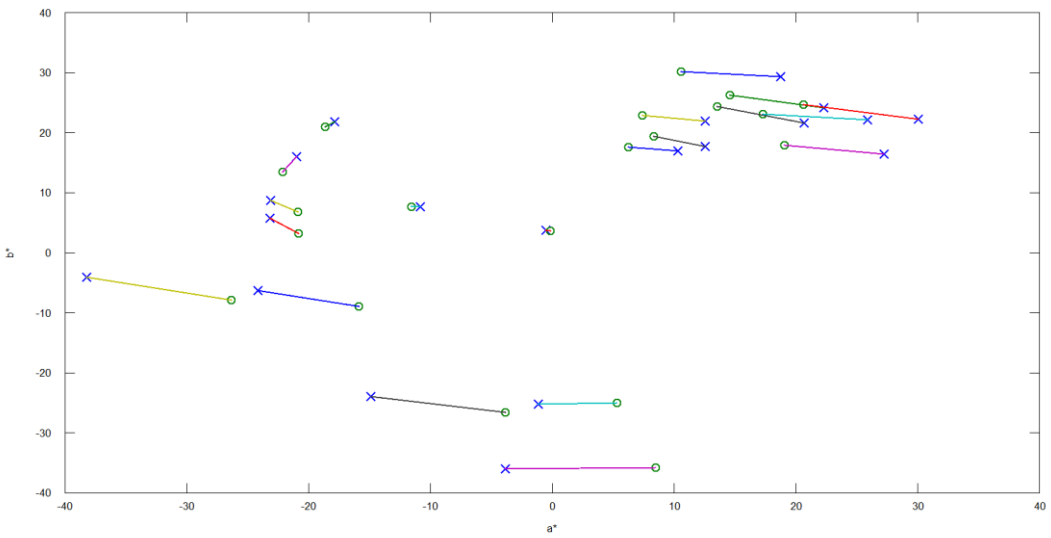


Fig. 3 - immagine dei campioni misurati sul piano ab* dello spazio CIELAB

In questo tipo di rappresentazione viene persa l'informazione relativa alla componente di luminanza. In ogni caso è possibile vedere una tendenza: la differenza tra le misure effettuate con i due strumenti cresce in maniera sistematica allontanandosi dal punto centrale: cioè dal bianco rispetto a cui è stata fatta la calibrazione. L'errore maggiore si ha sull'asse a* (asse verde-rosso), in particolare per i campioni con b*<0. Potrebbe quindi essere possibile applicare una sorta di fattore di correzione a seconda della posizione. Questa possibilità sarà oggetto di studio futuro.
Una strada alternativa, è quella di creare quattro calibrazioni diverse, per le principali tinte usate, e richiamare nel software la calibrazione corretta a seconda del colore che si sta misurando. Per valutare l'efficacia di questo sistema, è stata creata una calibrazione su uno dei campioni marroni, usando come sotto-insieme le nove patch in alto a destra di Fig. 1. I valori di ΔE medio, massimo e minimo (escludendo il campione su cui è stata fatta la calibrazione) di questo secondo test sono riportati in Tab. 3, mentre gli spostamenti sul piano ab* sono mostrati in Fig. 4.

ΔE Medio	3.95
ΔE Minimo	1.63
ΔE Massimo	5.43

Tab. 3 - Valori di ΔE medio, massimo e minimo tra i campioni misurati con uno spettrofotometro e il colorimetro 2D, usando come riferimento uno dei campioni marrone.

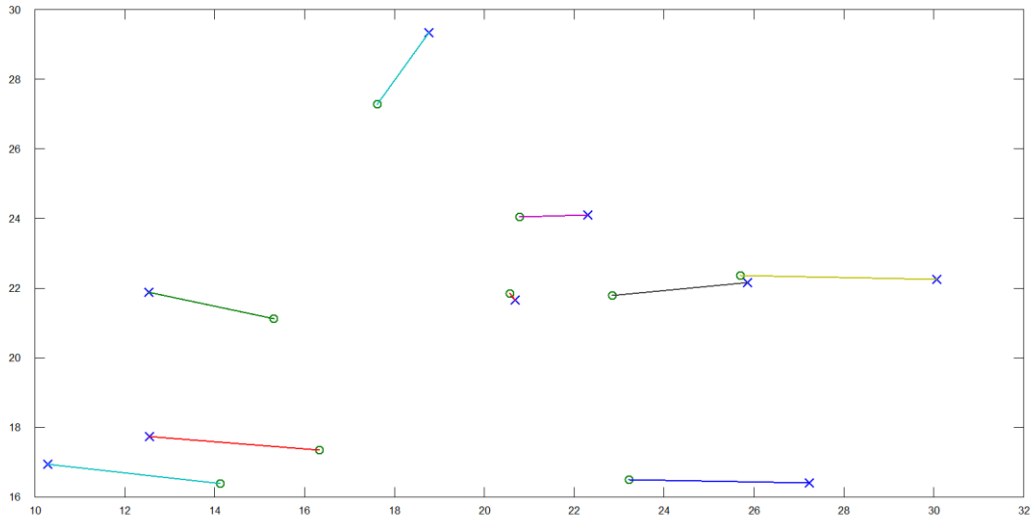


Fig. 4 - immagine dei campioni marroni misurati sul piano ab* dello spazio CIELAB

In questo secondo caso c'è un netto miglioramento dei risultati, e di nuovo è possibile vedere una tendenza sistematica dell'errore, riscontrabile soprattutto sull'asse a*.

5. Applicazione cosmetica

L'utilizzo di questi sistemi in ambito cosmetico ha potenzialmente diversi vantaggi: effettuare una sola misura e poter estrarre i valori dei punti di interesse, valutare in maniera semplice l'uniformità (Fig. 5), etc.

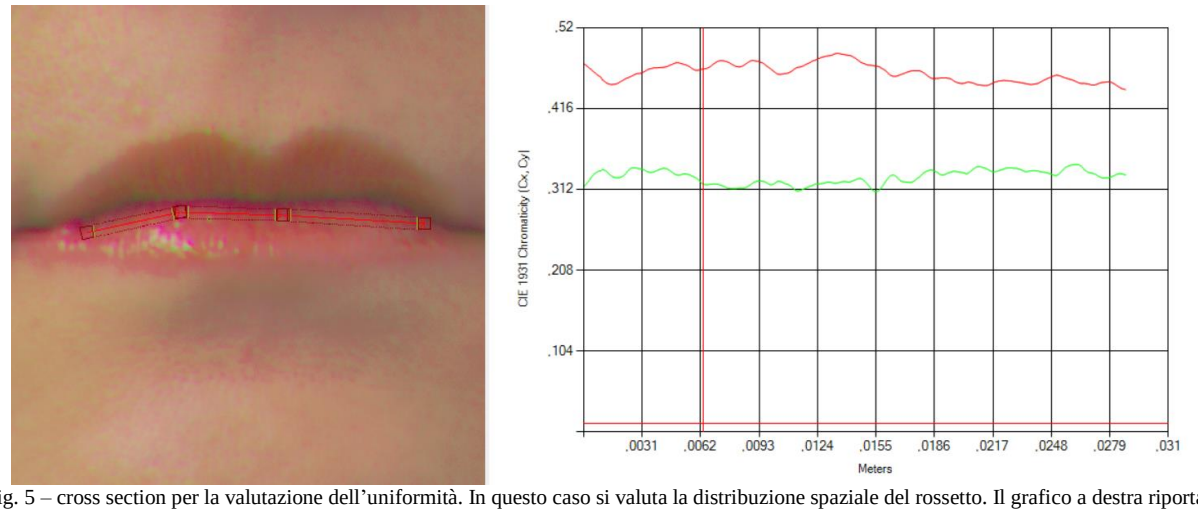


Fig. 5 – cross section per la valutazione dell'uniformità. In questo caso si valuta la distribuzione spaziale del rossetto. Il grafico a destra riporta i valori CIE x, y lungo la linea disegnata

Tuttavia, come discusso, per utilizzare questo sistema in maniera proficua, è necessario superare alcune criticità: la prima riguarda il sistema di illuminazione, la seconda la stabilità del soggetto.
Per quanto l'illuminazione, questa deve essere: il più uniforme possibile, stabile nel tempo (dovendo effettuare misure a diverse ore di distanza) e avere un indice di resa cromatico alto. Alcune considerazioni per quanto riguarda la stabilità del soggetto: come abbiamo precedentemente riportato, la misurazione del colore avviene tramite rotazione di una ruota con dei filtri colorati, cioè vengono effettuati tre/quattro scatti in breve sequenza temporale che vengono poi 'montati' in un'unica immagine. Un lieve spostamento del soggetto porta ad un disallineamento delle tre immagini, con un fenomeno chiaramente visibile, specialmente lungo i bordi (Fig. 6, a sinistra).

Fig. 6 – a sinistra: la linea verde sopra le ciglia è dovuta ad un disallineamento tra due acquisizioni successive. A destra: Una possibile soluzione per mantenere la testa in posizione ferma.

Per questo motivo, nel caso di utilizzo reale si è pensato di servirsi di un appoggio simile a quello utilizzato dagli oculisti, dove il soggetto può posizionare in maniera corretta la testa, appoggiando mento e fronte (fig. 6, a destra). Questo procedimento è necessario non solo per l'acquisizione della prima fotografia, ma anche delle seguenti, affinché sia possibile poi estrarre sempre lo stesso punto di interesse e valutare le eventuali differenze di colore.

6. Discussione

Dai test effettuati e presentati nelle sezioni precedenti appare chiaro che non è consigliabile usare il colorimetro 2D per misure assolute di riflettanza. Allontanandosi dal punto usato come riferimento per la calibrazione, i valori si discostano da quelli misurati con uno spettrofotometro. Le cause sono molteplici, tra le più importanti vi sono: i) lo strumento è pensato per misurazioni di luminanza ed è calibrato rispetto ad una illuminante A; ii) la distribuzione spaziale della luce esterna usata per illuminare i campioni incide sulla resa cromatica dei campioni stessi, in particolare il CRI pari a 87.7 non rende bene alcune tinte; iii) un colorimetro utilizza tre o quattro filtri per fare una misura, mentre uno spettrofotometro usa un array di 401 valori.

Nel caso specifico di questa applicazione, lo strumento potrebbe essere comunque utilizzato in maniera fruttuosa: mentre i valori assoluti subiscono un discreto scostamento, le variazioni relative risultano simili con entrambi gli strumenti. Ricordiamo infatti che lo scopo non è tanto misurare il campione, ma valutare come il colore varia in un arco temporale di qualche ora.

7. Conclusioni

In questo articolo si è testata la possibilità di usare un colorimetro 2D in ambito cosmetico, per valutare le variazioni di colore nel tempo. L'utilizzo di uno strumento a contatto, tipicamente usato in questo tipo di applicazioni, è preferibilmente da evitare in questo specifico caso, poiché il trucco è steso direttamente sul viso e un contatto potrebbe rovinarlo, considerando che si necessita di fare acquisizioni successive nello stesso punto.

I risultati misurati dal colorimetro hanno una discreta differenza da quelli dello spettrofotometro in termini assoluti, tuttavia derivando una correzione matematica o effettuando diverse calibrazioni basate sulle quattro tinte principali, i risultati potrebbero essere più accurati.

L'applicazione sembra quindi promettente, ma necessita di ulteriori approfondimenti.

Bibliografia

[1]. https://sensing.konicaminolta.us/products/ca-2500-2d-color-analyzer/
[2]. https://www.radiantvisionsystems.com/products/prometric-i-family
[3]. https://sensing.konicaminolta.asia/solutions/cosmetics/

Misure Spettrali di Capelli Tinti

Simone Liberini[1†], Antonio Avolio[2], Nicola Travaglini[2], Alessandro Rizzi[1]

[1]MIPS Lab, Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Milano, via Celoria 18, Milano (MI)
[2]Universal Beauty Products, via Romolo Gessi 14, Brescia (BS)

1. INTRODUZIONE

1.1 Struttura del capello umano e funzionamento di una tinta

Il fusto del capello, cioè la porzione esterna e visibile, è composto da una numerosa serie di strati concentrici (Fig. 1). Fra questi, la corteccia è quello a maggior contributo ponderale, essendo costituita da cellule longitudinali che conferiscono al capello la maggior parte delle proprietà meccaniche e l'apparenza complessiva della capigliatura. L'interfaccia a contatto con l'ambiente esterno è la cuticola, che protegge gli strati interni dalle sollecitazioni, fornisce integrità strutturale e trattiene acqua all'interno del capello.

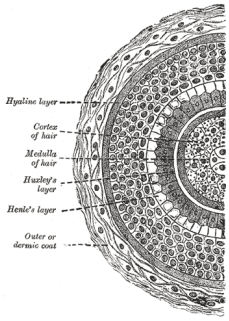


Fig. 1 – Sezione trasversa di capello umano [1].

Oltre alle proprietà meccaniche, la cellule corticali sono anche un deposito di melanina, un polimero naturale la cui produzione richiede una complessa catena di intermedi di reazione sintetizzati nei melanociti, contenuti nei melanosomi e infine raccolti nei cheratinociti del fusto. Esistono in particolare due varietà di melanina presenti nel capello umano: l'eumelanina, la cui concentrazione è responsabile delle sfumature che compongono l'ampia gamma di colori dal biondo al corvino tramite il castano; e la feomelanina, responsabile del colore rosso. Vari gradi di compresenza delle due melanine, uniti a diverse forme e dimensioni dei melanosomi, danno vita all'incredibile varietà di colore riscontrabile nei capelli umani [2].

La storia delle modifiche artificiali alla colorazione del cuoio capelluto è secolare. Ai giorni nostri, il settore delle tinte per capelli rappresenta una fetta di mercato mondiale responsabile di un giro d'affari imponente, trainato in particolare dalle tinture permanenti. La capacità di mantenere il colore anche dopo lavaggi multipli si deve alla coesistenza nella formulazione di una serie di prodotti chimici dotati di funzioni specifiche [3]. Il colore finale, non apprezzabile se non a posa ultimata, si sviluppa per reazione di ammine aromatiche che penetrano la corteccia grazie all'azione di una sostanza alcalina, solitamente ammoniaca, capace di aprire la cuticola lungo il sottile intrico di fessure che si dipanano sulla sua superficie esterna. La melanina presente nel capello è denaturata da un forte agente ossidante, come il perossido di idrogeno, che rimuove la pigmentazione naturale e dà inizio al processo di colorazione. I prodotti di reazione sono infine sigillati nella corteccia da una barriera di composti ad alto peso molecolare, che agiscono da protezione contro l'azione dilavante di acqua e shampoo.

1.2 Capelli e spazi colore

Il risultato finale di un processo di tintura è suscettibile di molteplici interferenze. All'atto della posa, l'operatore deve considerare un'ampia gamma di variabili, come la temperatura, l'umidità ambientale e il corretto dosaggio. Inoltre, eventuali rimanenze di tinte applicate in precedenza agiscono da substrato indesiderato e, da ultimo, le sezioni longitudinali in cui si usa suddividere il fusto, ossia radice, lunghezze e punte, rispondono in modo piuttosto disomogeneo in ragione della non perfetta uniformità strutturale che le contraddistingue.

Per fronteggiare la comparsa di sfumature indesiderate è invalso nella pratica il ricorso a spazi colore di supporto. Si tratta di spazi prettamente qualitativi, lontani da quello del tristimolo e dalle successive rielaborazioni e ampliamenti apportati dalla CIE. In particolare, prevale l'adozione della ruota dei colori di Newton e della Stella di Oswald, entrambe basate sul concetto di opposizione cromatica che risulta la chiave di lettura per la scelta delle sfumature di tinta da applicare. Nella sua rappresentazione più basilare, la Stella è un poligono a sei vertici, dei quali tre non contigui sono occupati dai primari rosso, giallo e blu, e i rimanenti dalla miscela dei due primari adiacenti di modo che ciascun primario sia esattamente opposto al proprio complementare. Un parrucchiere che voglia neutralizzare una sfumatura gialla, ad esempio, ricorrerà alla particolare sottofamiglia di tinte dotate di sfumatura viola. Si noti che non si tratta in questo caso di un viola da intendersi in senso letterale, quanto piuttosto di una base naturale, dal corvino al biondo, caratterizzata da diffusi riflessi freddi che, di prassi, si associano al colore viola (in gergo tecnico: *irisé*). Per facilitare la standardizzazione dei colori, le tinte assumono una nomenclatura caratteristica in formato pseudo-decimale: la cifra delle unità, che varia tipicamente dall'1 del corvino al 10 del biondo platino, rappresenta il tono della tinta, mentre le cifre decimali indicano la sfumatura dei riflessi. Ad esempio, mentre un 6 indica un biondo scuro naturale, un 6.33 indica lo stesso tono arricchito da riflessi dorati. Le tinte così denominate possono essere inquadrate per facilitare il consulto da parte dell'operatore su una versione opportunamente elaborata della Stella, come quella mostrata in Figura 2.

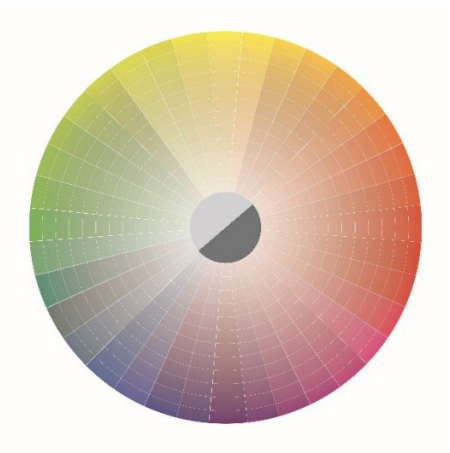


Fig. 2 - Spazio colore ispirato al cerchio di Newton e alla stella di Oswald. Le caselle della griglia vengono riempite da un numero corrispondente in modo univoco a una tinta. La prima cifra, da intendersi come distanza radiale, rappresenta il tono, mentre la cifra che occupa le posizioni decimali, assimilabile alla componente angolare, la sfumatura dei riflessi. La quantità e posizione delle caselle occupate dipendono dalla cartella colore della linea di prodotto.

Contrariamente all'adozione della Stella, ben diffusa nei saloni, sono ancora pochi i tentativi di inquadrare quantitativamente i colori ottenuti dall'applicazione delle tinte. In ambito industriale, i produttori possono impiegare misure spettrofotometriche per tracciare grafici spettrali da valutare nell'intervallo della luce visibile, dai cui poi ricavare triplette CIE Lab da sintetizzare per il calcolo dei ΔE [4]. Queste informazioni dovrebbero però essere trattate con una certa cautela.

A causa della densità ottica intrinseca e di differenze nella composizione, nella struttura e nella sezione trasversa del materiale, il capello umano è soggetto a fenomeni di inter-riflessione complessi e a scattering ottico [5]. Lo scattering è di tipo fortemente dicroico, cioè sensibile alla polarizzazione, a causa della naturale anisotropia delle strutture interne del capello. Le misure su campioni di capello sono quindi dipendenti dalla configurazione geometrica dell'apparato sperimentale, caratterizzata dall'orientazione del campione, dall'angolo di incidenza, dalla polarizzazione della luce, dall'apertura del sistema e soprattutto dal colore, fondamentale canale di estinzione luminosa.

Presentiamo a questo proposito delle analisi volte a verificare la bontà della valutazione strumentale del colore dei capelli, analizzando e discutendo la variabilità delle misure e l'influenza delle condizioni di misura.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Ciocche di capelli reali

I campioni di capello analizzati sono costituiti da ciocche del peso di circa 1,5g, ripiegate attorno al punto medio e mantenute saldamente in posizione dal cappio di una fascetta di plastica (Fig. 3a). Sono state preparate due ciocche di pelo di yak non tinto, e due di yak tinto con nero freddo (1.0), biondo scuro freddo (6.0) e biondo platino cenere (10.1), per un totale di 8 campioni. Tutte le tinte sono state applicate in un ambiente controllato a 20°C, con ossigeno a 20 volumi miscelato in proporzione 1 a 1,5. Le tinte sono state applicate sulle lunghezze in entrambe le direzioni per garantire massima copertura e penetrazione, e lasciate in posa per 30 minuti. La preparazione è terminata con lavaggio, risciacquo e applicazione di una dose di condizionante per riportare le cuticole in uno stato fisiologico di chiusura.

2.2 Ciocche di nylon

È stato misurato anche un insieme di ciocche di nylon tratte dal campionario ufficiale di una marca rinomata, dopo ispezione visiva di una grande varietà di campionari a disposizione. Ogni campione è composto da un'abbondante manciata di fili di nylon incollati ad entrambe le estremità, a loro volta incollate a forma di ferro di cavallo (Fig. 3b). Le 10 ciocche analizzate sono quelle che il produttore identifica come serie dei naturali.

2.3 Strumentazione

Le misure sono state acquisite con uno spettrofotometro Konica Minolta CM-2600d, poi raccolte e ispezionate con il software di interfaccia Spectramagix NX. È stato escluso il taglio dell'ultravioletto, e applicata una maschera di rilevamento di 8mm di diametro. I grafici spettrali sono stati acquisiti e tracciati da una lunghezza d'onda minima di 360nm a una massima di 740nm con passo 10nm, e per il calcolo dei valori CIE Lab sono stati scelti un osservatore standard a 2° e un illuminante D50.

Quando una superficie liscia è colpita da illuminazione, i raggi incidenti ne riemergono specularmente in conformazione ordinata verso l'osservatore. Al contrario, le superfici irregolari riflettono i raggi incidenti in modo disordinato, dando l'impressione di opacità. L'irregolarità della superficie però contribuisce anche alla percezione del suo colore: le superfici lisce appaiono più sature e vivide, mentre quelle opache più spente, di colore più debole. Per valutare il grado dei comportamenti ottici non ideali della luce sopra descritti da parte del capello, sono state acquisite e analizzate misure di tipo SCI (Specular Component Included – componente speculare inclusa) e SCE (Specular Component Excluded – componente speculare esclusa).

2.4 Disposizione dell'apparato strumentale

Un foglio di carta bianco è stato posizionato sotto le ciocche di capello per escludere la possibilità di interferenza dello sfondo. Lo spettro del foglio ha infatti un tratto ad alta riflettanza dalle medie alle alte lunghezze d'onda, e un picco notevole alle basse lunghezze d'onda dovuto a trattamenti con sbiancanti ottici. Questo andamento peculiare sarebbe evidentemente emerso come interferenza rispetto agli spettri dei capelli, che al contrario sono uniformi e con livelli di riflettanza marcatamente inferiori.

Per misurare la variabilità sono state approntate due disposizioni strumentali. Ogni ciocca di capelli è stata misurata cinque volte lungo l'intera lunghezza su entrambi i lati, partendo a una breve distanza dall'occhiello e muovendosi con regolarità verso l'estremo libero entro un margine di sicurezza dalle punte. Avendo a disposizione due campioni di ciocche di capello umano, è stato raccolto un totale complessivo di 20 misure per tipo di ciocca. Le ciocche di nylon sono invece state misurate 10 volte ciascuna, complessivamente.

Sempre per il capello umano, è stato generato un secondo insieme di misure tenendo una ciocca fissa in posizione, e sovrapponendole la ciocca corrispondente disposta a ventaglio tramite l'aggancio di un fermaglio metallico (Fig. 3c). Questo ha permesso la valutazione delle variazioni di misurazione dovute a diverse disposizioni angolari dei capelli rispetto a una direzione fissa. Sono state rilevate cinque misure per ognuna delle quattro possibili combinazioni fra entrambi i lati di entrambe le ciocche, nuovamente per un totale di 20 misure per tipo di ciocca.

Fig. 3 – (a) ciocche di yak base e tinte con 1.0, 6.0 e 10.1, da sinistra a destra; (b) ciocche di nylon; (c) ciocca pinzata con fermaglio metallico per creare un ventaglio di capelli a diverse angolazioni.

3. RISULTATI

Di ogni ciocca esistono quattro versioni, che riflettono le combinazioni fra SCI ed SCE e fra la disposizione sulle lunghezze o incrociata, ad esempio Yak 6.0 SCI-SCE lunghezze-incrocio. Prima di valutare la variabilità di misura in senso stretto, procediamo con una valutazione dell'effetto della componente speculare.

3.1 SCI ed SCE

La Figura 4a mostra gli spettri SCI ed SCE per la ciocca base e per le tre ciocche tinte. Le linee continue rappresentano le medie delle 20 misurazioni, ciascuna delle quali circondata da bande simmetriche delimitate da linee tratteggiate che rappresentano la deviazione standard. A un primo sguardo, i grafici sembrano rappresentare solo quattro linee spettrali sulle otto attese, a causa del fatto che le varianti SCI ed SCE sono pressoché indistinguibili l'una dall'altra. Un ingrandimento è mostrato in Figura 4b.

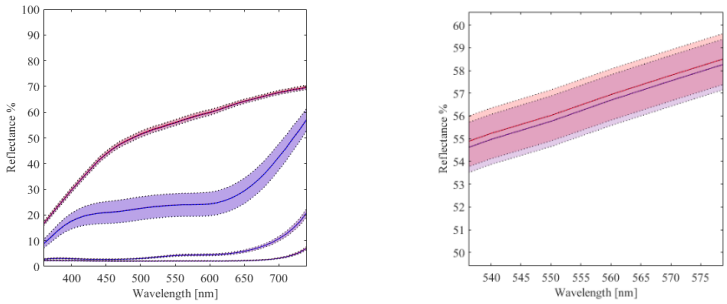


Fig. 4 – (a) spettri medi delle ciocche di yak, con bande di deviazione standard (dall'alto verso il basso: base, 10.1, 6.0 e 1.0); (b) ingrandimento (circa 10x) della banda relativa allo yak base. La differenza fra il valor medio SCI ed SCE nel tratto mostrato è inferiore a mezzo punto percentuale di riflettanza.

Non esiste metodo quantitativo universalmente valido per la valutazione della differenza spettrale. Per rendere il problema apprezzabile riportiamo in Tabella 1 i valori in norma L_1 fra gli spettri medi SCI ed SCE assieme ai relativi ΔE. Come si può notare, il valori della norma non sono predittivi della differenza di colore.

Tabella 1 – Norma L_1 e ΔE per ciocche yak SCI ed SCE

	Base	**1.0**	**6.0**	**10.1**
L_1	8.039	2.526	1.533	3.3515
ΔE	0.1493	0.3152	0.2276	0.1127

Basandosi quindi sui soli ΔE, le misure SCI risultano quasi identiche alle misure SCE, dato che in nessun caso ci si avvicina al valore di 1 considerato sovente come soglia minima di discriminazione (valor medio: 0.201). Lo stesso non vale invece per le ciocche di nylon (Tabella 2), per le quali sussiste una differenza di ΔE superiore (valor medio: 1.048) che risulterebbe percepibile anche dall'occhio umano. In effetti, le ciocche di filo di nylon sono più omogenee, la loro trama e disposizione spaziale sono più regolari e morbide, e il materiale è percettibilmente più lucido del capello umano. Questo comportamento è esacerbato quando le ciocche sono osservate da particolari angolature rispetto all'orizzontale, condizione in cui emergono chiaramente i riflessi.

Tabella 2 – Norma L_1 e ΔE per ciocche nylon SCI ed SCE

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
L_1	9.0960	13.166	15.975	16.720	18.296	24.517	25.659	37.313	42.762	62.010
ΔE	0.6357	0.7041	0.8203	0.8417	0.8119	1.1661	1.1659	1.4829	1.3334	1.5179

3.2 Lunghezze e incrocio

Considerando invece la disposizione sulle lunghezze rispetto a quella incrociata i ΔE sono in generale più alti rispetto all'analisi SCI/SCE (valor medio: 1.382). Questo conferma l'influenza della disposizione spaziale nell'area di misurazione dello strumento. Le norme L_1 e i ΔE sono riportati in Tabella 3, in cui si nota in un caso un ΔE maggiore di 3, una risultato significativo soprattutto se si considera che, come già detto, l'unica causa di variazione è la conformazione spaziale.

Tabella 3 – Norma L_1 e ΔE per ciocche yak lunghezze e incrocio

	Base	**1.0**	**6.0**	**10.1**
L_1	63.0745	7.319	9.756	133.806
ΔE	1.0818	0.8205	0.521	3.1045

3.3 Risultati sulla varianza

Terminiamo restringendo l'analisi al caso SCI lunghezze, sia per il capello umano sia per il nylon. Gli spettri medi con le bande di deviazione standard e gli inviluppi inferiori e superiori sono mostrati in Figura 5. In Tabella 4 e 5 sono riportati, rispettivamente per yak e nylon, valori medi e deviazioni standard delle coordinate di cromaticità e delle triplette Lab. Sono inoltre forniti i diagrammi di cromaticità con le coordinate corrispondenti a ogni singolo spettro acquisito in Figura 6.

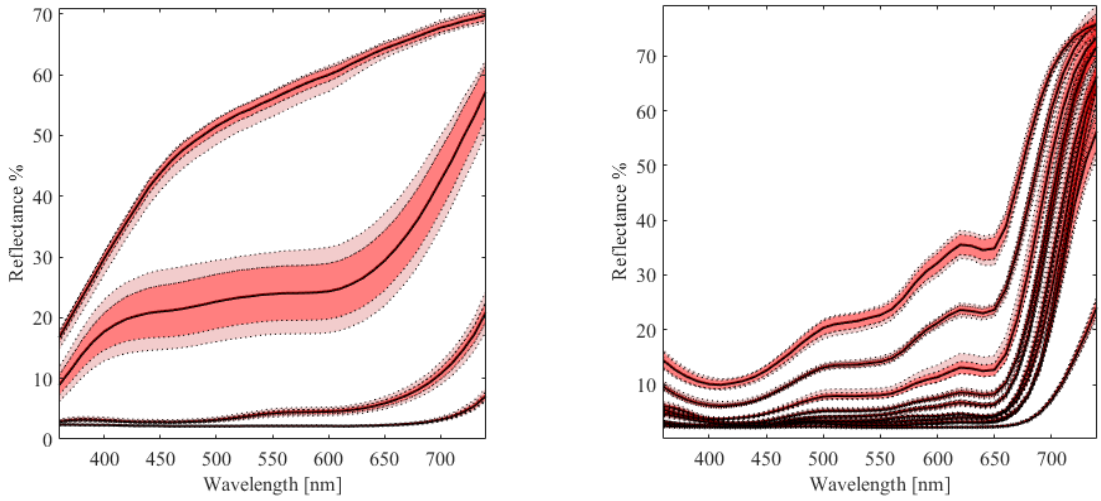


Fig. 5 – (a) Medie, bande di deviazione standard e inviluppi delle ciocche di yak (asse delle riflettanze riscalato per visibilità); (b) Medie, bande di deviazione standard e inviluppi delle ciocche di nylon (asse delle riflettanze riscalato per visibilità).

Tabella 4 – Valori medi e deviazioni standard delle misure su yak, con coordinate di cromaticità CIE 1931 e CIE Lab (non sono fornite le medie degli spettri medi in quanto prive di significato, mentre la grandezza $\sigma_{spettro}$ indica la media delle deviazioni standard rispetto ad ogni lunghezza d'onda)

	$\sigma_{spettro}$	μ_x	σ_x	μ_y	σ_y	μ_L	σ_L	μ_a	σ_a	μ_b	σ_b
Base	0.96	0.3722	0.0009	0.3809	0.0006	80.05	0.61	1.85	0.23	12.8	0.32
1.0	0.13	0.3475	0.0018	0.3581	0.0010	16.38	0.41	0.3	0.13	0.07	0.23
6.0	0.46	0.3951	0.0030	0.3878	0.0020	24.43	1.09	3.23	0.31	8.47	0.71
10.1	4.25	0.3636	0.0023	0.3694	0.0015	55.94	4.53	2.12	0.2	5.34	0.53

Tabella 5 – Valori medi e deviazioni standard delle misure su nylon, con coordinate di cromaticità CIE 1931 e CIE Lab (non sono fornite le medie degli spettri medi in quanto prive di significato, mentre la grandezza $\sigma_{spettro}$ indica la media delle deviazioni standard rispetto ad ogni lunghezza d'onda)

	$\sigma_{spettro}$	μ_x	σ_x	μ_y	σ_y	μ_L	σ_L	μ_a	σ_a	μ_b	σ_b
1	0.30	0.3461	0.0013	0.3548	0.0009	16.50	0.94	0.54	0.08	-0.41	0.19
2	0.57	0.3625	0.0028	0.3586	0.0009	19.24	0.75	2.41	0.27	1.18	0.28
3	0.54	0.3661	0.0019	0.3597	0.0009	19.48	0.84	2.78	0.20	1.58	0.21
4	0.58	0.3779	0.0024	0.3695	0.0013	21.68	0.75	3.22	0.22	3.95	0.37
5	0.51	0.3911	0.0043	0.3766	0.0027	23.27	0.62	4.23	0.25	6.27	0.79
6	0.55	0.4156	0.0032	0.3865	0.0015	26.81	0.88	6.82	0.32	10.86	0.59
7	0.62	0.4189	0.0031	0.3890	0.0008	30.05	0.73	7.44	0.46	12.49	0.40
8	0.93	0.4226	0.0037	0.3942	0.0010	36.73	1.30	8.18	0.61	15.84	0.99
9	0.76	0.4292	0.0035	0.3972	0.0010	47.80	0.65	10.64	0.73	20.99	0.77
10	1.28	0.4228	0.0039	0.3987	0.0015	57.89	1.35	10.24	0.59	23.49	1.18

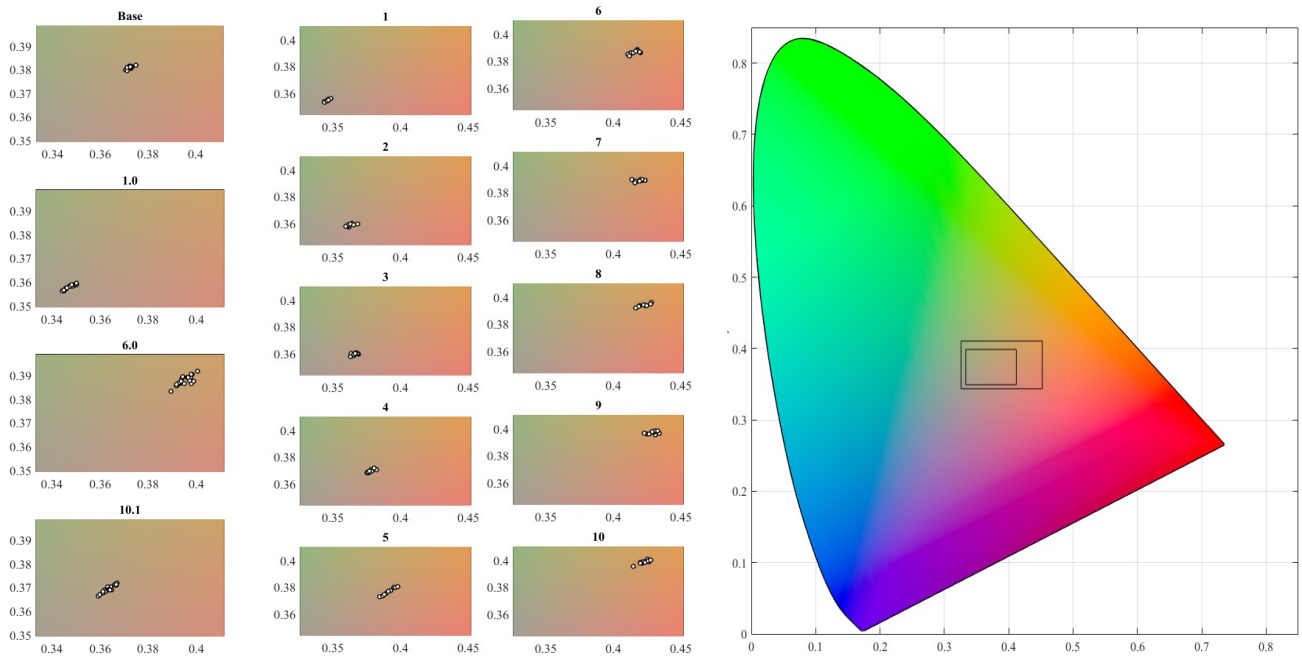


Fig. 6 – Coordinate di cromaticità relative alle misure spettrali acquisite. Colonna sinistra: yak; colonne centrali: nylon; colonna destra: posizione relativa nello spazio CIE 1931. I quadrilateri corrispondono allo spazio occupato dalle coordinate dello yak (interno) e del nylon (esterno).

Per valutare ulteriormente la variabilità sono stati eseguiti due tipi di calcolo: intraciocca, cioè relativi una medesima ciocca, e interciocca, cioè fra coppie di ciocche dello stesso colore. Entrambe sono basate sul calcolo dei ΔE fra la totalità delle misure spettrofotometriche acquisite come da sezione 2.4. Nel caso intraciocca, sia il primo sia il secondo punto fra cui è calcolato il ΔE appartengono alla stessa ciocca. Nel caso interciocca, il primo punto appartiene a una ciocca, e l'altro alla ciocca corrispondente. Sono considerate tutte le combinazioni possibili di misurazioni: per il caso intraciocca 45 (combinazione semplice delle dieci misure a due a due), e per il caso interciocca 100 (prodotto cartesiano di dieci misure con dieci misure). Sono infine calcolati ΔE massimi, minimi e medi, e i risultati sono mostrati in Tabella 5. Avendo a disposizione due ciocche per tipo per il caso intraciocca, sono stati calcolate e riportate le medie dei due risultati.

Tabella 6 – Valori minimi, medi e massimi dei ΔE fra tutte le possibili coppie di punti misurati su ciocca tramite spettrofotometro.

	Yak - interciocca			
	ΔE_{min}	ΔE_{m}	ΔE_{max}	$\sigma_{\Delta E}$
Base	0.1479	0.8645	2.2074	0.5165
1.0	0.0822	0.5599	1.3850	0.2945
6.0	0.3159	1.6346	4.1405	0.9320
10.1	0.5332	2.8510	7.9655	1.8774

	Yak - intraciocca			
	ΔE_{min}	ΔE_{m}	ΔE_{max}	$\sigma_{\Delta E}$
Base	0.1212	0.8908	2.5968	0.5329
1.0	0.0675	0.6697	1.5517	0.2806
6.0	0.1329	1.6594	4.3626	0.9107
10.1	0.8787	7.7257	13.8586	3.0239

	Nylon - interciocca			
	ΔE_{min}	ΔE_{m}	ΔE_{max}	$\sigma_{\Delta E}$
1	0.1067	1.1591	2.6180	0.7228
2	0.1922	1.0569	2.3162	0.5758
3	0.2922	1.1002	2.5211	0.6053
4	0.3509	1.1026	2.3955	0.5345
5	0.2008	1.3296	2.7261	0.6290
6	0.2873	1.4312	2.8351	0.6559
7	0.0882	1.2044	2.5821	0.6077
8	0.3376	2.0462	5.1654	1.3871
9	0.6935	1.6405	3.3258	0.6442
10	0.1929	2.4751	4.6457	1.0339

4. CONCLUSIONI

Con la consapevolezza che il capello ha una struttura che poco si presta alla misurazione strumentale ed è per sua natura soggetto a inter-riflessioni complesse e a fenomeni di scatter [5], abbiamo voluto valutare l'affidabilità delle misure spettrali nell'ambito del controllo qualità delle tinture per capelli, testando la variabilità intrinseca di misura di alcune ciocche tinte. Il capello umano appare brillante, ma la combinazione della struttura microscopica e della disposizione macroscopica fa sì che l'occhio umano non percepisca una lucentezza uniforme, a meno di non applicare trattamenti cosmetici specifici.

Abbiamo effettuato un'analisi spettrale preliminare colorimetrica delle ciocche per valutare l'effetto della componente speculare: i test hanno riportato differenze trascurabili fra le modalità di misura SCI ed SCE per il capello umano. Le ciocche di nylon mostrano una differenza marcata, con ΔE che incrementano a mano a mano che le tinte si fanno più chiare.

Abbiamo inoltre verificato il comportamento delle misure sulle ciocche in seguito a variazioni di disposizione spaziale, campionando le ciocche sia in direzione delle lunghezze sia incrociandole fra di loro. Il confronto suggerisce, come atteso, un'influenza della disposizione spaziale dei capelli entro l'area di misura dello strumento.

Infine, abbiamo analizzato la variabilità del colore misurato in due contesti. Il caso intra-ciocca si riferisce alla variabilità di misura all'interno di una medesima ciocca, e rappresenta un'ipotetica analisi a due punti dell'omogeneità di colorazione. Il caso inter-ciocca invece rappresenta la riproducibilità fra coppie di ciocche, una delle quali da considerarsi come riferimento assoluto per confronti successivi. Entrambi i casi mostrano un comportamento simile: la versione non tinta è caratterizzata da misure omogenee, mentre per le versioni tinte il ΔE è molto basso nel colore scuro e aumenta significativamente verso le tinte chiare, sia per il capello sia per il nylon. Questa variabilità si deve esclusivamente alla natura strutturale del capello, e non a differenze nel processo di tintura o di misurazione. La valutazione della qualità del prodotto e della riproducibilità dell'applicazione tramite spettrofotometro, nonostante la sua natura quantitativa, può quindi risultare scarsamente affidabile a causa della dispersione luminosa caotica tipica dal capello. L'ispezione visiva da parte di personale esperto resta, in mancanza di alternative valide, l'approccio più affidabile.

5. BIBLIOGRAFIA

[1] Gray, H. *Anatomy of the human body*, 20th edn Philadelphia: Lea & Febiger. 1918.

[2] Rees JL. Genetics of Hair and Skin Color. *Annual Review of Genetics*. 2003;37(1):67-90.

[3] da França S, Dario M, Esteves V, Baby A, Velasco M. Types of Hair Dye and Their Mechanisms of Action. *Cosmetics*. 2015;2(2):110-126.

[4] Vaughn M, van Oorschot R, Baindur-Hudson S. Hair color measurement and variation. *American Journal of Physical Anthropology*. 2008;137(1):91-96.

[5] Bohren CF, Huffman DR. *Absorption and scattering of light by small particles*. John Wiley & Sons; 2008.

Il rilievo del colore in architettura: confronto fra nuove e vecchie metodologie.

Filippo Cherubini, Andrea Casini, Costanza Cucci, Marcello Picollo, Lorenzo Stefani

Istituto di Fisica applicata Nello Carrara del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR), Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), f.cherubini@ifac.cnr.it

Introduzione

In ambito architettonico il tema del rilievo del colore delle cortine edilizie risulta essere ancora un argomento aperto a grandi dibattiti, poiché il rilievo del colore stesso risulta essere un problema di non semplice soluzione.
Nel tempo si sono consolidate alcune metodologie di rilievo che però inglobano molteplici problematiche ancora irrisolte [1]. Inoltre ormai da anni non assistiamo a nessun ulteriore sviluppo di nuove tecnologie o di ricerche dedicate che possono rendere più agevole il rilievo del colore delle cortine edilizie e che possano avere la capacità di fornire dati oggettivi sui dati acquisti.

Per il rilievo del colore le metodologie ormai consolidate ed utilizzate da tecnici e professionisti sono essenzialmente tre:

- rilievo del colore con mazzetta colore;
- rilievo del colore con campionamento del colore da foto digitali;
- rilievo del colore con spettrofotometro portatile.

Motivazioni della ricerca

Tali metodologie, e le relative strumentazioni associate, comportano svariate problematiche durante la campagna di rilievo del colore, che possono essere brevemente riassunte in:

- soggettività nella percezione del colore (mazzetta colore);
- diverse condizioni atmosferiche e di luce durante la campagna di rilievo (mazzetta colore e fotografie digitali);
- difficoltà di rilevare il colore a causa delle caratteristiche intrinseche del materiale (mazzetta colore, spettrofotometro e fotografie digitali);
- impossibilità di rilevare direttamente il colore (mazzetta colore e spettrofotometro);
- errato campionamento del colore su scatto fotografico (mazzetta colore e fotografie digitali).

Appare quindi evidente e necessario trovare un metodo scientifico che possa compensare e/o risolvere le problematiche sopra citate.
Tra le possibili metodologie che consentano un rilievo areale a distanza, l'impiego di un sistema di spettroscopia a immagine, capace di associare un'informazione spettrale ad ogni pixel dell'area rilevata, potrebbe essere lo strumento adatto a questo scopo.
Dalla fine del 2017 è presente in commercio una nuova camera iperspettrale, Specim IQ, che opera nell'intervallo 400-1000 nm con risoluzione spettrale di 7 nm [2,3]. L'estrema compattezza dello strumento, la sua facilità d'uso e l'innovativa interfaccia software per la visualizzazione e l'elaborazione dei dati in tempo reale ne suggeriscono la possibilità d'uso per lo studio di manufatti artistici e superfici architettoniche in situ.

L'obiettivo che ci siamo posti è stato quello di condurre una campagna di rilievo del colore, in questa fase preparatoria su un numero limitato e selezionato di cortine edilizie, campionando i dati ottenuti con tutti i sistemi di rilievo ad oggi conosciuti (rilievo diretto con mazzetta colori, colorimetro, scatto fotografico/campionamento digitale e, infine, quello proposto con camera spettroscopica) e confrontarli fra di loro al fine di valutare se la metodologia proposta possa essere considerata una valida alternativa a quelle classiche.

Tecniche adottate (pro e contro)
Le varie tecniche adottate hanno ciascuna i propri pro e contro che possono essere riassunti nella seguente tabella:

TENICA	PRO	CONTRO
mazzetta colore	- se il tecnico è competente il rilievo viene effettuato correttamente;	- limitato numero di colori; - se mazzetta proprietaria difficoltà nel convertire i colori; - necessario un tecnico preparato; - difficoltà a misurare i colori di tutta una facciata;
foto digitale	- possibilità di rilevare i colori di tutta una facciata;	- tempo atmosferico; - difficile calibrazione del colore.
spettrofotometro	- dati oggettivi; - velocità nel prelievo;	- difficoltà a misurare i colori di tutta una facciata; - possibilità di campionare un colore sbagliato.
camera IQ	- possibilità di rilevare i colori di tutta una facciata; - dati oggettivi; - tempo atmosferico indifferente;	- bassa risoluzione del dispositivo; - tempi di acquisizione dati da pochi secondi a minuti.

Parte operativa

Le misure sono state acquisite in Piazza Santa Croce, nel cuore del centro storico della città di Firenze. Questa piazza è stata selezionata in base ad alcuni fattori, quali il riconosciuto livello di valore architettonico, la sua centralità rispetto al centro storico vincolato UNESCO, e infine la possibilità di poter effettuare rilievi con la camera IQ da opportune distanze rispetto alla cortina edilizia oggetto di studio.
La strumentazione utilizzata è stata la seguente:

- mazzetta colori proprietaria con circa 4000 colori a disposizione [4];
- spettrofotometro Konica-Minolta modello CM700d [5];
- macchina fotografica reflex Nikon D600;
- camera Specim IQ [2];

La giornata si presentava con un tempo atmosferico prevalentemente nuvoloso, le ombre non erano proiettate sulle facciate e i colori risultavano uniformi nel loro insieme.

Il primo rilievo colore è stato effettuato con la mazzetta colori ed è proceduto con estrema lentezza, causata dalla difficile gestione e confronto con i colori in possesso e quelli reali. Le difficoltà maggiori, come di consuetudine, si sono avute con le pietre ed i legni, ma anche con alcune cornici grigie che incorporavano nella tinta utilizzata alcune punte di blu: tali colori non erano contemplati nella mazzetta utilizzata. Inoltre, non è stato possibile rilevare colori oltre i 180/200 cm dal livello del marciapiede, limite massimo di confronto diretto per l'operatore con la mazzetta.
Le analisi sono state effettuate tenendo in considerazione, dove necessario e dove possibile, la sensazione del colore nel suo insieme, prendendo come riferimento punti specifici che l'operatore ha ritenuto opportuni.

Il secondo rilievo è stato effettuato con lo spettrofotometro CM700d. I colori campionati sono stati misurati nelle immediate vicinanze del colore raffrontato con la mazzetta, così da avere un preciso dato senza discostarsi troppo dal precedente punto di analisi.
Sono state effettuate 3 misure per ogni area analizzata, ogni volta riposizionando lo strumento sull'area analizzata, al fine di avere un valore medio del dato acquisito della campitura colore oggetto di studio.
Lo spettrofotometro campiona un'area di circa 0.50 cm^2 (diametro di 8 mm) e questo limita moltissimo il suo raggio di azione; lo strumento rileva un colore quasi "puntuale" e seppur fedele nell'oggettività dei suoi dati, non tiene conto della visione d'insieme della facciata come invece è percepita dall'occhio umano. Inoltre, vi è stato un caso in cui il rilievo del colore risulta completamente errato: da ciò si deduce che lo spettrofotometro ha misurato una superficie non omogenea e non corrispondente a quanto valutato con la mazzetta colori e misurato con le altre strumentazioni.

Il terzo rilievo è stato effettuato con scatti fotografici digitali. La giornata nuvolosa ha agevolato moltissimo questo tipo di operazione, poiché le facciate non erano illuminate direttamente e quindi la situazione risultava ideale. Appare evidente però che questo è anche il grande limite di tale rilievo: la totale dipendenza dalle condizioni climatiche limita temporalmente la possibilità di misurare il colore, sia che si tratti di un'unica facciata che nel caso di un esteso numero di cortine edilizie, e può essere causa di notevoli rallentamenti o perfino di impossibilità a procedere.
Inoltre, notiamo che è impossibile verificare immediatamente sul campo la qualità dei colori misurati (cioè se e quanto la luce solare abbia interferito con l'analisti strumentale): questo può rappresentare un ulteriore livello di difficoltà nell'utilizzo di questa tecnica.
Sono stati effettuati scatti sia utilizzando un punto di bianco come riferimento, sia alcuni scatti senza bianco di riferimento, così da aggiungere completezza alla tecnica utilizzata.
In tutti i casi, con la selezione dei colori a monitor, si è dovuto procedere ad omogenizzare le aree di colore "pixelando" la zona di campionamento: questa soluzione permette di evitare errori di selezione colore (spesso presenti quando si lavora con foto ad altissima risoluzione).

Il quarto e ultimo rilievo è stato effettuato con la camera iperspettrale Specim IQ [2,3]. Le acquisizioni hanno cercato di inglobare tutta la facciata dell'edificio, così da avere la possibilità di calcolare i colori anche nelle zone non raggiungibili direttamente con mazzetta colori o spettrofotometro. Le misure sono state effettuate utilizzando un riferimento bianco appositamente realizzato che era stato precedentemente valutato in laboratorio.
La principale problematica riscontrata in questo caso è relativa alla bassa risoluzione spaziale delle misure acquisite con tale strumentazione.

Risultati

I risultati ottenuti dal raffronto di queste quattro tipologie di rilievo colore sono comunque estremamente incoraggianti.

I valori colorimetrici ottenuti dalle diverse metodologie impiegate sono riportati in tabella 1. Per comodità, partendo dai dati originali, tutti i colori sono stati convertiti in sRGB attraverso l'utilizzo di uno specifico software di conversione.

I dati presi in considerazione per un confronto prettamente scientifico sono stati solo quelli acquisiti dalla camera IQ e dallo spettrofotometro.
In considerazione di questa premessa è possibile constatare che i colori calcolati mediante le due tipologie di strumentazione sono assimilabili fra loro, con poche o marginali discrepanze, a eccezione di un caso in cui il colore campionato dallo spettrofotometro è completamente sbagliato. Questo fatto

potrebbe essere correlato con un incorretto posizionamento dello spettrofotometro o a una disomogeneità cromatica a livello millimetrico dell'area considerata.

Tabella 1. Valori colorimetrici ottenuti dalle diverse metodologie di rilievo colore utilizzate.

COLORIMETRO	CAMERA IQ	MAZZETTA	FOTO DIGITALE	NOTE
220.187.146	215.187.152	226.200.165	234.228.212	
165.156.143	177.168.156	173.172.169	170.179.190	
151.134.107	177.161.135	195.173.144	169.165.151	
140.88.74	146.97.71	161.91.39	131.68.32	
161.151.134	165.153.133	174.174.173	118.125.133	
182.175.167	179.176.172	187.187.185	181.196.213	
142.130.107	113.72.54	132.73.29	83.39.19	
101.66.63	220.183.141	237.198.153	223.202.169	
110.89.81	105.86.83	126.106.98	128.105.92	
228.216.202	246.229.206	247.232.215	247.237.226	foto con bianco
178.163.142	195.180.162	204.188.166	206.197.188	foto con bianco
89.64.60	91.65.63	114.77.62	74.47.45	foto con bianco
152.149.139	165.163.157	133.134.133	178.181.184	foto con bianco
184.169.147	185.173.160	173.159.142	129.128.124	

Le maggiori difformità sono dovute alla bassa risoluzione spaziale del dispositivo IQ, che ha impedito di calcolare il colore nel medesimo punto esatto dove era stato misurato con lo spettrofotometro. A causa della bassa risoluzione dello strumento, e della distanza tra la camera e la superficie analizzata, il calcolo del colore è stato effettuato su un'area più vasta (pressoché uniformata con i colori prossimi al punto dei precedenti rilievi) invece che su superficie più puntuale come avvenuto nelle precedenti rilevazioni.
Sono stati esclusi da questo confronto le misure effettuate con mazzetta colore e fotografia digitale poiché troppo soggette a variabili esterne ed a possibili errori dell'operatore.
Resta comunque importante notare che anche questi risultati sono fra loro sovrapponibili se comparati con quelli dello spettrofotometro e della camera IQ; questo dato conferma indirettamente la bontà della possibile applicazione della strumentazione della camera IQ in ambiente di rilievo del colore architettonico.

Ulteriori indagini e analisi di approfondimento devono essere comunque fatte in merito.

References

[1]. Centauro A. G., Grandin N. C., Restauro del colore in architettura dal piano al progetto, Firenze, Pacini Editore, 2013
[2]. C. Cucci, A. Casini, L. Stefani, M. Picollo, J. Jussila, Bridging research with innovative products: a compact hyperspectral camera for investigating artworks: a feasibility study Proc. SPIE Vol. 10331, Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VI, Luca Pezzati; Piotr Targowski (Eds.), 1033106-1, June 28, 2017.
[3]. C. Cucci, A. Casini, F. Cherubini, M. Poggesi, L. Stefani, M. Picollo, Potentialities of reflectance hyperspectral imaging technique in the field of architecture, in Colour and Colorimetry Multidisciplinary Contributions, Vol. XIV B, Edited by V. Marchiafava and L. Luzzatto, Proceedings 14th Conferenza del Colore, Firenze 11-12 September 2018, pp. 155-166.
[4]. https://www.sikkens.it/colori/color_concept_4041
[5]. www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/color/pdf/cm-700d_instruction_ita.pdf

FORMA E APPARENZA: IL COLORE STRUTTURALE

Giorgio Buratti[1]; Michela Rossi [1]
[1]Politecnico di Milano

1. Introduzione

La natura è sempre stata il principale modello di riferimento per gli artefatti umani, dal disegno dell'ornamento alle forme strutturali e meccaniche, sino ai principi dinamici di interazioni e trasformazioni. Lo studio consapevole dei processi biologici si dimostra importante anche nello studio del colore. Come effetto di una percezione sensoriale questo è una risposta psicofisiologica del cervello umano ad una serie di stimoli indotti, per tramite dell'occhio, dall'interazione della luce con la materia, ma il fenomeno oggettivo viene indagato nella sua doppia natura fisica, legata rispettivamente alla risposta delle superfici alla luce e alla composizione dei pigmenti che le caratterizzano.
Dal punto di vista fisico è noto che un oggetto appare colorato solo in presenza di luce, perché la superficie assorbe selettivamente determinate fasce di lunghezza d'onda, riflettendo il resto per la presenza di pigmenti che influenzano la lunghezza d'onda risultante in base alle proprie caratteristiche fisiche, chimiche o morfologiche. Sebbene diffusa, la pigmentazione non è però l'unica possibilità di ottenere il colore in natura. Negli organismi viventi esistono altri due fenomeni capaci di produrre colore: la *bio-luminescenza*, ovvero la capacità di alcuni organismi viventi di produrre energia sotto forma di radiazione luminosa, e il *colore strutturale*, legato all'interazione tra la natura elettromagnetica della luce e la micro-struttura del materiale illuminato. Le mutevoli sfumature delle penne degli uccelli, l'iridescenza delle ali di alcune farfalle come la *Parides sesostris* e la *C. Rubi,* o i colori estremamente vivi della conchiglia *Haliotis glabra* attirano da secoli l'interesse degli studiosi. Negli ultimi anni si è assistito ad una rinnovata attenzione grazie all'evoluzione della nanotecnologia e di processi tecnologici capaci di controllare la materia nell'ordine del nanometro, la scala dimensionale a cui si origina il colore strutturale, ed alla possibilità di promettenti ed innovative ricadute in svariati settori tecnologici e progettuali.
Il punto di partenza della ricerca è la comprensione delle strutture altamente organizzate che danno origine al colore strutturale indagando il rapporto tra la geometria e i fenomeni luminosi di interferenza, diffrazione e diffusione dai quali dipende. Lo scritto approfondisce le relazioni formali tra materiale e colore, indagando alcune determinanti della nuova *"geometria del colore"*, capace di conferire a materiali e artefatti proprietà ottiche e funzionali interessanti come luminosità, direzionalità o iridescenza.

2. Rassegna storica

Da un punto di vista evolutivo, il colore compare 515 milioni di anni fa in seguito alla mutazione dell'apparato visivo di alcuni organismi marini che da semplici fotorecettori che non consentono di formare un'immagine, sviluppano un nuovo organo: l'occhio. Il colore quindi non è più una mutazione spontanea selettivamente neutra, ma diventa un potente mezzo nelle dinamiche di predazione e di riproduzione che influenzerà l'evoluzione delle forme viventi[1].
L'interesse suscitato storicamente nei ricercatori è giustificato anche dall'appariscenza del fenomeno: il colore strutturale infatti è caratterizzato da colori vivaci, dall'aspetto metallico o fortemente iridescente, nettamente distinguibili dalle altre tinte esistenti in natura.
Probabilmente la prima descrizione scientifica è quella dello scienziato inglese Robert Hooke[2] nel suo trattato *Micrographia*[3], scritto nel 1665. Nel testo Hooke, esamina le brillanti penne del pavone e del germano reale definendole "fantastiche", anche perché una volta bagnate le piume perdono l'iridescenza. Hooke si servì del microscopio, inventato da poco, grazie a cui osservò che le piume erano coperte da piccole increspature. Ipotizzò così che queste microscopiche strutture potessero essere responsabili dei colori iridescenti.
Benché anche Newton affermi in *Opticks* che i colori iridescenti del pavone derivino da peculiarità delle piume, bisogna attendere l'istituzione della teoria elettromagnetica di Maxwell nel 1873 e lo studio sperimentale delle onde elettromagnetiche di Hertz del 1884, per un ulteriore sviluppo scientifico nella ricerca sui colori strutturali. La scoperta di proprietà fondamentali della luce quali la riflessione, la rifrazione e i principi della polarizzazione, porta ad una maggior comprensione del fenomeno e alla trattazione quantitativa del problema. Oltre a promuovere nuove scoperte questi principi innescano anche un conflitto significativo tra i sostenitori del "colore pigmentario " e i sostenitori del "colore strutturale", che dividerà per decenni il mondo della fisica in due opposte fazioni.

Nei primi anni del 1900, l'ipotesi più diffusa nel mondo scientifico è quella proposto da Walter[4] basata sulla convinzione che l'iridescenza del colore sia dovuta alla banda di assorbimento[5] dei pigmenti superficiali che riflettono e polarizzano il raggio luminoso incidente. L'idea è successivamente appoggiata da Michelson che conduce esperimenti sulla riflessione ed esamina i colori metallici di alcuni scarabei e farfalle concludendo che sono dovuti ad uno strato pigmentario estremamente sottile.
Nel 1917, Lord Rayleigh scrive l'equazione che descrive le proprietà di riflessione di un mezzo stratificato usando la teoria dell'elettromagnetismo[6], intuendo che possa essere il principio corretto per spiegare la particolare colorazione cangiante di alcuni uccelli ed insetti. Negli anni successivi lo scienziato analizza le ricerche disponibili sul tema, arrivando a stabilire per primo che i colori che mutano al variare dell'incidenza della luce non sono dovuti all'azione dei pigmenti coloranti, ma dipendono da fenomeni di interferenza dovuti alle sottili stratificazioni che caratterizzano la morfologia delle piume e degli esoscheletri.
L'esperienza di Lord Rayleigh incoraggia negli anni successivi molteplici studi tesi a spiegare la relazione tra colori metallici e iridescenti e le microstrutture che li originano: Onslow, analizza al microscopio più di 50 animali iridescenti; Merritt misura gli spettri di riflessione dei colori della farfalla *Morpho* e li interpreta in termini di interferenza da lamina sottile; Mason conduce indagini minuziose su vari tipi di colori strutturali appoggiando la teoria dell'interferenza. Questi studi pongono fine alla diatriba confermando il le game tra interferenza e microstruttura della superficie come l'origine del colore strutturale. Nel 1931 l'invenzione del microscopio elettronico consente di esaminare a livello nanometrico le strutture biologiche che originano il fenomeno ed indagarne i principi fisici. Grazie al nuovo strumento nei decenni successivi sarà prodotta un'enorme mole di dati, provenienti soprattutto da ricerche in ambito biologico, che identificano diverse manifestazione del colore strutturale, (tralasciando il mondo minerale e vegetale) nelle ali di alcune specie di farfalle, nell'esoscheletro dei coleotteri, in varie famiglie di pesci e cefalopodi, nel guscio di alcune conchiglie e nel piumaggio di molti uccelli. Curiosamente, nonostante i progressi e la continua scoperta di nuove microstrutture, l'interpretazione del fenomeno non è sostanzialmente progredita nel corso del '900 da quando Lord Rayleigh propose la teoria dell'interferenza.
Solo sul finire del secolo e con l'avvento del nuovo millennio, i colori strutturali sono stati oggetto di studi approfonditi poiché l'interesse per una possibile applicazione è cresciuto rapidamente in molti campi industriali. Le recenti ricerche hanno constato che la sola teoria dell' interferenza non basta a spiegare la molteplicità di effetti visibili in natura, identificando quattro processi ottici fondamentali (e loro combinazioni) come responsabili del fenomeno: 1) Interferenza in lamina sottile, 2) interferenza multistrato, 3) Reticolo di diffrazione e 4) Cristalli fotonici. Viste le similitudini i primi due casi saranno trattati congiuntamente.

3. Processi fisici del colore strutturale

3.1 Interferenza

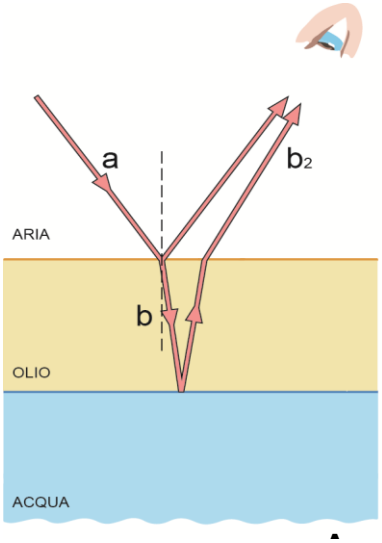
L'interferenza da film sottili è una delle cause del colori strutturali più semplici e comuni in natura, osservabile quotidianamente in una bolla di sapone oppure in una macchia d'olio sull'acqua. In figura 1 sono schematizzati due mezzi con diverso indice di rifrazione sui quali incide un fascio di luce monocromatica. Nel punto d'incidenza si hanno due raggi luminosi: il raggio riflesso a e il raggio rifratto ***b*** che attraversa il primo mezzo, sino ad incontrare l'interfaccia col secondo mezzo ed originare un ulteriore raggio riflesso $\boldsymbol{b_2}$ che torna a propagarsi nell'aria. A seconda delle caratteristiche dei due mezzi le onde luminose ***a*** e ***b*** possono interferire fra loro, sovrapponendosi. Se c'è concordanza di fase, per il principio di sovrapposizione, le onde si rinforzano a vicenda intensificando l'intensità luminosa per interferenza costruttiva; se in opposizione di fase si annullano a vicenda, cioè si ha interferenza distruttiva. In condizioni naturali i due mezzi, solitamente per l'azione del vento o della forza di gravità, mutano lo spessore e\o la geometria. Forme e spessori che provocano l'interferenza distruttiva di una particolare lunghezza d'onda eliminano dalla luce riflessa solo quel colore, ma poiché lo spessore della lamina è disomogeneo e mutevole, punti diversi annullano colori diversi, creando l'effetto di iridescenza (Fig.1). Analogamente dove l'interferenza è costruttiva la brillantezza del colore aumenta. Il fenomeno è motivato anche dal variare dell'angolo visuale, poiché lo spostamento del ricettore altera il percorso dei raggi interferenti.
L'interferenza multi-film segue gli stessi principi, ma il numero di mezzi che interagiscono con il raggio luminoso è maggiore. Le stratificazioni che determinano la riflettanza si possono presentare come (Fig.2):

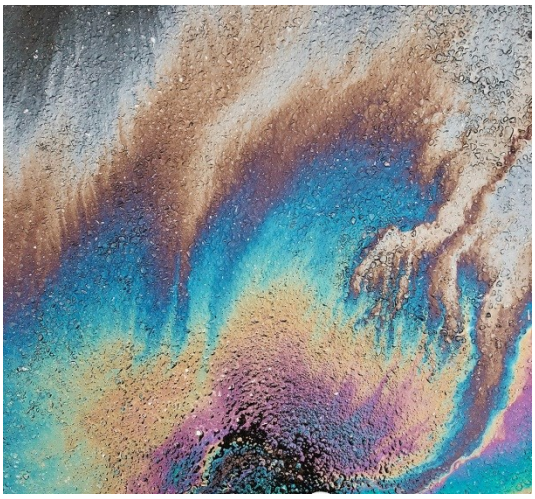
1. Multistrato periodico. I diversi gruppi stratificati sono ciascuno sintonizzato su una lunghezza d'onda diversa, corrispondente ad uno specifico colore.

2. Multistrato a variazione lineare. Lo spessore dei livelli, e di conseguenza la fase della lunghezza d'onda, diminuisce linearmente.

3. Stratificazione caotica. Dove non è riconoscibile alcuna regola per i diversi livelli.

Benché in linea teorica il fenomeno non sia molto diverso, l'esatta formulazione fisica della propagazione della luce è molto più complessa rispetto ai film sottili. L'equazione definita da Lord Rayleigh nel 1917 è oggi sostituita da matrici di trasferimento che permettono di gestire anche indici di rifrazione e spessori diversi e stratificazioni sprovviste di periodicità.
L'interferenza multistrato è anche classificata in relazione alla lunghezza di banda delle onde riflesse. A lunghezze di banda stretta corrispondono quei casi dove la stratificazione è data da pochi materiali diversi che riflettono intensamente una gamma ristretta di frequenze. Soprattutto se gli strati più profondi sono scuri queste morfologie originano colori molto intensi e definiti. I multi-layer a banda larga, d'altra parte, riflettono tutte o quasi tutti le lunghezze d'onda e sono associabili a colori metallici argentati o dorati.





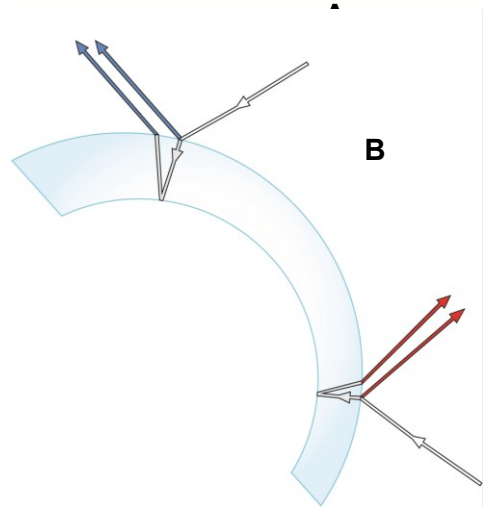


Fig. 1 – A Rappresentazione schematica di un fascio di luce incidente su un film sottile che galleggia sull'acqua. I raggi a e b giungono all'occhio dopo aver subìto riflessioni e rifrazioni.
B Quando sono illuminate dalla luce solare, le bolle di sapone appaiono colorate per gli effetti dell'interferenza: le zone più spesse appaiono blu, poiché le lunghezze d'onda più lunghe della luce rossa subiscono un'interferenza distruttiva. Le regioni più sottili appaiono rosse perché le lunghezze d'onda più corte della luce blu interferiscono distruttivamente.

3.2 L'Interferenza in natura

Tra i due fenomeni quello più diffuso nel mondo animale è l'interferenza multistrato, mentre l'interferenza da film sottile è meno comune, probabilmente perché sia la riflettività che la possibilità di selezione delle lunghezza d'onda sono generalmente basse.
Esempi d'interferenza da film sottile sono osservabili nelle ali trasparenti di mosche e di altri insetti a causa delle differenze di spessore nel profilo alare. Anche alcuni uccelli utilizzano l'interferenza da film sottile, il caso più conosciuto è probabilmente quello del piccione comune. È noto come le piume del collo di questo volatile mostrino caratteristiche ottiche insolite: le penne verdi (viola) situate sul collo, cambiano

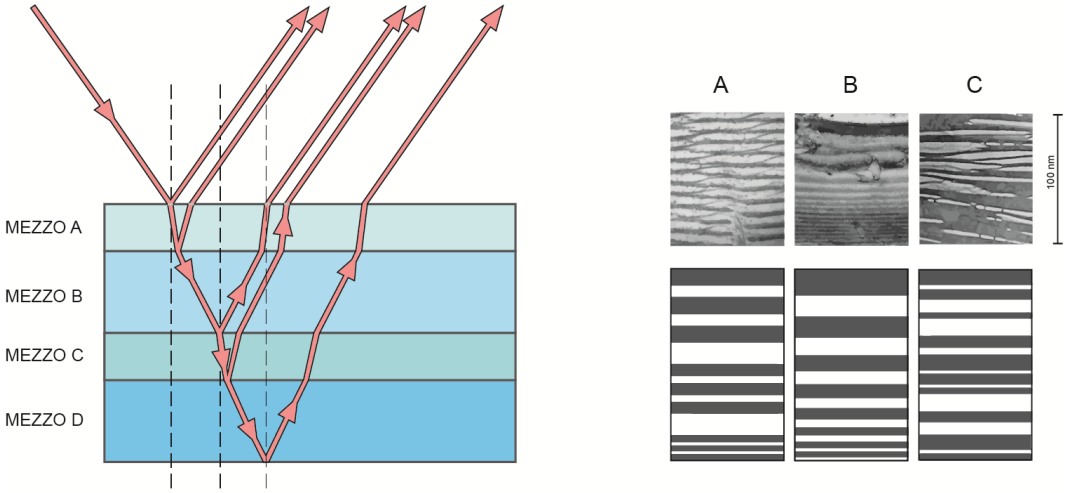


Fig. 2 – Interferenza multi-film. A destra, alcune strutture naturali rilevate al microscopio elettronico a scansione: A) Multistrato periodico dal carapace del granchio *Ovalipes Molleri*; B)Variazione lineare nel crostaceo *Danaella* e C) Multistrato caotico nelle squame dei pesci.

improvvisamente il colore in viola (verde) ad una leggera variazione dell'angolo visuale. Usando un microscopio nell'osservare le penne si notano nelle barbule dei granuli di melanina globulari addossati allo strato esterno della cuticola di cheratina. Siamo di fronte ad un caso particolare d'interferenza, noto come anelli di Newton, che non dipende dal rapporto tra le particelle e la lunghezza d'onda, ma dalla geometria dei corpuscoli stessi. Tra le strutture sferiche e la cuticola planare si forma infatti un cuneo d'aria che determina la variazione bicromatica. In molti casi la stratificazione è assistita da altre microstrutture, in una relazione sinergica che permette effetti ancora più spettacolari. Gli scarabei della famiglia *Buprestidae*, più noti come scarabei gioiello (Fig.3), arrivano a stratificare sino a 120 livelli melaninici nell'endocuticola[7], mentre l'esocuticula e caratterizzata da una struttura cristallina ordinata che contribuisce a selezionare le lunghezze di banda riflesse dal multi-layer, amplificando gli effetti metallici.

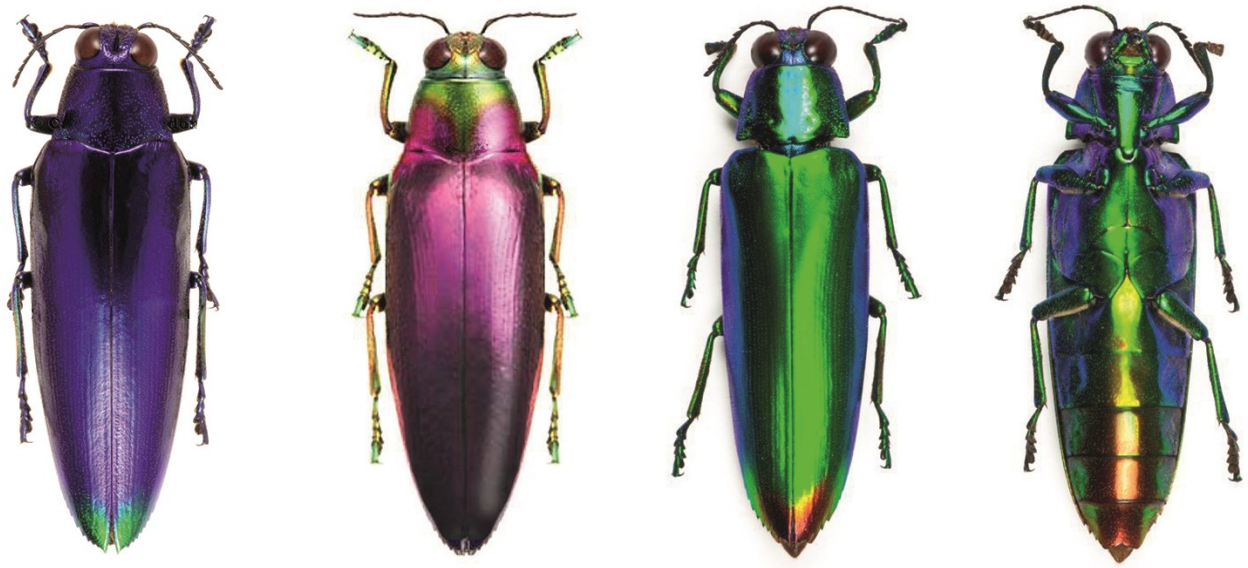


Fig. 3 – Colore strutturale per interferenza multistrato negli scarabei gioiello; da sinistra a destra: *Chrysochroa fulminans colbatina*, *Chrysochroa Fulminans Nishiyamai* e *Chrysochroa fulminans*

Il maschio della Paradisea dalle sei penne (*Parotia sefilata*) sfrutta le strutture stratificate in maniera ancora più ingegnosa. Le penne del petto di questo volatile hanno una morfologia convenzionale con barbe che si diramano da un calamo, a loro volta suddivise in barbule. Una sezione trasversale delle barbule al microscopio elettronico rivela però una particolare struttura a boomerang, composta da 15 strati paralleli di melanina[8] in una matrice cheratinica, compresi in un angolo di 120°.
Quando la barbula è inclinato di un angolo tra i 10° e gli 11°, il raggio luminoso incidente colpisce perpendicolarmente il multi-strato venendo in parte riflesso e in parte rifratto, generando così interferenza. L'angolo tra raggio incidente e raggio riflesso è 60°, a causa dell'inclinazione 30° della superficie superiore dei segmenti della barbula. La barbula agisce così come tre specchi distinti, ognuno dei quali riflette in una direzione diversa: se la luce incidente è naturale, nei pressi del vertice, in prossimità di una riflessione perfetta, si ottiene un'onda luminosa corrispondente al giallo-arancione, mentre sulle falde inclinate di 60° si riflette simmetricamente il colore blu. Tra questi due estremi, per variazioni angolari del raggio luminoso di circa 10°, sono comprese tutte le tonalità che contraddistinguono l'iridescenza che l'uccello ottiene inclinando le penne o al variare della posizione dell'osservatore (Fig. 4)

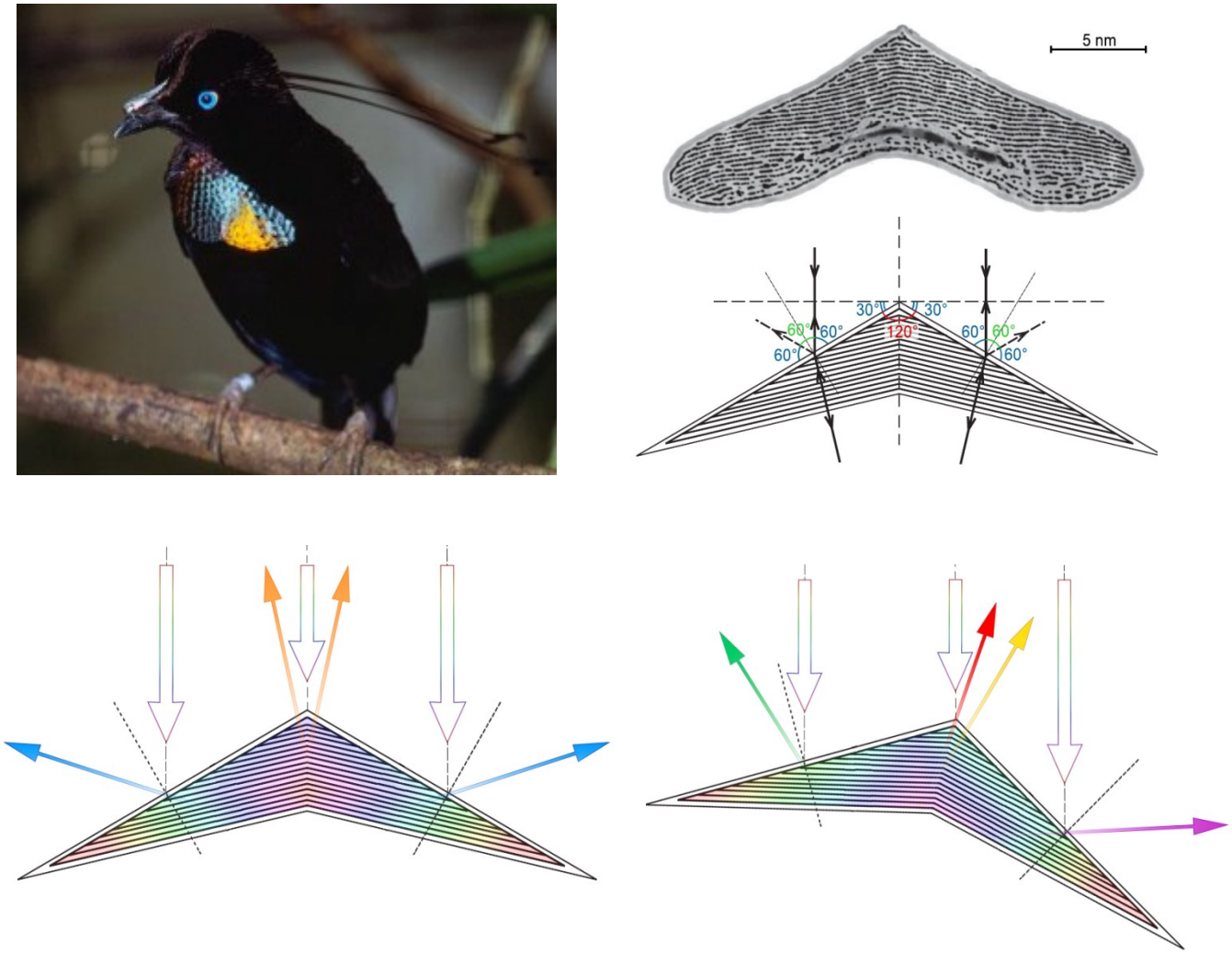


Fig. 4 – Schematizzazione dei principi di interferenza e riflessione che provocano l'iridescenza nel maschio di *Parotia sefilata.*

3.3 Reticoli di diffrazione

La diffrazione è una caratteristica generale dei fenomeni ondulatori che si manifesta ogni volta che un fronte d'onda investe un ostacolo o una fenditura di dimensioni comparabili alla lunghezza dell'onda stessa. La luce, caratterizzata da natura sia corpuscolare che ondulatoria, non sfugge a questo principio tant'è che un fascio luminoso coerente proiettato attraverso una singola fenditura molto sottile non illumina solo la regione dello schermo prospiciente l'apertura ma si propaga, in accordo col principio di Huygens-Fresne[9], a regioni dello schermo altrimenti in ombra. Ogni punto della fenditura si comporta infatti come se fosse una sorgente di onde circolari che interagiscono tra loro mediante interferenza, originando sullo schermo la

cosiddetta figura di diffrazione formata da frange chiare, dovute ad interferenza costruttiva, alternate a frange scure causate dall'interferenza distruttiva.

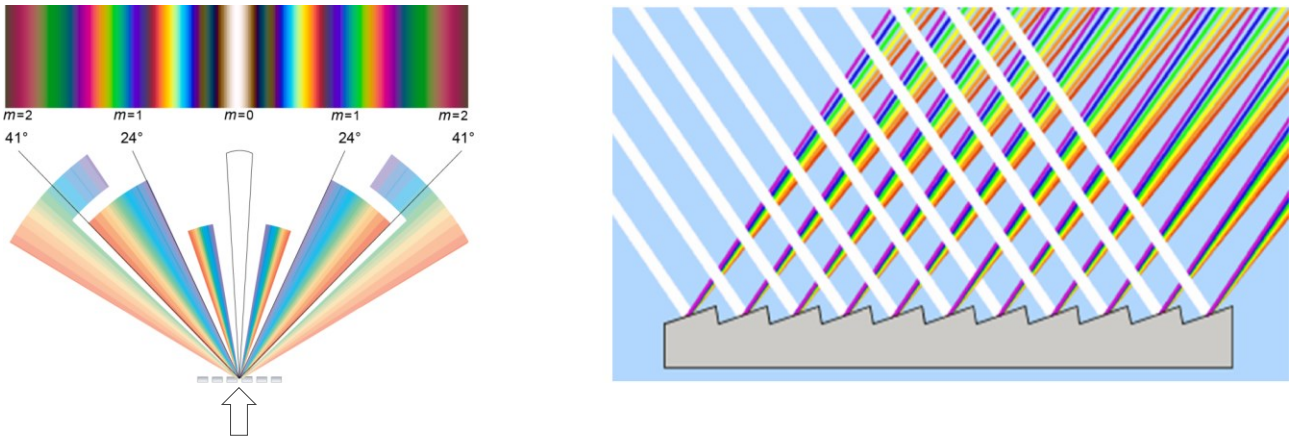


Fig. 5 – Quando la luce solare attraversa un reticolo di diffrazione, si forma un arcobaleno in corrispondenza di ogni massimo principale (m = 1, 2, 3, ...). Solo il massimo centrale (m = 0) è bianco. A destra reticolo di riflessione

Un reticolo di diffrazione consiste in una superficie caratterizzata da incisioni periodiche equispaziate nell'ordine di migliaia per cm. Quando illuminato da luce monocromatica, il reticolo produce su uno schermo una figura di diffrazione molto netta, in cui l'intensità luminosa è massima nella frangia centrale e diminuisce simmetricamente nelle frange laterali. Analogamente a quanto avviene nel caso del raggio passante per una singola fenditura, le bande luminose che hanno la massima intensità (dovuta all'interferenza costruttiva) sono dette frange principali o massimi principali, mentre le fasce scure (dovute a interferenza distruttiva) sono dette minimi. Benché i principi che regolano il comportamento dei due fenomeni siano gli stessi, un reticolo di diffrazione concentra e seleziona le lunghezze d'onda, producendo frange luminose più nette e definite di quelle ottenibili dal passaggio attraverso una fessura.
Se il reticolo interagisce con luce solare, in cui sono presenti tutti i colori, i massimi del primo ordine di ciascun colore si formano fra i 24° e i 41°, mentre si ha la dispersione dei colori su ciascun lato della banda centrale. Lo sfumarsi dei colori nelle varie frange dipende dal fatto che colori diversi corrispondono a lunghezze d'onda diverse, per cui in effetti ogni colore subisce una propria interferenza producendo le suddette sfumature (Fig.5).
Una superficie riflettente su cui sono incise linee parallele equispaziate e molto vicine fra loro funziona da reticolo di diffrazione, perché le incisioni si comportano come sorgenti coerenti. I reticoli a riflessione possono essere anche costituiti da piani riflettenti periodici, inclinati di un certo angolo, a creare una forma simili al profilo di una sega. La luce diffratta da ogni piano interferisce con quella diffratta da tutte le altre righe e solo quando tutti i contributi si sommano costruttivamente (in concordanza di fase) si ottiene un fascio riflesso. Esempi di reticoli a riflessione sono CD e DVD. Le informazioni sono memorizzate sulla superficie dei dischi mediante microscopiche incisioni, quando un fascio di luce bianca colpisce la superficie del disco i massimi principali dei colori sono riflessi con angoli diversi apparendo colorati a fasce.

3.4 Reticoli di diffrazione in natura

I reticoli di diffrazione sono piuttosto comuni negli invertebrati. La farfalla *Lamprolenis nitida* ha talmente perfezionato il processo da essere in grado di emettere due distinti modelli di iridescenza in diverse direzioni grazie alle microstrutture di una stessa scaglia. Oltre ad essere inclinate dello stesso angolo rispetto alla superficie alare, creando un piano di diffrazione, ogni singola scaglia presenta in sezione un profilo dentellato che la rende a sua volta un reticolo di diffrazione. A seconda dell'incidenza della luce naturale o del movimento dell'ala si ottengono quindi due effetti iridescenti caratterizzati da lunghezze d'onda diverse.
Uno degli esempi più conosciuti nel mondo scientifico di colore strutturale originato da un reticolo di diffrazione è quello di un altro lepidottero, la farfalla *Morpho*. Quella delle *Morpho* è una famiglia numerosa, che si suddivide in numerose sottospecie in cui il maschio sfoggia una straordinaria livrea blu metallico. Il colore dell'ala rimane di un blu costante per un *range* angolare piuttosto ampio, per poi improvvistamente mutare in viola superata una certa inclinazione. Inoltre se si osserva l'ala parallelamente alle nervature il colore blu svanisce all'improvviso e l'ala diventa nera.
Un comportamento così selettivo è abbastanza in contrasto con quanto osservato negli altri fenomeni naturali di iridescenza, il che giustifica i numerosi studi scientifici dedicati alle *Morpho.*

L’esame microscopico rivela come l’ala sia rivestita da due minuscoli tipi di scaglie: uno primo livello di forma slanciata e trasparente e un livello inferiore di forma rettangolare, che illuminato dalla luce naturale appare scuro. Aumentando la risoluzione a livello nanometrico delle strutture trasparenti, quelle che sembravano creste irregolari si rivelano elementi lamellari ordinati, costituiti da livelli alternati di cuticola ed aria, che disegnano una forma simile ad un albero di natale. (FIG)
Sono queste strutture a costituire il reticolo di diffrazione che genera il colore strutturale: la peculiarità della forma lamellare rende il fenomeno simile all’interferenza multistrato, orientando la risposta ottica verso il blu. La forma non basterebbe però a risolvere l’invarianza del colore entro un ampio *range* angolare. Studi recenti hanno chiarito che benché il reticolo di diffrazione sia la causa principale del fenomeno, lo spessore sottile delle lamelle associato all’irregolarità delle altezze delle strutture ad albero altera l’interferenza, trasformandola in parte in una riflessione diffusa. Poiché le strutture ad albero sono orientate nel senso delle nervature, un punto di osservazione parallelo alle stesse riduce fortemente l’effetto, consentendo la visione del secondo ordine di scaglie scure, che sembrano aver anche un ruolo nella “pulizia” delle lunghezze d’onda. È così spiegata la variazione al nero del colore dell’ala.
Riassumendo, lo spettacolare blu cangiante delle farfalle Morpho dipende dalle azioni combinata di interferenza, diffrazione e riflessione.

3.5 Cristalli fotonici

I cristalli[10] fotonici sono materiali in cui la nanostruttura è caratterizzate dall'alternanza di regioni periodiche a diversa costante dielettrica (quindi formati da diversi materiali o dall'avvicendamento di spazi vuoti e pieni), che agiscono da filtro selettore per onde elettromagnetiche di specifici intervalli di frequenza. Un cristallo fotonico può quindi agire sulla luce visibile, eliminando alcune frequenze[12] (*Photonic Band Gap*, PBG) mentre nel contempo può riflette e\o alterarne altre. Questa proprietà sono correlate a geometrie precise che consentono solo ad alcuni raggi, compresi in uno specifico intervallo di angoli, la trasmissione nel materiale, mentre i rimanenti o sono completamenti riflessi o dispersi all'interno della struttura stessa.
A seconda dell'orientamento cartesiano della periodicità si distinguono cristalli fotonici monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali. La differenza sostanziale consiste nel numero di dimensioni nel quale la struttura può controllare la luce.
Il caso più semplice di cristallo fotonico è la stratificazione multilayer, di cui si è precedentemente parlato, tipica nei materiali costituiti da diversi strati caratterizzati da indici di rifrazione differenti, dove il *band gap* è dato dall'interferenza distruttiva.
Nei cristalli fotonici bidimensionali la struttura è costituita solitamente da un reticolo quadrato periodico in due direzioni ed omogeneo nella terza. Il band gap fotonico è bidimensionale, attivo per un'onda incidente in qualunque direzione nel piano della periodicità x e nel piano y e dipende dai rapporti geometrici tra i diversi elementi del sistema quali la distanza, la dimensione delle unità periodiche e la disposizione.(Fig.7)
I cristalli fotonici tridimensionali sono strutture complesse ed estraneamente differenziate, in cui la relazione tra geometria e fenomeni luminosi sono quotidianamente studiati nei centri di ricerca di tutto il mondo. Queste strutture possono originare un gap completo in tutte le direzioni e modificare grandemente l'emissione spontanea. Sinora sono state scoperte diverse morfologie in grado di generare il colore strutturale:
1. *Yablonovite* (dal nome del suo creatore), il primo cristallo fotonico mai realizzato. Ottenuto perforando tre matrici di fori in un blocco di materiale ceramico dove ogni matrice è angolata di 35° rispetto alla verticale
2. Sfere impaccate in strutture cristalline.
3. *Woodpile* (letteralmente cataste di legna) Strutture reticolari tridimensionali.
4. TPMS, superfici minime a tripla simmetria. Superficie a curvatura media nulla che, inserite in un sistema periodico, costituiscono strutture prive di soluzione di continuità e intersezioni.

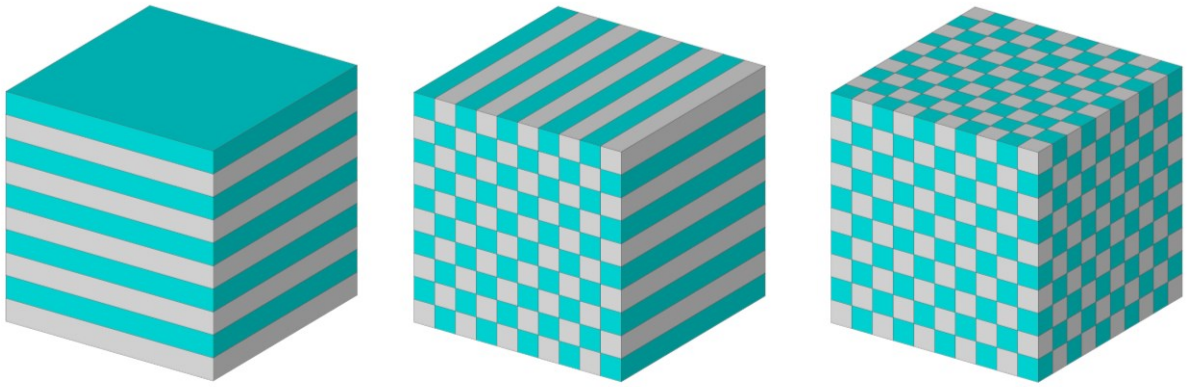


Fig. 7 – Periodicità nei cristalli fotonico: monodimensionale (1D); bidimensionale (2D) e tridimensionale (3D)

3.1 Cristalli fotonici in natura

Dal punto di vista scientifico i cristalli fotonici nei sistemi biologici sono stati "riscoperti". Sino alla pubblicazione nel 1987 dei lavori di E.Yablonovitch e S. John, i primi ricercatori ad utilizzare questa definizione, si riteneva che queste nanostrutture fossero realizzabili solo artificialmente. Dopo "l'invenzione" dei cristalli fotonici però sono stati scoperti in natura vari sistemi che devono le proprie proprietà ottiche ad una variazione periodica dell'indice di rifrazione, definibili quindi come cristalli fotonici naturali.
L'esempio più conosciuto storicamente è l'opale, una pietra sedimentaria composta da microsfere di silice e acqua nella quale, durante la sedimentazione, le sfere si impacchettano in una struttura periodica (cubica a facce centrate) tridimensionale.

Un esempio poco conosciuto al di fuori del mondo scientifico è *l'Aphrodita aculeata*, o topo marino, un mollusco presente anche nel Mediterraneo, il cui corpo presenta due serie laterali di setole dai vivissimi riflessi madreperlacei. L'iridescenza è attribuibile alle nano-struttura della peluria e degli aculei che assumono una colorazione rosso carminio se illuminati perpendicolarmente all'asse della fibra, mentre diversi angoli di incidenza provocano una dispersione delle diverse lunghezze d'onda in relazione alla direzione cristallografica.
L'inconfondibile livrea verde-blu metallico delle ali della farfalla Tecla del rovo (*Callophrys rubi*) è invece dovuta all'effetto selettivo di una TPMS basata sulla giroide, una delle strutture più complesse rilevate in natura, che amplifica le lunghezze d'onda tra il verde ed il blu creando gap di banda per tutte le altre. Oltre a creare una struttura leggera e resistente, la giroide influisce sulle proprietà ottiche complessive dell'ala rendendone il colore invariante rispetto all'angolo. Inizialmente attribuito ad un band gap fotonico completo il fenomeno è stato recentemente approfondito da ulteriori ricerche che hanno attribuito alla suddivisione dell'ala in microstrutture orientate diversamente la capacità di mantenere la stessa risposta ottica per diverse direzioni.

IMMAGINE DA COMPLETARE IN ATTESA DEI PERMESSI

4. Conclusioni

L' articolo ha indagato diversi casi di colore strutturale presente in natura spiegandone i processi fisici sottostanti. Lungi dall'essere un elenco esaustivo, questo lavoro raccoglie alcune delle scoperte più recenti ottenuti in diversi ambiti disciplinari nel tentativo di stabilire una tassonomia che classifichi i fenomeni ottici, le morfologie coinvolte e le nuance di colore ottenibili.
Nel corso di migliaia di anni di evoluzione, gli organismi viventi hanno imparato come manipolare la luce, utilizzando il colore strutturale per scopi fondamentali alla sopravvivenza quali la mimetizzazione, la comunicazione, la termoregolazione ed il comportamento riproduttivo. Parallelamente il colore strutturale ha avuto un ruolo anche per il genere umano: opali, perle, madreperla, piume e persino parti di insetti sono stati usati dagli albori della civiltà come ornamenti e decorazioni, ricchi di valori simbolici.
Esemplare in questo senso è la coppa di Licurgo, una coppa diatreta[13] di vetro di epoca romana. La coppa è costruita con vetro dicroico e mostra un colore diverso a seconda dell'incidenza luminosa variando dal rosso al verde. Il colore strutturale è dovuto a contaminazione del vetro con nanoparticelle di oro e argento, disperse in forma colloidale nel volume vetroso [14]. Il processo costruttivo utilizzato rimane però sconosciuto. È verosimile che l'effetto sia stato prodotto accidentalmente ed è probabile che non sia stato ben compreso o controllato nemmeno dagli artefici, data l'impossibilità delle tecnologie dell'epoca di controllare le microscopiche quantità necessarie e all'esiguo numero ritrovato di manufatti simili.

Oggi disponiamo di nanotecnologie capaci di controllare la materia su scala dimensionale nell'ordine del nanometro, che han reso possibile dei primi utilizzi del colore strutturale in diversi settori industriali: dalle applicazioni elettroniche e biomediche, ma anche nell'industria tessile, cosmetica, del packaging e della grafica.
In linea con queste pioneristiche applicazioni lo scopo di questo lavoro è una comprensione approfondita dell'origine del colore strutturale, intesa come primo step di una ricerca più ampia che permetta la traduzione di caratteristiche dei sistemi biologici in processi tecnologici e manufatti performanti e dotati di nuove proprietà.
In particolare, oltre agli effetti estetici, si vogliono approfondire ed utilizzare le seguenti potenzialità:

1 Il colore strutturale non è soggetto a degradazione, il colore rimane stabile nel tempo.
Un fattore di stupore per i ricercatori del tardo ottocento che studiarono lungamente il piumaggio degli uccelli tropicali fu che i colori sgargianti e iridescenti degli uccelli rimanevano tali, a dispetto dell'invecchiamento dei volatili, senza ingrigire. Ciò è dovuto al fatto che il colore strutturale non dipende dai pigmenti, per cui non è soggetto a degradazione fotochimiche o a rilascio del pigmento.

2 Il colore strutturale ha un sostenibilità ambientale maggiore dei colori pigmentari.
Oltre a essere potenzialmente tossici, la produzione e la gestione dei pigmenti è dispendiosa sia da un punto di vista economico che ambientale. Il colorante deve essere impiegato preferibilmente nella fase esterna di un'emulsione e deve essere verificata la sua compatibilità con altre sostanze, a cui spesso deve essere additivato. Considerando il solo settore tessile, per la produzione di 400 miliardi di metri quadrati di tessuto venduti ogni anno nel mondo, sono utilizzati nove trillioni di litri d'acqua, di cui 6 per il solo processo di colorazione, lavorazione che impiega globalmente 8000 sostanze chimiche diverse [15].

3 Il colore strutturale può favorire l'economia circolare facilitando il riutilizzo di materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi.
Le stesse proprietà fisiche che colorano il vetro di Licurgo potrebbero un giorno colorare materiali polimerici e\o di sintesi disponibili in commercio. Derivando dalle caratteristiche morfologiche del materiale e non dall'aggiunta di un pigmento che si lega alla struttura polimerica, rendendone difficoltosa la separazione, il materiale può essere fuso e rimodellato generando un artefatto con lo stesso o con un altro colore.

Negli ultimi dieci anni numerosi lavori[16] hanno indagato la microstrutture, i processi fisici e le promettenti proprietà del coloro strutturale sperimentando anche alcune tecniche di riproduzione del fenomeno a fini industriali. In generale si può parlare ancora di una fase esplorativa, dove la comprensione dei modelli naturali è tutt'altro che esaurita e dove i processi produttivi sono mutuati da altre settori tecnologici in grado di interagire con la materia a livello nanometrico quali l'elettronica, lo sviluppo de semiconduttori e le fibre ottiche. Pur promettenti, queste tecnologie riducono l'applicazione del colore strutturale ad una dimensione statica, dove il risultato dell'interazione tra luce e microstrutture non è controllabile.
L'avanzamento di questa ricerca, oltre ad indagare la compatibilità tra morfologie che originano il colore strutturale e le tecnologie produttive, studierà i recenti progressi in campo teorico e applicativo dei metamateriali, ovvero quelle sostanze le cui proprietà non dipendono dalla composizione chimica, ma dalla geometria dei loro costituenti fondamentali e che pertanto possono essere modificate, cambiando il comportamento del materiale stesso.
L'ipotesi è che un'opportuna progettazione della geometria interna di queste sostanze permetta il controllo e la selezione dell'interazione con la radiazione luminosa, consentendo un controllo dinamico del colore strutturale che apra a nuove applicazioni.

References

[1] A.Parker *In un batter d'occhio. La causa del più spettacolare evento nella storia della vita*, Zanichelli, 2005.

[2] Robert Hooke (1635 –1703) è stato un fisico, biologo, geologo e architetto inglese, una delle figure chiave della rivoluzione scientifica. I risultati di Hooke come perfezionatore di microscopi e telescopi si accompagnarono a indagini di grande importanza sulla scienza dell'ottica, che costituirono uno dei motivi di scontro con Newton. Mentre infatti Newton difese per tutta la vita la sua teoria corpuscolare dell'ottica, Hooke fu uno dei fondatori dell'ottica ondulatoria, grazie agli studi sui fenomeni di diffrazione e interferenza.

[3] R. Hooke, *Micrographia*, ristampato da Dover Publications, Inc., New York, 2003.

[4] B. Walter, *Die Oberflachen-oder Schillerfarben*, Braunschweig, 1895.

[5] La banda di assorbimento è l'intervallo di lunghezze d'onda (o frequenze) dello spettro elettromagnetico nel quale l'energia raggiante è assorbita dal mezzo attraversato. Ad esempio la radiazione solare nel suo tragitto dal sole alla superficie terrestre, attraversando l'atmosfera, viene attenuata dalla presenza dei diversi componenti dell'atmosfera caratterizzati da una specifica banda di assorbimento.

[6] Lord Rayleigh 1917 Proc. R. Soc. Lond. A 93 565–77.

John William Strutt, 3º barone di Rayleigh (1842 –1919) è stato un fisico britannico. Premio Nobel 1904. Fondamentali i suoi studi sulla diffusione della luce, con la determinazione dello *Scattering Rayleigh*, e sulla natura dei colori, grazie alla costruzione di un prisma che da lui prende il nome di Prisma di Rayleigh.

[7] Negli insetti il tegumento è costituito da uno strato di cellule epidermiche secernenti, in superficie, una cuticola formata a sua volta da uno strato interno, chitinoso e flessibile (endocuticola), e da uno esterno (esocuticola) al quale la presenza di proteine sclerotizzate conferisce particolare solidità.

[8] In molti casi di piumaggio iridescente le barbule appiattite contengono melanina e sono rivestite in superficie da uno strato di cheratina trasparente. La melanina ha un altissimo indice di rifrazione, maggiore di quello della cheratina circostante. È opinione corrente che i colori iridescenti sono causati dall'interferenza che si crea nello strato esterno di cheratina delle barbule e che la melanina serve semplicemente a purificare i colori inibendo la riflessione di luci parassite, anche se per mostre strutture scoperte sembrano entrare in gioco altri meccanismi che non sono stai ancora completamente chiariti.

[9] Ogni punto di un fronte d'onda si comporta a sua volta come una sorgente secondaria di onde sferiche con la stessa frequenza della primaria: la forma con cui evolve il fronte d'onda originario è data dalla sovrapposizione dei singoli fronti d'onda secondari, compatibilmente con gli eventuali ostacoli presenti.

[10] In fisica con il termine cristallo si intende una struttura solida composta da atomi, molecole o ioni disposti periodicamente a formare un reticolo, il quale possiede una geometria ben ordinata e regolare in tutte le direzioni.

[11] La costante dielettrica, indicata con il simbolo ε, è una grandezza fisica che quantifica la propensione di una sostanza a contrastare l'intensità di un campo elettromagnetico con cui entra in relazione.

[12] Il band gap fotonico è un determinato intervallo di lunghezze d'onda che non possono propagarsi all'interno del cristallo fotonico.

[13] La coppa diatreta è un contenitore in vetro romano, diffusosi intorno al IV secolo circa, consistente in un contenitore interno (il bicchiere vero e proprio) e da una gabbia decorativa esterno separato dal corpo della coppa, al quale resta fissato tramite supporti.

[14] Poiché le dimensioni delle nanoparticelle si avvicinano alla dimensione della lunghezza d'onda della luce visibile, originano un effetto di risonanza plasmonica. I plasmoni di superficie sono oscillazione di elettroni che si propagano in direzione parallela all'interfaccia metallo/dielettrico (o metallo/vuoto).

[15] A. Scott, Chemical and Engineering News, Volume 93 Issue 41, pp. 18-19, 2015:http://cen.acs.org/articles/93/i41/*Cutting-Textile-Pollution*.html

[16] - M. Kolle, *Photonic Structures Inspired by Nature*, Springer Theses, Springer-Verlag, Heidlberg, Germany, 2011

- K. Chung, S. Yu, C. Heo, J. W. Shim, S. Yang, M. G. Han, H. Lee, Y. Jin, S. Y. Lee, N. Park and J. H. Shin, *Flexible, angle-independent, structural color reflectors inspired by morpho butterfly wings*, Adv. Mater., 2012, 24, 2375–2379.

- K. L. Yu, T. X. Fan, S. Lou and D. Zhang, Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light, Prog. Mater. Sci., 2013, 58, 825–873.

- J. P. Vigneron and P. Simonis, *Natural photonic crystals*, Phys. B, 2012, 20, 4032–4036.

- J. Sun, B. Bhushan, J.Tonga, *Structural coloration in nature,* RCS advanced - Journal of The Royal Society of Chemistry, pag 4862–14889, 2013S.

- Kinoshita, S. Yoshioka and J. Miyazaki, *Physics of structural colors*, Rep. Prog. Phys., 2008, 71, 076401.

- S. Kinoshita, *Structural colors in the realm of nature*, World Scientific Publishing Co., Singapore, 2008.

- Saito, A. et al. In Bioinspiration, Biomimetics, And Bioreplication 2012 Vol. 8339 Proceedings of SPIE (eds A. Lakhtakia & R. J.MartinPalma) (2012).

2. Colore e Digitale

Ruolo del colore nello sviluppo di un sistema automatico per l'analisi di immagini istologiche di tessuto tumorale.

Elena Casiraghi[1], Barbara Vergani[2], Barbara Rita Barricelli[1], Simone Liberini[1], Biagio Eugenio Leone[2], Alessandro Rizzi[1]
[1]Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Informatica, Via Celoria 18, Milano
[2]Università degli Studi Milano-Bicocca, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Via Cadore 48, Monza

1. Introduzione

Per la valutazione dell'aggressività tumorale, gli esperti anatomopatologi spesso si concentrano sull'analisi visiva di immagini immunoistochimiche ad alta risoluzione, in cui le proteine di interesse vengono visualizzate attraverso specifiche colorazioni sfruttando il principio degli anticorpi colorati che si legano specificamente agli antigeni nei tessuti biologici. In particolare, l'espressione della proteina umana Ki67 (pKi67) è strettamente associata alla proliferazione cellulare [1].

Essendo associato all'attività proliferativa delle popolazioni cellulari, il pKi67 è oggi utilizzato come marker di aggressività del tumore [2]; per tal motivo, diversi studi hanno già dimostrato l'utilità della sua quantificazione nella valutazione prognostica e predittiva di diversi tipi di tumori. Più precisamente, l'espressione di pKi67 nelle aree del tessuto canceroso è quantificata dal cosiddetto indice Ki67 (Ki67-index), cioè la percentuale di nuclei tumorali positivi per pKi67 su tutti i nuclei tumorali. Gli esperti clinici lo stimano in modo visivo contando i nuclei positivi e negativi attraverso un'attenta osservazione di immagini istochimiche in cui le cellule sono marcate attraverso appositi coloranti. Sebbene alcuni protocolli di conteggio dei nuclei siano stati definiti in letteratura medica [3], molte ricerche hanno dimostrato che l'indice Ki67 è uno dei più difficili da calcolare [4]. In effetti, l'ispezione visiva è un compito laborioso, dispendioso in termini di tempo, e che produce stime non ripetibili, non accurate, e influenzate da elevata variabilità inter- e intra-osservatore [5]; questo fallimento è probabilmente dovuto all'enorme dimensione delle immagini del tessuto trattato, le quali non possono essere analizzate in modo esaustivo dagli esperti a causa del loro tempo limitato. Di conseguenza, nella routine clinica, l'indice Ki67 viene molto raramente misurato applicando i protocolli di conteggio noti in letteratura [22], ma viene valutato visivamente osservando l'espressione di pKi67 in un numero limitato di sotto-immagini ritagliate dall'immagine principale e facendo la media dei risultati.

L'avvento e la proliferazione di scanner digitali che producono immagini ad elevata dimensione e risoluzione, e il continuo aumento della potenza computazionale, uniti ai progressi sostanziali nel campo dell'elaborazione delle immagini digitali e del riconoscimento dei pattern, motivano l'incremento dei lavori di ricerca dedicati allo sviluppo di sistemi CAD (Computer Aided Diagnosis) che coadiuvano i patologi durante l'analisi di immagini immunoistochimiche (IHC) [6]. Recensioni come quelle presentate nei lavori [7][8] sono la prova del continuo e crescente interesse nello sviluppo di sistemi CAD che analizzino immagini istologiche per identificare e contare i nuclei marcati con colorazioni specifiche. Inoltre, studi specificamente focalizzati alla segmentazione di pKi67 e alla stima del Ki67-index [9]-[11] evidenziano la necessità clinica di un sistema automatizzato che fornisca una stima accurata, ripetibile e affidabile. Sfortunatamente, nonostante il grande sforzo di ricerca mirato e focalizzato all'analisi dell'espressione Ki67 da immagini istologiche, il problema è ancora ampiamente aperto. Infatti, problemi legati alle immagini acquisite, quali la presenza di pieghe e/o tagli di tessuto, colorazioni aspecifiche, colorazion non uniformi e strutture di sfondo indesiderate,

spesso creano difficoltà a molti sistemi di analisi delle immagini presenti allo stato dell'arte. Sebbene esistano alcuni metodi promettenti, la qualità dei risultati dipende spesso da diverse soglie la cui regolazione è particolarmente difficile per utenti clinici. Altri metodi utilizzano invece tecniche di elaborazione particolarmente complesse e, date le alte risoluzioni e dimensioni dell'immagine, sono troppo costose in termini di tempo di calcolo e memorizzazione. Infine, negli ultimi anni, sono stati presentati alcuni efficaci metodi di *deep learning* che sfruttano algoritmi di apprendimento supervisionato [12]. Tali metodi potrebbero risolvere il problema di segmentazione e conteggio del pKi67 grazie all'impressionante capacità di generalizzazione che conferisce robustezza rispetto a tutti i problemi sopra elencati; tuttavia, a causa dell'elevato numero di parametri da apprendere, anche quando si utilizzano tecniche di *transfer-learning* [13], tali metodi producono buoni risultati solo dopo che l'utente ha fornito un elevato numero di esempi tramite procedure di etichettatura manuale. Questa strategia di addestramento non è accettabile per i medici, il cui tempo è spesso limitato, e ostacola l'ampia applicazione di questi efficaci metodi di apprendimento supervisionato. Una descrizione recente di diversi metodi in letteratura per la segmentazione e quantificazione di immagine istochimiche è riportata in due recenti lavori [14],[15].

Nonostante le difficoltà sopra menzionate, l'analisi automatica è sempre più richiesta per le sue stime numeriche obiettive, precise e ripetibili su un numero statisticamente significativo di immagini ad alta risoluzione. In questo documento, presentiamo la nostra soluzione al problema della stima automatica dell'indice Ki67. Per aumentare la visibilità dei nuclei marcati (positivi) e non marcati (negativi), il nostro metodo applica innanzitutto l'algoritmo *Spatio-Temporal Retinex-inspired Envelope with Stochastic Sampling* (STRESS) [16], uno *Spatial Color Algorithm* [17] (SCA) che migliora i colori, aumenta il contrasto e compensa la dominante di colore. Tale algoritmo rende evidenti anche i nuclei la cui elevata luminosità potrebbe causare la sotto-segmentazione. Dopo la applicazione di tale metodo, tutti i nuclei (marcati e non) sono semplicemente estratti tramite sogliatura. Per riconoscere i pixel appartenenti ai nuclei marcati, un albero di decisione bayesiano viene addestrato al fine di apprendere il colore RGB dei pixel marcati. L'ultimo passo è la stima dell'indice ki67, che viene calcolato sfruttando il numero dei pixel marcati estratti automaticamente dall'albero bayesiano. L'affidabilità delle stime calcolate è stata valutata tramite il confronto con le stime ottenute da due esperti; i promettenti risultati ottenuti suggeriscono che l'approccio presentato potrebbe essere un valido strumento di aiuto per i clinici nella loro pratica quotidiana.

2. Materiali

Il nostro algoritmo è stato sviluppato e testato su immagini istologiche di cellule di linfoma sottocutanee xenotrapiantate in topi di sesso femminile affetti da *Severe Combined ImmunoDeficiency* (SCID). I topi sono stati mantenuti presso la Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano in condizioni standard secondo le linee guida etiche istituzionali. I topi sono stati sacrificati 24 ore dopo l'ultimo trattamento o durante il follow-up ai primi segni di sofferenza, e le lesioni e gli organi sono stati raccolti per altri studi di ricerca [18]. Tutte le procedure sono state approvate dal Comitato Etico dell'Istituto per uso animale e dal Ministero della salute italiano.

Le cellule sono state acquisite da cellule SUDHL4 (fornitore commerciale). Le sezioni sono state colorate per Ki67 dopo il recupero dell'antigene eseguito mediante riscaldamento in una pentola a pressione con EDTA, 1 mM per 15 minuti. Per sviluppare la reazione sono stati utilizzati UltraVision Quanto Detection System HRP (Thermo Fisher Scientific Inc.) e DAB (Liquid DAB + Substrate Chromogen System; Dako). Le sezioni sono state scansionate utilizzando i sistemi forniti da Aperio

ScanScope XT (Aperio Technologies, Leica Microsystems). Le 15 sezioni risultanti hanno dimensioni approssimative nell'intervallo [8000x8000, 25000x25000] pixel e una risoluzione del pixel di 0,5 μm. In pratica, ciascuna immagine di tessuto rappresenta un'area di circa [4 mm - 12,5 mm], e la sezione di tessuto occupa una piccola porzione dell'immagine in uno sfondo chiaro.

3. Metodi

Il prototipo descritto è stato sviluppato con MATLAB R2018a, utilizzando principalmente le funzioni dei toolbox: Statistics, Machine Learning, e Image Processing.

3.1 Preprocessing delle sezioni istochimiche e creazione del database

Per ridurre il carico computazionale abbiamo inizialmente analizzato ciascuna immagine applicando la procedura di segmentazione dell'area del tessuto descritta in [14][15]. Il metodo di segmentazione dell'area tissutale è particolarmente efficiente e permette di identificare e scartare sia l'area di sfondo che i fori o i tagli dei tessuti. Dopo aver identificato l'area del tessuto nell'immagine, viene applicata una operazione di filtraggio per rimuovere il rumore sale e pepe e quello gaussiano. Il filtro mediano ha una dimensione di 3 pixel, e il filtro gaussiano una deviazione standard pari a 0.5. Successivamente, l'area del tessuto viene suddivisa in sotto-immagini contenenti solo tessuto e aventi una dimensione di 512x512 pixel. Il database di immagini ottenuto contiene circa 10000 immagini. 50 immagini sono state utilizzate per lo sviluppo del prototipo, mentre le rimanenti sono state utilizzate per la valutazione del metodo. La Fig. 1 mostra una delle sezioni di tessuto analizzate (sinistra) e l'area di tessuto segmentata (destra), che è stata poi filtrata e ritagliata al fine di estrarne le sotto-immagini da processare.

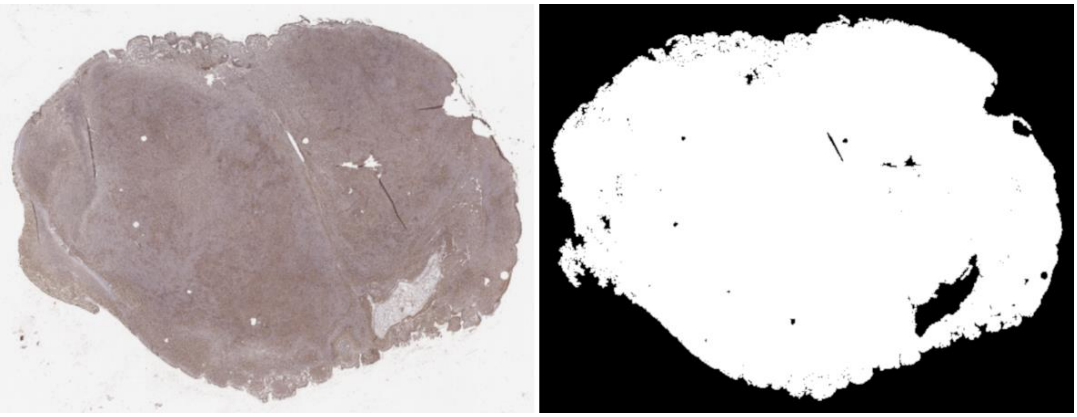


Fig. 1 - Risultato della segmentazione del tessuto dalla immagine. Sinistra: immagine originale. Destra: risultato della segmentazione del tessuto.

In Fig. 2-sinistra viene mostrata una delle sotto-immagini estratte dalla sezione in Fig. 1. In Fig. 2-destra è mostrato un dettaglio ingrandito di una sotto-immagine estratta da un'altra sezione nella nostra base dati. Osservando le due immagini di esempio, è evidente la varietà di intensità cromatica che caratterizza la base dati; si nota inoltre che i nuclei sono spesso caratterizzati da un colore debole e un basso contrasto. Per questo motivo spesso sembrano più delle sfumature e sono difficili da rilevare.

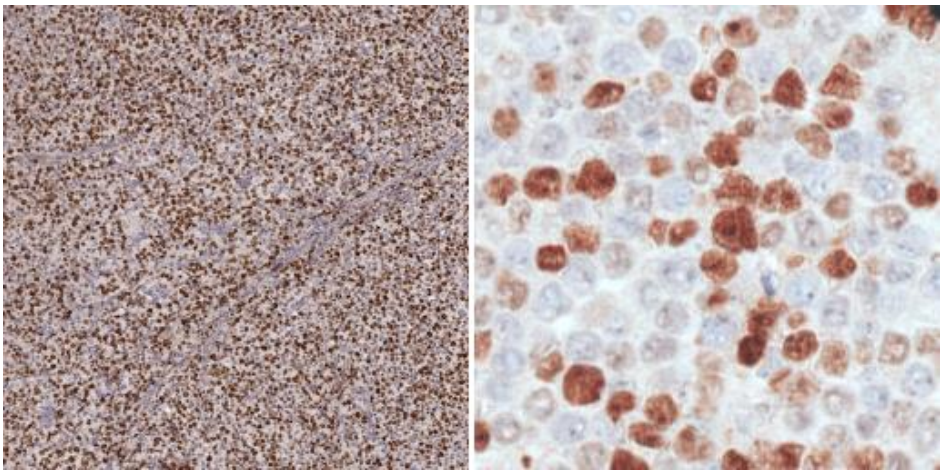


Fig. 2 - Sinistra: un esempio di sotto-immagine della nostra base di dati. I nuclei positivi alla proteina Ki67, ovvero I nuclei che si stanno replicando, sono quelli marcati con colore marrone. I nuclei non marcati, ovvero che non si stanno replicando, sono di colore azzurrino chiaro. Destra: dettaglio ingrandito di un'altra sotto-immagine.

3.2 Apprendimento del colore dei pixel marcati/non marcati e stima delle aree mediane dei nuclei

Per classificare ogni pixel in base al suo colore, il nostro metodo usa un albero di decisione bayesiano $\boldsymbol{BT_{Color}}$ che apprende da pixel di esempio, selezionati da esperti clinici, tramite una semplice interfaccia che mostra agli utenti un insieme di sotto-immagini e chiede di selezionare in ognuna di esse alcune regioni che corrispondono a nuclei marcati, composte da pixel positivi (pixel marcati), alcune regioni che corrispondono a nuclei non marcati, pixel negativi (pixel marcati), e alcune regioni che corrispondono a tessuto esterno ai nuclei, pixel negativi (pixel non marcati).

Dopo la selezione dell'insieme dei pixel di training, ogni pixel di training *p* viene rappresentato da un vettore tridimensionale che descrive il suo colore: $Color(p)=[R(p), B(p), H(p)]$. Il vettore contiene i valori dei canali rosso e blu dello spazio colore RGB, e il valore del primo canale (hue) del colore del pixel nello spazio colore HSV.

L'insieme di training così codificato, e le rispettive etichette (positivo / negativo / background), sono utilizzati per effettuare l'apprendimento dell'albero di decisione bayesiano, $\boldsymbol{BT_{Color}}$, così da permettere la classificazione di ogni pixel come appartenente a un nucleo marcato (positivo), a un nucleo non marcato (negativo), o a background, in base alle sue caratteristiche di colore.

Si noti che la richiesta di selezionare aree che contengono nuclei permette di stimare l'area massima di tutti i nuclei $\boldsymbol{maxA}$, l'area mediana dei nuclei positivi $\boldsymbol{medA_{POS}}$ e l'area mediana dei nuclei negativi $\boldsymbol{medA_{NEG}}$, che servono per stimare il Ki67-index.

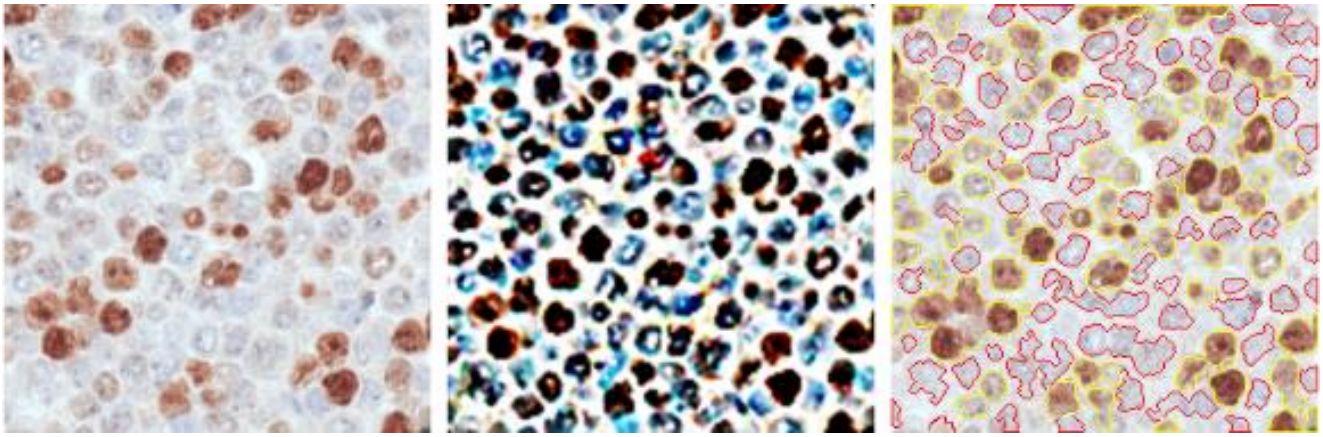
3.3 Compensazione del Colore con STRESS e estrazione dei pixel marcati

Per calcolare il Ki67-index è necessario estrarre automaticamente dall'immagine sia i nuclei positivi, sia quelli negativi. Per evitare problemi di sotto-segmentazione è quindi necessario applicare metodi di compensazione del colore, non solo per rendere visibili nuclei caratterizzati da una elevata luminanza, che sono poco visibili, ma anche per evidenziare il colore di nuclei che sono definiti come "leggermente positivi" alla pKi67 e sono caratterizzati da un colore che è un misto tra bluastro e marrone. Un esempio è mostrato in Fig. 3-A: il lettore può osservare che alcuni nuclei azzurri sono caratterizzati da un colore chiaro a volte molto simile allo sfondo, o un bluastro poco contrastato. Per

ovviare ai problemi sopra citati, il prototipo applica l'algoritmo di compensazione del colore STRESS [16], il cui funzionamento è regolato dai parametri N (numero di iterazioni), M (numero di pixel campionati in ogni intorno), ed R (raggio dell'area di campionamento intorno al pixel da modificare). Il prototipo sviluppato utilizza i valori $N = 128,\ M = 8$, anche se altri valori hanno dimostrato di essere comunque efficaci. Per quanto riguarda R, il suo valore è pari alla lunghezza del massimo raggio dei nuclei, stimato tramite la massima area ***maxA*** delle aree selezionate per effettuare il training di $\boldsymbol{BT_{Color}}$ (ovvero $R = \sqrt{maxA/\pi}$). In Fig. 3-B viene mostrato un esempio ottenuto dopo l'applicazione di STRESS. A giudizio degli esperti l'algoritmo produce notevoli risultati, dal momento che anche i nuclei più sfocati e illuminati sono resi maggiormente visibili e che non sono stati notati falsi positivi o falsi negativi.

Dopo l'applicazione di STRESS, i pixel appartenenti a nuclei sono semplicemente ottenuti selezionando quelli il cui valor medio del colore espresso nello spazio colore RGB è minore o uguale a 225 (tale soglia è stata scelta sperimentalmente, anche se valori nell'intervallo [200,…,240] permettono di ottenere simili risultati). I pixel selezionati vengono quindi codificati tramite vettori tridimensionali come spiegato nella sezione precedente e vengono usati come input per l'albero di decisione $\boldsymbol{BT_{Color}}$ allo scopo di scartare pixel di tessuto esterno ai nuclei erroneamente selezionati, e separare i nuclei positivi da quelli negativi. In tal modo si ottengono due maschere binarie, m_{nuclei}^{POS} e m_{nuclei}^{NEG}, che rappresentano rispettivamente i pixel positivi e quelli negativi (Fig. 3-C).

In Fig. 3 viene mostrata una sotto-immagine (A), il risultato dell'applicazione di STRESS (B), e della classificazione con $\boldsymbol{BT_{Color}}$ (C). In questo caso, il training set contiene 30 aree di background (per un totale di 3477 pixel), 34 aree di nuclei negativi (per un totale di 3904 pixel negativi) con un'area mediana $\mathbf{medA_{NEG}}$ di circa 115 pixels, e 37 aree di nuclei positivi (per un totale di 7056 pixel positivi), con una area mediana $\mathbf{medA_{POS}}$ di 192 pixel. Tali regioni di training sono state manualmente estratte da due sotto-immagini. Per una più chiara valutazione visiva, in Fig. 3-C i bordi dei nuclei positivi sono segnati in giallo, mentre in rosso sono segnati i bordi dei nuclei negativi.



A B C

Fig. 3 - Risultati della fase di segmentazione. A: sotto-immagine originale. B: immagine risultante dalla applicazione di STRESS. C: i bordi delle aree di nuclei segmentati sono evidenziati in giallo (nuclei positivi per pKi67) e rosso (nuclei negativi per pKi67).

4.Risultati sperimentali

Per valutare il sistema sviluppato, abbiamo chiesto a due esperti, E15 ed E30 (E15 ha 15 anni di esperienza, E30 ha trenta anni di esperienza) di osservare 250 sotto-immagini e fornire le loro stime del Ki67 index, espresso come percentuale di nuclei positivi per pKi67, rispetto a tutti nuclei stimati

(nel seguito, le stime fornite da E30 saranno indicate come GT30, mentre quelle fornite da E15 come GT15). Dato che entrambi i medici sono considerati esperti, nella nostra valutazione abbiamo considerato attendibile anche la media ponderata delle loro stime, i cui pesi sono stati scelti come segue:

$$\mathrm{GTMean} = \left(\frac{30}{45}\mathrm{GT30} + \frac{15}{45}\mathrm{GT15}\right).$$

Avendo segmentato i pixel positivi e negativi, il prototipo fornisce due stime dell'indice Ki67:

1) **AreaEst**: una stima dell'indice Ki67 calcolata come il rapporto tra l'area dei nuclei positivi segmentati (numero di pixel positivi) e l'area di tutti i nuclei tumorali segmentati (numero di tutti i pixel, negativi e non, che appartengono a nuclei). Questa stima è motivata dai risultati presentati in [4], in cui gli autori mostrano che il vero indice Ki67 è approssimato linearmente dalla percentuale dell'area dei nuclei positivi rispetto all'area totale dei nuclei tumorali.
2) **NumberEst**: una stima dell'indice Ki67 calcolata utilizzando le stime del numero dei nuclei tumorali positivi e negativi, calcolate dividendo l'area dei nuclei positivi per l'area mediana stimata dei nuclei positivi ($\boldsymbol{medA_{POS}}$) e l'area dei nuclei negativi per l'area mediana stimata dei nuclei negativi ($\boldsymbol{medA_{NEG}}$).

Considerando le stime degli esperti (**GT30**, **GT15**) e la loro media pesata (**GTMean**), abbiamo calcolato l'errore quadratico medio (**RMSE**) tra le stime, e l'indice di correlazione di Pearson (**PCC**). In tabella 1 vengono riportati tali valori.

Tabella 1: indice di correlazione di Pearson (PCC) e errore quadratico medio (RMSE) tra tutte le stime.

PCC RMSE	**GT30**	**GT15**	**GTMean**	**AreaEst**	**NumberEst**
GT30	1.0000 0.0000	0.7783 0.0816	0.9678 0.0245	0.8843 0.0824	**0.8891** **0.0561**
GT15	0.7783 0.0816	1.000 0.0000	0.9113 0.0571	0.8379 0.1141	**0.8468** **0.0830**
GTMean	0.9678 0.0245	0.9113 0.0571	1.0000 0.0000	0.9158 0.0852	0.9225 0.0522
EstArea	0.8843 0.0824	0.8379 0.1141	0.9158 0.0852	1.0000 0.0000	0.9995 0.0418
EstNumber	0.8891 0.0561	0.8468 0.0830	0.9225 0.0522	0.9995 0.0418	1.0000 0.0000

Osservando la prima riga della Tabella 1, si può notare che il PCC tra NumberEst e GT30 (il medico più esperto) è superiore al PCC tra GT30 e GT15 e che il RMSE tra NumberEst e GT30 è inferiore al RMSE tra GT30 e GT15. Allo stesso modo, il PCC (RMSE) tra AreaEst e GT30 è più alto (inferiore) del PCC (RMSE) tra GT30 e GT15. Osservando la seconda riga della Tabella 1, si può notare che il PCC (RMSE) tra NumberEst e GT15 è superiore (inferiore) rispetto al PCC (RMSE) tra GT30 e GT15, e RMSE è paragonabile. Osservando la terza riga, che misura l'allineamento delle stime a quello della media ponderata, il lettore può notare che sia NumberEst che AreaEst si allineano bene con la media (dal momento che PCC> 0.9 e RMSE <0.1 in entrambi i casi) e i loro numeri sono paragonabili a quelli ottenuti da GT15. Considerando che nella media ponderata pesa maggiormente l'opinione di E30, il miglior allineamento è ovviamente ottenuto tra GMean e GT30. Concludendo,

l’osservazione della Tabella 1 evidenzia che entrambe le stime si allineano bene con la media dei due esperti. Questo fatto sembra in qualche modo confermare i risultati descritti in [4].

5. Conclusioni

Il pKi67 è un marker di aggressività del tumore [2] e diversi studi di ricerca hanno già indagato l'utilità della sua quantificazione nella valutazione prognostica e predittiva di diversi tipi di tumori. L'espressione del pKi67 nelle aree del tessuto canceroso è numericamente quantificata dal cosiddetto indice Ki67, ovvero la percentuale di nuclei tumorali positivi per pKi67 su tutti i nuclei tumorali. Data l'alta risoluzione e le elevate dimensioni delle immagini prodotte nei laboratori biologici, la sua stima da parte dei medici esperti è particolarmente laboriosa, richiede tempo, ed è soggetta ad elevata variabilità inter e intra-personale. In questo documento abbiamo presentato un nuovo approccio automatico per la stime dell'indice Ki67, che ottiene risultati promettenti grazie alla efficace segmentazione dei pixel appartenenti ai nuclei. I buoni risultati di segmentazione sono dovuti a una fase di preelaborazione che sfrutta l'algoritmo STRESS [16] per migliorare l'immagine (Fig. 3) compensandone il colore. I risultati ottenuti sono stati valutati sia attraverso ispezione visiva di due esperti, sia attraverso il confronto delle stime ottenute tramite algoritmo con quelle da loro fornite (Tabella 1). Entrambe le valutazioni hanno dimostrato che il prototipo è promettente, tanto che gli esperti credono sia uno strumento da sfruttare nella pratica clinica come valido aiuto per i medici che stimano l'indice Ki67. I lavori futuri sono finalizzati a:

- estendere il prototipo per ottimizzare il suo codice e ridurne il tempo di calcolo;
- sviluppare una fase di preelaborazione per analizzare sezioni di tessuto e identificare le aree di tessuto canceroso, dove l'indice Ki67 può essere stimato con il metodo di conteggio proposto;
- sviluppare una fase di classificazione per riconoscere i nuclei tumorali nelle aree cancerose identificate dal passaggio precedente;
- integrare il prototipo sviluppato con il software MIAQuant già sviluppato [14],[15].

Bibliografia

[1] Gerdes J, Schwab U, Lemke H, Stein H. Production of a mouse monoclonal antibody reactive with a human nuclear antigen associated with cell proliferation. Int J Cancer. 1983 Jan 15;31(1):13-20. 1983 Jan; 31(1): p. 13-20.

[2] Klöppel G, Perren A, Heitz PU. The gastroenteropancreatic neuroendocrine cell system and its tumors: the WHO classification. Ann N Y Acad Sci. 2004; 1014: p. 13-27.

[3] Bologna-Molina R, Damián-Matsumura P, Molina-Frechero N. An easy cell counting method for immunohistochemistry that does not use an image analysis program. Histopathology. 2011; 59(4): p. 801-3.

[4] Niazi MKK, Senaras C, Pennell M, Arole V, Tozbikian G, Gurcan MN. Relationship between the Ki67 index and its area based approximation in breast cancer. BMC Cancer. 2018; 18(1): p. 867.

[5] González-González R, Molina-Frechero N, Carreón-Burciaga RG, López-Verdín S, Robles-Bonilla C, Pereira-Prado V, et al. Comparison between Manual and Automated Methods for Ki-67 Immunoexpression Quantification in Ameloblastomas. Analytical cellular pathology. 2016; Article ID 7486989: p. 8 pages.

[6] Madabhushi A, Lee G. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. Medical image Analysis. 2016; 33: p. 170-175.

[7] Irshad H, Veillard A, Roux L, Racoceanu D. Methods for Nuclei Detection, Segmentation, and Classification in Digital Histopathology: A Review—Current Status and Future Potential. IEEE Rev Biomed Eng. 2014; 7: p. 97-114.

[8] Gurcan MN, Boucheron L, Can A, Madabhushi A, Rajpoot N, Yener B. Histopathological Image Analysis: A review. IEEE Rev Biomed Eng. 2009; 2: p. 147-171.

[9] Saha M, Chakraborty C, Arun I, Ahmed R, Chatterjee S. An Advanced Deep Learning Approach for Ki-67 Stained Hotspot Detection and Proliferation Rate Scoring for Prognostic Evaluation of Breast Cancer. Scientific Reports. 2017; 7: p. Article number: 3213.

[10] Xing F, Su H, Yang L. An integrated framework for automatic Ki-67 scoring in pancreatic neuroendocrine tumor. Medical Image Compunting and Computed Assisted Intervention. 2013; 16(1): p. 436-443.

[11] Kim YJ, Romeike BF, Uszkoreit J, Feiden W. Automated nuclear segmentation in the determination of the Ki-67 labeling index in meningiomas. Clinical Neuropathology. 2006; 25(2): p. 67-73.

[12] Shen D, Wu G, Suk HI. Deep learning in medical image analysis. Annu Rev Biomed Eng. 2017; 19: p. 221–248.

[13] Bengio Y. Learning Deep Architectures for AI. Journal of foundations and trends in machine learning. 2009; 2(1): p. 1-127.

[14] Casiraghi E, Cossa M, Huber V, Tozzi M, Rivoltini L, Villa A, et al. MIAQuant, a novel system for automatic segmentation, measurement, and localization comparison of different biomarkers from serialized histological slices. Eur J Histochem. 2017 November.

[15] Casiraghi E, Huber V, Frasca M, Cossa M, Tozzi M, Rivoltini L, et al. A novel computational method for automatic segmentation, quantification and comparative analysis of immunohistochemically labeled tissue sections. BMC BioInformatics. 2018; 19(Suppl 10): p. 357.

[16] Kolås Ø, Farup I, Rizzi A. Spatio-Temporal Retinex-inspired Envelope with Stochastic Sampling: A framework for spatial color algorithms. Journal of Imaging Science and Technology, Volume 55, Number 4, July 2011, pp. 40503-1-40503-10(10). 2011; 55(4): p. 040503-1-040503-10.

[17] Rizzi A, McCann JJ. On the Behavior of Spatial Models of Color. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 6493. January 2007.

[18] Rivoltini L, et al. TNF-Related Apoptosis-Inducing Ligand (TRAIL)-Armed Exosomes Deliver Proapoptotic Signals to Tumor Site. Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research. 2016; 22(14): p. 3499-3512.

3. Colore e Illuminazione

Valutazione della differenza cromatica percepita sotto diversi illuminanti

Laura Grechi[1]*, Alice Plutino[1] and Alessandro Rizzi[1]
[1]MIPS Lab, Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Milano
*Corresponding Author: laura.grechi@studenti.unimi.it
Topics: Color and Lighting, Color and Physiology
Keywords: Color Perception, Lighting, CRI, Museum Illumination

1. Introduzione

Il ruolo dell'illuminazione in ambito museale è di fondamentale importanza. La luce influenza la percezione dei colori e dello spazio delle collezioni esposte pertanto è necessario che qualsiasi tipo di illuminazione sia adeguatamente sottoposta a un'analisi che ne confermi l'adeguatezza e una resa cromatica non distorta degli oggetti illuminati. A questo scopo è stato impostato un test percettivo volto a testare le caratteristiche del sistema visivo umano in modo da determinare un metodo per identificare gli illuminanti migliori per l'esposizione di oggetti colorati e a misurare l'indice di piacevolezza di tali oggetti sotto luci definite. In particolare, in questo lavoro ci si è basati sullo studio dell'indice di gradimento di diversi tipi di illuminazione e del metamerismo.

2. L'esperimento

L'esperimento che presentiamo può essere suddiviso in due parti principali: valutazione degli illuminanti e valutazione differenze cromatiche.
Nella prima parte vogliamo dimostrare come la percezione del colore sotto uno specifico illuminante non dipenda solamente dagli spettri di emissione e di riflettanza, ma anche dall'elaborazione che ne fa il nostro sistema visivo. A questo proposito abbiamo deciso di far valutare agli utenti tre caratteristiche principali della resa cromatica: la *brillantezza* dei colori, il grado di *piacevolezza* riferito all'illuminazione e il grado di *soddisfazione* generale dell'allestimento. Con la valutazione della *brillantezza* vogliamo determinare quanto un illuminante favorisca la resa cromatica dei colori di un oggetto in esposizione. Il termine di *piacevolezza* è riferito all'illuminante, ed è volto a determinare quale sia la luce più piacevole allo spettatore, non considerando, quindi la resa cromatica dell'oggetto. Infine, con *soddisfazione*, chiediamo di valutare l'intero allestimento. Nella seconda parte dell'esperimento chiediamo agli utenti di confrontare alcuni colori, per determinare i limiti dell'indice di differenza del colore ΔE e la sua robustezza sotto diversi illuminanti.
Con questo studio vogliamo dimostrare come la resa cromatica sia un concetto complesso nella sua definizione e che gli indici più diffusi non sono sufficienti a rappresentare le variazioni percettive del colore, specialmente in un ambito applicativo complesso come quello museale, dove per un'esposizione si deve tener conto dell'illuminazione in termini conservativi, espositivi e di fruibilità. Inoltre, vogliamo dimostrare come le misure colorimetriche non sono affidabili in presenza di arrangiamenti spaziali e di diversi illuminanti.

3. Materiali

Per questo esperimento ci si è avvalsi dell'uso del Gretag Macbeth Color Checker, nella sua versione originale e anche di una versione stampata (Figura 2a) utilizzando una stampante LaserJet Pro 400 color (vedi valori ΔE tra originale e stampato a Figura 8). Entrambi i Color Checker sono stati posizionati all'interno di una Light Booth, modello The Judge II, fornita di 4 tipi di illuminanti differenti: CIE D65, Cool White Fluorescent, U30TL84 (illuminazione tipica da ufficio) e Illuminant A (incandescente).

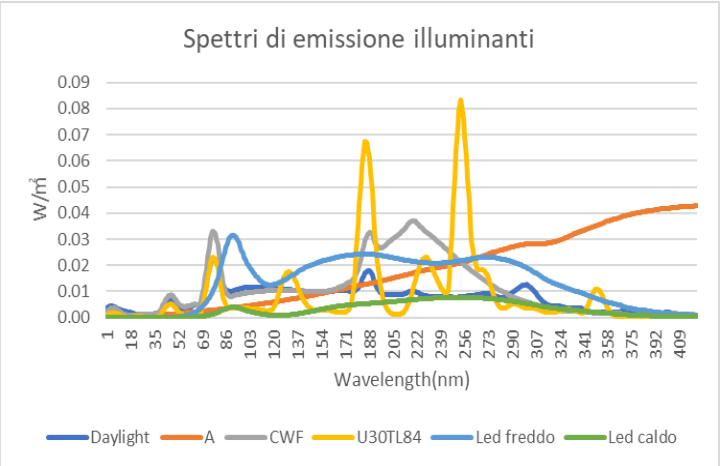


Figura 1 Spettri di emissione degli illuminanti

(a) (b)

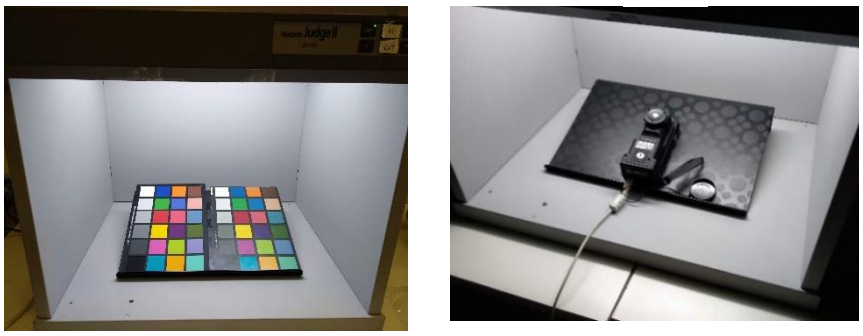


Figura 2 (a) Color Checker originale (sinistra) e stampato (destra) all'interno della Light Booth. (b) Set-up dello spettrofotometro CL-500A durante le misure.

Alla Light Booth sono state aggiunte due luci a LED: uno 'freddo' (LED 1, 5000K) e uno 'caldo' (LED 2, 2500K). Per tutti gli illuminati è stata verificata l'uniformità della diffusione della luce sulla base della Light Booth.

Gli spettri di emissione di ogni singolo illuminante sono stati misurati con uno spettrofotometro CL-500A (spettri in Figura 1, set-up delle misure in Figura 2b) che durante le misure è stato collocato al centro della Light Booth sullo stesso supporto dei Color Checker. A partire dagli spettri di emissione degli illuminanti sono stati calcolati: CRI (Color Rendering Index) [1], TM-30 Fidelity Index e TM-30 Gamut Index [2].

Gli spettri in riflettanza delle patch delle due versioni del Color Checker sono stati misurati grazie ad uno spettrofotometro Ocean Optics HR4000. In questo caso, gli spettri sono stati acquisiti tramite l'ausilio di una lampada alogena, e successivamente elaborati per ricavare i valori colorimetrici nello spazio colore L*a*b* simulando l'illuminazione sotto i diversi illuminanti presenti nella Light Booth. Infine, sono state calcolate le differenze cromatiche (valori ΔE) tra le patch del Color Checker originale e le corrispondenti dello stampato.

4. Metodi

Il test percettivo è stato svolto su 20 persone, nessuna delle quali affetta problemi nella percezione del colore.

Il test, eseguito all'interno di una stanza al buio (Figura 3) senza finestre e senza luci artificiali accese ad eccezione della Light Booth, si è svolto in due parti:

1. **Valutazione degli illuminanti**: con l'utilizzo di una tabella guidata è stato chiesto di indicare con una valutazione da 0 a 100 la *brillantezza* dei colori, il grado di *piacevolezza* riferito all'illuminazione e il grado di *soddisfazione* generale dell'allestimento. Questa operazione è stata fatta alternando per ogni illuminante, il Color Checker originale [3] a quello stampato in modo da evitare che il giudizio fosse soggetto al confronto tra i due.
2. **Valutazione differenze cromatiche**: è stato chiesto di indicare con una valutazione da 1 a 5, (dove 1=patch identiche e 5=patch assolutamente differenti), la differenza cromatica tra 15

Figura 3 Set-up dell'esperimento percettivo

Figura 4 Patch del Color Checker selezionate per calcolarne la differenza cromatica tra la versione originale e quella stampata

patches selezionate del Color Checker originale e le corrispondenti stampate (Figura 4) [3]. Questa valutazione di differenza cromatica soggettiva è stata effettuata sotto tutti gli illuminanti della Light Booth. Inoltre, per aiutare i soggetti nel giudizio è stata fornita la scheda "Neutrals" del Munsell Book of Colors in modo che fosse utilizzata come scala di riferimento della variabilità tra le patch. Ad esempio, la variazione tra le patches N9 (bianchi) e le patches N7/N8 (grigio chiaro) hanno indicativamente una differenza 1, mentre tra le patches N9 e N3/N2 (grigio scuro) hanno una differenza 3.

5. Risultati

5.1 Valutazione degli Illuminanti

Vengono riportati di seguito la tabella con i valori CRI, della temperatura colore e i TM-30 di Fidelity Index (Tabella 1). In Figura 5 sono riportati i risultati della valutazione soggettiva di brillantezza, piacevolezza e soddisfazione per ogni singolo illuminante.

	Daylight	A	CWF	U30TL84	LED 1	LED 2
CRI (Ra)	94	99	59	87	94	83
T colore (K)	7000	2600	3900	3000	4800	3000
Fidelity Index (Rf)	94	99	67	82	93	84

Tabella 1 Valori CRI (Ra), T colore, Rf dei vari illuminanti

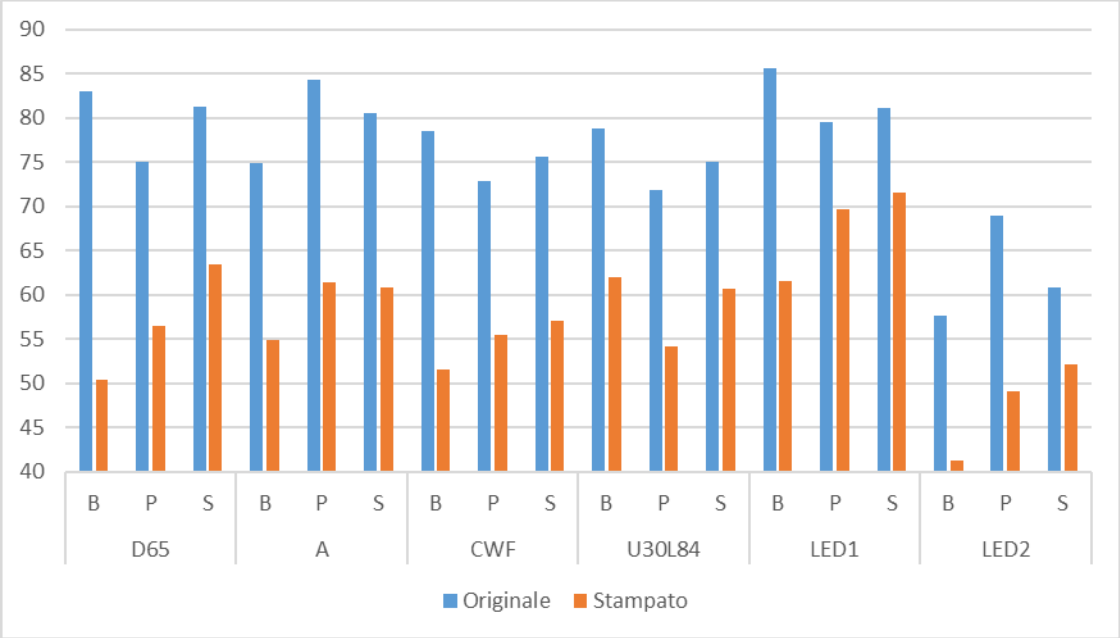
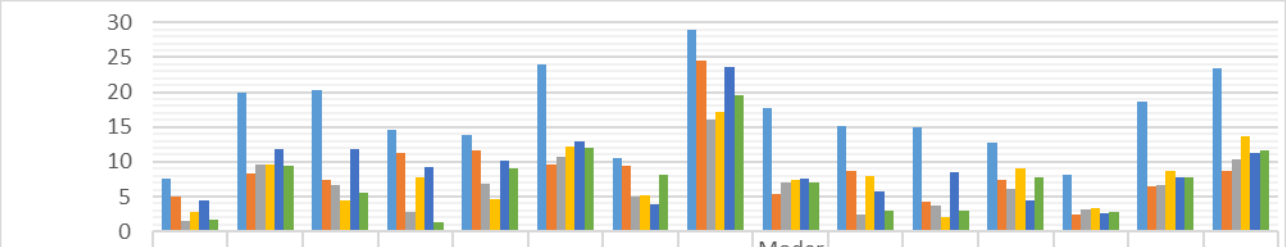


Figura 5 Valori in % assegnati dagli utenti per tre parametri:
B=Brillantezza
P=Piacevolezza
S=Soddisfazione

5.2 Valutazione differenze cromatiche

Viene riportata di seguito la tabella riassuntiva con i valori ΔE calcolati a partire dagli spettri di riflettanza di ogni patch del Color Checker sotto tutti gli illuminanti presenti nella Light Booth (Figura 8). Tutti i valori calcolati del ΔE stati messi a confronto con la media dei valori assegnati dagli utenti sono riportati in Figura 7, Figura 6, Figura 11, Figura 10, Figura 9 e Figura 12.



	Dark Skin	Light Skin	Blue Sky	Foliage	Blue Flower	Bluish green	Orange	Purplish Blue	Moderate Red	Purple	Yellow Green	Orange Yellow	White 9.5	Neutral 6.5	Black 2
D65	7,56	20,00	20,22	14,67	13,77	24,00	10,49	28,98	17,65	15,07	14,89	12,81	8,12	18,67	23,34
A	4,99	8,36	7,34	11,22	11,68	9,68	9,38	24,52	5,35	8,67	4,20	7,36	2,51	6,49	8,75
CWF	1,43	9,68	6,65	2,87	6,77	10,74	5,02	16,12	7,09	2,39	3,80	6,11	3,21	6,75	10,28
U30TL84	2,75	9,53	4,47	7,85	4,59	12,15	5,16	17,18	7,43	7,94	2,13	8,99	3,36	8,72	13,69
LED1	4,53	11,85	11,78	9,32	10,12	12,86	3,83	23,69	7,64	5,83	8,45	4,52	2,53	7,81	11,19
LED2	1,71	9,45	5,54	1,41	9,02	12,00	8,17	19,55	6,99	3,00	2,95	7,82	2,87	7,80	11,57

Figura 8 Valori ΔE calcolati sotto i diversi illuminanti nella Light Booth

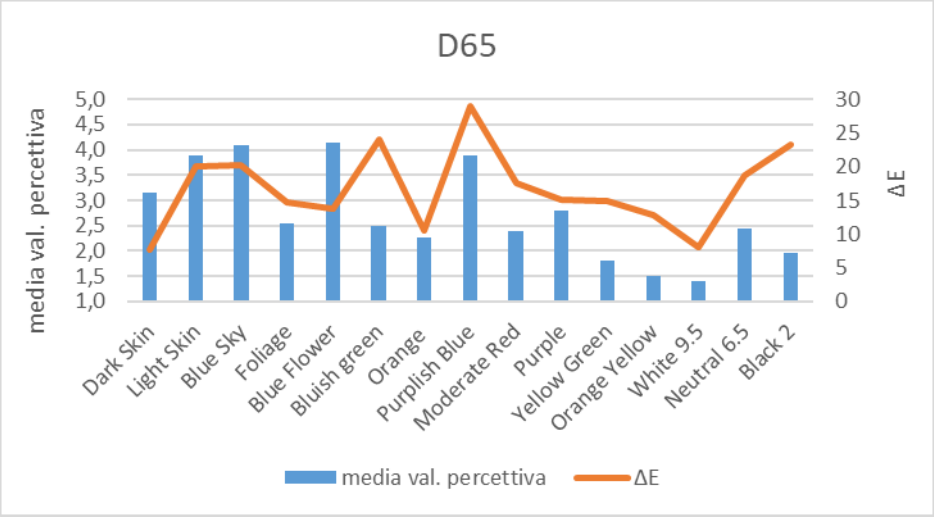


Figura 7 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante D65

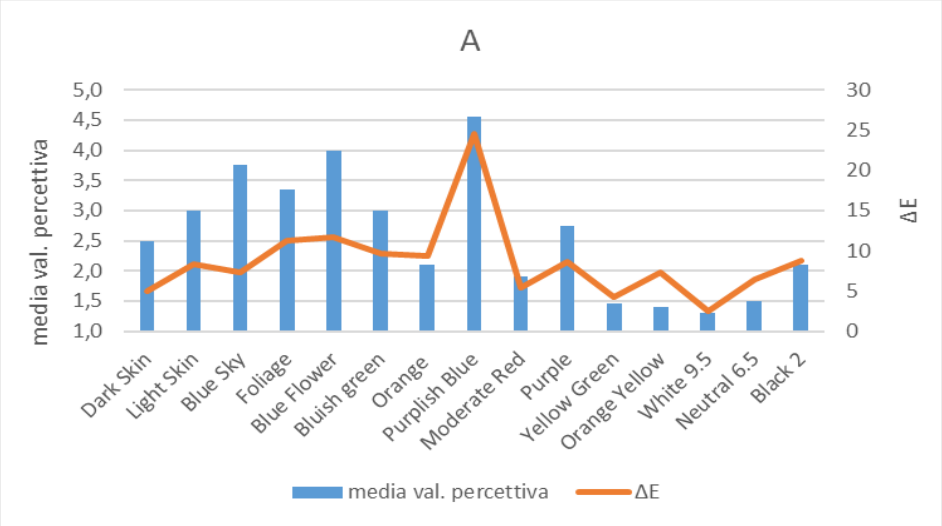


Figura 6 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante "A"

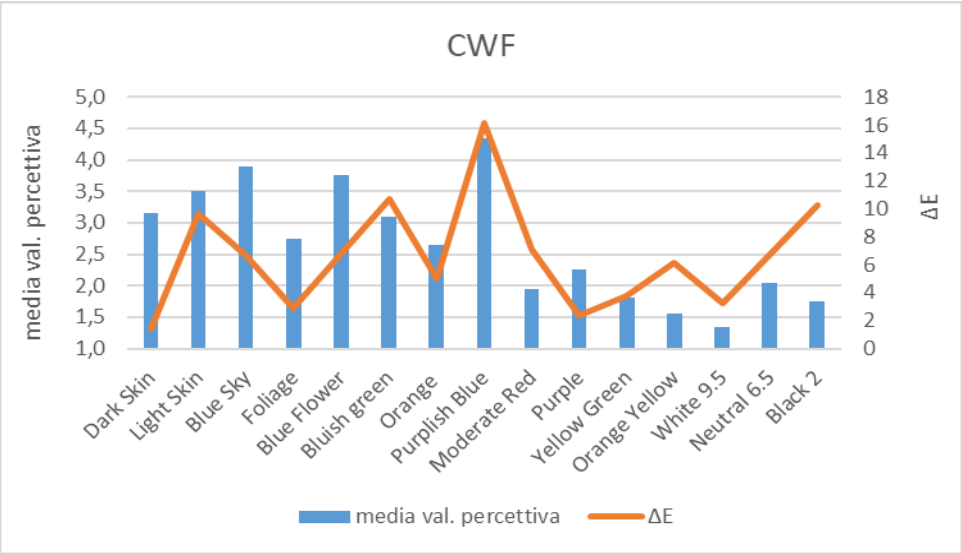


Figura 11 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante "CWF"

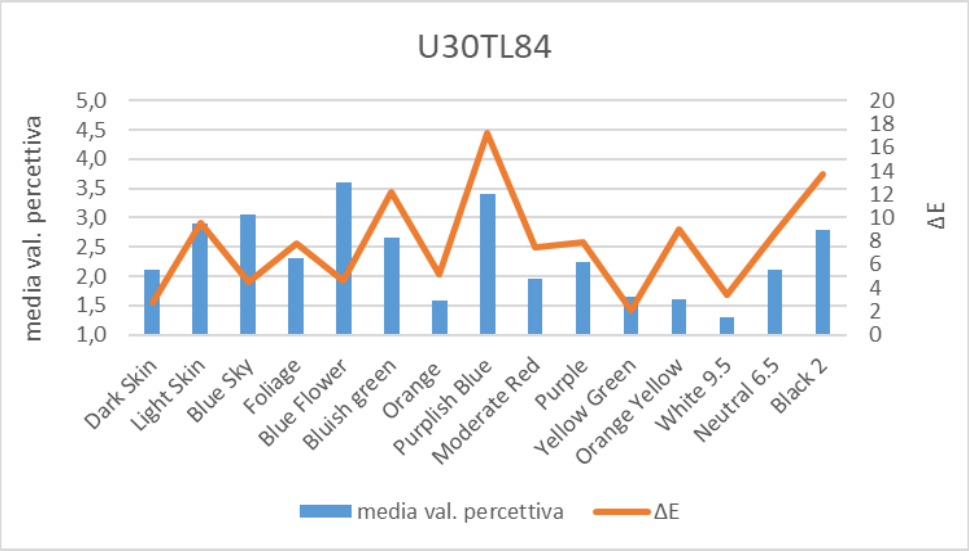


Figura 10 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante "U30TL84"

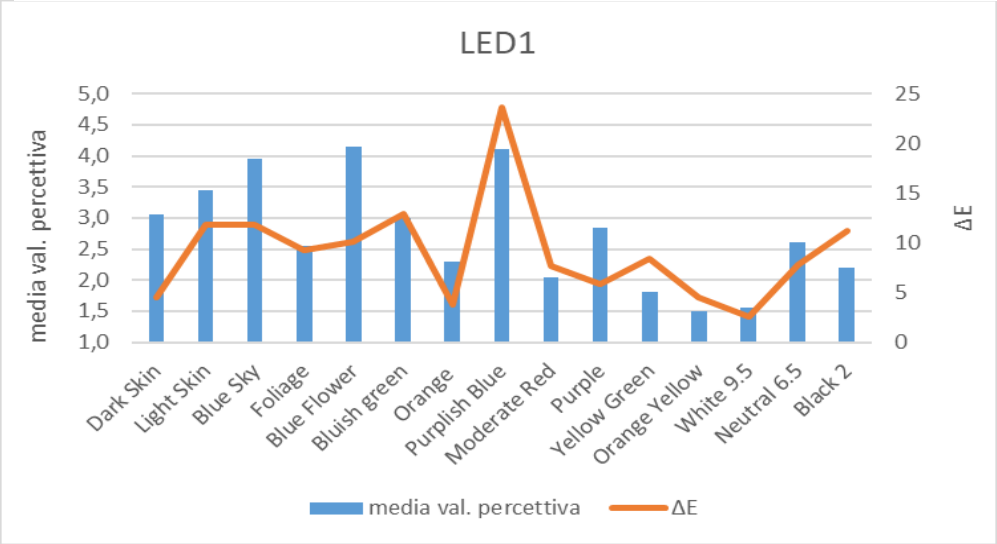


Figura 9 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante LED1

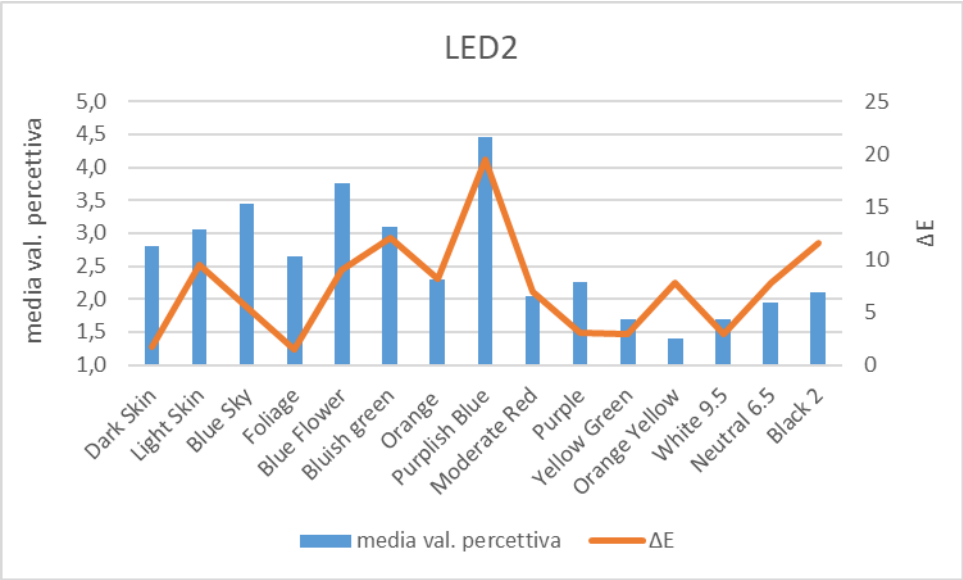


Figura 12 Valori assegnati dal test percettivo messi a confronto con quelli misurati del ΔE per l'illuminante LED2

6. Discussione

I risultati del test percettivo hanno messo in luce una discordanza nelle misure effettuate sia per la valutazione degli illuminanti sia per le delle differenze cromatiche.

6.1 Valutazione degli illuminanti

Per quanto riguarda le valutazioni di brillantezza, piacevolezza e soddisfazione, è interessante notare come i punteggi assegnati dagli utenti non raggiungano mai i punteggi alti assegnati dal CRI (Figura 5 e Tabella 1) [4]. Fa eccezione l'illuminante CWF del quale la versione stampata del Color Checker ha avuto valori assegnati dal test percettivo leggermente inferiori, ma sostanzialmente simili, rispetto a quelli CRI, mentre il punteggio assegnato alla versione originale risulta superiore.

È evidente come la versione del Color Checker originale sotto tutti gli illuminanti sia di gran lunga più gradita agli utenti, che gli assegnano sempre punteggi molto alti, ad indicare come il supporto utilizzato per qualsiasi oggetto colorato sia di fondamentale importanza per una buona resa cromatica dello stesso.

Considerando il valore di soddisfazione generale, gli illuminanti che hanno ottenuto i punteggi più alti dagli utenti sono stati l'illuminante D65, A e LED1. Questa valutazione è coerente con i valori di CRI e TM-30 Fidelity, in quanto anche queste misure danno i valori maggiori agli stessi illuminanti. Si fa notare che il LED1 ha ottenuto un punteggio elevato secondo questi due indici in quanto, essendo di nuova generazione, lo spettro di emissione è stato modificato dalla casa di produzione in modo da soddisfare l'indice CRI standardizzato dalla commissione CIE. Inoltre, i valori assegnati dall'indice TM-30 Fidelity non differiscono particolarmente dal CRI, in quanto presenta semplicemente un incremento da 59 a 67 dell'illuminante CWF.

Considerando, oltre alla soddisfazione generale anche i valori di brillantezza e piacevolezza si possono notare le maggiori discrepanze tra il giudizio soggettivo e gli indici di resa cromatica. Secondo i valori di brillantezza, infatti, il LED1 ha il valore maggiore, seguito da A, CWL e U30TL84 per quanto riguarda il Color Checker originale, mentre per lo stampato la brillantezza maggiore è data dal U30TL84 e LED1. Considerando il valore di piacevolezza dell'illuminazione per l'originale l'illuminante decisamente favorito è l'A, seguito dal LED1 e per lo stampato il LED1 seguito da A. Questi risultati mettono in dubbio il funzionamento degli indici di resa cromatica, che non considerano la componente percettiva dell'elaborazione del colore da parte dei soggetti, oltre alle variabili di adattamento cromatico e contesto spaziale.

6.1 Valutazione differenze cromatiche

Per quanto riguarda le misure delle differenze cromatiche (ΔE) si nota come in generale i valori siano sempre abbastanza elevati (ad eccezione per le patch *Dark Skin* e *White*), questo a causa delle caratteristiche del supporto e dei coloranti che sono caratterizzati da spettri di riflettanza molto diversi. Lo scopo dell'esperimento è quello di mettere in evidenza in che condizioni la misura colorimetrica e puntuale del ΔE, non è sufficiente per determinare il metamerismo di due colori sotto diverse condizioni di illuminazione.

Considerando i valori di ΔE, è evidente come i valori misurati siano nettamente più alti per l'illuminante D65. Inoltre, confrontando le singole patches, risultano ottenere differenze cromatiche più elevate quelle con maggiori componenti di blu (*Bluish Green*, *Purplish Blue*, *Blue Sky*, *Blue Flower*) [4]. Confrontando invece gli illuminanti, mantengono le differenze cromatiche inferiori gli illuminanti CWF e LED2.

La comparazione tra i vari illuminanti non mette in luce una preponderanza generale per i valori soggettivi rispetto a quelli calcolati, ma in base alla patch e in base al tipo di illuminazione, i risultati assumono valori molto diversificati tra loro. Nonostante ciò, si nota come le patch con una forte componente di blu, assumano valori di differenze cromatiche elevate anche per i soggetti sottoposti al test percettivo, mentre assumono valori generalmente più bassi sia per le patch con una forte componente di rosso (*Orange* e *Moderate Red*) sia per quelle sui toni del grigio (*White 9.5*, *Neutral 6.5*, *Black 2*), salvo poche eccezioni.

Le patch con una forte componente di rosso e quelle sui toni del grigio hanno ottenuto valori inferiori sia al ΔE calcolato sia in confronto ai punteggi assegnati a tutte le altre, in particolare a quelle con una forte componente di blu.

Considerando l'illuminante D65 (Figura 7), le differenze notate dai soggetti sono sempre maggiori di 2, con un picco di differenza per il *Purplish Blue* che assume valori vicini al 5. Osservando i valori per l'illuminante A (Figura 6), si ha una generale diminuzione dei valori di differenza soggettiva, per cui il picco per la patch 10 permane, ma scendendo ad un valore di 4,3 circa e per il *White*, *Yellow Green* e *Moderate Red* i valori di differenza sono vicini a 1,5 quindi sono considerati percettivamente molto vicini a quelli del Color Checker originale.

Considerando l'illuminante CWF (Figura 11), i valori di *Dark Skin* e *Purple* sono quelli considerati più simili all'originale, mentre la differenza di colore del *Purplish Blue* torna a valori di circa 4,5. In questo caso i valori di ΔE sono diminuiti molto rispetto al caso di D65 e A.

Per quanto riguarda U30TL84 (Figura 10) la differenza per *Yellow Green* e *Dark Skin* si presenta soggettivamente intorno a 1,5 il valore di ΔE diminuisce per *Purplish Blue* ma rimane intorno a 4,5 nel giudizio soggettivo. Infine, per quanto riguarda LED1 (Figura 9) le differenze percettive tra originale e stampato sono incrementate rispetto agli altri illuminanti e presentano un andamento simile al D65, anche se ribassati di circa 1 punto. Nel LED2 (Figura 12) i valori soggettivi sono molto simili a LED1, con alcune differenze per alcune patches del blu/verde che hanno valori soggettivi minori e alcune del rosso/arancio che hanno valori maggiori.

Da queste valutazioni e dai grafici si evince, quindi, una forte discordanza tra i valori ΔE colorimetrici misurati a partire dagli spettri a quelli percettivi dati dalla valutazione dei soggetti coinvolti nello studio, differenze che non sono date semplicemente da una componente fisica di riflettanza rispetto ad un illuminante, ma di una forte componente percettiva. Questo perché, la misura ΔE non considera l'arrangiamento spaziale dei colori nella valutazione e l'adattamento del sistema visivo umano ai diversi illuminanti.

7. Conclusioni

In questo studio dimostriamo come gli indici di resa cromatica, non siano adeguati a dare una stima della resa percettiva di un illuminante e al mantenimento del metamerismo. Inoltre, è stato dimostrato come una misura colorimetrica di differenza del colore locale, non è sufficiente a rappresentare le variazioni percettive del colore al variare degli illuminanti e in presenza di un arrangiamento spaziale. Un ulteriore limite a queste misure risiede nel fatto che non tengono conto dell'adattamento cromatico dell'occhio umano all'illuminazione circostante e dell'elaborazione del segnale da parte del nostro

sistema visivo. Questo aspetto si evince soprattutto dalle risposte al questionario percettivo sulle differenze cromatiche dove è emerso chiaramente come alcuni utenti abbiano avuto la capacità di riconoscere e preservare le variazioni tra due patch colorate anche sotto illuminanti differenti. Inoltre, nella maggioranza dei casi non c'è stata corrispondenza tra i valori acquisiti con le misure sperimentali e quelli assegnati dal test percettivo. Ad esempio, bisogna tenere conto che sia il CRI che il Fidelity Index non considerano l'arrangiamento spaziale e l'adattamento dell'occhio all'illuminazione, pertanto se verranno solo ed esclusivamente presi in considerazione uno di questi metodi di valutazione senza tenere presenti anche gli altri, il confronto tra i dati e la realtà non potrà mai essere considerato soddisfacente.
In conclusione, dal momento che sono emerse numerose discordanze tra il test percettivo e i valori misurati sperimentalmente, sia per quanto riguarda il CRI che il ΔE, si ritiene necessario riconsiderare i metodi e gli utilizzi di entrambi i parametri per far sì che risultino maggiormente attendibili e conformi con la realtà.

Riferimenti

[1] C. Oleari, Misurare il colore, Hoepli, 1998.

[2] I. E. Society, «IES Methods for Evaluating Light Source Color Rendition,» pp. ISBN-13: 978-87995-379-9, 2018.

[3] D. Pascale, «RGB Coordinates of the Macbeth ColorChecker,» 2006.

[4] C. B. A. R. S. Fumagalli, «An experiment on the color rendering of different light sources,» *Color Imaging XVIII: Displaying, Processing, Hardcopy and Applications,* pp. IS&T- SPIE Electronic Imaging, 3-7- February 2013, San Francisco (USA).

[5] P. T. K. S. Brueckner, «Colour Rendering of new white LED light sources - visual tests,» *Lux Eurpoa,* pp. pp. 397-404, 2009.

Light Design Strategy

Francesca Cecarini
Accademia di Belle Arti Macerata

1. Introduzione

La Light Design Strategy (di seguito denominata LDS) è un documento di programmazione generale, utile per la committenza, perché fornisce indicazioni strategico-progettuali per i futuri progetti esecutivi. In particolar modo la LDS determina le raccomandazioni generali (ma non dispone progetti specifici) di tipo tecnico-funzionale ed espressivo-comunicativo sull'immagine notturna della città. Per questo i modelli concettuali indicati sono misurati in rapporto ai valori prestazionali relazionati alla nuova fruizione percettiva notturna della città. La strategia si esplicita nel raggiungere la giusta coerenza visiva degli spazi pubblici in rapporto alle funzioni percettive dei luoghi.
La LDS è stata preparata dal Corso di Light Design dell'Accademia di Belle Arti di Macerata. Il documento di programma è stato sviluppato in collaborazione con l'Ufficio Tecnico del Comune di Macerata, che ha fornito il supporto tecnico e documentale necessario al lavoro di stesura.

2. Light Design Strategy: non solo Lighting

La LDS permette di intervenire sulla città, modificandola e riqualificandola, attraverso interventi mirati. Senza avvalersi di grandi studi urbanistici (come ad esempio i Piani Regolatori dell'Illuminazione) e con la possibilità di agire rapidamente sulla città con una programmazione a breve/medio termine. Inoltre la LDS, ingloba anche i temi "classici" del Lighting Design per l'Architettura e la città, ma li rigenera e li reinterpreta, con l'obbiettivo di cambiare e migliorare i parametri della fruizione. Il Light Design, infatti, consente di progettare la luce anche con strumenti e forme diverse rispetto al classico Lighting Design, come ad esempio materiali compositi reagenti alla luce, lighting a tema, oggetti luminosi o autoilluminanti, materiali trasparenti o semi-trasparenti, luce-grafica e altri strumenti ancora. Un ulteriore elemento concettuale che identifica il termine Light associato alla cultura del Design e dove il processo progettuale di trasformazione diventa più evidente, è il nuovo rapporto tra forma e funzione. Questo viene espletato non solo nella qualità della forma, ma soprattutto nella "pelle" del contenitore, attraverso sequenze di texture luminose che definiscono il prodotto come "oggetto architettonico". In questa fase di modificazione della realtà, l'oggetto architettonico, si propone come nuova tendenza giocata sull'impiego del Light, attuando una fusione percettiva della scena urbana, come possibilità di soluzione ai problemi delle città di oggi. Infine il termine Light in inglese, significa anche leggerezza. Ciò implica a livello progettuale la piena consapevolezza che la luce, come materiale del progetto ha una sua piena legittimazione, se associata a concetti come immagine, elemento provvisorio, trasparenza, perdita di gravità, immaterialità…. In ogni caso si tratta di mise en lumière dell'oggetto architettonico, secondo una visione peculiare della cultura del Design e non dell'Architettura. Su quest'ultima gravano le fondamenta culturali del costruire lo spazio e la funzione, mentre per il Light Design (e la cultura del Design) i soggetti architettonici sono solo l'oggetto su cui si concentrano le soluzioni progettuali.

3. Analisi

Osservazioni sull'analisi delle altre light (o Lighting) Design Strategy

In prima istanza abbiamo esaminato con attenzione alcune LDS. Alla base di queste osservazioni c'è una paziente e attenta analisi di altri documenti di programma compilati da vari professionisti della progettazione del Light Design, oggetto di riflessione da parte del gruppo di progetto del Corso di Light Design dell'Accademia di Belle Arti di Macerata.
Ci siamo imposti la duplice veste di cittadini interessati al futuro della città di Macerata e di professionisti portatori di specifiche esperienze e ruoli, destinati ad interagire strettamente con gli aspetti culturali ed operativi della nuova visione di cui è portatrice la nostra LDS.

Elenco delle LDS oggetto dell'analisi:
Creating the canvas reating the canvas for public life in bath (Regno Unito) - Plan lumière de la ville de beaune (francia) - Light + darkness in the city/ a lighting vision for the city of london (regno unito) - Lighting design strategy of derby city (regno unito) - The city of perth – lighting design strategy (australia) - The ghent light strategy in the spotlights (belgio) - Gloucester lighting strategy (regno unito) - Lighting master plan toronto (canada) - Public lighting strategy melbourne (australia) - Streetscape design manual lincolnshire (regno unito)
Il lavoro di analisi è il primo passo verso un reale approccio al progetto, utile per comporre un concreto quadro generale di riferimento a definire il "carattere del tema" in tutti i suoi aspetti. Da un lato l'analisi è utile a delimitare il campo delle possibili scelte e dall'altro costituisce un indispensabile punto di partenza e di stimolo per lo sviluppo successivo del lavoro. Per queste ragioni la fase delle analisi non è mai una semplice raccolta di generiche notizie, ma già l'inizio del progetto, perché le informazioni raccolte assumono significato ed importanza e combinandosi tra loro determinano un sistema che nel suo complesso è necessario interpretare, valutare e selezionare. Le analisi preliminari che noi abbiamo eseguito sono di natura diversa, ma sostanzialmente possono essere ricondotte a tre temi principali: le criticità, i piani percettivi e la leggibilità notturna e diurna. Per tutti i temi prodotti è stato fondamentale individuare i punti privilegiati di osservazione (focal point) e produrre riprese fotografiche diurne e notturne rispettando lo stesso punto di vista, con lo scopo di evidenziare l'insieme delle relazioni di natura funzionale e morfologica che i soggetti (edifici ed altro) instaurano con il contesto circostante. Particolare attenzione è stata rivolta alle caratteristiche tipologiche dei luoghi, ai percorsi, ai colori e materiali e non ultimo ai rapporti dimensionali e di forma. L'obbiettivo principale di queste analisi non è la semplice mappatura dei siti (intesi come conformazione meramente fisica dei soggetti e del contesto) ma bensì di "luoghi", che tendono ad abbracciare una dimensione più ampia, non solo dal punto di vista fisico, ma anche mentale, perché contengono i caratteri della storia, del clima, dei comportamenti umani, dei modi d'uso che connotano la porzione definita di spazio di cui i siti fanno parte. (Fig. 1)

Rilievo delle criticità
L'analisi sulle criticità si occupa di rendere visibili le incongruenze della luce esistente in rapporto all'ambiente architettonico. In particolar modo il segno X di colore rosso sulle immagini indica una serie di incoerenze evidenti presenti sui luoghi durante la fruizione notturna, tipo:
1- La totalità del luogo poco illuminato
2- Zone eccessivamente contrastanti per illuminazione
3- Rapporti di gerarchia visiva inesistenti o non adatti ai soggetti
4- Cattivo controllo del flusso luminoso degli apparecchi esistenti
5- Luci eccessivamente evidenti o abbaglianti
6- Luci afunzionali o parassite o inquinanti
7- Direzioni erronee delle luci
8- Dissonanza delle apparecchiature
Le indicazioni sull'immagine di riferimento determinano la criticità principale relativa alla fruizione notturna del soggetto analizzato, parimenti al confronto con l'immagine diurna (identico focal point).

Comparazione visiva dei colori e dei materiali
Le immagini che rappresentano i materiali e le loro colorazioni, sono legati all'analisi visiva diurna e notturna. La prima esamina la correlazione della percezione visiva in condizioni considerate "ideali" con l'ausilio della luce naturale incidente sulle superfici. La seconda le caratteristiche visive delle stesse superfici, condizionate dalla luce artificiale prodotta dalle attuali sorgenti artificiali.

Comparazione visiva delle Texture
La "pelle" dell'edificio, cioè la superficie esterna, a seconda del metodo tecnico-costruttivo di facciata, può produrre particolari tessiture, a testimonianza nella "scena urbana" di una grammatica

delle membrature, che evidenzia un rapporto diretto con le valenze cromatiche e architettoniche. La comparazione diurna e notturna delle immagini risulta per tanto indispensabile, in quanto rappresenta con chiarezza le peculiarità della colorazione e del materiale da rispettare in termini visivi nella fruizione notturna.

Comparazione visiva delle apparecchiature
Si è scelto di rappresentare con delle immagini di dettaglio l'analisi comparativa tra le attuali apparecchiature per l'illuminazione, la loro collocazione, la dimensione, la forma ed il colore, in rapporto ai singoli edifici ed al contesto architettonico.

Rilievo della luce
Il rilievo della luce prodotto dalle attuali preesistenze impiantistiche, durante il funzionamento notturno, è la parte centrale del lavoro di analisi. Nel corso dei sopralluoghi si è proceduto ad un doppio rilevamento: l'immagine notturna prodotta in ripresa fotografica da punti di vista ritenuti strategici per la fruizione visiva (che ha permesso di analizzare la leggibilità notturna); e il rilievo strumentale, effettuato con l'ausilio di un luxmetro/termocolorimetro.
Per determinare i livelli di illuminamento e le temperature di colore, punto per punto, in ogni ambiente è stato necessario effettuare un certo numero di misurazioni avendo cura di predisporre prima un disegno planimetrico del luogo (o frontale nel caso di facciate di edifici), disporre una "griglia grafica" per il rilievo e sull'incrocio delle linee posizionare lo strumento per la rilevazione del valore.
Il rilevamento con il luxmetro/termocolorimetro produce misurazioni su due parametri fondamentali per il rilievo della luce:
• misura dell'illuminamento (flusso emesso Φ per unità di superficie S), della regione in esame (espressi in lux, unità di misura dell'illuminamento (lx=lumen/m²).
• misura della temperatura di colore della sorgente luminosa (temperatura espressa in gradi Kelvin) e visualizzazione delle coordinate X e Y del diagramma tricromatico CIE che determinano le due caratteristiche basilari del colore: la lunghezza d'onda e la purezza (o saturazione).
Esemplificando le descrizioni tecniche, con questo strumento si possono avere i risultati numerici corrispondenti alla qualità (K) e quantità (E) della luce presenti al momento del rilievo.
Queste modalità di rilievo della luce, tramite strumentazione, permettono, da un punto di vista progettuale, di realizzare una mappatura complessiva del "clima luminoso" in cui l'intero ambiente architettonico rilevato è sottoposto con il solo ausilio della luce artificiale presente, prodotta dalle attuali preesistenze impiantistiche.
Una volta rilevati tutti i dati ritenuti necessari, si è scelto di restituire i risultati numerici direttamente sulle immagini notturne dei vari luoghi, indicando la localizzazione del rilievo con linee di diverso colore e valori numerici, che rappresentano le qualità e le quantità della luce misurate.

Rilievo dei piani percettivi
Le linee che individuano i vari piani percettivi sulle planimetrie, sono utili per definire i diversi livelli di percettibilità dei luoghi in esame.
In ogni campo di osservazione i soggetti che lo compongono (ovvero tutto ciò che siamo in grado di esplorare visivamente) si configurano come appartenenti a diversi piani percettivi, ovvero insiemi di soggetti posti alla medesima distanza media dal nostro punto di visuale. I piani percettivi sono "piani di profondità prospettica", che forniscono l'informazione necessaria per rendersi conto della propria posizione all'interno del contesto.
In sostanza con il rilievo percettivo si definisce il rapporto "oggetto/sfondo", cioè la relazione tra soggetti che si distribuiscono nello spazio a varie distanze e aventi diverse posizioni, significati e funzioni, in un susseguirsi di piani percettivi, dove l'ultimo si può definire "fondale" o in termini percettivo/cognitivi limite spaziale d'interesse. In questo modo la configurazione di un ambiente architettonico è costituita non solamente dai diversi "oggetti" contenuti, ma anche dal loro rapporto spaziale e dalla loro organizzazione in quinte di profondità.

Gli aspetti progettuali derivanti da queste definizioni sono di due ordini di grandezza:
• è importante per il fruitore/osservatore mantenere un chiaro rapporto visivo e di avere un buon controllo percettivo di prossimità. Questo gli consente di orientarsi facilmente nell'ambiente e di valutare i rapporti spaziali con gli "oggetti" adiacenti, ma prima di tutto di individuare le aree di potenziale pericolo (di fuga, di protezione, di vantaggio).
• anche il controllo percettivo di profondità è importante per l'osservatore, in quanto attiva il nostro senso dell'orientamento per vedere, se si può, il più lontano possibile.
In sostanza tutto ciò che rientra nella nostra "pre-visione" è di fondamentale interesse per una ulteriore valutazione complessiva dell'ambiente, anche se non può essere esplorato immediatamente. Esso può essere stimato solo dalla nostra capacità al completamento amodale (in altre parole, la nostra capacità di ricostruire e riconoscere con l'immaginazione ciò che è in varie porzioni nascosto da uno o più ostacoli visivi).
Le linee visualizzano almeno tre piani percettivi: primo, secondo e terzo, secondo modalità di funzione diverse tra loro. Il primo piano rappresenta sempre il soggetto principale della percezione, il secondo il contesto in cui il soggetto è disposto ed il terzo lo spazio di fondo, meno distinguibile, ma pur sempre presente nel processo di percezione.

Analisi sulla leggibilità diurna e notturna
Leggibilità
Questa operazione di analisi riguarda l'individuazione di una o più geometrie riferite al carattere strutturale dell'ambiente architettonico in esame, per orientare le nuove scelte strategiche della LDS.
Abbiamo analizzato la struttura urbana che compone i vari luoghi indicati dall' Amministrazione Comunale, in relazione ai percorsi, agli accessi, alle piazze, ai punti "forti" di riferimento ed alle eventuali "viste panoramiche". Gli aspetti presi in considerazione, rapportati ad un sistema di collegamenti visuali, sono:
• la regolarità o irregolarità dei percorsi
• la loro discontinuità o continuità
• la loro configurazione geometrica
• la complessità strutturale
Per tanto è possibile affermare che esiste un sistema di connessione della struttura urbana quando sono presenti, un diretto rapporto visuale tra gli elementi e un diretto collegamento funzionale tra essi. Il sistema di connessione ci ha aiutato a individuare le forme fisiche contenute nelle immagini e di classificarle in cinque tipi di elementi componenti lo spazio:
• i percorsi e le "quinte edilizie" • i sistemi di piazze e larghi • i margini • le zone • i nodi • i riferimenti
Leggibilità diurna
I percorsi e le "quinte edilizie"
Sono i canali lungo i quali l'osservatore si muove abitualmente, occasionalmente o potenzialmente.
Essi possono essere strade, vie pedonali, linee di trasporti pubblici, canali in alcuni casi persino linee ferroviarie. La concentrazione di usi o di attività lungo una strada, può conferire ad essa chiarezza nelle menti degli osservatori.
Gli attributi spaziali di ampiezza o ristrettezza derivano parte della loro importanza dalla comune associazione mentale. Importanti per l'identificazione dei percorsi sono pure le caratteristiche di facciata come i dettagli di vegetazione (un'alberatura abbondante può efficacemente rinforzare l'immagine di un percorso), la prossimità a speciali caratteristiche della città, l'esposizione visiva del percorso stesso o la visibilità di altre parti della città. Che essi possiedano anche continuità è un'ovvia necessità funzionale. Le strade lunghe hanno tutte un carattere individuale mentre le traverse funzionano come termini di misurazione visiva.
La continuità della "quinta edilizia" di Macerata è risultata la costante principale dell'analisi sulla leggibilità diurna. A questa costante, presente in tutti i luoghi rilevati, corrisponde una coseguente grande uniformità dei materiali e dei colori, che pur nelle variazioni presenti in alcuni casi specifici, privilegia nella lettura, stabilità visiva e regolare costanza.

Purtroppo è necessario sottolineare che non risulta ugualmente stabile la lettura degli elementi che compongono l'arredo urbano (panchine, pensiline, cartelloni pubblicitari, segnaletica, illuminazione commerciale, ecc.) i quali si sovrappongono per forma e funzione ed evidenziano scelte diversificate nel tempo e non raccordate da un unico piano di arredo dello spazio urbano.

I sistemi di piazze e larghi
Sono le zone della città dotate di una "estensione mentale dell'immagine" in cui l'osservatore entra "percettivamente dentro", che sono riconoscibili in quanto in essi è diffusa qualche forte caratteristica identitaria, storica e di costume. L'analisi dei luoghi oggetto della LDS configurano chiare geometrie dello spazio urbano che identificano i sistemi di piazza e larghi.
Abbiamo individuato tre categorie morfologiche:
A. le piazze "chiuse", che interrompono la continuità architettonica delle vie d'accesso e sono definite su tutti i lati da "quinte edilizie" (come ad esempio Piazza della Libertà);
B. le piazze "aperte", che si sviluppano a lato di un percorso, che mantiene la propria identità funzionale ed architettonica (altro modello è Piazza Nazario Sauro);
C. i "larghi" che si formano per deformazione più o meno regolare della sezione stradale del percorso che li attraversa (è una dimostrazione l'Emiciclo Torri in Corso Garibaldi).

I Margini
Sono gli elementi lineari che non vengono usati o considerati come percorsi dall'osservatore. Essi sono confini tra due diverse fasi, interruzioni lineari di continuità: rive, linee di comunicazione, margini di sviluppo edilizio, mura. Margini di questa natura possono costituire barriere, che dividono una zona dall'altra, o possono essere suture, linee secondo le quali due zone sono messe in relazione ed unite l'una all'altra. I margini più forti sono quelli che sono non solo visivamente preminenti, ma anche continui nella forma ed impenetrabili al movimento trasversale.
La struttura dell'antica cinta muraria di Macerata è ancora fortemente presente in tutto il tratto della circonvallazione intorno del nucleo storico. Alcune parti testimoniano la presenza di elementi originari costruttivi, che nel tempo sono stati abbattuti o inglobati nelle costruzioni abitative che vi si sono sovrapposte. La continuità visiva del perimetro che accompagna la circonvallazione è data dalla sommatoria di episodi costruiti e differenziati nel tempo. L'unità dei materiali e del colore è il vero elemento unificante di tutta la cinta muraria della città. Non ultime per presenza, ancora significativa dal punto di vista storico/morfologico, hanno le porte d'ingresso alla città storica: Porta Mercato, Porta Montana, Porta San Giuliano. Infine è doveroso osservare il percorso a verde che segue la geometria dell'intera circonvallazione ed in parte minore addossato nelle vicinanze delle strutture murarie ed in gran parte presente sulle zone per la viabilità pedonale (viale Leopardi, viale Trieste e viale Puccinotti) a completamento di quel sistema "mura/verde" che identifica (anche nella visione panoramica esterna) il nucleo storico della città.

Gli accessi
Sono i punti, i luoghi strategici in una città, sono i fuochi (focal point) intensivi verso i quali e dai quali l'osservatore si muove. Possono essere anzitutto antiche porte d'ingresso alla città, luoghi d'ingresso ed uscita da una piazza, un attraversamento o una convergenza di percorsi (come ad esempio la zona di congiunzione dei "cancelli" di Macerata), momenti di scambio da una struttura architettonica ad un'altra, o semplicemente concentrazioni di qualche uso o di qualche caratteristica fisico-ambientale (il caso di vicolo Consalvi ci è sembrato emblematico a tale proposito, una sorta di "tunnel" che collega due vie a grande fruizione pubblica, via Gramsci e Corso Matteotti).

I punti forti di riferimento
Sono un altro tipo di elementi visivi e generalmente costituiti da un oggetto fisico semplicemente definito. In alcuni casi il punto di riferimento può essere lontano (come il caso del Monumento ai Caduti, che è visibile anche a lunga distanza da Piazza Garibaldi), visibile di solito da una pluralità di angolazioni e distanze. Altri punti di riferimento sono costituiti da elementi di dimensione minore (come sculture o bassorilievi, modanature o decorazioni) e vengono impiegati come riferimento visivo dai cittadini. La caratteristica chiave per questa categoria è la singolarità, ma è innegabile il

ruolo che esprimono come riferimento dell'"immagine forte" della città (basti pensare alla caratteristica Loggia dei Mercanti di Piazza della Libertà).

4. Obiettivi della Light Design Strategy

La strategia generale della LDS mira a raggiungere una serie di obbiettivi. In particolar modo vuole:

• Indicare nuovi criteri per la progettazione esecutiva
• Migliorare la percezione notturna con un equilibrio dei contrasti qualitativi e quantitativi
• Costruire immagini notturne dei luoghi in armonia con l'illuminazione pubblica esistente

L'approccio strategico generale tiene conto della complessa articolazione dei luoghi e le soluzioni proposte sono indirizzate a priorità di progetto, che guardano, in particolar modo, ai temi della funzionalità, della valorizzazione culturale e oggi, quanto mai importanti, di sostenibilità e risparmio energetico.

Gli aspetti funzionali

Funzionalità come sicurezza. Una buona illuminazione pubblica aiuta a prevenire le potenziali conflittualità negli spazi ad uso collettivo. Viabilità, pedonabilità, fruizione dello spazio, commercio, ecc. sono attività che trovano giovamento diretto con una corretta ed adeguata qualità della luce e l'equilibrio delle quantità verticali e orizzontali. Inoltre sappiamo da studi specifici in corso da tempo che l'illuminazione svolge un ruolo chiave nella prevenzione della criminalità attraverso un reale supporto alla sorveglianza dei luoghi pubblici se questi risultano correttamente illuminati. Una riduzione del contrasto e dell'abbagliamento, insieme ad un sensibile miglioramento della qualità e resa dei colori e dei materiali, può aiutare a ridurre di molto gli atti vandalici all'interno degli spazi pubblici della città.

Funzionalità come accessibilità. A tutti i cittadini deve essere garantita la fruizione ottimale dello spazio pubblico notturno ed in particolar modo a quelle fasce di popolazione a cui spesso si "impongono" interventi poco pensati anche alle loro esigenze. Cittadini anziani, bambini ed anche persone con disabilità, possono provare particolare "fatica" a vivere la città notturna. Un migliore bilanciamento delle quantità e delle qualità della luce, una coerente illuminazione commerciale, una corretta uniformità di illuminamento delle strade, possono contribuire a migliorare l'accessibilità anche a queste categorie di utenti. Una serie di misure che consentano una illuminazione generale che dopo il tramonto, permetta di percepire con facilità i luoghi ed aiuti l'orientamento e il movimento.

Funzionalità come leggibilità. Percepire la città di notte combinando intuizione e riconoscibilità per aiutare ad orientarsi nello spazio. Di giorno alcuni "indizi visivi" vengono usati dai cittadini come punti di riferimento. Questi stessi "segni" devono essere visibili anche di notte e solo se le strade e lo spazio sono illuminati in modo corretto, i luoghi della città restano intelligibili anche nella fruizione notturna.

Gli aspetti culturali

La luce comunica la città. Una buona illuminazione dovrebbe creare un'esperienza positiva e non solo soddisfare gli aspetti funzionali. Buoni requisiti di illuminazione qualitativi e quantitativi, devono servire a disvelare gli spazi pubblici e le architetture che compongono il tessuto urbano della città. Bilanciare la luce delle superfici verticali e su quelle orizzontali contribuisce a migliorare la leggibilità e l'identità specifica del luogo.

La luce racconta la storia. Il carattere peculiare della città di Macerata è composto da un numero di distinti ambienti architettonici, che sono identificabili per storia e stili che si combinano in un continuum spaziale che li collega, a diverse scale temporali, tramite strade, larghi, piazze e vicoli. Un approccio omogeneo e coerente all'illuminazione restituisce chiarezza compositiva, bilanciate gerarchie della visione, proporzionate intensità, equilibrati contrasti e colori della luce e la visibilità anche di notte dei "segni" della storia della città.

La luce facilita il turismo. L'illuminazione può svolgere un ruolo chiave nel rivelare il patrimonio culturale della città e contribuire a migliorare anche la fruizione turistica. Dunque una Light Design Strategy Macerata

Vision & Concept
corretta progettazione della luce deve essere impiegata non solo per garantire la "funzionalità dell'illuminazione" delle strade e degli edifici della città, ma anche per promuovere e contribuire all'incremento turistico, attraverso equilibrate ed efficaci "interpretazioni" dei luoghi.

Gli aspetti economici
Marketing strategico con l'illuminazione. Emerge un aspetto economico di grande portata nel progettare la luce per la città, perché l'illuminazione può aiutare a sostenere lo sviluppo economico delle attività connesse alla vita sociale e non solo attraverso il miglioramento della sicurezza. La luce diventa un elemento di base per promuovere l'economia della città. Le luci delle vetrine modellano il paesaggio circostante e seducono i passanti, si configurano come punti di incontro, una sorta di "stanza urbana" di "interno sociale" dove la gente si incontra, intrattiene relazioni, trascorre tempo. Progettare la luce per un negozio significa anche intervenire sul lightscape urbano.
Il design ambientale con l'illuminazione. Con una corretta progettazione della luce si coglie anche l'obbiettivo della riduzione del consumo di energia. La strategia deve orientarsi ad un controllo completo di ogni forma di irradiazione di luce artificiale al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata e in particolare modo verso la volta celeste. Inoltre è altrettanto necessaria la verifica di qualsiasi illuminamento diretto prodotto dagli impianti di Illuminazione su oggetti o soggetti che non è necessario illuminare. Infine occorre adottare criteri di scelta e parametri manutentivi sulle tecnologie luminose. Diventa importante misurare l'efficienza luminosa (lm/w) che è il rapporto tra il flusso emesso, espresso in lumen, e la potenza elettrica assorbita espressa in watt. Esprime il rendimento di una lampada o di un apparecchio di illuminazione. Quindi, tanto maggiore è l'efficienza luminosa tanto più economico è l'esercizio della sorgente luminosa.

Criteri di Illuminazione
I criteri di seguito raccomandati si basano sui contenuti tecnico-funzionali ed espressivi-comunicativi della strategia di progetto e vogliono fornire una guida sulle misure da adottare nei progetti esecutivi. Le indicazioni sulle tecniche di illuminazione, le temperature di colore, le gerarchie visive, la funzionalità fotometrica delle apparecchiature, le tipologie di tecnologie luminose, si intendono riferite alle singole metodologie di intervento da adottare nei luoghi oggetto della LDS, pena la non veridicità delle simulazioni realizzate. Il mancato rispetto delle raccomandazioni darà risultati negativi e opposti in relazione alla strategia della LDS.
Inoltre i criteri esposti sono stati improntati con l'intento di trovare univoche modalità descrittive, pur mantenendo una particolare attenzione all'unicità dei luoghi come "elementi di rete".
Un approccio coerente all'illuminazione di tali "elementi di rete" contribuirà a creare la giusta coesione visiva che è l'obbiettivo primario della LDS. Ad esempio, mentre la quantità della luce si distingue per ogni tipo di soggetto, l'utilizzo della qualità della luce tende a ricomporre nel complesso l'insieme dei luoghi in una visione coerente.
Dai modelli di concept all'identificazione delle gerarchie visive
Lo scopo dello sviluppo dei modelli di concept è stato quello di rappresentare il sistema delle nuove gerarchie visive che il lavoro di analisi dei luoghi ci ha permesso di individuare. Essi costituiscono la base concettuale delle scelte tecnico-funzionali della LDS e in questo senso sono da considerare come la prima raccomandazione utile per la regia degli interventi esecutivi. Gli schemi percettivi sui quali si basano hanno il compito di definire le principali relazioni visive che legano fra loro le articolazioni dei luoghi che l'illuminazione notturna deve rendere percepibili. Sono nel contempo gli strumenti di verifica e controllo del sistema di light design sul piano espressivo e comunicativo e i modelli consigliati per gli interventi relativi all'illuminazione tecnico-funzionale.
Dai modelli ideati emergono alcune indicazioni generali della LDS:
• strutturare l'immagine notturna della città, con adeguate differenziazioni di qualità e quantità della luce (raccomandazioni diverse per i piani orizzontali e verticali)
• rendere unitarie le indicazioni sulle tecnologie delle sorgenti luminose
• la valorizzazione dei piani verticali e delle "quinte edilizie"

• la valorizzazione delle cinta murarie e delle porte
• la tendenza a rendere il più possibile “coerenti” al contesto architettonico ambientale le apparecchiature, per morfologia, dimensione e colore

Tecniche di illuminazione
La LDS indica di seguito le tecniche di illuminazione da applicare nei progetti esecutivi. Date le innumerevoli situazioni, ci è sembrato necessario analizzare le esigenze visive di ciascuna e dare indicazioni sulle caratteristiche generali degli apparecchi per l’illuminazione, per ottenere il miglior risultato.
Le tecniche di illuminazione, a nostro parere utili per le esigenze tecniche e visive della città di Macerata, possono essere raggruppate in cinque categorie generali:
• Luce a proiezione
• Luce d’accento
• Luce radente
• Luce “caratterizzante”
• Luce ad “effetto”
(Fig. 2)

Fig. 1 - Esempio di Tavola delle Analisi

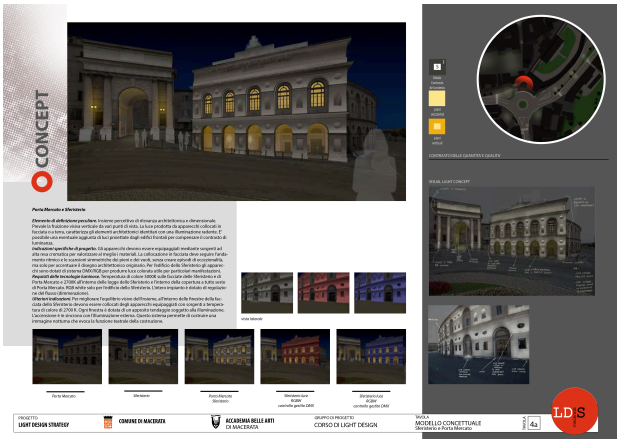


Fig. 2 - Esempio di Tavola dei Concept

4. Conclusioni

La nostra visione scaturisce da una modalità di approccio al progetto della LDS che si fonda sull’interpretazione della città, collegata alla concretezza dell’esperienza visiva, perché in questo modo la scena urbana appare all’osservatore come configurazione percettiva. Questo nuovo approccio non mira più, quindi, a realizzare una composizione della luce controllata solo da apparenti “leggi estetizzanti” o peggio ancora prettamente funzionali, ma piuttosto a metodiche di progetto che hanno come obbiettivo principale quello di rendere “ri-conoscibili e visibili” gli elementi identitari della città.

Referenze

- Architectures de Lumières – Louis Clair, Fragments Editions 2003
- Architetture di Luce, Luminoso e sublime notturno nelle discipline progettuali e di produzione artistica – Silvio De Ponte, Cangemi Editore 1996
- Architetture in Luce – Donatella Ravizza, Franco Angeli Editore 2006
- Manuale di Progettazione Illuminotecnica – a cura di Marco Frascarolo, vol. 1-2, Mancosu Editore 2010

Progettare con l'immateriale
Luci - colori - suoni come strumenti di progettazione

Laura Bellia*, Gianluigi Capasso**
*DII, Università degli Studi di Napoli, bellia@unina.it, **Libero professionista giangblues@gmail.com

1. Introduzione

Sebbene la consapevolezza dello spazio che ci circonda sia principalmente attribuibile alla vista, attraverso la percezione di luci e colori che consentono di identificare spazi ed oggetti, nella realtà sono spesso le esperienze sinestetiche, ossia le combinazioni di più sensi, quali vista e udito, a determinare il giudizio complessivo che formuliamo nei confronti di ciò che semplicemente "vediamo". Anche gli odori possono richiamare alla memoria luoghi già vissuti, modificando le sensazioni provate. In questo contesto l'architettura può essere interpretata come una fonte di sensazioni diverse, in grado di far confluire in una sola, molteplici diramazioni percettive. In una visione sempre più consapevolmente orientata verso il benessere globale dell'individuo, oggi si pone sempre maggiore attenzione alla realizzazione di spazi che suggeriscono sensazioni altre al di fuori del semplice permanere. E' già noto come la luce sia considerata una quarta dimensione dello spazio o anche come "materia" in grado di modificare i connotati dei luoghi: a questa si può -o deve- aggiungere l'esperienza sonora, sia controllando adeguatamente le caratteristiche fisiche e geometriche, intrinseche dei luoghi, sia servendosi delle potenzialità percettive offerte dalle tecnologie contemporanee.

2. Sentire l'architettura: lo spazio e la sua percezione.

Considerando gli spazi architettonici, ci si può chiedere: quanto può la plasticità di un'architettura, nel suo carattere immanente, dialogare con sensi diversi dalla vista -nella fattispecie principalmente l'udito- creando una varietà timbrica nella sua essenza? E' ben noto che l'interazione luce -proveniente dalle sorgenti primarie- e materiali (caratteristiche ottiche delle superfici, degli arredi e delle finiture) unitamente alle caratteristiche geometrico-spaziali, definisce l'aspetto visivo dell'architettura, attraverso la sapiente realizzazione di contrasti, sia di luminanza che cromatici, enfatizzandone o meno anche le caratteristiche di tridimensionalità. A questo si può aggiungere una ulteriore dimensione, quella sonora: questa componente va a riferirsi a tutto ciò che riguarda l'influenza acustica di qualsiasi elemento che appartenga ad un dato spazio o che ne faccia da contorno. Ci si riferisce quindi non solo ad elementi con una chiara connotazione melodica, ma a tutto ciò che può essere riconducibile a scenari sonori fatti sia di suoni "spontanei" caratteristici del luogo -di qualsiasi origine essi siano- sia di suoni prodotti da strumenti musicali o specifiche sorgenti. Questi scenari generano diverse condizioni psicoacustiche che possono risultare sia gradevoli che sgradevoli: ad esempio la confusione in luoghi aperti può in taluni casi essere fastidiosa o, di converso, essere percepita come piacevole, ad esempio durante eventi collettivi. L'aspetto sonoro quindi può avere una grande forza per quel che riguarda il suo ruolo in un dato spazio tanto da connotarlo e qualificarlo, così come è già ben consolidato per il design degli oggetti e degli spazi e per l'illuminazione.
In questo contesto, l'approccio non può che essere olistico, orientando la progettazione sempre più verso l'uomo con tutte le sue caratteristiche percettive. Tenere conto della sinestesia significa ottimizzare la fruizione degli spazi, stimolare gli individui ed attivare la memoria ed i processi cognitivi [1].

3. Realtà e percezione

La percezione multisensoriale, così come per le singole componenti percettive, è caratterizzata da aspetti fisiologici comuni a tutti gli esseri umani, così come da aspetti individuali, più strettamente collegati alla cultura, all'età, alle singole esperienze, ecc. Ad esempio un musicista è più educato ad ascoltare ed a discernere i suoni piuttosto che a guardare, mentre per un pittore o un fotografo saranno probabilmente sempre prevalenti le percezioni legate alla visione.

Così come per le singole componenti, anche la percezione sinestetica, indipendentemente dagli aspetti soggettivi, può essere sviluppata mediante opportune esperienze. La consapevolezza di una percezione sinestetica induce una maggiore sensibilità nel "sentire" ciò che si vive in un dato momento, con risposte emotive che creano spontaneamente dei legami tra i vari sensi mediante un criterio di empatia. Il meccanismo è estremamente complesso, ma analizzando le diverse risposte emotive generate sia da stimoli visivi che da condizioni sonore, basandosi sull'esperienza, si sono individuate alcune tipiche situazioni, descrivibili come "scene audio-visive". Tali scene rappresentano dei cliché che garantiscono o comunque favoriscono delle sensazioni attraverso precise ambientazioni. Con un approccio che ha molto in comune con il metodo cinematografico, la materia sonora offre la possibilità di completare o modificare le emozioni indotte dal sistema visivo. Quel che tiene unito tutto è solo l'uomo con la sua capacità sensoriale di riconoscere e far interagire tra loro queste varie sollecitazioni: la correlazione spazio – colore –suono incide fortemente sul suo stato d'animo ed anche sull'approccio al luogo che si ritrova a fruire. La forza di questa correlazione sta soprattutto nel fatto che ogni dimensione percettiva può alterare la qualità spaziale di un luogo in modo più incisivo rispetto alle altre: la sovrimposizione di questi elementi che caratterizzano lo spazio e rendono questi innesti dei motivi progettuali giocano con le preesistenze e fanno sì che anche l'architettura stessa diventi parte attiva con il contesto ed i fruitori. Viene meno così anche il carattere più statico dell'aspetto architettonico, alla ricerca di continui equilibri tra colori, suoni e fruitore nello spazio. La dimensione architettonica diventa così la condizione alla base di questa relazione: dalla sua conformazione possiamo ottenere svariate soluzioni percettive lavorando solo su colori, luci e suoni, diventando essa stessa parte di questo gioco di forme [1].

4. La percezione ed il tempo

La percezione dello spazio che ci circonda è strettamente legata al tempo: la luce naturale scandisce i ritmi luce buio, i luoghi si modificano nel tempo, sia a causa di fenomeni naturali che per interventi umani; pur nella continuità tutto evolve e si modifica e le variazioni temporali stimolano in modo significativo i nostri sensi che viceversa, in condizioni statiche, si assopiscono. I ritmi di queste variazioni possono essere più o meno lunghi: tutto si muove secondo un senso del tempo, proprio come accade in una partitura musicale od in un'improvvisazione dove la linea melodica viene costruita man mano su una tessitura armonica stabilita creando dei continui legami con quel che è, alla ricerca di successioni di note che danno nuove connotazioni all'impianto preesistente. Entrambe si muovono secondo un andamento orizzontale del tempo: uno relativo all'architettura ed ai segni che permangono su di essa e sul contesto dove si ritrova, uno alla musica data dal suo scorrere lungo una durata che ne fa comprendere la consistenza, l'obiettivo e la qualità. La cosa da evidenziare è vedere come entrambe vivono lo scorrere del tempo: infatti, così come i "landscape", anche i "soundscape" sono dinamici ed offrono scenari sempre diversi e con possibilità di molteplici sviluppi nella loro essenza. In tal senso l'architettura assume parte attiva e passiva allo stesso tempo del sistema audio-visivo che si viene a creare. In realtà tutti gli ambienti hanno delle caratteristiche audio-visive: quello che oggi si può fare è di controllarle simultaneamente e dinamicamente, realizzando condizioni ambientali che vanno ben oltre quello che è il semplice compito di guardare ed ascoltare.

5. Il suono, la luce e la dimensione spaziale

La materia sonora, intesa come strumento progettuale, al pari della luce, offre la possibilità di generare determinate sensazioni con artifici sonori ottenuti grazie ad installazioni, sorgenti o strutture che alterano la naturale percezione in un dato luogo: gli elementi della progettazione diventano quindi parti non tangibili, ma formativi di uno spazio che viene caratterizzato con le loro peculiarità. È così quindi che, come con la luce, anche con il suono l'intangibile prende forma e si modella diventando motivo progettuale: lo spazio architettonico viene così completato con questi artifici sonori che, interagendo con esso, diventano dei veri e propri elementi di design, sia che siano semplici strumenti di diffusione acustica oppure sistemi che consentono la manipolazione o l'abbattimento di alcune frequenze. Ad esempio, in base a quanto espresso da Tesla [2], le frequenze sonore a 432 Hz inducono

sensazioni di tranquillità e benessere e quelle a 396 Hz riducono lo stress con un'azione calmante. Ovviamente, riferirsi semplicemente a delle singole note è semplicistico, ne sono un esempio i così detti "paesaggi sonori" spesso presenti in contesti filmici e che fanno da tessitura alle immagini che scorrono dinanzi ai nostri occhi: parliamo quindi di finzioni realistiche che suggeriscono una meta-verità a chi osserva, offrendo così una suggestione tale da rendersi credibili. Anche per le ambientazioni luminose, diversi studi confermano come la scelta dei colori degli oggetti e degli elementi architettonici possa indurre particolari stati d'animo o conferire una particolare connotazione agli ambienti. E' inoltre noto che il contenuto spettrale delle radiazioni che incidono sull'occhio produce effetti "non visivi", ossia sull'umore, sul benessere, sullo stato di veglia, sulla regolazione dei ritmi circadiani [3]. Si può quindi immaginare quali possano essere le conseguenze, e non solo sulla mera percezione, nell'intervenire in modo sinergico (o per qualche strano motivo anche antagonista) combinando opportunamente gli stimoli audio-visivi.

5. Rapporto colore – suono

I colori ed i suoni sono stati talvolta interpretati come stimoli "analoghi" e spesso, anche nel passato, se ne è cercata una connessione. In musica si parla suoni "caldi" o "freddi", un po' come ci si esprime per i colori degli oggetti o della luce. Questo è dovuto al fatto che le sensazioni prodotte possono risultare emotivamente simili, dove quasi sembra di vedere suoni o sentire colori nelle loro svariate tonalità. Questo criterio associativo è stato oggetto di discussione da parte di artisti e studiosi che nel tempo hanno tentato di giustificare e dare delle interpretazioni -si pensi ad esempio al carteggio tra Arnold Shoenberg e Wassili Kandinski.[4] Il compositore Skrjabin [5] ha interiorizzato e definito delle "sensazioni coloristiche musicali", arrivando a determinare schematicamente delle corrispondenze tra le note ed i colori, dove associa ad ogni tonalità-colore un preciso sentimento [6] (Tab.1).

Tabella 1. Associazioni tra note musicali, colori ed emozioni.

Do	**Rosso**	**Volontà**	**Sol**	**Rosa-arancione**	**Gioco creativo**
Re	**Giallo**	**Gioia**	**La**	**Verde**	**Problema,Caos**
Mi	**Bianco-azzurro**	**Sogno**	**Si**	**Blu perlaceo**	**Meditazione**
Fa #	**Blu**	**Creatività**	**Re*b***	**Viola**	**Volontà (dello Spirito Creatore)**
La *b*	**Viola-porpora**	**Movimento dello Spirito in un problema**	**Mi*b***	**Grigio acciaio**	**Umanità**
Si *b*	**Bagliore metallico**	**Avidità o entusiasmo**	**Fa**	**Rosso scuro**	**Differenziazione di Volontà**

In accordo con quanto sostenuto da Kandinski, nell'essere umano ci sono delle vie dirette che arrivano all'anima e vi è un'azione che poi dall'anima arriva anche ad altri organi materiali, come nel caso dell'occhio. Avviene un senso di risonanza tra i vari sensi andando così a creare un legame. Gli esseri umani infatti sono dotati di una sensibilità intensa e, al pari di strumenti musicali, vibrano in tutte le loro parti e le loro fibre. Il colore inoltre agisce direttamente sull'anima, considerata come "il pianoforte dalle molte corde" e l'armonia dei colori si va a fondare sul principio della giusta stimolazione dell'anima umana [7].

6. La sinestesia in arte ed in architettura

Nell'architettura contemporanea vi sono molteplici casi in cui i progettisti manifestano un approccio multisensoriale, attribuendo un valore molto forte al colore ed alla sua forza percettiva: ne è un esempio Steven Holl [8]. Oltre agli esempi in applicazioni squisitamente architettoniche, un settore in cui gli aspetti multisensoriali e sinestetici sono sempre più sperimentati è quella dell'arte. Sono infatti sempre più diffusi gli esempi di arte contemporanea in cui gli autori, anche mediante l'uso di artifici tecnologici, intervengono consapevolmente in modo multisensoriale sulla sensibilità umana.

In alcuni casi gli anche stessi fruitori diventano parte integrante dell'opera, alterando la percezione spaziale globale con la loro presenza: in verità anche dove non voluto, il fruitore fa sempre parte del contesto, non a caso ogni luogo può cambiare connotazione in relazione al numero ed alla posizione delle persone in esso presenti [9]. La scelta dei colori unita a dei paesaggi sonori precisi va a diventare materia progettuale, da fruire sia nei momenti di permanenza che nelle transizioni da un luogo ad un altro dove l'attenzione può essere indirizzata in determinate direzioni. Accade un po' come quando si ascolta una sinfonia: i vari momenti tra loro isolati sono legati da un unico filo conduttore che è dato talvolta dalla melodia, talvolta dalle parti armoniche ed a volte anche dal semplice silenzio che nella sua essenza va a rappresentare un momento di grande spessore. Paragonando ad esempio il silenzio ad un colore neutro, il passaggio da un luogo con forti connotazioni cromatiche ad un altro altrettanto caratterizzato, ma completamente differente, può essere intervallato dalla neutralità, così come il silenzio si alterna al suono e ne consente il godimento. Tale alternanza può avvenire sia in senso spaziale che temporale. I colori diventano così trama progettuale sulla quale le forme e gli spazi dell'edificio si adagiano: lo spazio si fa raccontare anche dai colori percepiti sotto diverse condizioni di illuminazione. Se, nella percezione di geometrie spaziali, i colori vengono supportati anche da elementi sonori, si generano consonanze e/o dissonanze visivo-acustiche che identificano ed allo stesso tempo modificano il luogo stesso: non si tratta di creare illusioni, ma semplicemente di far sì che dello stesso luogo possano venir fuori più aspetti e non semplicemente quello offerto dal modo canonico di intendere una data architettura. In questo modo ci si avvicina ad un aspetto virtuale della realtà che, nello scontrarsi con la solidità degli elementi, diventa forma, assumendo nuove sembianze: lo stimolo multisensoriale fa sì che il fruitore abbia la possibilità di sviluppare dei processi metacognitivi tali da favorire anche l'immaginazione. La difficoltà sta nel come, attraverso lo stimolo di più sensi, si possa intervenire consapevolmente nella percezione di un luogo e nel come controllare simultaneamente e dinamicamente i diversi parametri fisici al fine di ottenere i risultati desiderati. In questo senso le installazioni artistiche costituiscono un campo di prova, una sorta di sperimentazione in cui testare le reazioni umane individuali e collettive al variare di un parametro alla volta oppure con variazioni simultanee. Può bastare un cambiamento di posizione, di illuminazione, di contrasto: a parità di dimensioni e di distanza dell'osservatore due figure uguali con colori diversi offriranno diversi effetti percettivi, tra cui il senso di profondità e di preminenza di una figura rispetto ad un'altra [8]. Il tema è di grande attualità e non è un caso che oggi enti museali ed organizzazioni culturali stanno esplorando anche gli effetti prodotti dall'aggiunta del gusto come ulteriore senso da stimolare. Il MoMA ad esempio ha ideato una classe culinaria per rappresentare e fruire l'arte di Magritte attraverso un menu di degustazione di cinque portate ed in collaborazione con la Hartford Symphony Orchestra ha abbinato ad ogni piatto un brano musicale. Sempre presso il MoMA è stata creata la "Rain's Room" (fig.1), ossia una stanza in cui dell'acqua cade come la pioggia, ma non bagna le persone, grazie all'impiego di una tecnologia basata su sensori che rilevano la presenza umana, dando così l'illusione di camminare tra le gocce senza bagnarsi.

Fig. 1 - Rain's Room, MoMA (New York)

Significativa è inoltre la proposta sinestetica di Francois Mangion nel progetto denominato per l'appunto "Synaesthetic Museum" (fig.2): pensato sul fiume St. Laurence nella parte storica della città di Quebec in Canada dove, usando la luce come strumento principale nella creazione di forme architettoniche, ha amplificato la relazione tra una forma nella sua realtà oggettiva e quella che può diventare enfatizzandone le qualità acustiche generate dal vento che la attraversa come se fosse un'arpa [10].

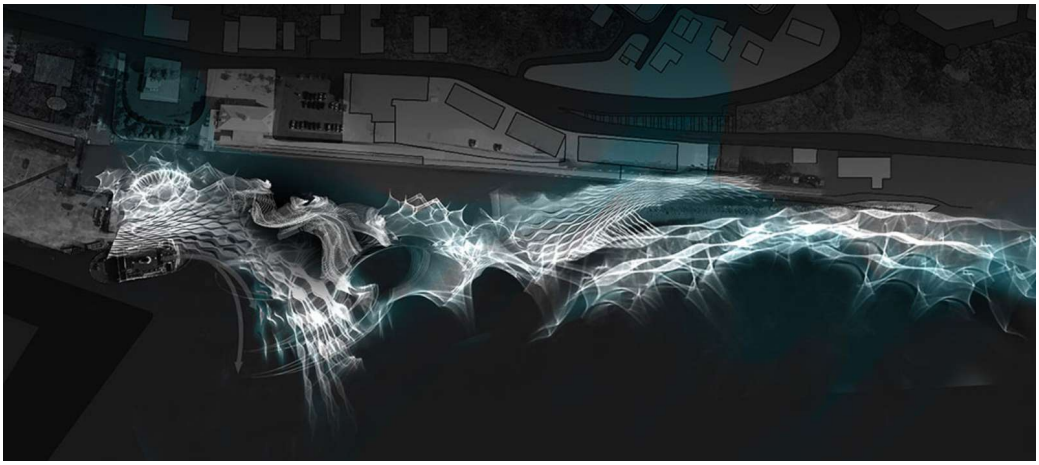


Fig. 2 - Synaesthetic Museum, Quebec (Courtesy of Francois Mangion)

Studiando infatti i giochi di luce e di suoni, questo progetto lavora sul suono prodotto dal vento su un fiume. È stato progettato uno tessuto armonico costituito da archi con proporzioni armoniche precise dando proprio l'effetto di un'arpa Eolia che utilizza l'energia eolica per ottenere un piacevole suono. Le implicazioni spaziali e funzionali del Museo sinestetico sono quindi i presupposti chiave per il suo funzionamento sia come museo che come edificio eolico. Il progetto esplora vari aspetti sia relativi al linguaggio architettonico, che riguardante l'inserimento degli archi suonati in un modo armonicamente funzionale. L'obiettivo del progetto è di essere in grado di tradurre e reinterpretare la combinazione di suono e luce attraverso la forma per realizzare un'esperienza unica. Studiando le modalità di evoluzione della luce negli spazi abitabili, il museo va a ridefinire il modo in cui le persone occupano l'ambiente costruito anche attraverso il suono e non solo attraverso i soli aspetti visivi. Attraverso la relazione tra le qualità volumetriche di luce e suono, i fruitori sono coinvolti in un'esperienza visiva ed armonica: infatti come un'arpa, l'edificio è suonato dal vento che trasforma acusticamente il carattere del freddissimo fiume che lo attraversa (Fig. 3).

Fig. 3 - Synaesthetic Museum, Quebec (Courtesy of Francois Mangion)

Per quanto riguarda le esperienze in campo architettonico, un notevole esempio sinestetico è quello sperimentato nella "Villa Linari" ad Amburgo dove si è cercato di ottenere una sinergia tra architettura, luce ed olfatto (Fig. 4). Partendo dall'idea che la percezione di un ambiente non si ferma solamente a ciò che vediamo, si è cercato di far interagire intenzionalmente anche gli altri sensi per

un maggiore coinvolgimento nell'ambiente, Si tratta di un edificio cubico a due piani che su un fronte è chiuso e nel retro ha delle grandi facciate in vetro. Le stanze hanno una configurazione minimale proprio per poter enfatizzare il ruolo degli arredi e della luce [11].

Fig. 4 - Villa Linari, Dibelius Architekten, Amburgo. Foto di Frieder Blicke (per gentile concessione di ERCO)

Per l'illuminazione generale sono stati usati dei proiettori a fascio ampio downlight (LED con tecnologia RGBW che offrono uno spettro di luce colorata ed una luce bianca con una ottima resa cromatica), mentre per l'illuminazione delle superfici verticali i wallwasher conferiscono spazialità e la possibilità di modificare le caratteristiche cromatiche delle pareti. In ogni stanza è possibile impostare il colore della luce ed anche il profumo per incrementare al massimo le condizioni di benessere degli occupanti in relazione alle diverse attività svolte.
Ciò che è interessante in questo lavoro è anche la realizzazione di forti contrasti come quello caldo – freddo ottenuto mediante l'illuminazione ad opera degli studi Sineplan Ingenieurbüro für Elektrotechnik und Gebäudeleittechnik di Amburgo ed Ingenieurbüro Beyer di Neumünster (Fig. 5).

Fig.5 – Villa Linari, Amburgo: effetti di diverso colore della luce e contrasti tra zone. Foto di Frieder Blicke (per gentile concessione di ERCO)

Le esperienze visive ed uditive presentano delle analogie, ma anche delle differenze. Nell'esperienza visiva, il cervello effettua una sintesi tra ciò che si è appena percepito negli istanti precedenti e quello che si percepisce sul momento realizzando un effetto spaziale in cui il soggetto è immerso. In ambito musicale ci sono effetti simili e possono essere appositamente composti, sebbene i meccanismi percettivi siano diversi. L'esperienza visiva si articola nel tempo e nello spazio anche in dipendenza della staticità o meno, dell'osservatore. Nello spazio sonoro tutto si articola in base a ciò che avviene fra le note oltre che alla loro disposizione. Tornando alla visione e ai casi in cui l'osservatore si muove su percorsi che connettono diversi luoghi, sono molto importanti gli studi condotti sui cosiddetti spazi di passaggio o di transizione. Jan Richard Kikkert e Lars van Es's (Amsterdam Academy of Architecture) insieme ai loro studenti analizzarono gli spazi urbani di transizione basandosi sulla qualità del suono. L'attività consisteva nell'ascoltare il posto e portare quest'esperienza nella progettazione. Il "soundscape" creato da Kikkett mostrava come i suoni raccolti in uno spazio possono essere trasformati con l'aiuto di modelli e disegni. Le scoperte fatte vennero così utilizzate per la progettazione di un centro di ricerca acustico che oggi costituisce un'estensione del Centro di architettura Arcam ad Amsterdam. In questo spazio sono stati concepiti dei nuovi percorsi pubblici che circondano l'edificio dall'interno e dall'esterno creando un senso di movimento continuo. I fori nelle murature fanno sì che ci sia una ventilazione sempre costante e rendono udibili i percorsi. Gli

elementi fissi e non che caratterizzano questo spazio architettonico inducono i visitatori a permanervi e viverlo con curiosità [12].
Un altro esempio, in cui questa volta sono i colori a dominare in un contesto dove i suoni sono dati dal naturale ambiente marino, è la "Muralla Roja" (Fig. 6): quest'architettura progettata da Ricardo Bofill a Calpe nei pressi di Alicante è nata con l'intento di voler creare qualcosa di attuale che però, con l'uso sapiente del colore, riuscisse ad armonizzarsi con la natura che la circonda ed enfatizzare la sua purezza al variare delle condizioni di illuminazione che si determinano con il trascorrere delle ore del giorno (Fig. 6).

Fig. 6 – Muralla Roja, Calpe. (Courtesy of Ricardo Bofil).

Morfologicamente si presenta come un accostamento di vari elementi cubici i quali son pieni di corridoi e scale che si intersecano in alcune torri. A vederlo sembra quasi un labirinto pensato però secondo uno schema preciso: infatti quello di base è una croce greca (Fig. 10). La sua particolarità risiede proprio nell'uso del colore: infatti vi è una forte contrapposizione tra i rossi utilizzati nella parte esterna dell'edificio ed il territorio circostante; nelle zone di distribuzione invece vi è una gamma di azzurri che vanno dall'azzurro all'indaco, al violetto, con l'intento di armonizzarsi con l'azzurro del cielo e del mare (Fig. 7) [13].

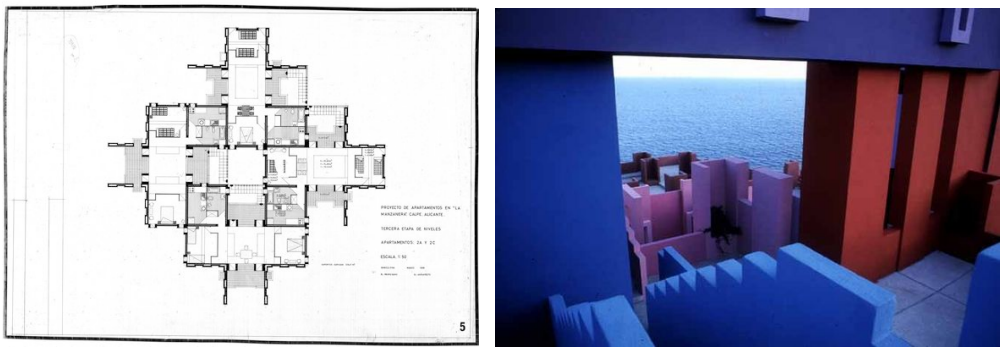


Fig. 7 – Muralla Roja, Calpe. (Courtesy of Ricardo Bofil).

Con questi esempi si vuol evidenziare come si stia cercando di andare oltre le dimensioni plastiche, sperimentando, attraverso gli iter progettuali più disparati, varie soluzioni al fine di ottenere un'esperienza architettonica quanto più completa e varia ponendo l'attenzione su quel che riguarda il "cosa", il "come" ed il "perché" uno spazio viene percepito. I casi precedentemente riportati sono semplicemente esplicativi e niente affatto esaustivi: in questa sede non sarebbe stato possibile trattare il tema in modo completo e d'altronde l'obiettivo è quello di cominciare a dibattere in modo sistematico su queste tematiche che coinvolgono sempre più da vicino i progettisti.

7. Conclusioni

Utilizzare la sinestesia in ambito progettuale offre significative potenzialità finalizzate al benessere da un lato ed alla ricerca di soluzioni volte a rendere singolare l'esperienza vissuta dall'altro. Tutto

questo si sta configurando come frutto di un processo culturale evolutivo che coinvolge da un lato la sempre maggiore conoscenza del cervello dell'uomo e delle risposte a stimoli complessi, dall'altro l'utilizzo di tecnologie innovative. Proiezioni, colori, contrasti cromatici, sistemi acustici, architetture visive ed acustiche sono solo alcuni esempi delle svariate strategie usate in questo modo di progettare sensorialmente. Ci si può chiedere se questa tendenza sia sapientemente volontaria o semplicemente un adeguamento alle attuali mode che vedono una sempre maggiore diffusione del digitale e del virtuale in ogni ambito di applicazione. In ogni caso, ogni processo evolutivo vive di momenti di sollecitazione indotti e non, sarà il futuro a testimoniare cosa accadrà. Si auspica che l'attenzione che si pone nello stimolare ed educare i sensi porterà ad una maggiore valorizzazione non solo di nuove opere ed installazioni, ma anche di quanto la natura ci offre e che spesso non siamo in grado di apprezzare adeguatamente.

Riferimenti:

[1]. Martellotti D., Architettura dei sensi, Roma, Mancosu Editore, pag. 42-43, 2004

[2] Tesla N., On Light and Other High Frequency Phenomena , Wildside Press, 2006

[3] Westland S., Pan, Q,, Lee S., A review of the effects of color and light on non-image function in humans. Non-Visual Effects of Light: Implications for Design. Coloration Technolog., 133, 349–361, 2017

[4]. Schoenberg A., Kandinsky W. , Musica e pittura , Milano, Geca Srl, 2016

[5] Jankélévitch V., La musica e l'ineffabile, Napoli, Tempi Moderni Edizioni, 1985

[6] Carlson M., the theosophical world of Alexandr Scriabin, The Journal of the Scriabin Society of America, 2007-2008.

[7] Kandinsky W., Dello spirituale nell'arte , Milano, SE, 2005

[8] Mclachlan F., Altered space: The transformative capabilities of colour and light in the architecture of Steven Holl and UN Studio. Proceedings AIC 2011 Midterm Meeting, Interaction of Colour & Light in the Arts and Sciences, Zurich 2011.

[9] Babakani R. Color and light in architecture and its effects on spirit of space users in a psychological view. J Archit Eng Tech 2017, 6:1

[10] https://aasarchitecture.com/2014/01/synaesthetic-museum-by-francois-mangion.html

[11] https://www.erco.com/projects/living/villa-linari-5379/it/

[12] Amsterdam Academy of Architecture, Music, Space and Architecture, Architectura & Natura Publishers, Amsterdam 2014.

[13] Ricardo Bofil, Vision of Architecture, Die Gestalten Verlag 2019.

4. Colore e Restauro

Il ruolo del colore nel restauro della monumentale Basilica Minore di Maria SS. Incaldana in Mondragone

Francesco Miraglia[1]

[1]Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università della Campania "L. Vanvitelli"

1. Introduzione

Gli interventi di conservazione della Basilica Minore di Maria SS. Incaldana in Mondragone (CE) hanno consentito di salvaguardare gli ambienti interni e la facciata della struttura sacra. I lavori sono stati articolati, sostanzialmente, in tre azioni portanti: consolidamento ed eventuale sostituzione di intonaci ammalorati dei paramenti interni ed esterni; tinteggiatura dei suddetti paramenti con nuovi cromatismi; rimozione dell'intonaco dai pilastri sinistro e destro della navata centrale posti in corrispondenza del transetto per la creazione di finestre stratigrafiche. Il restauro in questione ha consentito di qualificare la fruizione dell'edificio sacro dopo decenni di incuria e di interventi non adeguati al contesto storicizzato che essa offre [1].

2. La Basilica Minore di Mondragone: vicende costruttive

L'edificio sacro fu edificato per volere della potente famiglia Carafa nel terzo quarto del XVI secolo, interessando una chiesa preesistente di minori dimensioni, di pochi decenni anteriore. La presenza di quest'ultima struttura è disvelata da alcuni pilastri circolari in materiale tufaceo che confinano l'originario spazio presbiterale, rinvenuti durante i lavori di restauro. L'impianto voluto dai Carafa era tripartito, con ognuna delle navate suddivisa in tre campate. L'edificio sacro culminava con tre absidi, introdotte da un ampio transetto, sormontato da una possente cupola a tamburo e da una volta ad otto fusi. La navata centrale era coperta con una struttura lignea, mente quelle laterali erano, similmente ad oggi, coperte da un sistema di volte.

Negli anni venti del Settecento i nuovi feudatari, i Grillo di Clarafuentes, diedero inizio ad un profondo intervento di ristrutturazione e ampliamento, che, in sostanza, condusse la chiesa alla conformazione attuale. Tra i vari interventi, la sostituzione della copertura della navata centrale: in luogo dell'orizzontamento ligneo fu realizzata la volta a botte, tuttora presente [2].

3. Lo stato di conservazione pre restauro

Diverse e articolate patologie di degrado (rif. lessico UNI 11182/2006) sono state riscontrate sia all'interno dell'edificio sacro sia sulla facciata, in gran parte riferibili all'azione dell'umidità di risalita capillare, che – come è noto – è tra le cause maggiormente ricorrenti del deterioramento degli edifici storicizzati. Sempre riferendosi al predetto lessico, le patologie vanno essenzialmente ricondotte, per gli ambienti interni (Figg. 1-3), a: *distacco* (soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi); *lacuna* (perdita di continuità di superfici – parte di un intonaco e di un dipinto, porzione di impasto o di rivestimento ceramico, tessere di mosaico, ecc.); *alterazione cromatica* (variazione naturale, a carico dei componenti del materiale, dei parametri che definiscono il colore. È generalmente estesa a tutto il materiale interessato); *efflorescenza* (formazione superficiale di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, generalmente di colore biancastro).

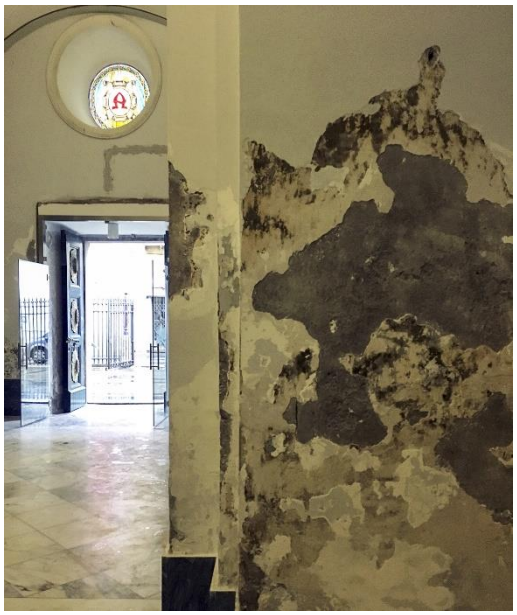
Per quanto riguarda, invece, le superfici esterne (Fig. 10), le patologie riscontrate possono riferirsi alle predette *lacuna* e *alterazione cromatica* e alla *fessurazione* (degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti).

A ciò si aggiunga la presenza di vari strati di coloritura, non sempre traspirante, apposti negli ultimi decenni. Ciononostante, sulle predette coloriture, sebbene alterate, è stato ancora possibile determinare la tinta, avendo il degrado agito, come avviene nella maggioranza dei casi, su intensità e saturazione.

Sebbene di minore gravità, va comunque segnalata la presenza di infiltrazioni di acqua piovana, soprattutto in corrispondenza delle superfici superiori della struttura sacra, a causa di diffuse

disconnessioni della guaina soprastante. Ne è derivata un'accurata analisi macroscopica, effettuata con un margine di errore contenuto, che ha permesso di riproporre la preesistente tinta.
Giova ricordare che, nella fase di studio pre intervento, è stata utilizzata la "termografia per telerilevamento", generalmente impiegata nel campo dell'edilizia ma da anni oggetto di grande interesse anche da parte degli operatori del restauro, per individuare la presenza di eventuali manifestazioni di umidità e/o lesioni di intonaco. Essa consente la visualizzazione, in due dimensioni, della misura di irraggiamento dei materiali, attraverso l'utilizzo della termocamera, un dispositivo in grado di rilevare le temperature dei corpi attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa da essi emessa sopra lo zero assoluto. In definitiva, la Termografia ha permesso di visualizzare valori assoluti e variazioni di temperatura degli oggetti, consentendo di verificare la presenza di patologie degli elementi lapidei (Fig. 4).
Successiva all'individuazione dei fenomeni di degrado della materia, è stata la previsione di una serie di interventi, delineati in ossequio al moderno esercizio della tutela e alle norme contenute nel Codice del Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. 42/2004).

Fig. 1 - Stato di conservazione degli ambienti interni della Basilica Minore antecedente gli interventi di restauro. In evidenza, il distacco e l'alterazione cromatica degli intonaci e delle coloriture delle volte, patologie di degrado perlopiù provocate dalle reiterate infiltrazioni di acqua piovana.



Figg. 2-3 – Stato di conservazione della Basilica Minore antecedente gli interventi di restauro. Si osservi il degrado diffuso degli intonaci e delle coloriture.

4. Gli interventi di restauro

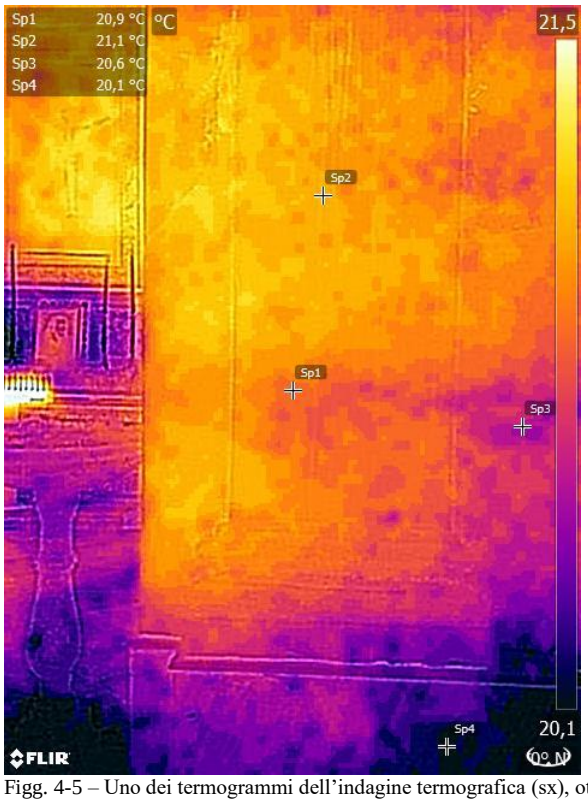
Gli interventi condotti sulla Basilica Minore di Maria SS. Incaldana derivano da due distinti progetti, redatti dagli architetti F. Miraglia e C. Valente. Diretti dall'architetto F. Miraglia, i lavori si giovano del nulla osta della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Caserta e Benevento, che ne ha assicurato l'Alta Vigilanza.

Obiettivi precipui dei suddetti interventi sono stati: il consolidamento degli intonaci storicizzati, l'integrazione di quelli ormai compromessi e la completa ridefinizione dei cromatismi, in sostituzione di quelli precedenti, frutto di lavori risalenti a diversi decenni fa e ormai inadeguati.

Durante tutte le fasi degli interventi è stata riservata costante attenzione alla necessità di eliminare le problematiche riferibili alla presenza diffusa – soprattutto negli ambienti interni – dell'umidità di risalita capillare, di cui si è prima fatto cenno, responsabile della presenza e della moltiplicazione di organismi biodeteriogeni, favorite dall'utilizzo, nel corso degli anni, di intonaci e stucchi a base cementizia (Fig. 5).

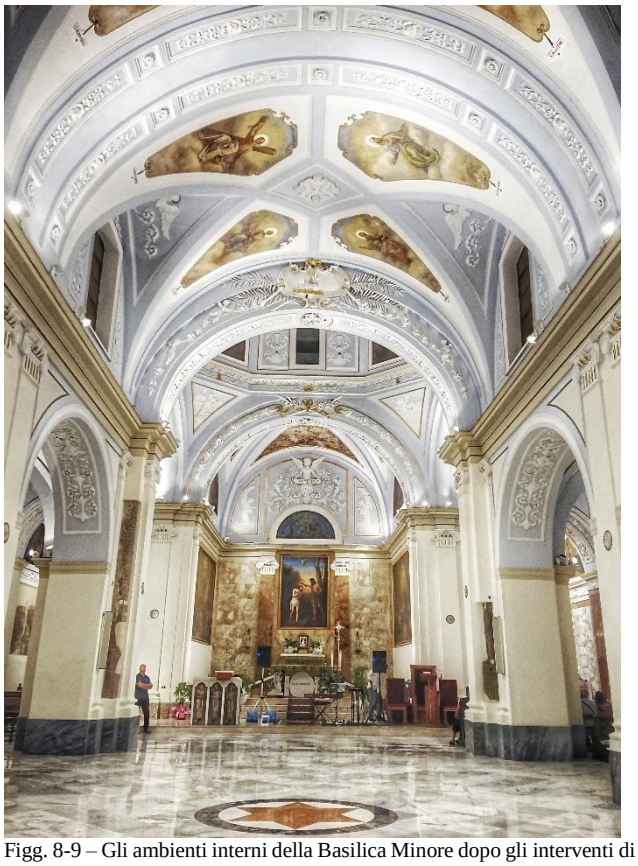
La scelta di utilizzare intonaci a base di calce certificata e di inerti selezionati è stata occasionata anche dalla necessità di offrire un supporto materico alle nuove coloriture che ne impedisse – nel lungo periodo – effetti di ossidazione o perdita di aderenza. Per le integrazioni di intonaco, che hanno riguardato una porzione significativa delle superfici verticali interne, sono stati utilizzati tre prodotti in filiera, con granulometria via via più fine (Fig. 6).

Ulteriore attenzione è stata posta riguardo l'esigenza scientifica di analizzare, per la prima volta, le complesse stratificazioni della struttura religiosa, attraverso la realizzazione di due finestre stratigrafiche sui pilastri della navata centrale posti in corrispondenza del transetto, che hanno consentito di assumere utili informazioni sulla presenza di altrettanti pilastri circolari in materiale tufaceo, elementi costitutivi della primigenia chiesa tardo quattrocentesca.



Figg. 4-5 – Uno dei termogrammi dell'indagine termografica (sx), ottenuto con quattro rilevamenti nel *range* di temperatura 20,01-21,05°C su uno dei pilastri della struttura sacra, che segnala una variazione relativa di 1,0°C. I termogrammi (risoluzione 640x480 pixel) sono stati realizzati con termocamera Flir[tm] dotata di tecnologia MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging), che consente di sovrapporre l'immagine termica a quella digitale, così da offrire una definizione grafica maggiormente particolareggiata. Fase di decorticazione delle porzioni di intonaco ormai pregiudicate (dx).

Figg. 6-7 – Navata sinistra, posa dell'intonaco deumidificante, base per le nuove coloriture (sx). Navata destra, prime fasi della coloritura degli ambienti interni. Si notino, in corrispondenza delle pareti, i provini del colore (dx).



Figg. 8-9 – Gli ambienti interni della Basilica Minore dopo gli interventi di restauro: la navata centrale (sx) e quella destra (dx). Foto di Angelo Razzano.

5. La scelta dei nuovi cromatismi

Per la scelta dei cromatismi da utilizzare nella struttura oggetto del restauro, fondamentali sono state le istanze della ricerca storica, coadiuvate dall'applicazione di indagini preliminari e dalla conoscenza delle tecniche costruttive e dei materiali costituenti. Soltanto dopo aver vagliato ogni possibile evidenza cromatica si può, realisticamente, passare alla fase di scelta di nuove tinte.

Per il caso in parola, la scelta dei nuovi cromatismi per gli ambienti interni è principiata dalla constatazione dell'assenza di coloriture storicizzate (evidentemente eliminate nel corso di precedenti interventi); ciò ha consentito di scegliere le tinte in modo da rispondere alle rinnovate esigenze di fruizione dell'edificio di culto.

Ne è derivata un'analisi complessiva dei criteri di illuminazione – naturale e artificiale – degli spazi interni, mutuata da esigenze di ordine funzionale, seguendo la necessità di utilizzare, in luogo di quelle preesistenti, tinte maggiormente tenui e chiare. Si è, dunque, anzitutto mirato a rendere l'ambiente sacro più luminoso, scongiurando il precedente contesto visivo, che non restituiva il giusto valore alle membrature e alle finiture (Fig. 7-9).

Inoltre, i nuovi cromatismi sono stati scelti anche in virtù della loro compatibilità figurale: partendo da una tinta neutra (il bianco), le coloriture sono divenute, in corrispondenza delle porzioni superiori della struttura (archi e volte) maggiormente vivaci (sabbia e indaco).

Per il restauro dell'ampia fronte esterna, invece, si è proceduto con l'individuazione di tinte del tutto identiche alle preesistenti, registrandone – su apprezzabile suggestione dell'ente di tutela – la luminosità, così da renderle più tenui. Il bianco delle alte lesene in aggetto, dunque, è stato intervallato dal giallo paglierino dei muri (Fig. 11).

6. Il piano di manutenzione programmata degli interventi

Il Piano di manutenzione è un elaborato del progetto esecutivo di cui è sancita l'obbligatorietà sia per il progetto architettonico sia per quello strutturale esecutivo.

La sua corretta impostazione, rispetto al controllo degli interventi eseguiti, oggi non va intesa soltanto come un obbligo normativo, ma anche e soprattutto alla stregua di un'indifferibile necessità culturale, mirante ad assicurare la sopravvivenza della struttura dopo il restauro, nella sua rinnovata configurazione.

Tutto ciò va assicurato con un insieme coordinato di operazioni atte a prevenire, controllare ed analizzare le varie problematiche che, con il passare del tempo, condizionano inevitabilmente l'integrità della struttura. In definitiva, la manutenzione programmata fornisce gli strumenti utili per l'analisi delle risultanze concretizzate nelle varie fasi dei lavori di restauro.

Ha interesse considerare come ogni attività di controllo programmata debba essere scandita da un preciso *timing*, che consenta agli operatori di verificare ogni singola variazione dei dati di partenza.

Nel caso delle coloriture, senza dubbio il controllo va effettuato tenendo anzitutto nel dovuto conto l'esigenza di conservare l'integrità degli intonaci sui quali esse sono fissate. In ciò rendendo ovviamente imprescindibile anche il monitoraggio del benessere dei supporti murari.

Fig. 10 – La facciata della Basilica Minore nella fase di montaggio dei ponteggi. Si notino le diffuse patologie di degrado.

Fig. 11 – Scorcio della porzione superiore della facciata della Basilica Minore dopo gli interventi di restauro. Foto di Angelo Razzano.

7. Conclusioni

Predisporre un intervento di restauro di una struttura sacra evidenzia alcune problematiche aggiuntive rispetto ad azioni di tale tipo su altri edifici storicizzati. Le caratterizzazioni degli spazi destinati al culto consigliano, infatti, di riporre un'attenzione maggiore verso le scelte progettuali proprio in ordine alle finiture, che hanno un valore simbolico-religioso oltre che architettonico. A ciò si aggiunga che, eccezion fatta per particolari casi, nei quali è possibile precludere totalmente l'accesso agli spazi oggetto di intervento (soprattutto allorquando la struttura sia allo stato di rudere), generalmente si possono confinare soltanto contenute porzioni dell'edificio sacro, in ossequio all'esigenza di non mortificare le quotidiane esigenze del culto.

Nel caso qui trattato ci si è trovati in una situazione del genere: gli interventi sono stati quindi eseguiti per aree, occupando il presbiterio per il tempo indispensabile alle varie lavorazioni e liberando via via spazi per l'esercizio compiuto del culto.

Ulteriori accortezze sono state previste nella fase della scelta dei nuovi cromatismi: al fine di evitare di impegnare ampie superfici delle pareti interne, infatti, sono stati effettuati opportuni provini, individuati in contenuti areali. Una volta scelti e concordati con l'ente di tutela i colori, essi sono stati compiutamente estesi a tutte le superfici.

In conclusione, giova ribadire che un intervento con le caratterizzazioni culturali come quello qui analizzato debba essere condotto con particolare attenzione, avendo cura di diversi aspetti – spesso compositi e tra loro interagenti – originati perlopiù dallo *status* di complessità del palinsesto architettonico rappresentato dalla struttura storicizzata.

Referenze bibliografiche

[1] F. Miraglia, C. Valente, Il restauro della Basilica Minore di Maria SS. Incaldana a Mondragone. Metodologia, interventi, prospettive di ricerca, 2018.

[2]. C. Valente, Mondragone Sacra. Viaggio nella memoria dello Spirito, 2005.

Il *Paesaggio* di Leonardo da Vinci analizzato colorimetricamente

Marco Gaiani[1], Fabrizio I. Apollonio[1]
[1]Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Architettura

1. Introduzione

In occasione del V centenario della morte il Museo Leonardiano di Vinci celebra l'anniversario con la mostra "Leonardo a Vinci. Alle origini del Genio" che prevede l'esposizione del disegno *Paesaggio*, datato 5 agosto 1473, conservato presso il GDSU delle Gallerie degli Uffizi di Firenze (inv. 8P). Si tratta di un organismo grafico redatto su un foglio di 196x287 mm a penna e inchiostro ferrogallico di quattro diverse tonalità, pietra rossa, punta di piombo su carta, che presenta la famosa raffigurazione di paesaggio sul *recto* e una serie di figure sul *verso*. L'Università di Bologna per la mostra ha realizzato un artefatto comunicativo digitale 3D, denominato *ISLe*, che permette di riprodurre il disegno con fedeltà percettiva forma, caratteri, colore e aspetto su tavolo *touch* 4K di 55", interagendo con esso come se lo si avesse tra le mani. *ISLe*, nato da una serie di esperienze che sono state condotte lungo un decennio [1, 2, 3], servendosi di cinque fotografie, ricostruisce e restituisce la tridimensionalità del disegno, renderizzandolo digitalmente come immagine di computer grafica sotto ogni condizione d'illuminazione e osservazione, con fedeltà percettiva del colore elevata e una risoluzione di 50 µm.

Per restituire fedelmente l'originale *ISLe*, piuttosto che ripercorrere le tradizionali soluzioni basate sul 2D (immagini ad altissima risoluzione) o 2D e mezzo (la tecnica Reflectance Transformation Imaging o RTI [4]), adotta un paradigma completamente tridimensionale, appoggiandosi al concetto di 'total appearence' [5]. Si tratta di una soluzione che mira a ricostruire tridimensionalmente l'intera riflettanza spaziale degli artefatti al fine di assicurare la visualizzazione dinamica, sia in scala reale, sia per ingrandimento e rotazione a 360°, per apprezzare non solo i caratteri grafici dell'elaborato (segni e tracciamenti), ma anche le ondulazioni e i movimenti della carta, oltre alle criticità conservative del foglio dovute alla corrosione dell'acidità degli inchiostri e degli altri accidenti, come l'esposizione alla luce e agli altri agenti atmosferici, che hanno colpito l'artefatto nel tempo.

Da un punto di vista operativo la soluzione consiste nella valutazione di una *Bidirectional Scattering Distribution Function* (BSDF) e nella sua renderizzazione in *real-time rendering* (RTR), utilizzando uno schema di acquisizione semplice e non dannoso per il disegno.

Il sistema ricalca nel suo complesso quello utilizzato nella precedente esperienza de l'*Uomo Vitruviano* dello stesso Leonardo [6], introducendo tuttavia innumerevoli innovazioni, a partire dallo stesso schema-base, per la volontà di migliorare alcuni caratteri che già al termine della precedente esperienza avevano mostrato la possibilità di perfezionamenti: la riproduzione accurata del colore, la configurazione morfologica del disegno, il modello di riflessione di carta e inchiostro.

Fig. 1 – Il disegno di paesaggio di Leonardo visto attraverso *ISLe*

Da un punto di vista tecnico *ISLe* si compone di quattro sub-sistemi:

a. Un'acquisizione a 48 bit colore effettiva, utilizzando una nuova soluzione integrata fotocamera-dorso a scansione, la Rencay DiRECT Camera Systems 24k³ [7] con sensore CCD Kodak KLI-8023 trilineare RGB da 8000 pixel per sensore, per una risoluzione nativa di 13000 x 8000 pixel e massima di 39000 x 24000 pixel. Il pixel pitch è di 9 µm che permette un limite di risoluzione di 55 lp/mm con contrasto del 60%. L'obiettivo utilizzato è un Rodenstock Apo-Macro-Sironar-Digital 120mm. f/5.6 72×96 dotato di eccellente capacità di risoluzione anche agli angoli, per le limitate distorsioni e l'uniformità di illuminazione;
b. Un sistema di illuminazione basato su singoli *High Flux* LED a luce bianca Relio² [8] un illuminatore che emette luce a spettro continuo a una CCT di 4000° K, un bianco neutrale con resa cromatica elevata, ha una luminosità di 40.000 lux a 0,25 m, e presenta un CRI > 95%. Esso consente di evitare i tipici problemi degli illuminatori fluorescenti che impediscono l'acquisizione di informazioni a determinate lunghezze d'onda della luce (Fig. 2) oltre alla presenza di dannosi raggi ultrvioletti (UV) e infrarossi (IR);
c. Una modello computazionale per restituire con fedeltà micro e macroscopica la superficie entro una finestra di rendering che sfrutta le librerie grafiche OpenGL;
d. Un software che permette una eccellente Color Correction a partire da immagini RAW al fine di riprodurre fedelmente il colore;
e. Una soluzione per visualizzare l'artefatto comunicativo ad alta fedeltà servendosi di un motore di *rendering low-cost* e portabile su dispositivi plurimi (wall, monitor PC, *tablet, smartphones*);
f. Un'interfaccia di visualizzazione per visitatori di musei e mostre basata su *touch* e *gestures* consuete perché mutuate da quelle degli *smartphones*.

Servendosi di *ISLe* il disegno di *Paesaggio* è stato analizzato in quanto artefatto grafico tramite un'analisi visiva e colorimetrica. Ai risultati dell'indagine è premessa una descrizione tecnica degli elementi di *ISLe* più strettamente correlati al tipo di analisi proposta che vuole, in parte affiancarsi alle tradizionali analisi spettroscopiche peraltro solo in parte efficaci nel campo di interesse.

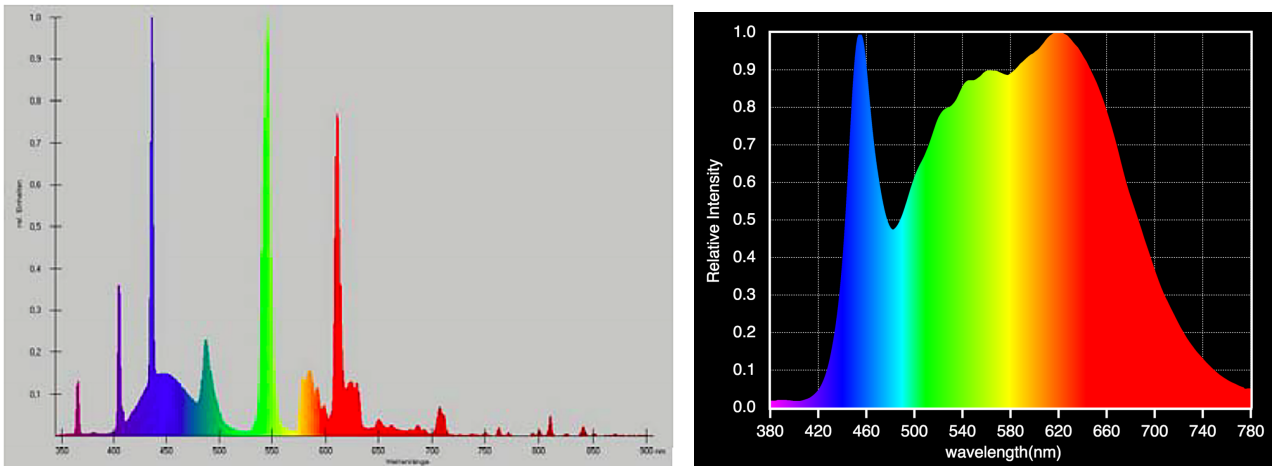


Fig. 2 – *Spectral power distribution* di tubi a luce fluorescente per uso fotografico (sx) a confronto con quella della lampada Relio2 4000K (dx)

2. Nitidezza e risoluzione di acquisizione

La determinazione delle proprietà di tracciamento dell'artista può essere qualificata solo in presenza di una risoluzione effettiva appropriata delle immagini, al fine di garantire la riproduzione di tutti i dettagli significativi presenti nel documento originale sul dispositivo di visualizzazione.

Per definire la risoluzione occorre misurare due parametri: il dettaglio spaziale e la sua conservazione. Il dettaglio spaziale necessario può essere stabilito da un'analisi preliminare del documento [9]. Nel caso specifico, come già emerso analizzando anche altri suoi disegni, il tratto dei disegni di Leonardo è particolarmente impegnativo. I dati di riferimento indicano, infatti, valori dei segni al minimo di 90 µm di spessore, mentre le vergelle che costituiscono la carta hanno una dimensione di circa 700 µm. Seguendo il teorema del campionamento di Shannon-Nyquist la risoluzione necessaria per rappresentare fedelmente le caratteristiche strutturali del *Paesaggio,* è almeno 565 ppi effettivi.

Per quanto riguarda la misura della sua conservazione, questa è stata realizzata a differenti frequenze spaziali tramite la misura della funzione di trasferimento di frequenza (MTF - Modulation Transfer Function) [10], stimato dalla risposta di frequenza spaziale (SFR), cioè dal modulo normalizzato della trasformata di Fourier di una funzione di diffusione di una linea (LSF) [11]. La misurazione della MTF è codificata dalla norma ISO 12233:2000-2017 [12] che prevede tre protocolli metrologici, di cui quello maggiormente diffuso è quello che prevede la misura dello '*slanted edge*' [13]. Il metodo, che produce la Edge Spread Function (ESF) tramite la scansione dell'immagine di un bordo, presenta vari vantaggi:

- La distanza tra fotocamera e obiettivo non entra nell'equazione che converte l'immagine in risposta MTF (è invariante alla scala);
- I bordi obliqui occupano meno spazio e sono meno sensibili al rumore dei modelli sinusoidali;
- L'MTF può essere misurato alla frequenza di Nyquist (0,5 cicli / pixel) grazie all'algoritmo di *binning/oversampling*.

La caratterizzazione della risoluzione effettiva è stata quindi realizzata misurando l'MTF servendosi di un target ISO 12233:2000 di dimensioni 200 x 356 mm e del software Imatest Studio versione 4.5 [14]. La scelta del target definito nella norma del 2000 è stata fatta sia perché i suoi difetti non inficiano particolarmente i risultati nel caso in oggetto, sia per la possibilità di comparare i risultati con quelli ottenuti in esperienze precedenti con lo stesso sistema di ripresa e soggetti simili.

Per quanto riguarda i parametri di riferimento considerati questi sono stati essenzialmente due: MTF10 e MTF50. L'MTF10, cioè la frequenza associata al punto di risposta MTF del 10%, è utilizzato per valutare la capacità di risoluzione, cioè la risoluzione massima. L'MTF50 rappresenta il miglior indicatore di nitidezza dell'immagine ed è un buon parametro per confrontare la nitidezza di fotocamere e obiettivi.

Inoltre, la tecnica MTF è stata utilizzata per valutare il ripristino della sfocatura dell'obiettivo e del sensore non realizzati in-camera servendosi di un *image editor* e del filtro di maschera di contrasto (UM), il cui principio di funzionamento si basa sul fatto che i contorni degli oggetti sono localmente aree ad alto contrasto. In particolare, è stato realizzato un sistema iterativo per il ritrovamento dei parametri di maschera di contrasto che consentisse di minimizzare i fenomeni di *oversharpening* e *undersharpening*, come proposto in [15].-In definitiva si è computato il responso rispetto ad un bordo inclinato in termini di distanza di risalita (risalita 10-90%) e la curva della MTF come una funzione della frequenza spaziale espressa in unità di cicli per pixel, misurata dai valori di MTF50 e MTF10. La risoluzione spaziale media (orizzontale e verticale) su una dimensione di immagine acquisita di 8.000x13.000 px, corrispondente a un'area campionata di 205,1x333,35 mm corretta con maschera di contrasto (valori: Intensity: 150; Radius: 1,00; Threshold: 4,00; Edge Offset: 0,00), è risultata per la risalita 10-90% = 4,00 pixel; nel dominio della frequenza è stata ottenuta una media MTF50 = 0,2445 Cicli/Pixel e una media MTF10 = 0,336 Cicli/Pixel, corrispondenti a una risoluzione effettiva di 740 px/inch (Tab. 1) capace di risolvere dettagli di 60 μm, più fini del minimo richiesto.

Valori di acquisizione di base		
	Venezia	*Firenze*
MTF50	0,099 Cy/Px	0,1425 Cy/Px
LW/PH	1600	2280
MTF10	0,26 Cy/Px	0,415 Cy/Pxl
MTF at Nyquist	0,00602	0,0545
10-90% rise	5,37 Px =1490 per PH	4,34 px =1845 per PH
Risol. effettiva	335 Px/inch	483 Px/inch

Valori di acquisizione con applicazione Unsharp Mask Venezia [Intensity: 200; Radius: 1; Threshold: 6,00; Edge Offset: 0,00] Firenze [Intensity: 150; Radius: 1; Threshold: 4,00; Edge Offset: 0,00]		
	Venezia	*Firenze*
MTF50	0,1699 Cy/Px	0,1791 cy/Pxl
LW/PH	2718	2865
MTF10	0,373 Cy/Px	0,452 Cy/Px
MTF at Nyquist	0,137	0,067
10-90% rise	4,99 Px =1604 per PH	4,76 Px =1682 per PH
Risol. effettiva	575 Px/inch	683 Px/inch

Tab. 1 - MTF verticale. Comparazione tra i valori di MTF nelle due acquisizioni: *Uomo vitruviano*, 2014; *Paesaggio*, Uffizi, 2018

Infine, i valori di MTF sono stati comparati con quelli rilevati nel 2014 a Venezia in occasione dell'acquisizione de l'*Uomo vitruviano* [3]. I dati risultanti dalle due esperienze, pur con le inevitabili differenze operative riguardo alcuni componenti delle attrezzature (come il gruppo ottico dell'obiettivo), hanno confermato l'affidabilità della procedura, e mostrato un lieve miglioramento delle prestazioni dell'intero sistema di acquisizione in termini di qualità della risoluzione, con un incremento del valore di MTF50 e MTF10 e conseguentemente di quello della risoluzione effettiva.

3. Color Correction

Un problema fondamentale nell'acquisizione e riproduzione digitale dei disegni artistici è quello della definizione cromatica e tonale dell'opera grafica che, nella nostra soluzione, va inquadrato entro la più generale tematica della definizione completa delle proprietà del materiale, ovvero della BSDF, per cui può essere identificato nell'acquisizione e riproduzione di una mappa colore.

Poiché la restituzione digitale della riflessione di una superficie necessita di forti semplificazioni del comportamento fisico della luce e delle sue interazioni con la superficie per poter essere calcolabile in un tempo ragionevole, nello sviluppo di *ISLe* ci si è posti l'obiettivo accettabile di restituire una fedeltà almeno percettiva del colore. Per questo si è seguito un approccio colorimetrico impostato sulla correzione del colore (CC) delle immagini RAW acquisite, seguendo una procedura *target-based,* una soluzione particolarmente efficiente quando è possibile definire i requisiti delle immagini e realizzare l'acquisizione in condizioni simili di immagini del target e dei soggetti da rappresentare, esattamente il caso in oggetto.

Per *ISLe* è stata adottata una soluzione di CC completamente automatizzata, sviluppata dal nostro gruppo di lavoro, chiamata SHAFT (SAT & HUE Adaptive Fine Tuning) [16] che si basa su un target X-Rite ColorChecker Classic [17] (i cui valori attesi sono stati ottenuti misurando le *patch* della *ColorChecker* utilizzata tramite uno spettrofotometro a sfera Minolta CM-2600 D) e un processo di CC a due stadi. Una prima correzione è realizzata servendosi di un algoritmo di *fitting* polinomiale *per-channel* basato sulla funzione di MATLAB *Weigthed Polyfit (x,y,n).* L'algoritmo è spiegato nel dettaglio in Gaiani *et al.* [18]. Una seconda correzione è realizzata tramite la procedura SHAFT vera e propria.

Il processo adottato segue le consuete cinque regole dell'*imaging* colorimetrico:

1. Temperatura del colore correlata (CCT) dell'illuminazione 5000°K (D50 workflow);
2. Esposizione ottimale;
3. Profilo colore basato sulla minimizzazione del ΔE con eccellente accuratezza della luminosità;
4. Validazione indipendente dal target usato per realizzare il profilo della fotocamera;
5. Spazio di codifica capace di non tagliare i colori dell'oggetto.

Per quanto riguarda gli spazi di codifica, le immagini finali sono renderizzare nello spazio colore sRGB-IEC 61966-2-1 [19]. Si tratta di un *color space* i cui valori sono definiti rispetto all'illuminante CIE D65. Le sue potenziali contrindicazioni (non-linearità, ampiezza minore dello spazio colore percepito dall'uomo) non influenzano la qualità di *ISLe* per l'assenza nel *Paesaggio* di colori mal rappresentabili. Infatti, inchiostro ferrogallico, pietra nera, pietra rossa e carta presentano colori inscritti nello spazio colore sRGB, senza necessità di *color clipping* o rimappature. Di contro l'utilizzo del sRGB presenta una serie di vantaggi tra cui, principalmente, il pieno supporto dalla API grafica 3D utilizzata (OpenGL) e la visualizzabilità al 100% sui monitor odierni.

La filiera di CC è invece completamente realizzata nello spazio lineare CIEXYZ. La motivazione è nell'osservazione che, usando questo spazio colore, gli errori calcolati dagli algoritmi di *fitting* ai minimi quadrati corrispondono assai bene agli scostamenti delle immagini corrette all'originale, per cui minori scostamenti numerici corrispondo a immagini più fedeli visivamente [20].

Per la valutazione dell'errore nella correzione sia durante il processo di CC sia nella validazione finale è stata utilizzata la metrica colore emanata dalla CIE nel 2000 [21], calcolata per ogni *patch* di colore. La formula, anche se mostra alcune discontinuità e un rischio di *over-fitting* a causa delle distanze di colore non uniformi tra i campioni di colore [22], da un lato corrisponde meglio al modo in cui gli osservatori umani percepiscono piccole differenze di colore e, per questo, è raccomandata dalla CIE per le differenze di colore comprese nell'intervallo 0-5 unità CIELAB [23] (che corrisponde alla tipica casistica dell'*imaging* di disegni in laboratorio), e dall'altro l'uso di una CC in due passaggi, di fatto, permette di minimizzare anche questi limiti poiché essendo lo spazio percettivamente uniforme, eventuali disuniformità sono eliminate dal fatto che lo spazio colore non viene distorto.

Infine, come suggerito ad esempio in [24], accanto alla valutazione del ΔE_{00} media si è utilizzata un'analisi di dispersione metrica.

I risultati presentano un valore medio di $\Delta E_{00} = 2.21$, un'accuratezza della luminosità media $\Delta L_{00} = 0.59$ e un errore di esposizione pari a 0.02 f-stop (Fig. 3).

La valutazione dell'errore ΔE_{00} sulle singole *patch* ha portato ad osservare tuttavia problemi significativi nell'area dei gialli (per la *patch* D3 ΔE_{00mean}= 4,2) e parzialmente dei rossi (per la *patch* C3 ΔE_{00mean}= 2,8) confermata dall'osservazione diretta e comparata delle immagini corrette e del disegno originale. Questo ha confermato, come già evidenziato da alcuni autori, come la procedura di CC mediante l'uso di target a colori standard diventi un problema quando l'oggetto da riprodurre sia caratterizzato da una gamma di colori limitata e vicina ai colori neutri che è il tipico caso dei disegni [25, 26].
La sperimentazione di alcune soluzioni proposte in letteratura, come la costruzione di un target cromatico personalizzato con *patch* scelte empiricamente entro la palette dei colori presenti nell'originale [27], ha evidenziato una forte alea nella scelta dei colori candidati, così come la verifica servendosi di un target differente da quello originario ha portato a risultati deludenti per la difficoltà a riprodurre distribuzioni di colori misurati non troppo dissimili [28].
Si è preferita quindi una procedura differente:

A. a partire dalle immagini del disegno (*recto* e *verso*) ottenuta dal processo di CC standard si sono create immagini corrette manualmente servendosi di Adobe Photoshop su due diversi monitor calibrati (NEC Spectra View 2690 e Spectra View Reference 302) rispettivamente a 5000°K e nei colori sRGB per raffronto visivo col disegno originale posto a fianco dei monitor ed illuminato con la lampada LED utilizzata per le acquisizioni fino ad ottenere differenze percettivamente marginali all'osservazione prolungata di cinque utenti esperti;
B. su un'immagine RAW si è realizzato il processo di CC con SHAFT, ma dando pesi differenti alle *patch* del ColorChecker Classic enfatizzando quelle neutrali A4-F4 e quelle dei colori più vicini a quelli presenti nel disegno. Questa procedura è stata ripetuta per vari pesi;
C. le immagini del disegno così ottenute sono state raffrontate da parte di 20 soggetti esperti:
    1. rispetto al disegno originale illuminato con la lampada LED utilizzata per le acquisizioni sui due monitor NEC Spectra View calibrati come sopra (5 persone);
    2. rispetto all'immagine corretta manualmente (20 persone di cui 5 sui due monitor NEC Spectra View, 15 persone su monitor LaCie 526 calibrato rispetto allo spazio colore sRGB).

Considerando che i cambiamenti di luce ambientale influenzano solo la percezione del colore assoluto, ma non hanno alcun effetto sulla relativa sensazione di differenza cromatica [29], la verifica è stata tenuta in due ambienti illuminati differentemente capaci di permettere una osservazione quanto più possibile vicina a quella definita dalle norme ISO 3664:2009 Viewing Conditions.
Tutti gli osservatori hanno rilevato differenze percettivamente marginali all'osservazione prolungata nelle immagini in cui alla *patch* A4 è stato assegnato peso 2, alla F4 peso 3, mentre alle A1, B1, A2, F2, C3, D3 è stato attribuito peso 2.

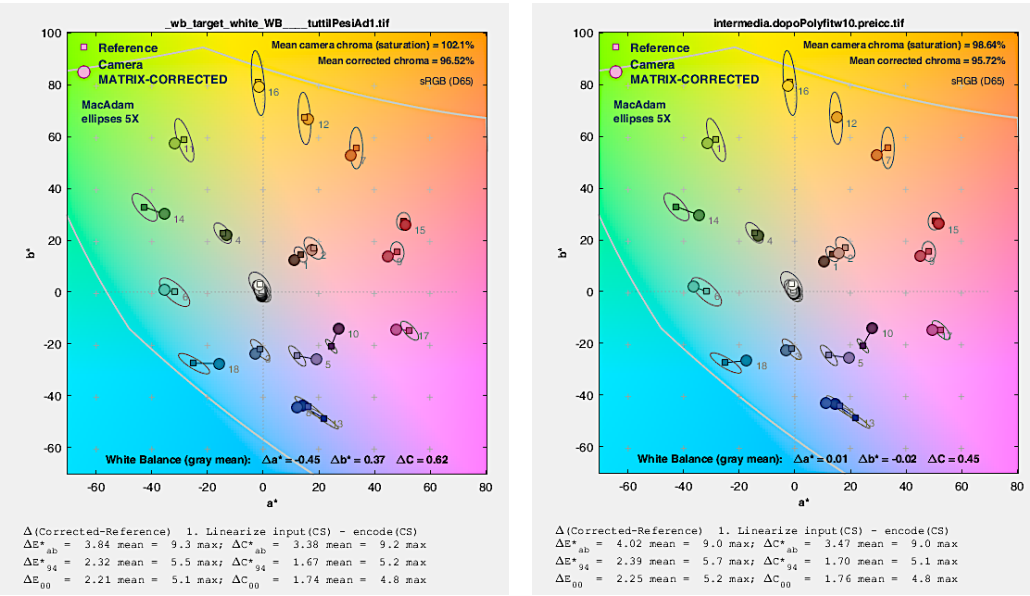


Fig. 3 – Valutazione dei risultati della CC utilizzando egual pesi di tutte le *patches* (sx) e differenti pesi tra le varie *patches* (dx)

Per questa soluzione di CC si ha un valore medio di ΔE_{00} = 2.25, un'accuratezza della luminosità media ΔL_{00} = 0.63 e un errore di esposizione pari a 0.00 f-stop che corrisponde all'indistinguibilità ad occhio nudo col reale su un monitor calibrato. Inoltre, per la *patch* D3 si è ottenuto un ΔE_{00mean}= 2,88 e per la *patch* C3 un ΔE_{00mean}= 2,27 (Fig. 3).

4. Il Paesaggio visto attraverso *ISLe*

Si riassumono qui, brevemente, solo alcuni dei principali caratteri del disegno raffrontati con quelli di un altro disegno di Leonardo il famoso *Studio di proporzioni del corpo umano,* noto come l'*Uomo vitruviano*, precedentemente rilevato e analizzato [3]. Come riferimento si assumono per il primo disegno, l'8P, il saggio di Alessandro Nova *«Addj 5 daghossto 1473»* [30] e per il secondo quello di Loretta Salvador, l'ultima restauratrice del disegno [31].

La carta del *Paesaggio* presenta vergelle collocate a spazi regolari, orizzontalmente, di una dimensione di circa 800 µm (13vergelle/10 mm ca). Tali vergelle risultano ben distinguibili sul *recto* e sono quasi indistinguibili sul *verso*, indicando come quella sia stata la parte della carta più trattata, contrariamente a quanto avviene nell'*Uomo Vitruviano* che mostra le vergelle sul *verso*, mentre non sono percepibili sul *recto*. Cromaticamente la carta risulta essere del tutto simile a quella del disegno oggi a Venezia, perché prese tre aree di 250 x 150 pixel in più parti del disegno (*recto* di entrambi) sottoposte a sfocatura usando un filtro bilaterale [32] e normalizzata la luminosità, i valori medi letti sono stati per il P*aesaggio* L*a*b*=87 4 11, per l'*Uomo vitruviano* L*a*b*=87 4 13. I due disegni presentano invece luminosità medie differenti, per il P*aesaggio* L*=82, per l'*Uomo vitruviano* L*=87. Quest'ultima circostanza può essere dovuta a differenti cause, che possono andare dall'esposizione ai raggi solari al trattamento della carta.

Il raffronto tra il retro dell'8P e il *recto* dell'*Uomo Vitruviano* mostra valori colorimetrici identici. Al solito prese tre aree come sopra i valori medi sono L*a*b*= 87 4 15, suffragando l'ipotesi di faccia principale del *Paesaggio* quella che attualmente è invece individuata comunemente come *verso*.

Per quanto riguarda gli inchiostri, l'analisi colorimetrica individua l'utilizzo di due distinti inchiostri a costituire due distinti *layer* del disegno. Al primo appartengono l'impianto generale della composizione, con quello che è stato interpretato come il padule del Fucecchio, la collina sulla destra, le montagne di sfondo, gli alberi, e l'impianto della collina sulla sinistra. Il secondo invece comprende lo sperone sopra la quadrettatura delle rocce, la cascata, una serie di ritocchi nella parte bassa, la confluenza tra i due fiumi, e quello che è stato da taluni autori riconosciuto come il castello di Montevettolini. In Tab. 2 sono riportati i valori nella scala L*a*b* relativi ai campioni estratti, localizzati nella stessa tabella e in Fig. 4 sono riportati dettagli estratti dall'applicazione che mostrano bene la realizzazione con due inchiostri/strumenti diversi. La Fig. 5 suddivide i tratti del disegno nelle due grandi famiglie individuate utilizzando l'algoritmo di segmentazione basata sul colore tramite K-Means Clustering [33].

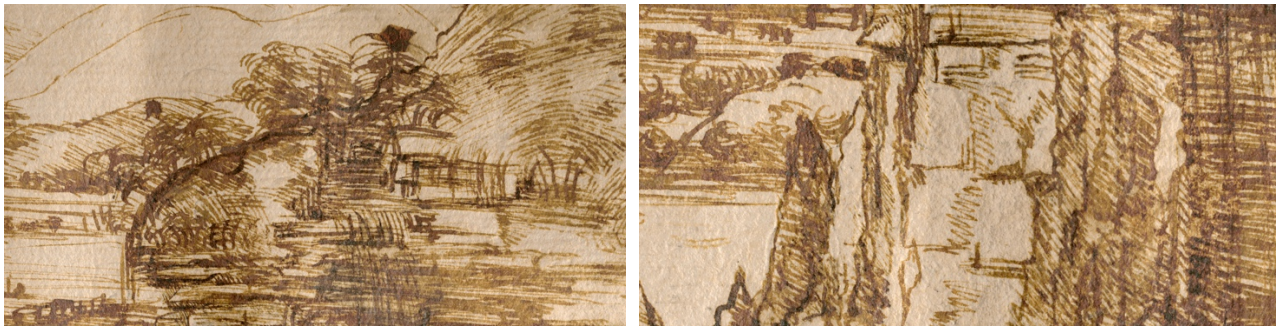


Fig. 4 - Leonardo da Vinci, il *Paesaggio* visto attraverso *ISLe*: differenti inchiostri/strumenti sul *recto* del disegno

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
L	55	54	54	47	45	44	41	42	47
a	12	12	16	12	12	13	13	11	10
b	26	24	26	16	14	14	16	13	14

Tab. 2 - Leonardo da Vinci, *Paesaggio*, analisi colorimetrica degli inchiostri a partire dalle immagini acquisite, recto

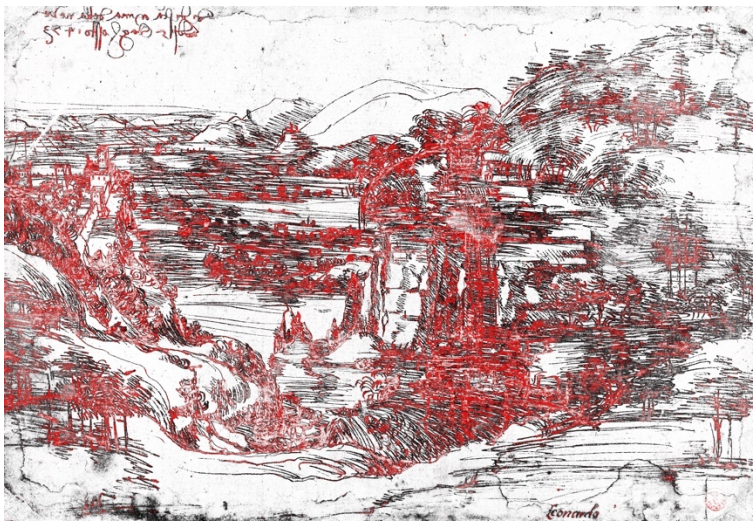


Fig. 5 - Leonardo da Vinci, il *Paesaggio* visto attraverso *ISLe*: differenti inchiostri/strumenti sul *recto* del disegno

Secondo l'analisi colorimetrica anche il *verso* del disegno è realizzato con due inchiostri diversi, nel viraggio odierno differenti anche da quelli presenti sul *recto*.
Un inchiostro è utilizzato per disegnare l'uomo nudo in movimento, la testa di profilo alla sua sinistra e la scritta «Jo Morando dant[oni]o sono chontento». Il secondo è utilizzato per schizzare il paesaggio montuoso con il ponte su un corso d'acqua e le chiome degli alberi. In Tab. 3 sono riportati i valori nella scala L*a*b* relativi ai campioni estratti.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
L	36	36	37	44	44
a	5	9	7	12	10
b	8	10	12	17	15

Tab. 3 - Leonardo da Vinci, *Paesaggio*, analisi colorimetrica degli inchiostri a partire dalle immagini acquisite, verso

Riguardata rispetto all'*Uomo Vitruviano,* in cui le due differenti colorazioni tra scritta e disegno sono assai meno evidenti e percepibili solo da un esperto, la variazione di cromaticità degli inchiostri è molto più ampia.
Per quanto riguarda il tratto, nel *recto* dell'8P possiamo notare l'utilizzo di due differenti tipi di penne, una usata per il *layer* di sfondo che presenta una larghezza di tratto 0,7-1,5 mm (e solitamente 1,2 mm), e una per il *layer* più scuro con una larghezza di 1,2 - 2 mm (e solitamente 1,7 mm).
Si tratta di un impianto globalmente assai differente da quel del disegno conservato a Venezia in cui i tratti a mano libera hanno una larghezza pressoché costante di 0,3 mm e quelli tirati sul solco a riga di 0,2 mm, così come quel disegno è senza sbavature, "perfetto per un disegno tecnico che doveva «dimostrare» delle proporzioni" [31].

5. Conclusioni

L'osservazione del disegno di *Paesaggio* tramite l'analisi colorimetrica e del tratto ha permesso di focalizzare aspetti altrimenti difficili da osservare. Emerge, completamente in linea con quanto già affermato da Alessandro Nova, l'idea di un sistema grafico complesso, certamente prodotto in più fasi, una sorta di work-in-progress che ha generato varie figurazioni, di cui quella che oggi appare sul *recto* è il risultato più eclatante per il carattere di completezza nonostante sia frutto certamente di almeno due strumenti diversi che realizzano intere aree del disegno omogenee.

References

[1]. M. Gaiani, et al., An unified, fast and low cost workflow for fine art drawing collections acquisition, in M. Rossi (Ed.), *Colour and Colorimetry Multidisciplinay Contributions*, VIIB, pp. 45-52, 2011.
[2]. M. Gaiani, P.C. Ricci, M. Zancolich, Una metodologia low-cost per l'analisi tramite metodi 3D di disegni antichi mantenendo la consistenza del colore, in M. Rossi, A. Siniscalco (a cura di), *Colore e Colorimetria - Contributi Multidisciplinari*, VIIIA, pp. 15-22, 2012.

[3]. F. I. Apollonio, et al., La terza dimensione dell'Uomo vitruviano di Leonardo, in *Disegnare Idee Immagini*, 50, pp. 48-59, 2015.
[4]. T. Malzbender, et al., Polynomial texture maps, in *ACM SIGGRAPH '01 Proceedings*, pp. 519-528, 2001.
[5]. A. Wilkie, et al., Predictive Rendering, in *ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Courses*, Article 12, 428 p., 2009.
[6]. M. Gaiani, et al., Innovative approach to the digital documentation and *rendering* of the total appearance of fine drawings and its validation on Leonardo's Vitruvian Man, in *Journal of Cultural Heritage*, 16 (6), pp. 805-812, 2015.
[7]. https://www.rencay.com/en/rencay-products/products-rencay-direct-camera-systems/
[8]. https://www.relio.it/
[9]. L. MacDonald, The limits of resolution, in *Proceedings of BCS EVA Conference*, pp.149-156, 2010.
[10]. R.E. Jacobson, An Evaluation of Image Quality Metrics, in *The J. of Phot. Science*, 43, pp. 7-16, 1995.
[11]. T. W. Ridler, S. Calvard, Picture thresholding using an iterative selection method, in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics,* 8(8), pp. 630-632, 1978.
[12]. ISO 12233:2017 Photography - Electronic still picture imaging - Resolution and spatial frequency responses.
[13]. P.D. Burns, Slanted Edge MTF for Digital Camera and Scanner Analysis, in *Proceedings of IS&T PICS Conference*, pp. 135-138, 2000.
[14]. http://www.imatest.com/home
[15]. D. Williams, P. D. Burns, Measuring and Managing Digital Image Sharpening, in *Proc. of IS&T Archiving 2008 Conference*, pp. 89-93, 2008.
[16]. M. Gaiani, A. Ballabeni, SHAFT (SAT & HUE Adaptive Fine Tuning), a new automated solution for target-based color correction, in V. Marchiafava, L.Luzzatto (Eds.), *Colour and Colorimetry Multidisciplinay Contributions*, XIVB, pp. 69-80, 2018.
[17]. C.S. McCamy, et al., A Color Rendition Chart, in *Journal of Applied Photographic Engineering*, 11 (3), pp. 95-99, 1976.
[18]. M. Gaiani, et al., Securing Color Fidelity in 3D Architectural Heritage Scenarios, in *Sensors*, 17 (11), pp. 2437-1 2437-24, 2017.
[19]. M. Stokes, et al., A standard default color space for the Internet sRGB, in *Technical report, W3C - World Wide Web Consortium*,1996.
[20]. R. Lukac, K.N. Plataniotis, Single-Sensor Camera Image Processing, Color Image Processing - Methods and Applications, pp. 363–392, 2007.
[21]. G. Sharma, et al., The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observation, in *Color Research and Application*, 30 (1), pp. 21-30, 2005.
[22]. C. Oleari, et al., Euclidean color-difference formula for small-medium color differences in log-compressed OSA-UCS space, in *Journal of Optical Society of America A*, 26, pp. 121-134, 2009.
[23]. M. Melgosa, et al., Practical demonstration of the CIEDE2000 corrections to CIELAB using a small set of sample pairs, in *Color Research & Application*, 38, pp. 429-436, 2013.
[24]. D. Williams, P.D. Burns, Rethinking Image Color Correction, Validation and Testing, in *Proceedings of IS&T Archiving 2006 Conference*, 2016.
[25]. R.S. Berns, et al., High-Accuracy Digital Imaging of Cultural Heritage without Visual Editing, in *Proceedings of IS&T Archiving Conference*, pp. 91-95, 2005.
[26]. G. Trumpy, Digital Reproduction of Small Gamut Objects: A Profiling Procedure based on Custom Color Targets, in *Proceedings of Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision*, 1, pp. 143-147, 2010.
[27]. D. Williams, P.D. Burns, Targeting for Important Color Content: Near Neutrals and Pastels, in *Proceedings of IS&T 2012 Archiving Conference*, pp. 190-194, 2012.
[28]. D. Williams, P. D. Burns, Color Correction Meets Blind Validation for Image Capture: Are We Teaching to the Test?, in *Proceedings of IS&T International Symposium on Electronic Imaging*, pp. 218.1-218.4, 2016.
[29]. Y. Hao, et al., Research on Digital Image's Color-Difference Threshold under Different Lighting Levels, in *Proceedings of 4th International Congress on Image and Signal Processing*, pp. 1723-1727, 2011.
[30]. A. Nova, «Addj 5 daghossto 1473»: l'oggetto e le sue interpretazioni, in F. Frosini, A. Nova (Eds), *Leonardo da Vinci on Nature. Knowledge and Representation*, pp. 285-301, 2015.
[31]. L. Salvador, Tecniche, stato conservativo e intervento di restauro, in A. Perissa Torrini (a cura di), *Leonardo L'uomo vituviano fra arte e scienza*, pp. 57-67, 2009.
[32]. S. Paris, et al., Bilateral Filtering: Theory and Applications, Foundations and Trends, in *Computer Graphics and Vision*, 4 (1), pp. 1-73, 2009.
[33]. D. Arthur, S. Vassilvitskii, k-means++: The Advantages of Careful Seeding, in *Proceedings of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, pp. 1027-1035, 2007.

Luce e colore nelle cattedrali e nelle chiese gotiche: filosofia, storia ed esiti di alcuni restauri

Carmine Megna[1], Vincenzo Restelli[2]

[1]Università degli Studi "Suor Orsola Benincasa" di Napoli, documentazione.restauro@unisob.na.it, megna.unisob@gmail.com

[2]Università degli Studi di Salerno, vincenzo_restelli@libero.it

1. Introduzione

Luce e colore hanno sempre avuto un ruolo preminente nelle vicende degli edifici sacri gotici, dall'ideazione della realizzazione all'attualità, passando per le fasi costruttive, le trasformazioni operate nei secoli e gli interventi di restauro.

Il presente contributo sintetizza parte dei risultati di una ricerca multidisciplinare in corso e, per ovvie ragioni editoriali, ha dovuto operare delle indispensabili selezioni degli argomenti trattati.

2. L'immagini cristologiche e la metafora della luce nelle costruzioni medievali

Nel corso del XII e del XIII secolo, la chiesa dovrà fare i conti con le richieste di rinnovamento delle nuove coscienze religiose eretiche e non, che dal popolo e dal basso clero salgono sempre più incessanti alle stanze del potere curiale. Forze centripete e centrifughe hanno, pertanto, lavorato simultaneamente alla trasformazione del tessuto religioso. Le une per rafforzarne l'unità religiosa, le altre per dissolverne l'autorità magisteriale. Questi anni medievali sono caratterizzati da grandi movimenti spirituali *ad intra* e *ad extra Ecclesiae*: è il tempo non solo delle eresie dei Catari, dei Valdesi, delle nuove tendenze neo-manichee, ma anche della rinnovata spiritualità conventuale di Francesco d'Assisi e dell'Ordine dei Domenicani con Domenico di Guzmán [1]. Sono questi i secoli delle grandi chiese gotiche. In queste poche righe, non avrò la presunzione di voler spiegare in maniera esaustiva la visione filosofico - teologica delle grandi costruzioni medievali, ma vorrei brevemente soffermarmi su un aspetto della cristologia medievale che a esse sottende, ovvero sulla simbolica del 'Cristo in sé' (il *Logos* del Padre) e del 'Cristo per l'uomo' (il Redentore). Da tali immagini, nasce nel Cristianesimo delle origini e successivamente in quello medievale l'usanza di orientare le costruzioni ecclesiali *versus Solem Orientem*, ossia con l'abside girato verso est. Egli è *sol salutis* e la storia umana, per mezzo della sua Croce, diviene *historia salutis*. Al riguardo, *Hildebertus Lavardinensis* sottolinea la necessità di pregare *coram Deo* rivolti a oriente: «Hac via quisque Christianus debet incedere, in cujus designatione, quando oremus, manus et vultum ad orientem vertimus, significantes quia illuc ire et tendere volumus» [2]. Il tempio cristiano, orientato liturgicamente, ha, pertanto, le navate che corrono lungo l'asse ovest-est e il coro e l'altare che guardano in direzione del sole nascente, poiché è da oriente che viene Cristo *Sol justitiae*. L'orientamento a est delle cattedrali gotiche risponde a due diverse e complementari dimensioni cristologiche, espressione del dogma della doppia natura umana e divina di Cristo nell'unità della sua persona, fissato nel IV concilio di Calcedonia del 451 [3]. Il *versus orientem* dell'abside è, infatti, metafora della redenzione - *amartia* - e della divinizzazione dell'uomo - *theosis* - operate da Cristo. La prima, consapevole della dualità naturale nella singolarità personale del Cristo, è più attenta a descrivere il suo aspetto umano; la seconda, invece, a esaltarne la dimensione intratrinitaria. Così, il cristianesimo medievale, nell'atto stesso della costruzione delle sue cattedrali, segue e sviluppa sia l'immagine divina del Cristo, incarnatosi per deificare l'uomo, che quella del Redentore sofferente. Per la tradizione filosofico - teologica: «Il Cristo è (…) il Verbo incarnatosi che dà all'umanità la vita divina, che ne rende partecipe l'uomo che lo desidera. La parola chiave di questa cristologia è divinizzazione, *deificatio* (…): la vita divina che unisce uomo e Dio (…). Cristo è innanzitutto il rivelatore di Dio, che del Padre ha lo stesso splendore, la stessa potenza (…). Solo in questa prospettiva è considerato il sacrificio di Cristo (…), la sofferenza è presente in Dio, ma non arriva a toccare la sua inalterabilità (…)» [4]. La sofferenza del Cristo-uomo è, dunque, letta nella possibilità da parte dell'uomo di divenire, in Cristo-Dio, egli stesso divino. Nella deificazione, accessibile e realizzabile 'in via' e non solo in un lontano e atemporale futuro escatologico, l'uomo realizza, quindi, il senso della propria creazione e della missione del Verbo incarnato. Entrando in chiesa il fedele deve volgere, dunque, il suo volto verso oriente, poiché il Cristo è 'Luce nascente',

il nuovo sole che sorge e dona all'umanità la speranza ontologico - soteriologica del suo stesso essere. Nella costruzione delle cattedrali gotiche, la collocazione della Croce e dell'abside *ad orientem* è necessaria per rafforzare nel credente le immagini cristologiche del *Verbum in se* e del *Verbum pro nobis*. La chiesa gotica esprime, dunque, non solo la dimensione ontologica del 'Cristo in sé', ma anche quella soteriologica del 'Cristo per l'uomo' [5]. Le parole chiave della cristologia delle cattedrali sono, di necessità, *theosis* e *amartia*. Il cristiano, varcando la soglia del tempio e pregando a est, sa che la dimensione ontologica intorno alla possibilità della coesistenza delle due nature nell'unica persona del Cristo non è mai slegata dal suo riferimento soteriologico e, di conseguenza, dall'immagine di Cristo redentore - sofferente. Per tale motivo, le cattedrali gotiche, erano generalmente progettate a forma di croce latina, con l'abside rivolto a oriente e l'ingresso principale a occidente, in corrispondenza dei piedi della croce. Nei grandi complessi ecclesiali gotici è possibile cogliere, dunque, la percezione del tempo come *historia salutis* nelle immagini del Cristo uomo-crocifisso e del Cristo *Logos* del Padre, ovvero in colui che nella ipostasi personale è passibile della pienezza ontologica degli attributi umani e di quelli divini [6]. Il fedele, camminando verso l'altare, percepisce se stesso come bisognoso di perdono e, al contempo, come creatura capace di ricongiungersi alla sua essenza originaria: il Cristo intratrinitario. Il luogo di culto è 'liturgia vivente', poiché in esso, ritroviamo i simboli liturgici della dottrina filosofico-teologica della cristianità medievale. Così, nella cattedrale di Chartres, gli undici personaggi che ne adornano le strombature dell'ingresso centrale a nord sono la reificazione della cristologia medievale. Scrive E. Burckhardt: «Questa fila inizia con la statua di Melchisedek (…) mentre benedice Abramo e termina con la statua di Pietro vicario sacerdotale di Cristo. Fra di essi Abramo, Mosé, Samuele, Davide (…), Isaia, Geremia, il vecchio Simeone e Giovanni Battista. Tali personaggi sono tutti delle prefigurazioni del Cristo, che essi rappresentano sotto il duplice aspetto di Sacerdote e Vittima divina. Costituiscono in qualche modo una specie di commento alla liturgia» [7]. La cattedrale gotica è uno spazio liturgico in cui la liturgia celeste e la liturgia terrena si incontrano nella duplice e complementare dimensione della *theosis* e dell'*amartia*. Scrive I. Biffi «la *historia salutis* - che è per definizione in ogni tempo la materia della teologia cristiana - si trova largamente illustrata, al punto da costruire, in profondità, prima ancora che il senso e la ragione, il principio stesso della sua concezione. In altre parole la *historia salutis* - o la teologia, che non può che essere una tale 'storia' - non solo entra nelle cattedrali come materia a motivo della finalità 'materiale' o 'pratica' dell'uso cristiano dell'edificio, ma sta alla base della sua stessa progettazione formale. Solo da una *historia salutis* e da una sua riflessione le cattedrali francesi o italiane son concepibili, per cui si può dire che esse sorgono 'nativamente teologiche' (…)» [8]. Tali parole non possono non essere valide anche per le cattedrali del XIII secolo, nelle quali l'immagine del Cristo *Verbum in se* e *Verbum pro nobis* trovano il loro compimento. Vi è «una mentalità simbolica (…) a duplice matrice, quella agostiniana del segno conoscitivo e quella pseudodionisiana del simbolo ontologico - naturale», che «proseguiranno e non mancheranno di caratterizzare (…) il XIII» secolo [9]. Il rapporto tra lo stile gotico, l'*Opus francigenum*, e il pensiero filosofico-teologico medievale sembrerebbe essere, pertanto, molto stretto. L'architettura della cattedrale gotica, risponde, infine, al bisogno di 'verticalità' dell'uomo medievale, per mezzo della metafora della luce e della *visio intellectualis* a essa connessa. In questo periodo, infatti, la riflessione cristologica di Giovanni Scoto Eriugena, la quale, non manca di confrontarsi con autori della tradizione greca quali Ps-Dionigi Areopagita, Origene, Gregorio di Nazianzo, Basilio di Cesarea, Massimo il Confessore, vede in Cristo l'unico capace di restituire all'uomo l'originaria divinità pre-lapsaria. Adamo con il suo peccare ha indebolito la luce dell'intelletto creaturale, che, non riuscendo a contemplare le verità in sé, è condannato a vivere nei limiti e nelle ambiguità della conoscenza naturale delle cose. Solo Cristo, assumendo la natura umana, e, dunque, deificandola, riesce a riorientare lo sguardo dell'intelletto creaturale e dirigerlo verso le verità eterne di Dio. L'uomo divinizzato è, infatti, colui che riacquista l'originaria *visio intellectualis*, ovvero la capacità di comprendere il Verbo divino in sé, nel suo puro manifestarsi. Egli è colui che, superando le immagini imperfette dell'intelletto creaturale, riscopre la vera essenza delle cose nell'Intelletto divino. Nella riflessione eurigeniana, Cristo è, al contempo, l'immagine del Redentore sofferente e deificatore, Agnello immolato e Modello

originario [10]. Così, se l'architettura delle cattedrali romaniche sottolinea la forza di rompente della Rivelazione che si cala sull'uomo, le cattedrali gotiche, con l'elevazione dei propri volumi geometrici, richiamano e esaltano l'esigenza dell'uomo di trascendere la propria intelligenza e cogliere in un'unica *visio intellectualis* le verità del *Deus absconditus* [11]. In tale contesto filosofico - teologico, di essenziale importanza diviene la distribuzione della luce attraverso le grandi vetrate istoriate. La progettazione non dovrà, di conseguenza, seguire un'unicamente l'aspetto architettonico, ma anche quello della dimensione liturgico – teologica, poiché le vetrate istoriate non servono unicamente a illuminare i volumi bui della cattedrale, ma sono anche metafora cristologica della luce. Questa infatti è, al contempo, simbolo di Cristo *Sol justitiae* - *Sol invictus* e strumento di visione intellettuale. Se l'interno delle cattedrali romaniche era principalmente affrescato, nelle cattedrali gotiche «la maggior parte delle decorazioni era concepita in quelle tappezzerie di luce che erano diventate le finestre, le quali, sempre più, si sostituivano ai muri. (…). I muri delle cattedrali gotiche non sono forati da finestre per consentire la visione del mondo esterno; il ruolo delle vetrate è di essere (…) tramezzi di luce (…). È in questa rifrazione del vetro che la luce dispiega tutta la sua bellezza (…), diventando (…) oggetto di contemplazione. (…). La rifrazione della luce bianca in mille colori è il simbolo più evidente dell'Intelletto divino - il *Logos*» del Padre [12]. **(V.R.)**

3. Luce e colore nelle cattedrali e nelle chiese gotiche: vicende storiche e restauri

Il primo trattato sulla fabbricazione delle vetrate è il *De diversis artibus* [13], risalente alla prima metà del XII secolo e scritto da un monaco che si presenta con lo pseudonimo di Teofilo [14]. Si tratta di una raccolta di ricette, suddivisa in tre libri, finalizzata alla realizzazione di manufatti per la decorazione e l'allestimento degli edifici religiosi. Le vetrate colorate, costituite da frammenti di vetro sorretti da un'intelaiatura di piombo, sono trattate nel secondo libro. Nel testo sono descritte: la composizione chimica dei pigmenti e i procedimenti utilizzati per la loro preparazione; le tecniche di fusione e coloritura del vetro per la realizzazione delle vetrate istoriate; i processi adoperati per la purificazione e la lavorazione dei metalli [15]. L'esperto monaco non trascura alcun aspetto e tratta tutti i passaggi necessari per l'esecuzione dei manufatti a partire dall'approntamento del laboratorio, del forno e degli attrezzi. Il pittore esegue il disegno su un cartone preparatorio e vi dispone i frammenti di vetro opportunamente tagliati secondo la misura stabilita. Le diverse tonalità di colore si ottengono aggiungendo ossidi metallici alle componenti del vetro.

In Francia, la vetrata assume una rilevanza particolarmente evidente nella cattedrale di Saint-Denis dove l'abate Suger, promotore della sua ricostruzione tra gli anni Trenta e Quaranta del XII secolo, la considera un'esperienza spirituale che permette al fedele di avvicinarsi alla bellezza divina; i colori traslucidi del vetro esaltano gli interni delle cattedrali come pietre preziose e il loro splendore deve stupire i fedeli esaltando la sacralità dello spazio liturgico. La forma per eccellenza è il rosone, perché unisce il simbolismo geometrico a quello della luce; in esso si esprime la quintessenza del gotico. A Chartres, le bifore dei muri laterali hanno le sommità ornate da piccole rose; inoltre, tre grandi rosoni caratterizzano la facciata esposta a occidente e quelle del transetto. Complessivamente, nella cattedrale di Chartres si contano 125 vetrate, tra le quali quelle di *Notre-Dame de la Belle Verrière*, realizzate in prevalenza nel periodo tra il 1215 e il 1240, e 97 fra rose e rosoni. Celebri sono anche le vetrate di Bourges e il grande rosone della cattedrale di Amiens, il cui diametro è di c.a 11 metri [16].

Alla fine del XIII secolo, dato il costo elevato dei vetri colorati, si afferma la pratica di ricoprire il vetro bianco con un leggero strato di colore, che può essere inciso usando specifici strumenti. Negli stessi anni, l'uso del giallo d'argento consente un'evoluzione della tecnica nella stesura del colore: la tintura, fissata tramite cottura sul lato esterno della lastra di vetro, permette al colore di assumere diverse gradazioni, diminuendo così il numero delle rifiniture metalliche che uniscono le lastre [17].

Mentre nei paesi del Nord Europa, generalmente, è il maestro vetraio a redigere il disegno sul cartone preparatorio e a eseguire la vetrata, nella penisola italiana i due ruoli sono separati e gli autori dei disegni sono quasi sempre dei pittori diversi dai maestri vetrai. Emblematico è il caso della vetrata istoriata realizzata per la «finestra rotunda magna» del coro della cattedrale di Siena.

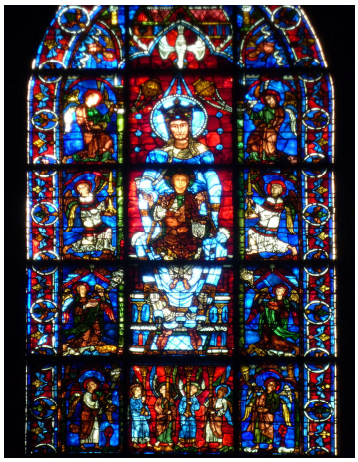


Fig. 1 – *Notre-Dame de la Belle Verrière*, particolare, Chartres, Cattedrale (foto di S. Zucker, 2011, da flirckr.com).

Fig. 2 – Cattedrale di Siena (foto di C. Megna, 2008).

Fig. 3 – Duccio di Buoninsegna, vetrata per l'oculo del coro della cattedrale di Siena, Museo dell'Opera del Duomo (foto da museoguide.it).

Sebbene i documenti non menzionino l'autore, l'attribuzione a Duccio di Buoninsegna [18] è stata definitivamente accertata grazie al restauro del 2003, cui è seguita la collocazione nel Museo dell'Opera. Ormai è acclarato che Duccio ha fornito i disegni al maestro vetraio e ha ritoccato col colore bruno (grisaille) alcune parti dell'opera, soprattutto i volti dei personaggi [19]. Il grande oculo circolare, realizzato tra il 1287 e il 1288 è suddiviso in nove scomparti, cinque dei quali sagomano una croce greca e i restanti quattro definiscono triangoli mistilinei. La vetrata evidenzia l'interesse dell'artista per la pittura di Giotto, conosciuto a Firenze e ad Assisi. Nella scena dell'*Assunzione*, la mandorla con la Vergine è sostenuta da angeli con ali e piedi sovrapposti alla cornice che creano una convincente illusione spaziale; nelle scene dell'*Incoronazione* e dei *Quattro evangelisti* è forte la sensazione di profondità ottenuta grazie alla rappresentazione dei troni [20].
Nel Medioevo, le chiese sono solitamente realizzate a forma di croce latina, con l'abside rivolto a oriente e l'ingresso principale a occidente. Tuttavia, per motivi contingenti, non è sempre possibile rispettare l'orientamento. Nel caso di Siena, fonti documentarie e archeologiche attestano l'esistenza di un complesso ecclesiale antecedente alla cattedrale e risalente all'XI secolo. Recenti scavi archeologici hanno documentato un tratto di muratura dell'abside del primo edificio sacro, con un'estensione di circa 4 m, visibile solo nel suo prospetto esterno. L'attuale cattedrale, a croce latina con tre navate, il cui cantiere è stato consacrato nel 1179 e i cui lavori si sono protratti per tutto il XIII secolo, ha mantenuto, pertanto, lo stesso orientamento e lo stesso asse della preesistente, ampliandosi verso nord/nord-est [21]. Il 2 febbraio 1340 si pone la prima pietra del Duomo Nuovo, un edificio immenso il cui orientamento deve essere ruotato di 90 gradi per mantenere la chiesa esistente come transetto. I lavori procedono alacremente e nel 1345 il cantiere è a uno stadio avanzato anche se, saggiamente, si procede con le demolizioni delle preesistenze solo quando è necessario per avanzare con la nuova costruzione. Le conseguenze finanziarie della terribile peste del 1348, la lievitazione dei costi per i materiali e per le maestranze, alcuni cedimenti strutturali e l'entità dei lavori da fare per completare l'intervento, portano, nel 1356, alla decisione di abbandonare il grandioso progetto [22].
Nel 1265, Carlo I d'Angiò, grazie agli accordi intrapresi con papa Urbano IV e conclusi con il successore Clemente IV, viene in Italia per essere incoronato re di Sicilia e conquistare i territori ancora posseduti dagli Svevi. In particolare deve scontrarsi con Manfredi, figlio illegittimo di Federico II di Svevia, dichiarato decaduto e scomunicato da Urbano IV. Carlo I sconfigge e uccide Manfredi a Benevento nel 1266 e, nel 1268, con abilità strategica ha la meglio su Corradino a Tagliacozzo. La successiva decapitazione dell'ultimo erede degli Hohenstaufen nell'attuale piazza Mercato di Napoli, avvenuta il 29 ottobre 1268, fissa la definitiva consacrazione di Carlo I. Con gli Angioini la città partenopea diviene capitale e assurge al ruolo di centro internazionale della cultura, delle arti e delle scienze. Nei circa 180 anni di regno angioino a Napoli sorgono grandi strutture militari, civili e conventuali nonché chiese prestigiose che si innestano nel preesistente tessuto

urbano. A seconda dei casi gli edifici sacri sono orientati con l'abside a est (Cattedrale, San Lorenzo Maggiore, Sant'Agostino Maggiore e Sant'Eligio) o a sud (Santa Chiara, San Domenico Maggiore, Santa Maria di Donnaregina Vecchia e San Pietro a Majella). In realtà l'orientamento con i punti cardinali non è mai preciso poiché il tracciato ordinatore viario dell'antica *Neapolis*, di tipo ippodameo, presenta le tre strade principali (*plateiai*) parallele alla linea di costa e quest'ultima è leggermente inclinata rispetto all'orientamento est-ovest.
La chiesa di Santa Maria di Donnaregina Vecchia sorge sul limite settentrionale del centro antico di Napoli grazie all'intervento di ricostruzione di un complesso monastico preesistente gravemente danneggiato dal terremoto del 1293. La ricostruzione è sostenuta da Maria d'Ungheria, moglie di Carlo II d'Angiò, che si impegna con notevoli elargizioni di denaro e il monaco francescano Ubertino da Cremona riceve l'incarico di soprintendere alla realizzazione [23]. I lavori probabilmente sono ultimati intorno al 1320. Alla morte della regina, nel 1323, le sue spoglie sono sepolte all'interno dell'edificio e dopo tre anni poste nel sepolcro marmoreo realizzato da Tino da Camaino con Gagliardo Primario [24]. La chiesa risente della regola francescana, è concepita come un'aula unica a pianta rettangolare coperta con capriate. A conclusione della direttrice longitudinale si articola un'abside di derivazione francese a pianta pentagonale, scandita da alte bifore, la cui volta a crociera costolonata è preceduta da un modulo rettangolare coperto anch'esso a volta. Il tutto è inquadrato da un arco di trionfo. La singolarità della chiesa è rappresentata dalla soluzione adottata per il coro delle monache che, non potendo essere realizzato alle spalle dell'abside né lateralmente alla navata, è ricavato suddividendo l'altezza di parte della navata mediante un'ampia tribuna impostata al di sopra di una struttura basilicale minore, a sua volta ripartita in tre navate da due file di pilastri ottagoni su cui insistono volte a crociera fuse in un unico spazio armonico [25]. In questo modo, il tempio angioino risulta caratterizzato da un primo spazio tripartito, avvolto nella penombra, e da un successivo vano, corrispondente all'abside, di notevole altezza e forte luminosità. Alla semplice nudità dell'interno si contrappone un ricchissimo ciclo di affreschi, realizzati nell'arco di un quindicennio a partire dal 1318-20, che sono stati danneggiati da un incendio causato da un fulmine che colpisce il tetto della chiesa nel 1390 o 1391. Ulteriori danni derivano dal terremoto del 1431. Il mutare del gusto e il desiderio di aggiornare la chiesa comporta, agli inizi del XVI secolo, la realizzazione del soffitto a cassettoni riccamente intagliato e dorato, realizzato da Pietro Belverte e dalla sua bottega. Il complesso si trasforma radicalmente intorno al 1620, quando le monache decidono di costruire una nuova chiesa comunicante con la preesistente e più consona al gusto dell'epoca; ciò comporta la distruzione di una parte dell'abside. Perso il ruolo di luogo di culto, la chiesa trecentesca viene suddivisa in due livelli, prolungando l'orizzontamento del coro fino all'abside. Nel 1861 il monastero è soppresso e la chiesa trecentesca, acquisita dal Comune, è oggetto di molteplici ed improprie utilizzazioni. A Emile Bertaux, che visita l'edificio per la prima volta nel 1894, si devono la valorizzazione del monumento, la denuncia delle gravi condizioni di abbandono e la sollecitazione del restauro [26]. L'intervento è intrapreso nel 1928 dal soprintendente Gino Chierici e concluso dopo sei anni [27]. Il restauro affronta il difficilissimo tema della liberazione dell'abside trecentesca dalle strutture realizzate in età barocca e giunge a spostare, con l'ausilio di argani manovrati a mano e binari, una parete del coro della chiesa nuova, affrescata dal Solimena, per circa sei metri. Quindi, dopo aver demolito alcune strutture addossate alla chiesa, vengono portate alla luce le fondazioni del tratto di abside poligonale distrutta nel XVII secolo, su cui viene impostata la ricostruzione delle pareti e dei contrafforti dell'elemento radiale. Per le vetrate sono stati adottati vetri trasparenti, a meno delle monofore e dell'oculo della facciata, dove sono stati scelti vetri opalini «allo scopo di poter meglio vedere il Giudizio universale» [28].
La costruzione del vasto complesso monastico di Santa Chiara inizia, nel 1313, dall'impianto della basilica ad aula, fiancheggiata da cappelle con matronei e coperta da capriate. Il convento sorge per volontà di Sancia di Maiorca, moglie di Roberto d'Angio. Dal 1742, la basilica è profondamente rinnovata, con l'intervento di Domenico Antonio Vaccaro, Gaetano Buonocore e Giovanni del Gaizo, che trasformano l'aula francescana in un qualificato episodio rococò. Il 4 agosto del 1943, un bombardamento alleato colpisce la basilica e provoca l'incendio delle strutture lignee con conseguenti cospicui danni all'apparato plastico interno. Nel 1944, Roberto Pane scrive:

«L'impossibilità di ricomporre l'interno barocco di S. Chiara appare evidente al primo sguardo. Nelle condizioni presenti, […] il restauro offre una sola possibilità […]: quella che consiste nel ripetere le linee trecentesche continuando a scoprire ciò che il fuoco ha già parzialmente scoperto. […] In onore della verità […] va riconosciuto che […] il Settecento napoletano non aveva raggiunto in S. Chiara una delle sue espressioni più felici. […] Ciò non toglie, ad ogni modo, che anche S. Chiara barocca sia degna di rimpianto […]. In tal senso l'antitesi tra la chiesa settecentesca, così ricca e profana, e quella austera e nuda che risorgerà dal restauro, significherà in simbolo l'antitesi tra il tempo passato e quello che ci attende. […] Concepito in pura funzione statica il restauro dovrà limitarsi a rifare, là dove occorra, qualche elemento portante in forma riassuntiva e schematica, in maniera che esso appaia riconoscibile dal resto […]. Ma la maggiore difficoltà non consisterà nella sistemazione delle parti superstiti dei monumenti, […] bensì nell'attribuire una forma estetica a tutto il vasto insieme» [29]. Il 2 marzo 1944, il soprintendente reggente Bruno Molajoli istituisce una commissione consultiva per il restauro coinvolgendo diversi accademici partenopei tra cui Roberto Pane e Ottavio Morisani. In realtà la commissione consultiva, per volere dei successivi soprintendenti, si riunisce di rado e non influisce significativamente sulle scelte dell'intervento. Dal settembre 1944, il soprintendente Giorgio Rosi e l'architetto Mario Zampino, direttore dei lavori, danno inizio a un'accurata ricerca delle strutture originarie e di liberazione delle stesse dalle sovrapposizioni barocche, ponendo le basi di un restauro di ripristino. Il frate francescano e priore del convento Gaudenzio dell'Aja collabora alle scelte e svolge ricerche archivistiche. La soluzione scelta per il tetto, adottata nel novembre 1947 e ultimata nel gennaio 1949, consiste nella realizzazione di venticinque capriate binate in calcestruzzo armato (cls.a.), dipinte color legno. Sulle travate di copertura si pongono arcarecci preconfezionati in cls.a. e un tavolato di lastre debolmente armate, a sostegno del manto in cotto. Nel 1957, a causa delle infiltrazioni, i cotti sono sostituiti con l'attuale rivestimento in lamiere di rame. Il ripristino delle cappelle e delle bifore trecentesche comporta, all'esterno, la demolizione del ballatoio settecentesco. L'insediamento al vertice della soprintendenza di Antonino Rusconi, nel 1949, non muta l'indirizzo assunto dal restauro. Gli interventi procedono con la demolizione degli arconi a sesto ribassato posti ai lati della zona presbiteriale, poi ricostruiti per le difficoltà connesse al ripristino dei presunti triforî angioini; il rifacimento della pavimentazione settecentesca in marmo della navata, disegnata da Ferdinando Fuga nel 1761; la pavimentazione delle cappelle; il restauro dei monumenti funerari affidato all'Opificio delle Pietre Dure. A testimonianza della veste settecentesca viene lasciata la cappella con le sepolture dei Borbone, istituita nel 1742 [30].

Fig. 4 – Interno della chiesa di Santa Maria di Donnaregina Vecchia (foto di C. Megna, 2015).

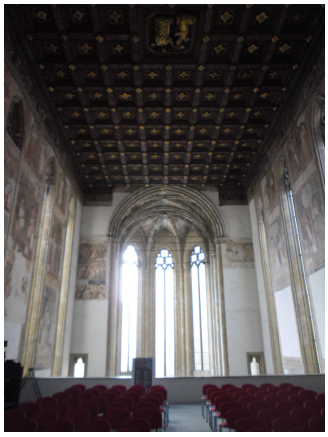


Fig. 5 – L'abside della chiesa di S. Maria di Donnaregina Vecchia visto dal coro (foto di C. Megna, 2015).

Fig. 6 – Interno della basilica di Santa Chiara (foto di C. Megna, 2019).

Nel corso dei lavori il dibattito è spesso accesso, ma l'apice è raggiunto quando si propone l'inserimento di vetrate istoriate. La vicenda parte dal ritrovamento di un frammento di vetro rosso al piede della monofora della quarta cappella di destra. Rusconi incarica Pino Casarini, direttore dell'Istituto d'Arte di Verona, di proporre un modello per le vetrate. Il campione è collocato, sul

finire del 1952, nella prima bifora di sinistra. A quel punto parte un vivace dibattito, dai toni polemici, che coinvolge noti studiosi e determina la sospensione dei lavori. Come lo stesso Gaudenzio dell'Aja riconosce, non vi sono a supporto della decisione documenti che fanno riferimento a vetrate istoriate. La scelta è antitetica alle disposizioni del capitolo generale dei Frati Minori celebrato a Narbonne nel 1260, sotto la presidenza di San Bonaventura. Lo stesso dell'Aja evidenzia che le norme sancite nelle *Constitutiones Generales Narbonenses* non sempre sono state rispettate e scrive: «Si potrebbe supporre che […] come non furono tenute nel dovuto conto le norme […] riguardanti l'architettura, gli affreschi e la torre campanaria, così non fossero state osservate neanche quelle relative alle vetrate istoriate […] ma non emersero elementi sufficienti per suffragare questa ipotesi» [31].
Certamente, nel XIV secolo, a Napoli non era sconosciuta l'arte di decorare con vetri colorati le finestre degli edifici sacri, così com'è stato accertato da Gino Chierici nella cappella di Santa Barbara in Castel Nuovo [32].
Nel febbraio del 1953 Ottavio Morisani e Roberto Pane scrivono due distinte lettere a Guglielmo De Angelis d'Ossat, direttore generale delle *Antichità e Belle Arti*, per chiedergli di fermare la realizzazione delle vetrate istoriate [33]. Nello stesso anno Morisani scrive: «la cosa più grave è costituita dallo scandalo delle vetrate. Ripristinati i finestroni nel loro aspetto trecentesco […] s'è pensato di fornirli di vetrate colorate e istoriate con episodi della vita di santi, senza tener conto del fatto che vetrate di questo genere non sono mai esistite» [34].
Guglielmo De Angelis d'Ossat interviene chiedendo al soprintendente Rusconi un rapporto sulla questione e la sottopone al vaglio del Consiglio Superiore delle *Antichità e Belle Arti*. L'organismo ministeriale, dopo aver preso visione dei campioni, esposti in palazzo Venezia, si pronuncia nel luglio del 1953 approvando l'intervento e raccomandando la massima sobrietà. **(C.M.)**

4. Conclusioni

Le vicende delineate mostrano che lo studio della luce e del colore delle chiese non può prescindere dalle teorie filosofiche, dalle tematiche artistiche del tempo, dalle regole degli ordini monastici e dagli elementi caratterizzanti la realtà locale che si vuole indagare. Analogamente l'intervento di restauro deve essere subordinato ad una serie di studi che non possono prescindere dalla specificità di un determinato edificio sacro. Inoltre le scelte operative devono essere controllate dal giudizio critico.

References

[1]. Cfr. A. Corbin, *Histoire du Christianisme*, du Seuil, Paris, 2007, trad. it. F. Saba Sardi, *Storia del Cristianesimo*, Milano 2007, pp. 173-183; J. Heers, *Transizioni al mondo moderno*, in «R. Barbieri (a cura di), L'Europa del Medioevo e del Rinascimento», Milano 1992, pp. 94-102; J. Lortz, *Geschichte der Kirche in Ideengeschichtlicher Betrachtung*, Münster, 1966, trad. it. L. Marinconz, *Storia della Chiesa in prospettiva di storia di idee*, vol. II, Roma 1980, pp. 491-502; 519-536.
[2]. Hildebertus Lavardinensis, *Sermones*, Migne 1844-55, vol. CLXXI, col. 896.
[3]. Per un'analisi più dettagliata del Concilio di Calcedonia e del dogma cristologico sulle due nature di Cristo nella singolarità della sua persona si rimanda ai seguenti studi: A. Cozzi, *Conoscere Gesù nella fede. Una Cristologia*, Assisi 2007; W. Kasper, *Gesù il Cristo*, Brescia 2004; G. O'Collins, *Cristologia. Uno studio biblico, storico e sistematico su Gesù Cristo*, Brescia 1999; A. Grillmeier, *Gesù il Cristo nella fede della Chiesa. Dall'età apostolica al concilio di Calcedonia (451)*, vol. I, Brescia 1982; id., *Gesù il Cristo nella fede della Chiesa. La ricezione del concilio di Calcedonia (451-518),* vol. II, Brescia 1996.
[4]. C. Leonardi (a cura di), *Il Cristo. Testi teologici e spirituali in lingua latina da Agostino ad Anselmo di Canterbury*, vol. III, Milano 2006, pp. xv-xvi.
[5]. Cfr. L. Longobardo, *Immagini di salvezza nei primi autori cristiani*, in «A. Terracciano (a cura di), Attese e figure di salvezza oggi», Napoli 2009, p. 183; B. Studer, *Il linguaggio metaforico della soteriologia patristica*, in «Pagani e cristiani alla ricerca della salvezza (secoli I-III). XXXIV Incontro di studiosi dell'antichità cristiana, Roma 5-7 maggio 2005», Roma 2006, pp. 255-261.
[6]. Cfr. P. De Feo, *Il Cristo delle scuole. Il dibattito cristologico nella prima metà del secolo XII*, Roma 2012; I. Biffi, *La filosofia monastica: «saper Gesù»*, Milano 2008; M. D. Chenu, *La teologia nel dodicesimo secolo*, Milano 1992.

[7]. T. Burckhardt, *Chartres und die Geburt des Kathedrale*, Olten 1962, trad. it. T. Buonacerva, *La nascita della cattedrale*. Chartres, Roma 1998, p. 148. Per un maggior approfondimento si rimanda agli studi di: L. Grodecki, *Architettura gotica*, in «Storia universale dell'architettura», Milano 2010; J. H. Kilde, *Sacred power, sacred space*. *An introduction to Christian Architecture and Worship*, Oxford 2008; G. Freni, *Spazio liturgico e luoghi sacri nella cattedrale e nella pieve*, in «Arte in terra d'Arezzo. Il Trecento. Provincia d'Arezzo», Firenze 2005.
[8]. I. Biffi, *Figure medievali della Teologia. La costituzione della Teologia medievale*, Milano 2008, p. 424.
[9]. I. Biffi, *Figure medievali della Teologia. La costituzione …* (cit.), p. 436.
[10]. Cfr. G. d'Onofrio, *Storia del pensiero medievale*, Roma 2011, pp. 127; 140-142; Id., *Fenomenismo medievale e pensiero eidetico*, in «Persona, Logos, Relazione. Una fenomenologia plurale. Scritti in onore di Angela Ales Bello», edd E. Baccarini - M. D'Ambra - P. Manganaro - A. M. Pezzella, Roma 2011, pp. 26-49.
[11]. Cfr. M. Gennari, *Dal romanico al gotico: teologia, architettura, pedagogia*, Firenze 2016, p. 60.
[12]. T. Burckhardt, *Chartres und die Geburt des Kathedrale*, cit., pp. 139-140.
[13]. Theophilus, *De diversis artibus – On Various Arts*, edited by C.R. Dodwell, Oxford 1961.
[14]. Dovrebbe trattarsi di Rogerus di Helmershausen, un monaco benedettino tedesco. Cfr. E. Freise, *Zur Person des Theophilus und seiner monastischen Umwelt*, in «Ornamenta ecclesia», (Ausstellungs-katalog), Köln, 1985, pp. 357-362.
[15]. Cfr. R. Gado Wiener, *Chimica dell'artigiano, chimica del monaco: i materiali e la loro lavorazione nel manuale di Teofilo* (secolo XII), in «M. Ciardi – F. Giudice (a cura di), Atti del X Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica (Pavia, 22-25 ottobre 2003)», Roma 2003, pp. 27-37.
[16]. Cfr. I. Tagliaventi, *La cattedrale gotica,* Firenze 2009*,* pp. 382-383, 388, 391-392.
[17]. Cfr. C. Solacini, *Mosaici, affreschi, vetrate*, in «U. Eco (a cura di), Il Medioevo», vol. IX, Milano 2009, p. 544.
[18]. Per un maggior approfondimento si veda: E. Carli, *Vetrata duccesca*, Firenze 1946.
[19]. Cfr. A. Bagnoli – C. Tarozzi (a cura di), *Duccio. La vetrata del Duomo di Siena e il suo restauro*, Cinisello Balsamo (Milano), 2003; M. Caciorgna- R. Guerrini – M. Lorenzoni (a cura di), *Oculus cordis: la vetrata di Duccio. Stile, iconografia, indagini tecniche, restauro*, Atti del Convegno internazionale di studi (Siena 29 settembre 2005), Ospedaletto (Pisa) 2007.
[20]. Cfr. L. Riardo, *Duccio di Buoninsegna,* in «U. Eco (a cura di), Il Medioevo», cit., p.531-533; M. A. Tolazzi, *L'Arte svelata*, vol. III, Tarcento (Udine) 2015, pp. 22-23.
[21]. Cfr. M.A. Causarano, *Interventi archeologici sotto il duomo di Siena* in «M. Valenti, R. Francovich (a cura di), Archeologia dei Paesaggi Medievali. Relazione Progetto (2000-2004)», Firenze 2005, pp. 21-34; Id., *La cattedrale e la città: il cantiere del Duomo di Siena. Risultati delle indagini archeologiche in* «Arqueología de la Arquitectura», 6, 2009 pp. 199-224.
[22]. Per un maggior approfondimento delle vicende si veda: M.A. Causarano, *La cattedrale e la città. Il cantiere del duomo di Siena tra XI e XIV secolo*, Sesto Fiorentino (Firenze) 2017.
[23]. Cfr. G. Filangieri, *Documenti per la storia, le arti e le industrie delle province napoletane*, vol. II, Napoli 1884, p. 69.
[24]. Cfr. S. Casiello, *Architettura*, in «E. Carelli, S. Casiello, Santa Maria Donnaregina in Napoli», Napoli 1975, pp. 16-17.
[25]. Cfr. R. Mormone, *La chiesa trecentesca di Donnaregina*, Napoli 1977, pp. 12-13.
[26]. Cfr. E. Bertaux, *Santa Maria di Donna Regina e l'arte senese a Napoli nel sec. XIV*, Napoli 1899.
[27]. Cfr. G. Chierici, *Il restauro della chiesa di S. Maria di Donnaregina a Napoli*, Napoli 1934.
[28]. G. Chierici, *Il restauro della chiesa di S. Maria …* (cit.), p.145.
[29]. R. Pane, *Il restauro di monumenti* in «Aretusa», I, 1944 cit., p.74-77.
[30]. Cfr. L. Guerriero – L. Rondinella, *La ricostruzione di S. Chiara e il restauro dei monumenti a Napoli*, in «G. Fiengo – L. Guerriero (a cura di) Monumenti e documenti. Restauri e restauratori del secondo Novecento, Atti del Seminario Nazionale (Aversa 2009-10)», Napoli 2011, pp. 375-414.
[31]. G. Dell'Aja, *Il restauro della basilica di Santa Chiara in Napoli*, Napoli 1980, pp. 263-264.
[32]. Cfr. G. Chierici, *Il restauro della chiesa di S. Maria …* (cit.), p.144.
[33]. Brani delle due missive custodite presso l'archivio del ministero, sono pubblicati in L. Guerriero – L. Rondinella, *La ricostruzione di S. Chiara …* (cit), pp. 387-388.
[34]. O. Morisani, *Santa Chiara* in «Bollettino di Storia dell'Arte dell'Istituto Universitario di Magistero», Salerno 1953, pp. 62-63.

I colori dei solai lignei a vista veneziani: tradizioni e trasformazioni

Luca Scappin
Università IUAV di Venezia, scappin@iuav.it

Parole chiave: decorazione solai lignei, soffitti a travi, *cantinelle*, *pettenelle,* solaio *alla sansovina*

1. Introduzione

Nell'ambito delle superfici che definiscono un ambiente architettonico interno la parte di chiusura superiore costituisce un elemento di un'unità di spazio fisico ricco di valenze non solo quantitative, legate agli assetti costruttivi e alla ricchezza dei materiali e dei colori, ma anche qualitative in quanto espressione di una cultura individuale e collettiva di un determinato luogo e di un certo periodo. Soprattutto nell'architettura residenziale le superfici esprimono questo legame con la vita delle persone che vi risiedono e tanto più antica è un'abitazione tanto maggiori sono state le probabili trasformazioni imposte dalle generazioni di abitanti che hanno vissuto quegli ambienti interni.

Nel presente contributo si riportano i risultati dello studio delle superfici lignee di quei solai ad impalcato destinati ad essere a vista, che hanno svolto la funzione di soffitto soprattutto in ambienti di case e palazzi veneziani, e per le quali si sono potute riconoscere le articolate variazioni delle decorazioni avvenute nel corso dei secoli.

Le verifiche delle superfici e delle tecniche costruttive relative alle strutture lignee di solaio e delle coperture presuppone una serie di difficoltà legate alla accessibilità degli ambienti interni privati e alla visibilità e integrità della materia storica, dovute in particolare ai cambiamenti di gusto, alle manomissioni e agli occultamenti avvenuti nel tempo. Pertanto l'attribuzione di datazioni alle forme costruttive e decorative richiede una paziente raccolta di dati di un consistente numero di casi per poter istituire un confronto crono-tipologico dei singoli elementi e degli insiemi all'interno di un tessuto urbano.

Si sottolinea che lo studio delle decorazioni policrome di superfici lignee di solai ad impalcato e di strutture di copertura a vista costituisce un settore di ricerca della cultura materiale che ha avuto uno sviluppo abbastanza recente con studi compiuti in diverse aree geografiche italiane. [1]

Nel territorio lagunare veneziano per poter distinguere le forme decorative dei soffitti degli impalcati è necessario descrivere i due tipi principali di assetti costruttivi dei solai: quello che caratterizza l'architettura medievale, di gusto romanico e gotico prevalente nei secoli tra il XIII e XV, e quello che distingue l'architettura moderna, di tipo rinascimentale e classicista che si diffonde tra il XVI e il XIX secolo. Il passaggio tra i due modelli di solaio avviene in un arco temporale di alcuni decenni tra la fine del XV e l'inizio del XVI nel corso dei quali si presentano forme costruttive e decorative di transizione. [2] I due modelli costruttivi si distinguono principalmente per il tipo di apparecchiatura delle tavole differenziate rispetto all'orientamento delle travi, e riconoscibili generalmente per l'impiego o meno di listelli coprigiunto al di sotto delle tavole: 1. il primo tipo, che possiamo denominare solaio gotico, presenta le tavole ortogonali alle travi e si associa alla disposizione di listelli coprigiunto, denominati *cantinelle*, all'intradosso del tavolato per impedire che, attraverso i giunti delle tavole, filtri materiale sciolto dal pavimento soprastante (figg. 1-12); 2. il secondo tipo ha le tavole disposte parallelamente alle travi stesse, dove ogni tavola è appoggiata su due travi per una fascia minore della metà di ogni trave, ed è nota come tessitura *alla sansovina* in quanto ne viene attribuita la sua diffusione a Jacopo Sansovino per l'impiego che ne fece negli edifici da lui realizzati dopo il suo arrivo a Venezia nel 1527. (Figg. 45-64). Questa presenza o assenza di elementi complementari, come le *cantinelle*, determina anche lo schema decorativo che caratterizza i distinti periodi medievale e moderno. Inoltre nelle zone degli appoggi di entrambi i modelli costruttivi lo spazio intermedio tra le travi, che risulta generalmente rientrante per la presenza di una cornice lignea perimetrale che corre al di sotto delle travi, solitamente viene completato con una tavoletta lignea, denominata *pettenella*, che assume forme costruttive e decorative differenti nei due periodi.

2. La tradizione decorativa medievale tra Duecento e Quattrocento

Nel modo di disporre le tavole ortogonali alle travi, adottato nei solai di periodo medievale, si possono distinguere due varianti nella collocazione intermedia delle *cantinelle*, che appaiono l'una l'evoluzione dell'altra: nella modalità più diffusa tra XIII e XV secolo le *cantinelle* mediavano il rapporto tra le assi e gli elementi portanti principali non permettendo il contatto diretto e si presentavano continue al di sopra delle stesse travi; nella variante diffusa nella seconda metà del XV secolo le *cantinelle* erano invece spezzoni di listello inseriti in incavi ricavati sull'estradosso delle travi. In entrambi i casi le *cantinelle* disposte nel senso delle tavole formavano nello spazio intermedio tra le travi uno schema di divisione a riquadri perché venivano completate con altre *cantinelle* piccole disposte nella direzione delle travi. Queste assicelle, che formavano un cassettonato a maglia quadrata, erano di sezione 1-1,5 cm per 5-6 cm con lunghezze di ca. 1,5 m, corrispondenti a 3-4 interassi di 4-5 travi, ed erano arricchite dalle decorazioni policrome dipinte sulla loro superficie; normalmente erano acquistate a metraggio, già dipinte presso le botteghe, oppure, nel caso di grandi quantitativi destinati a cantieri importanti, erano ordinate a dipintori specializzati. La versione di cantinella a sezione trapezoidale trova pochi esempi a Venezia e sono di XV secolo. Dalla ricognizione effettuata e dall'incrocio dei dati cronologici degli impalcati è possibile tracciare una periodizzazione dei motivi_decorativi delle *cantinelle* secondo un percorso che parte dalle forme più semplici, diffuse nei secoli XIII e XIV, di tipo geometrico (punte di freccia alternate bianche e nere, piramidi gradonate alternate contrapposte nere e bianche, forme a losanghe simili a quelle di Palazzo Ducale) o di forme vegetali semplici (losanghe con forme vegetali, successione di fiori o di foglie contrapposte), con un passaggio, nella seconda metà del XIV secolo, a forme che introducono il movimento ottenuto con andamenti a spirale o ondulati (treccia a due corde, nastri o motivi vegetali a spirale avvolti, foglie ondulate o ritorte attorno ad un ramo) sino alla introduzione, nel XV secolo, della compresenza di foglie e fiori ad andamento ondulato (fiori esameri con foglie di alloro o di quercia, girali con fiori e bacelli). (Figg. 13-32)

In altri ambiti regionali per indicare il listello coprigiunto della *cantinella* continua, posto sotto le unioni delle tavole ad impedire la caduta del materiale, si utilizza il termine *regolo* o *regoletto*, mentre per quelle piccole ortogonali si adopera il vocabolo *controregolo*.

Parallelamente alla soluzione più diffusa caratterizzata da una decorazione policroma dei solai limitata alle sole *cantinelle* a vista nel corso della seconda metà del XV secolo si inizia anche a nobilitare l'intera superficie lignea con apparati decorativi estesi, contraddistinti inizialmente dal disegno di geometrie o di forme vegetali semplici differenziate tra i lati o tra trave e trave, e con poche variazioni di colore (principalmente disegni bianchi su fondo nero, in alcuni casi con alcuni elementi in rosso, o bianchi su fondo rosso) (figg. 5-12); a partire dalla metà del Quattrocento in alcuni casi si adottano ricchi controsoffitti lignei, appesi alle travi e decorati con riquadrature delimitate da elementi lignei rivestiti con policromie o dorature che delimitano campiture, ma in questa sede questo tipo di soffitti non vengono trattati.

Nella zona di appoggio, come accennato sopra, nel solaio medievale vi era la soluzione di collocare una cornice lignea a sezione piena che correva lungo il perimetro sotto le travi, fissata su un travicello ligneo inserito nella muratura (denominato *rema*) oppure questo stesso dormiente era parzialmente sporgente e sostenuto da mensole in pietra. Lo spazio profondo che si creava tra le travi veniva arricchito o da un intonaco affrescato con disegni geometrici e cromie semplici, oppure da una tavoletta lignea con superficie decorata inserita in incavi inclinati ricavati sui lati delle travi. (Figg. 33-44) La soluzione della metopa in intonaco riguarda pochi casi di XIII e XIV secolo, mentre la presenza della tavoletta è diffusa tra XIV e XV secolo e riconoscibile per le scanalature presenti sulle travi. A Venezia sono rimasti molti casi di *pettenelle* lignee di periodo gotico ma pochi esempi presentano ancora decorazioni dipinte o intagliate.

La tipologia di manufatto artistico delle tavolette dipinte è presente in tutta l'area nord italiana e oltralpina, sia pur con declinazioni a volte differenti. Le scuole lombarde, in particolare cremonese, cremasca e bresciana, sono quelle che hanno lasciato *pettenelle* di maggior pregio e di dimensioni maggiori, per una struttura del solaio più complessa del tipo bi-ordito che è diversa da quelle usuali di area veneta, ma soprattutto sono realizzate da artisti spesso di valore. Sia in Lombardia che nel Veneto

già con la fine del Quattrocento o i primi del secolo successivo il fenomeno praticamente scompare, mentre in Friuli è diffusamente rappresentato, non solo in dimore sontuose, e soprattutto ha uno sviluppo cronologico molto ampio che va almeno dalla fine del XIV secolo agli inizi del XVII.
In altri ambiti culturali le *pettenelle* sono chiamate anche *metope*, *copripolvere*, *tavolette*, *sansovine*, *sbacchere*, *cantinelle*, *mantovane*, *lattole, bussole*, *formelle, fondini, zi.*
Nell'ambito delle tecniche esecutive e dei colori impiegati sulle superfici lignee si può affermare che fino al XV secolo venivano utilizzate sia tempere magre con colle di origine animale (come la colla d'ossa, la colla lapin e la colla di pesce), soprattutto per elementi come le *cantinelle* dove spesso i pigmenti risultano poco resistenti, sia tempere all'uovo per opere più particolari, come le *pettenelle* o alcune superfici delle travi, ottenendo colori più vivaci e durevoli. Dalla fine del XV secolo si diffonde maggiormente la tempera alla caseina che offre maggiore durevolezza e adesione allo strato decorativo ma che necessita di un maggior controllo nella previsione della tonalità finale. Lo strato di fondo preparatorio appare maggiormente impiegato dal XVI e fissa meglio i colori anche se applicati con tempera magra. Anche la tempera grassa, con componente oleoresinosa, appare diffondersi con la tradizione classicista e soprattutto nel XVIII e XIX secolo. I pigmenti sono principalmente terre naturali per i rossi, gialli, e verdi, mentre i neri dal carbone, e per azzurri e verdi si utilizzavano i colori minerali di ossidi metallici, e infine dalla calce si ricavava il bianco San Giovanni.

Fig. 1 - Tessitura di solaio gotico di primo periodo con travi molto distanziate con cantinelle decorate (palazzo Manenti, 2° metà XIII-1° metà XIV sec.)

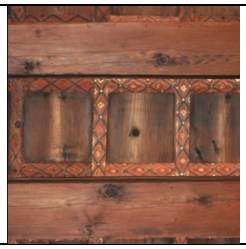


Fig. 2 - Tessitura di solaio gotico di secondo periodo con le cantinelle decorate (palazzo Grimani, 2° metà XIV sec.)

Fig. 3 - Tessitura di solaio gotico di secondo periodo con le cantinelle decorate (Ca' Foscari, 2° metà XV sec.)

Fig. 4 - Tessitura di solaio gotico di secondo periodo con le cantinelle trapezoidali decorate (ex convento Carità, 2° metà XV sec.)

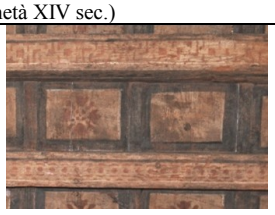


Fig. 5 - Tessitura di solaio gotico di primo periodo con superfici decorate a travi differenziate alternate in rosso su fondo bianco (casa gotica a S. Salvador, 2° metà XV sec.)

Fig. 6 - Scorcio di fig. 5, lati e intradossi a differenti decorazioni a due colori di forme geometriche e vegetali (casa gotica a S. Salvador, 2° metà XV sec.)

Fig. 7 - Tessitura di solaio gotico con tutte le superfici decorate a due colori su fondo nero con elementi rossi (palazzo Giustinian a Murano, 2° metà XV sec.)

Fig. 8 - Scorcio di fig. 7, tessitura di solaio gotico con tutte le superfici decorate a due colori su fondo nero con elementi rossi (palazzo Giustinian a Murano, 2° metà XV sec.)

Fig. 9 - Tessitura di solaio gotico con tutte le superfici decorate a due colori di forme geometriche e vegetali (palazzo Pisani, 2° metà XV sec.)

Fig. 10 - Scorcio di fig. 9, lati e intradossi a differenti decorazioni a due colori di forme geometriche e vegetali (palazzo Pisani, 2° metà XV sec.)

Fig. 11 - Scorcio con i lati e intradossi a differenti decorazioni successive a due colori di forme geometriche e vegetali (palazzo Vitturi, 2° metà XV sec.)

Fig. 12 - Scorcio con decorazioni differenti tra lati e intradossi a due colori di forme geometriche e vegetali (Ca' Verardo, 2° metà XV sec.)

Fig. 13 - Cantinella con decorazione a punte di freccia alternate bianche e nere con pallino sulla punta (palazzo Vitturi, 2° metà XIII sec.)

Fig. 14 - Cantinella con decorazione a piramidi gradonate contrapposte nere e bianche con giglio in quelle nere (palazzo Manenti, 2° metà XIII-1° metà XIV sec.)

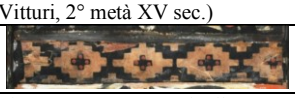


Fig. 15 - Cantinella con decorazione a losanghe continue con croce al centro nere su fondo bianco (palazzo Lezze, 1° metà XV sec.)

Fig. 16 - Cantinella con decorazione a losanghe nere e verdi continue che incorniciano piccoli fiori con petali bianchi e rossi (palazzo Grimani, 2° metà XIV sec.)

Fig. 17 - Cantinella con decorazione a foglie disposte a losanghe con pistilli a croce al centro e ai lati (palazzo Grimani, 2° metà XIV sec.)

Fig. 18 - Cantinella con decorazione a fiori neri e gialli con foglie verdi e nere (palazzo Ducale, 2° metà XIV sec.)

Fig. 19 - Cantinella con decorazione a foglie contrapposte rispetto a linea centrale con losanghe intermedie (palazzo Ducale, 2° metà XIV sec.)

Fig. 20 - Cantinella con decorazione di successione di bacelli alternati a fiori (palazzo Centanni, 1° metà XV sec.)

Fig. 21 - Cantinella con decorazione a treccia bianca a due corde su fondo nero (palazzo Grimani, 2° metà XIV sec.)

Fig. 22 - Cantinella con decorazione di foglia bianca e rossa a nastro avvolto (sottoportico di casa gotica, 2° metà XIV sec.)

Fig. 23 - Cantinella con decorazione a foglia ondulata (Scuola di S Giorgio degli Schiavoni, 2° metà XIV sec.)

Fig. 24 - Cantinella a sezione trapezoidale con decorazione a fogliette contrapposte alternate rosse e bianche, sui lati piramidi nere e bianche (Ca' d'Oro, 1° metà XV sec.)

Fig. 25 - Cantinella con decorazione a foglia ritorta e ondulata su fondo giallo (palazzo Minotto, 1° metà XV sec.)

Fig. 26 - Cantinella a sezione trapezoidale con decorazione a foglie bianche e nocciola avvolte a spirale (ex convento Carità, 2° metà XV sec.)

Fig. 27 - Cantinella con decorazione a foglie bianche e verdi avvolte a spirale su ramo (palazzo Pesaro degli Orfei - Fortuny, 2° metà XV sec.)

Fig. 28 - Cantinella con decorazione a foglie bianche e verdi avvolte a spirale su ramo (chiesa di S. Maria della Carità, 2° metà XV sec.)

Fig. 29 - Cantinella con decorazione a motivo ondulato di foglie di alloro verdi e bianche alternate a fiori esameri su fondo rosso (Torre dell'Orologio, 1° inizio XVI sec.)

Fig. 30 - Cantinella con decorazione a motivo ondulato di foglie di alloro verdi e bianche alternate a fiori esameri su fondo rosso (palazzo Grimani, metà XV sec.)

Fig. 31 - Cantinella con decorazione a foglie verdi e bianche a girale alternate a fiori esameri su fondo rosso (chiesa di S. Caterina, 2° metà XV sec.)

Fig. 32 - Cantinella con decorazione di fiori esameri in girali di foglie verdi e bianche alternate a fiori a campanella su fondo rosso (Ca' d'Oro, 1° metà XV sec.)

Fig. 33 - Pettenella in legno dipinto con motivo geometrico (palazzo Madonna, 1° metà XIV sec.)

Fig. 34 - Pettenella in legno dipinto con motivo geometrico (palazzo Giustinian a Murano, 2° metà XV sec.)

Fig. 35 - Pettenella in legno dipinto con motivo vegetale (casa gotica a S. Salvador, 2° metà XV sec.)

Fig. 36 - Pettenella in legno intagliato con motivo a quadrifoglio e dipinto nel fondo (Scuola di S. Giovanni Evangelista, 2° metà XV sec.)

Fig. 37 - Pettenella in legno intagliato con motivo a quadrifoglio e nastro con anno (1474) e dipinto nel fondo (chiesa di S. Andrea della Zirada, 2° metà XV sec.)

Fig. 38 - Pettenella in legno intagliato con motivo a quadrifoglio e dipinto nel fondo, ripreso nel restauro di XX sec. (chiesa S. Caterina, 2° metà XV sec.)

Fig. 39 - Spazio tra le travi in intonaco dipinto bicromo a fresco con motivo a losanghe (palazzo Amadi, 1° metà XIV sec.)

Fig. 40 - Spazio tra le travi in intonaco dipinto policromo a fresco con motivo vegetale (casa gotica a S. Salvador, 1° metà XV sec.)

Fig. 41 - Cornice in legno intagliato con motivo a toro e losanghe (palazzo Madonna, 2° metà XIV sec.)

Fig. 42 - Cornice in legno intagliato con dentelli e torciglione (Ca' d'Oro, 1° metà XV sec.)

Fig. 43 - Cornice in legno intagliato con dentellature e torciglione (palazzo Giustinian dei Vescovi, 2° metà XV sec.)

Fig. 44 - Cornice in legno con archetti e toro a fogliami con nastro avvolgente (palazzo Fortuny, 2° metà XV sec.)

3. Le forme decorative classiciste tra Cinquecento e Ottocento

Come abbiamo evidenziato sopra già nella seconda metà del Quattrocento le forme decorative con colori intensi si estendono a tutte le superfici lignee con variazioni ricche di rimandi ai gusti che si esprimevano anche su altri rivestimenti, come quelli delle pareti e dei pavimenti interni. Dal XVI secolo nel solaio *alla sansovina* si utilizzano policromie di colori vivaci (spesso oro su fondo nero, ma anche su fondo bianco, con inserzioni in rosso, giallo e verde) e con motivi a grottesche, vegetali e figurati all'interno di elementi geometrici trattati, dalla metà del Cinquecento, a finte cornici accartocciate. (Figg. 45-52) Nel solaio *alla sansovina*, inoltre, dei listelli con un profilo modanato possono essere disposti longitudinalmente a fianco alle travi, sotto il tavolato, in modo da formare una cornicetta perimetrale dello spazio intradossale fra le travi e tali cornici potevano essere decorate con cromia diversa; inoltre le *pettenelle* non sono più inserite nelle scanalature e sono più sottili. I motivi decorativi rinascimentali vengono spesso applicati anche a intradossi di solaio medievale dove le *cantinelle* e le riquadrature dei cassettoni entrano nel disegno complessivo dipinto. (Figg. 53-56) In alcuni casi, nei secoli successivi al XV, l'inerzia del gusto ha portato anche a imitare la maglia quadrata collocando lunghe *cantinelle* nella direzione delle travi e con i tratti corti disposti nel senso trasversale alle travi.

Tra i particolari strati coprenti adottati nel corso della prima metà del Cinquecento abbiamo testimonianze materiche di tre casi con rivestimenti, totali o parziali, in carta decorata applicata con colle anche su elementi ornati di epoche precedenti, come le *cantinelle*. I motivi sono di tipo vegetale sempre su fondo di verde-grigio scuro dove risaltano i diversi colori verdi delle foglie che allacciano serie di fiori a petali rossi e bianchi in un gioco di intreccio continuo tra le superfici verticali e orizzontali. (Figg. 57-60)

Nel corso dei XVI secolo le cornici perimetrali poste sotto le travi richiamano gli schemi decorativi delle trabeazioni classiche e possono essere dipinte, in tutto o in parte, nelle finte modanature o nelle campiture intermedie alle mensole sporgenti, oppure possono essere realizzate con fregi continui decorati con motivi vegetali. Le forme delle cornici divengono più elaborate nel corso della seconda metà del Cinquecento e del Seicento e sono più vivaci nei colori, spesso con parti dorate.

A partire dalla fine del Cinquecento molti intradossi di solaio a travi, sia nuovi che esistenti, non appaiono più alla vista poiché si diffonde il gusto di coprire gli ambienti con controsoffitti, in tavole di legno o *cantinelle* (listelli) o arelle (canniccio) e malta appesi alle soprastanti travi e con centine perimetrali fissate al muro, che venivano decorati con forme in rilievo di elementi intagliati o di stucchi abbinati ad affreschi o tele dipinte.

Nel corso del XIX secolo in molti casi si rimettono in luce e si ridecorano intradossi di solai precedenti utilizzando tinte omogenee o secondo schemi semplificati. In particolare a inizio Ottocento si utilizza il grigio brillante oppure le tinte pastello di verde, rosa e giallo, secondo gusti neoclassici, mentre nella seconda metà del secolo le pitture coprenti, spesso uniformi o con poche decorazioni, sono nelle tonalità scure di marroni e verdi.

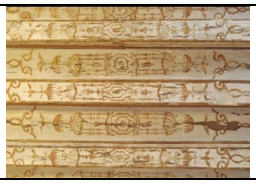
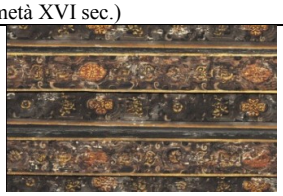
			
Fig. 45 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Grimani, 1° metà XVI sec.)	Fig. 46 - Scorcio di tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Grimani, 1° metà XVI sec.)	Fig. 47 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Cappello, 2° metà XVI sec.)	Fig.. 48 - Scorcio di tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie e con prova di cromia originaria azzurra (palazzo Cappello, 2° metà XVI sec.)
			
Fig. 49 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Cappello, 2° metà XVI sec.)	Fig. 50 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Tron, 1° metà XVII sec.)	Fig. 51 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (Scuola di S. Giorgio Schiavoni, 1° metà XVI sec.)	Fig. 52 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione su tutta la superficie (palazzo Mocenigo, 2° metà XVI sec.)

Fig. 53 - Tessitura di solaio gotico con travi decorate successivamente nel XVI sec. (palazzo Giustinian dei Vescovi, 2° metà XVI sec. e XVI sec.)

Fig. 54 - Tessitura di solaio gotico con superfici decorate successivamente nel XVI sec. (palazzo Giustinian dei Vescovi, 2° metà XVI sec. e XVI sec.)

Fig. 55 - Tessitura di solaio gotico con superfici decorate successivamente nel XVI sec. (casa gotica a S. Salvador, 2° metà XIV sec. e 1° metà XVI sec.)

Fig. 56 - Tessitura di solaio gotico con superfici decorate successivamente nel XVI sec. (palazzo Pisani, 2° metà XIV sec. e XVI sec.)

Fig. 57 - Tessitura di solaio gotico con cantinelle e travi rivestite successivamente con carta decorata che ha integrazioni di restauro (palazzo Grimani, XIV sec e 1° metà XVI sec. e XX sec.)

Fig. 58 - Particolare con interruzione della carta decorata, si vede cantinella decorata originaria (palazzo Grimani, XIV sec e 1° metà XVI sec.)

Fig. 59 - Tessitura di solaio gotico con cantinelle decorate originali e travi e tavolato rivestiti successivamente con carta decorata (palazzo Lezze, XIV sec e 1° metà XVI sec.)

Fig. 60 - Particolare con lacuna della carta decorata che copriva interamente le travi e il tavolato, la cantinella ha due decorazioni diverse in successione e non è rivestita (palazzo Lezze, XIV sec e 1° metà XVI sec.)

Fig. 61 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione di motivo dorato su fondo marrone su tutte le superfici (palazzo Cappello, XVI sec.)

Fig. 62 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione s intradosso delle travi ma dipintura di tutta la superficie (palazzo Bonvicini, XVIII sec.)

Fig. 63 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione sulle travi ma dipintura bicroma di tutta la superficie (palazzo Donà dalle Rose, XIX sec.)

Fig. 64 - Tessitura di solaio alla sansovina con decorazione sulle travi ma dipintura di tutta la superficie (palazzo Corner della Frescada, XIX sec.)

Fig. 65 - Pettenella con decorazione a cartoccio con maschera (palazzo Ducale, 2° metà XVI sec.)

Fig. 66 - Pettenella con decorazione di tipo vegetale (palazzo Cappello, 2° metà XVI sec.)

Fig. 67 - Pettenella con decorazione con maschera (palazzo Ducale, 2° metà XVI sec.)

Fig. 68 - Pettenella con decorazione a cartoccio con fiore al centro (palazzo Giustinian dei Vescovi, 2° metà XVI sec.)

Fig. 69 - Pettenella con decorazione di tipo vegetale (palazzo Tron, 1° metà XVII sec.)

Fig. 70 - Pettenella con decorazione a geometrica (palazzo Mora, 2° metà XIX sec.)

Fig. 71 - Pettenella con decorazione geometrica di semplice cornice (palazzo Papadopoli, 2° metà XIX sec.)

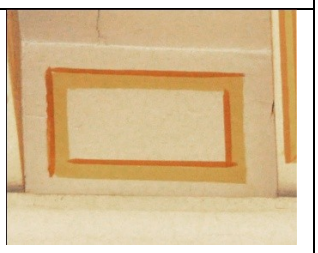


Fig. 72 - Pettenella con decorazione geometrica di riquadro (palazzo Marcello, 2° metà XX sec.)

Fig. 73 - Cornice dipinta di solaio alla sansovina con finte modanature (Scuola dei Genovesi, 2° metà XVI sec.)

Fig. 74 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Cappello, 2° metà XVI sec.)

Fig. 75 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (Ca' Foscari, decoraz. 1° metà XVII sec.)

Fig. 76 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Giustinian dei Vescovi, 1° metà XVII sec.)

Fig. 77 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Tron, 1° metà XVII sec.)

Fig. 78 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (ex convento della Carità, 1° metà XVII sec.)

Fig. 79 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Papadopoli, 2° metà XVII sec.)

Fig. 80 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Pisani Moretta, 2° metà XVIII sec.)

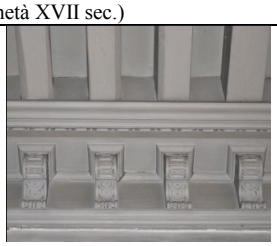


Fig. 81 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Donà dalle Rose, 2° metà XIX sec.)

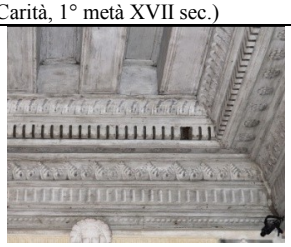


Fig. 82 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Grimani, metà XVIII sec.)

Fig. 83 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Papadopoli, 2° metà XIX sec.)

Fig. 84 - Cornice di solaio alla sansovina con modanature e decorazioni (palazzo Donà dalle Rose, 2° metà XIX sec.)

4. Riconoscere le trasformazioni e rispettare l'autenticità

La lettura dei segni delle trasformazioni degli elementi costruttivi, dei colori, delle tecniche esecutive e delle forme di degrado permette di riconoscere la stratificazione dei modi di concepire questa partizione orizzontale in relazione al tempo e al tipo di ambiente. (Figg. 85-96) La conoscenza e la comprensione dei modi costruttivi e dei sistemi decorativi delle strutture storiche veneziane comporta il ripercorrerne il processo mentale che sottende alle fabbriche, sia nella concezione strutturale, con le soluzioni e gli espedienti messi in atto, sia nei gusti architettonici, espressione delle diverse epoche. In tale percorso di analisi si acquisisce il rispetto delle strutture esistenti e la capacità di lettura e di confronto per impostare operazioni di restauro efficaci, compatibili e conservative. Inoltre saper leggere anche questa superficie dell'architettura storica, insieme alle pareti e ai pavimenti, significa sperimentare l'ambiente interno come complessa categoria di lettura dei manufatti, ossia acquisire la capacità di riconoscere l'articolazione costruttiva, funzionale, decorativa e cromatica nelle variazioni dei modi di abitare avvenute nel corso dei secoli.

Fig. 85 - Solaio gotico tinteggiato con copertura delle cantinelle decorate (palazzo Giustinian Lolin, XV sec. e XX sec.)

Fig. 86 - Solaio gotico con perdita delle cantinelle (sottoportego Coltrera a Castello, 2° metà XV sec.)

Fig. 87 - Solaio gotico con decorazione successiva dopo la rimozione delle cantinelle (Ca' Corner della Frescada, XV sec. e XVII sec.)

Fig. 88 - Solaio gotico con decorazione successiva velata da ulteriore tinteggiatura omogenea marrone (palazzo Bembo, XV sec., XVIII sec. e XX sec.)

Fig. 89 - Reimpiego di tavole con decorazioni e chiodature traslate rispetto alle travi gotiche (palazzo Amadi, metà XV sec. e XIX sec.)	Fig. 90 - Solaio gotico con tinta successiva con copertura delle cantinelle e nuova decorazione delle travi (palazzo Bembo, XV sec. e XIX sec.)	Fig. 91 - Solaio gotico con tracce di decorazione di cantinelle a nastro ritorto e tracce di combustione da incendio (sottoportico pubblico, 1° metà XV sec.)	Fig. 92 - Solaio gotico con successiva tinteggiatura chiara e tracce di controsoffitto di canne intonacate rimosso (palazzo Contarini Polignac, 2° metà XIV sec.)
Fig. 93 - Cantinella di fine XIII con ridecorazione di XIV sec. (palazzo Lezze, 1° metà XIV e 1° metà XV sec.)	Fig. 94 - Cantinella di fine XIV sec. con rivestimento in carta di XVI sec. (palazzo Grimani, XIV sec. e XVI sec.)	Fig. 95 - Solaio gotico con sostituzione tavole e applicazione di listelli piccoli solo decorativi con stesura di tinta omogenea (palazzo Falier, XV sec. e XX sec.)	Fig. 96 - Solaio gotico con cantinelle con tracce decorazione successiva su tinta marrone, con tracce dei chiodi del controsoffitto rimosso (palazzo Albrizzi, XV sec., e secc. XVI, XVII e XX)

Bibliografia

[1] Studi generali: Giordano L., a cura di, *Soffitti lignei*, atti del Convegno internazionale di studi, Pisa, 2005; Boato A., Arena G., Ceccaroni E., Colotto G., Davite L., Ferrari F., Nani G., Patrizi S., Pirisino M.S., Puglisi L., *Soffitti lignei dipinti: una prima ricognizione su scala nazionale*, in Driussi G., Biscontin G, a cura di, *Intervenire sulle superfici dell'architettura tra bilanci e prospettive*, atti convegno (Bressanone 3-6 luglio 2018), Marghera Venezia, 2018, pp. 487-496. In ambito friulano: Fiaccadori G., Grattoni D'arcano M., a cura di, *In domo habitationis. L'arredo in Friuli nel tardo medioevo*, Venezia, Marsilio, 1996; Fratta F., "Soffitti lignei dipinti in Friuli tra basso Medioevo e primo Rinascimento", in M. D'Arcano Grattoni, a cura di, *Tabulae pictae. Pettenelle e cantinelle a Cividale fra Medioevo e Rinascimento*, Cinisello Balsamo (Milano), 2013, pp. 95-107; Ganzer G., a cura di, *Le favolose historie di palazzo Ricchieri. Testimonianze tardogotiche nei soffitti lignei di Pordenone*, Quinto di Treviso, 2008; Grattoni D'arcano M., a cura di, *Pettenelle e cantinelle a Cividale fra Medioevo e Rinascimento. Tabulae Pictae*, Cinisello Balsamo (Milano), 2013. In ambito ligure: Boato A., *Costruire "alla moderna". Materiali e tecniche a Genova tra XV e XVI secolo*, Firenze, 2005 (alle pp 70-72, 118-120); Boato A., Arena G., Rocca M., Vassallo S., *Superfici dipinte di travetti e tavole da solaio provenienti da palazzo Grillo (Genova): un'esperienza didattica tra indagini conoscitive e prove di intervento*, in Driussi G., Biscontin G, a cura di, *Intervenire sulle superfici dell'architettura tra bilanci e prospettive*, atti convegno (Bressanone 3-6 luglio 2018), Arcadia Ricerche, Marghera Venezia, 2018, pp.479-486. In ambito lombardo: Bonfadini P., *Colori di legno. Soffitti con tavolette dipinte a Brescia e nel territorio (secoli XV-XVI)*., Brescia, 2005; Cesarani Ermentini L., *Tavolette rinascimentali. Un fenomeno di costume a Crema*, Crema, Bolis, 1999; Begni Redona P.V., Marubbi M., "Appunti sulla fortuna delle tavolette da soffitto in Lombardia", in M. D'Arcano Grattoni, a cura di, *Tabulae pictae. Pettenelle e cantinelle a Cividale fra Medioevo e Rinascimento*, Cinisello Balsamo (MI), Silvana Editiriale, 2013, pp. 108-121. In area romana: Giovanetti F. a cura di, Manuale del recupero del Comune di Roma, Roma, 1989.

[2] Studi sulla tradizione dei solai ad impalcato in area veneta: Botter M., "*I soffitti lignei e la loro decorazione*", in *Treviso. Rassegna del Comune*, 1937, pp. 65-71; Doglioni F., *La costruzione del progetto di restauro: lezioni del corso di restauro architettonico "B", a.a. 1991-92. I Parte: Caratteri costruttivi in area veneta*, Istituto universitario di architettura di Venezia, Dipartimento di scienza e tecnica del restauro Trieste, Lint, 1992 (alle pp. 32-40); Piana M., "*La carpenteria lignea veneziana nei secoli XIV e XV*", in Valcanover F., Wolters W. (a cura di), *L'architettura gotica veneziana*, Atti del Convegno internazionale di studio (Venezia, 27-29 novembre 1996), Venezia, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, 2000, pp. 73-81; Velluti F., "*L'arredo domestico fisso dal Gotico al Rinascimento nel territorio cenedese, trevigiano e nel basso bellunese*", in *Interno Veneto: arredamento domestico fra Trevigiano e Bellunese dal Gotico al Rinascimento*, catalogo della mostra (Vittorio veneto, Museo del Cenedese, 28 giugno-28 settembre 2002), 2002, pp. 16-62; Becker F., *Costruire Venezia. Cinquecento anni di tecnica edilizia in laguna. Le case a schiera*, Roma, Argos, 2002; Wolters W., *Architettura e ornamento. La decorazione nel Rinascimento veneziano*, Sommacampagna (VR), Cierre, 2007 (alle pp. 251-284, pp. 254-256); Menichelli C., Scappin L. "*I solai in legno*", in Doglioni F., Mirabella Roberti G., a cura di, *Venezia: forme della costruzione, forme del dissesto*, Venezia, Cluva, 2011, pp. 111-130; Scappin L., "*Il solaio ligneo nel 'congegno' dell'edificio storico veneziano: elementi, connessioni e dimensionamenti*", in M. Marzo, G. Rakowitz, a cura di, *Nella ricerca. Città/Venezia*, Università IUAV di Venezia - DCP, Venezia, 2015, pp. 81-105.

Luce attraverso il colore: il comportamento di alcuni pigmenti storici nei dipinti su tela in luce trasmessa nel visibile e in infrarosso (TL and IRT)

HERRERO-CORTELL, Miquel Àngel[1]; RAÏCH, Marta[1]; ARTONI, Paola[2]; PEDRET, Anna Victòria[1]; PIÑOL, Ariadna[3]

[1]Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM). Universitat de Lleida (Spagna)

[2]Laboratorio di analisi non invasive per l'arte antica, moderna e contemporánea (LANIAC). Università degli Studi di Verona (Italia)

[3]Collaboratore di Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM). Universitat de Lleida (Spagna)

1. Introduzione

Nello studio diagnostico di opere pittoriche è molto comune l'utilizzo di fotografie tecniche di base (TP) per osservare la superficie pittorica e le possibili alterazioni che interessano le opere d'arte [1]. Quando si tratta di dipinti su tela, in aggiunta alla fotografia visibile (VIS), vengono generalmente impiegate le riprese a luce radente (RL) e a luce trasmessa (TL) [2]. Queste ultime tecniche sono utilizzate soprattutto dai restauratori in quanto consentono loro di valutare lo stato conservativo dei dipinti poiché, come è noto, le vernici alterate, le crettature, i sollevamenti, le fessurazioni e altri tipi di alterazione del supporto e della pellicola pittorica sono facilmente riconoscibili con questo tipo di prove di *imaging* [3-5].

L'Infrarosso trasmesso (IRT) comunemente usato è una tecnica fotografica agli infrarossi, che giunge sino ai 1100 nm e viene eseguita con le caratteristiche condizioni di retroilluminazione TL [6-8]. Per alcuni anni è stata considerata una tecnica poco adatta per lo studio dei dipinti, (per l'effetto del riscaldamento), però la fotografia digitale ha fatto che sia nuovamente considerata [4]. Oltre a fornire informazioni riferibili allo stato di conservazione, le immagini TL e IRT possono infatti rivelare alcuni indizi sul processo di esecuzione pittorica [4-5], [9]. Ovvero consentono l'osservazione delle pennellate, del loro spessore, della loro capacità di bloccare la luce, e permettono inoltre di evidenziare gli elementi nascosti, i pentimenti e le altre eventuali modifiche apportate al dipinto. Inoltre, quando i due tipi di tecniche a luce trasmessa vengono eseguite insieme e i risultati possono essere confrontati, si possono apprezzare delle importanti differenze nel comportamento dei pigmenti, in quanto si tratta di immagini ottenute in due o più regioni dello spettro.

2. Metodologia

Questo articolo propone un approccio sperimentale in merito all'osservazione attraverso TL e IRT del comportamento di 63 pigmenti e lacche storiche, alcuni dei quali prodotti da KREMER®[1] e da SENNELIER®[2] e altri fabbricati dagli stessi autori seguendo le indicazioni dei ricettari storici.

I pigmenti e le lacche sono stati stesi, utilizzando come legante l'olio di lino rettificato, su una tela preparata con uno strato di gesso (colla coniglio con carbonato e solfato di calcio). L'area sulla quale è stato steso ciascun pigmento è stata divisa in quattro strisce, corrispondenti al numero di stesure, partendo da uno strato sino a giungere a quattro livelli, producendo così un crescendo di velature. (Fig. 1).

Inoltre, al fine di valutare il comportamento del disegno soggiacente tramite la tecnica della luce trasmessa, oltre alla sua interazione con i pigmenti, sono state tracciate delle linee utilizzando diversi medium. In questo modo è stato così possibile misurare anche le proprietà di trasparenza e opacità dei pigmenti. La linea 1 corrisponde al carboncino; la linea 2 alla matita nera Conté; la linea 3 alla grafite; la linea 4 alla sanguigna; la linea 5 all'inchiostro metallogallico; la linea 6 allo stesso inchiostro metallogallico in soluzione acquosa al 50% e infine la linea 7 all'inchiostro color seppia (Fig. 2).

---

[1] https://www.kremer-pigmente.com/de

[2] http://www.sennelier.es/es/Pigments-produits-mise-oeuvre_90.html

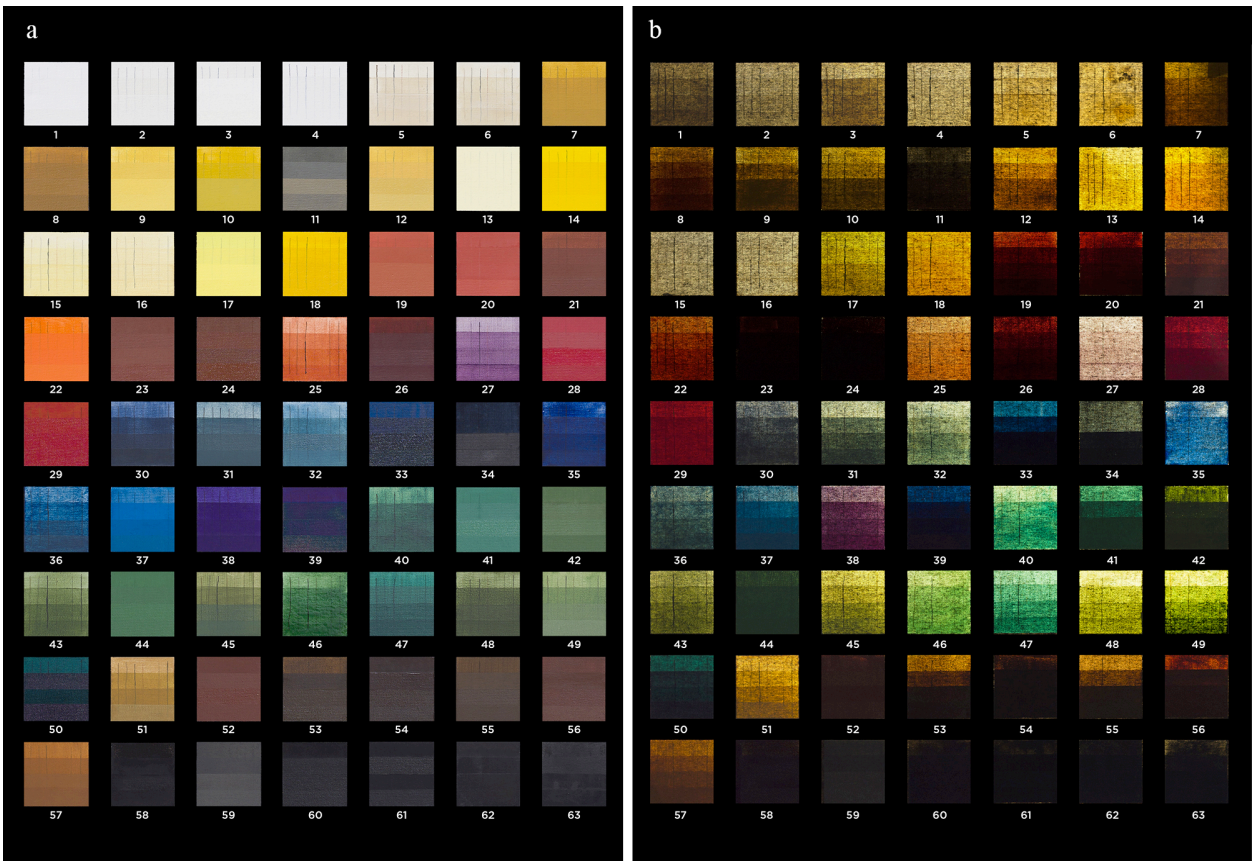


Fig. 1 – Quadro sperimentale dei pigmenti applicati su una tela preparata con gesso e colla (a) Immagine visibile (VIS) dei 63 pigmenti (b) Immagine a luce trasmessa (TL) dei 63 pigmenti

Per realizzare le fotografie TL, IR e IRT è stata utilizzata una camera Nikon® D7200 DSLR (24 MP, sensore CMOS) digitale *full spectrum* (sensibilità tra i 360 e i 1100 nm) con un obiettivo Nikon Nikkor di 50 mm 1:1 e due filtri: X-Nite CC1 (VIS e TL) e Heliopan RG 1000 fino a 900 nm (IR e IRT). Come sorgente è stata collocata sul retro della tela una lampada alogena diffusa di 1250 W, in posizione perpendicolare rispetto al supporto del dipinto e mantenuta a una distanza di 200 cm (Fig. 3).

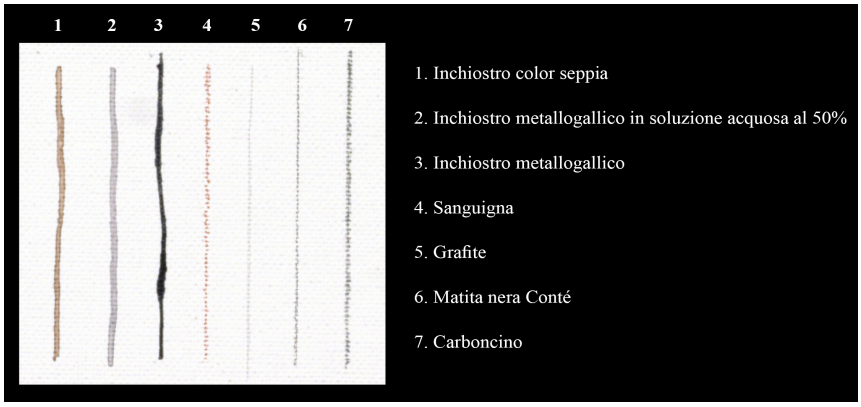


Fig. 2 - Modello delle linee tracciate con diversi medium

Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare il comportamento dei pigmenti nei due *range* dello spettro, confrontando le fotografie visibile e infrarossa con le rispettive immagini realizzate con luce trasmessa. L'obiettivo finale è quello di comprendere aspetti quali la trasparenza e l'opacità nonché la capacità di bloccare la luce, ovvero di ragionare intorno a fattori che consentiranno una maggiore sistematizzazione di questo tipo di *imaging*.

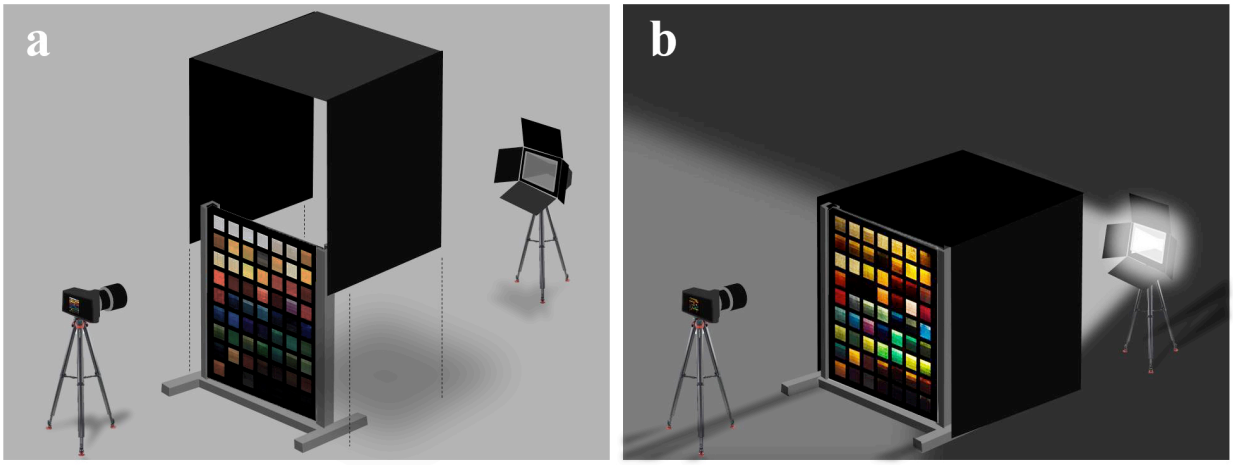


Fig. 3 – Schema della disposizione del dipinto, della camera, e della sorgente.

3. Risultati e discussione

Una volta eseguite le diverse fotografie TL e IRT (Fig. 1b) (Fig. 4b) si è quindi proceduto nella comparazione dei risultati considerati sia nel VIS (Fig. 1a) e sia nell'IR (Fig. 4a). Infine, è stata elaborata una tavola con tutti i risultati (Fig. 5) nella quale si considera il comportamento del pigmento nei confronti della luce, e si valuta se è opaco, semitrasparente o trasparente. Allo stesso modo, si ragiona intorno a come la sovrapposizione dei vari strati di questo pigmento genera un effetto cromatico. Ci si riferisce, con tale effetto, alla capacità di bloccare più o meno la luce in funzione dello spessore degli strati, ovvero se l'applicazione è molto sottile il colore può essere molto luminoso, mentre nelle zone nelle quali c'è una sovrapposizione di strati il colore aumenta la sua intensità in proporzione. Va detto che, alcuni pigmenti, come per esempio l'orpimento, mostrano delle proprietà cromatiche sia nel *range* visibile sia in quello infrarosso, tanto con la luce riflessa quanto con la luce trasmessa.

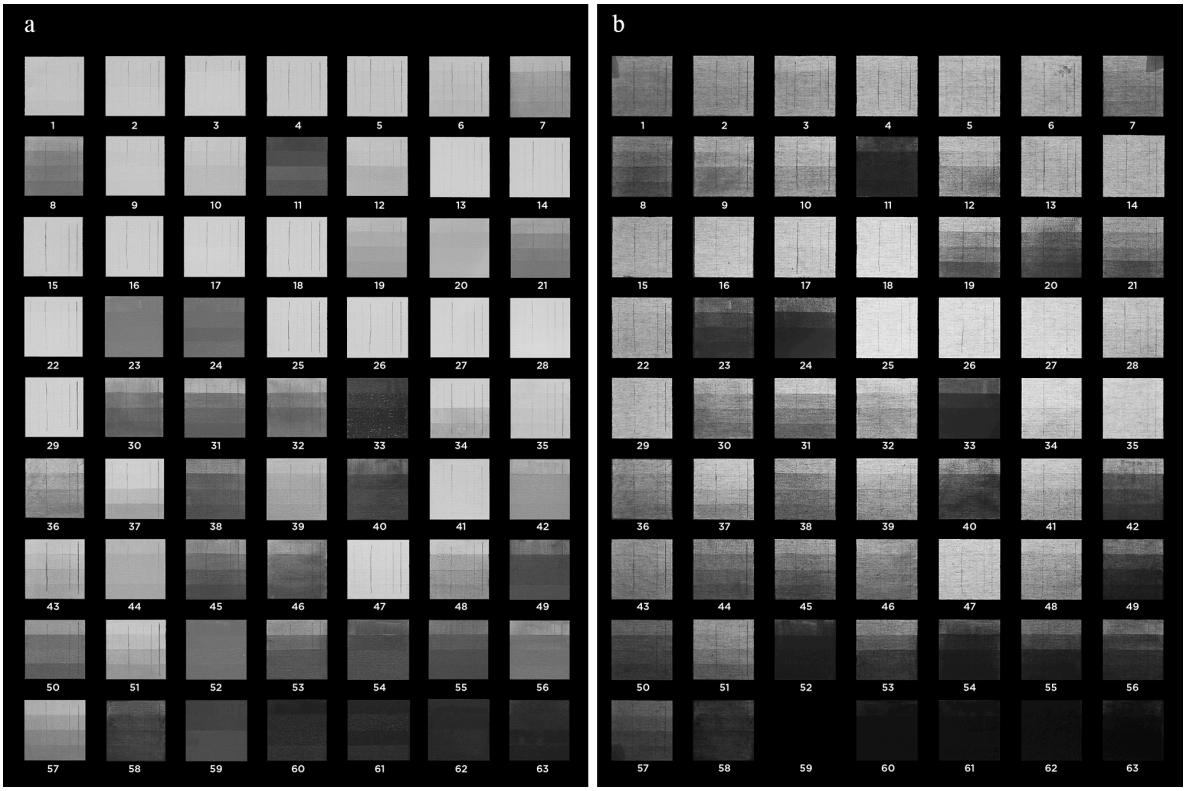


Fig. 4 - Quadro sperimentale dei pigmenti applicati su una tela preparata con gesso e colla (a) Immagine infrarossa (IR) dei 63 pigmenti (b) Immagine infrarossa a luce trasmessa (IRT) dei 63 pigmenti.

			VIS				TL				IR				IRT			
Nº	PIGMENT	REF	O	S.T	T	C	O	S.T	T	C	O	S.T	T	C	O	S.T	T	C
1	Titanium White Rutile	*K 46200*	■						■	■		■					■	
2	Cremnitz White	*K 46000*			■				■			■					■	
3	Lithopone	*K 46100*	■						■				■				■	
4	Zinc White	*K 46300*			■				■				■				■	
5	Creta de Champagne	*K 58000*			■				■	■			■				■	
6	Chalk from Bologna	*K 58100*			■				■				■				■	
7	Italian Gold Ochre Light	*K 40220*		■		■			■	■			■	■			■	■
8	Raw Sienna, Italian	*K 40400*		■		■			■	■			■	■			■	■
9	Orpiment, genuine	*K 10700*	■			■			■	■		■		■			■	■
10	Realgar, genuine	*K 10800*	■			■			■	■		■		■			■	■
11	Massicot, Litharge	*K 43010*																
12	Naples Yellow from Paris	*K 10130*		■		■			■	■		■		■			■	■
13	Lead Tin Yellow Light	*K 10100*		■					■				■				■	
14	Chrome Yellow Light	*S 549*		■		■			■				■				■	
15	Reseda	*(S/N)*			■	■			■				■				■	
16	Saffron	*(S/N)*			■	■			■				■				■	
17	Cadmium Yellow No. 1, lemon	*K 21010*		■					■	■			■				■	
18	Cobalt Yellow	*K 43500*			■	■			■				■				■	
19	Natural Cinnabar Monte Amiata	*K 10610*	■					■		■		■		■			■	■
20	Vermilion	*K 42000*	■					■		■	■			■			■	■
21	Burgundy Red Ochre, fine	*K 11574*	■					■		■		■		■			■	■
22	Red Lead, Minium	*K 42500*		■					■	■			■				■	
23	Almagra Red	*K 40545*	■				■				■					■		■
24	Iron Oxide Red, natural	*K 48600*	■				■				■			■		■		■
25	Madder Lake	*K 372045*			■	■			■				■				■	
26	Lac Dye	*K 36020*	■					■		■			■				■	
27	Kermes	*K 36045*			■	■			■				■				■	
28	Cadmium Red No. 1, light	*K 21120*	■						■	■			■				■	
29	Alizarine Crimson Light	*K 23600*		■					■				■				■	
30	Lapis Lazuli, medium quality	*K 10510*		■		■			■	■		■		■			■	■
31	Azurite natural standard	*K 10200*		■		■			■	■		■		■			■	■
32	Blue Bice	*K 10184*			■	■			■	■		■		■			■	■
33	Prussian Blue LUX	*K 45202*		■		■		■		■	■			■	■			
34	Indigo	*K 36007*		■				■		■			■	■			■	■
35	Smalt, standard	*K 10000*			■				■				■				■	
36	Egyptian Blue	*K 10060*			■	■			■	■			■	■			■	
37	Cobalt Cerulean Blue	*K 45730*	■						■	■			■	■			■	■
38	Cobalt Violet, dark	*K 45800*		■		■			■	■		■		■			■	■
39	Phthalo Blue	*K 23050*	■				■					■		■			■	
40	Verdigris, synthetic	*K 44450*			■	■			■	■	■			■		■		■
41	Cadmium Green, dark	*K 44510*	■					■		■		■					■	■
42	Chrome Oxide Green	*K 44200*	■				■				■					■		■
43	Green Earth from France	*K 40830*			■	■			■				■	■			■	
44	Cobalt Green	*K 44100*	■				■					■		■			■	■
45	Chrysocolla	*K 10350*			■	■			■				■	■			■	■
46	Copper Resinate	*K 12200*			■				■				■				■	
47	Viridian Green	*K 44250*			■	■			■	■			■				■	
48	Verona Green Earth	*K 41700*			■	■			■	■			■	■			■	
49	Malaquita Árabe, estándar	*K 103700*		■		■			■	■	■			■		■		■
50	Phthalo Green Dark	*K 23000a*		■					■	■			■	■			■	■
51	French Ochre, very light	*K 40012*			■	■			■	■		■		■			■	■
52	Brown Ochre, from Andalusia	*K 11276*	■				■				■				■			
53	Raw Umber	*K 40610*	■					■		■		■		■			■	■
54	Burnt Umber, brownish	*K 40710*	■				■				■					■		■
55	Burnt Umber Light, reddish-brown	*K 40730*	■					■		■		■		■		■		■
56	Dark Burnt Sienna	*K 40430*	■				■					■		■		■		■
57	French Ochre HAVANE	*K 40080*		■		■		■		■			■	■			■	■
58	Kassel Black /Van Dyck	*K 41000*	■				■					■		■		■		■
59	Manganese Gray	*K 47510*	■				■				■			■	■			
60	Ivaory Black, genuine	*K 12000*	■				■				■			■	■			
61	Bone Black	*K 47100*	■				■				■			■	■			
62	Furnace Black	*K 47250*	■				■				■			■	■			
63	Charcoal	*(S/N)*	■				■				■			■	■			

Fig. 5 - Tavola comparativa dei risultati ottenuti. Opaco (O), Semitrasparente (S.T) o Trasparente (T), cromatico (C).

Come premessa, va sottolineato che il comportamento delle linee del disegno soggiacente è molto differente tra TL e IRT e, sorprendentemente, con delle differenze anche tra IR e IRT. Il *medium* carbonioso si percepisce perfettamente nelle due tecniche, come pure l'inchiostro ferrogallico. Al contrario la sanguigna, la tinta seppia e la tinta metallogallica disciolta possono arrivare ad essere molto più difficili da percepire in IRT rispetto all'IR standard.

Bianchi

In generale il comportamento dei bianchi in TL e in IRT in merito alla capacità di lasciare passare la luce è ragionevolmente buono, in effetti la loro capacità di bloccare la luce è molto bassa. Va specificato che il titanio (1), il litopone (3) e il bianco di piombo (2) sono dei pigmenti che, quando sono stesi in strati spessi, sono in grado di bloccare leggermente la luce. Infatti, il litopone, che si dimostra altamente coprente sia nel visibile e sia nell'IR, permette di vedere tutte le linee soggiacenti in TL e in IRT. Lo zinco si dimostra molto trasparente al passaggio della luce in tutte le prove. (Fig. 1 e 4).

Gialli

A differenza dei bianchi, il comportamento dei gialli è più eterogeneo. Gli ocra (7, 8) tendono a bloccare leggermente la luce se la stesura è molto sottile, così possono essere percepiti in IRT come una scala di grigi medi, come accade anche in IR. D'altra parte, orpimento (9), realgar (10) e giallo di Napoli (12) variano molto nella loro opacità in funzione della loro applicazione: mentre con gli strati sottili il passaggio della luce può risultare totale, gli strati più compatti tendono a bloccare mediamente la luce.[3] Il giallo di piombo-stagno (13) e il giallo di cromo (14) si comportano in modo uniforme indifferentemente dallo spessore dell'applicazione, permettendo un passaggio di luce alto. Tuttavia, più traslucidi sono il cadmio (17) e il cobalto (18), la cui capacità di blocco della luce è tanto bassa quanto quella dello zafferano (16) o l'arzica (15), lacche conosciute proprio per la loro trasparenza. Neppure il maggiore potere coprente del giallo cadmio prevede alcun tipo di blocco luminoso in IRT, perché tanto le lacche quanto questi due gialli si percepiscono come bianco o grigio molto chiaro (Fig. 1 e 4).

Rossi

Il cinabro e il vermiglione (19, 20) sono noti per il loro alto potere coprente, così nel VIS presentano poche differenze di aspetto, indipendentemente dallo spessore della loro applicazione. Invece in IR lo spessore è un fattore chiave per visualizzare un ipotetico disegno soggiacente, permettendo di vedere le tracce sottostante solamente se lo strato pittorico è sottile. Come nell'IR, nell'IRT si dimostra come la scala di grigi medi si possono osservare scuri nelle applicazioni spesse. Questi presentano un maggior potere coprente di quello che abitualmente si attribuisce loro (considerazione che siamo stati in grado di corroborare anche in altre sperimentazioni). Il rosso di piombo o minio (22) è molto più trasparente in IR, manifestando poche variazioni anche se l'applicazione è più o meno sottile. In IRT si comporta come un grigio chiaro uniforme, che consente di vedere qualsiasi traccia sottostante, inclusa la tinta seppia, che, spesso, è invisibile in molti pigmenti. La lacca rossa, da parte sua (25, 26, 27 e 29), manifesta una prevedibile trasparenza, tanto nel visibile quanto nell'IR, così nell'IRT il blocco della luce è molto basso. Similmente ciò accade anche per il rosso di cadmio (28). Anche se questo è un pigmento altamente coprente nel visibile, la sua risposta nell'IR è molto più traslucida, riuscendo a velare parzialmente le linee solamente nelle applicazioni più spesse. D'altra parte, in IRT si comporta come le lacche, che non sono influenzate dal numero di strati o dallo spessore degli stessi, mostrando un'elevata trasparenza. I rossi ferrici (ocra rossa ed ematite, 23 e 24), come il resto delle terre, presentano un'alta opacità in IR, che non permette la visualizzazione dei tratti soggiacenti, dettaglio che è molto più accentuato

[3] Inizialmente si è considerato di includere anche il massicot (11) (litargirio), però il colore è andato in contro a cambiamenti cromatici. Il litargirio non è stato usato come pigmento bensì come siccativo.

nell'IRT, dove possono risultare dei grigi molto scuri. Addirittura, l'ematite può bloccare completamente la luce (Fig. 1 e 4).

Azzurri e violetti

Il lapislazzuli, l'azzurrite, e il blu Bice (30, 31, 32) presentano dei comportamenti similari tra di loro, nell'IR e nell'IRT. Tutti sono sensibili allo spessore dell'applicazione, diventando grigi medi o scuri se la stesura è molto spessa. In generale solamente la linea del carboncino e la tinta metallica possono essere parzialmente percepibili in IR, quindi per la sua migliore visualizzazione si richiede un dispositivo IRR con una maggiore profondità nel *range* infrarosso. Da parte sua, l'azzurro di Prussia (33) ha un modello di comportamento molto specifico. Anche se nel VIS può risultare parzialmente trasparente, favorendo una identificazione delle linee soggiacenti se l'applicazione non è molto spessa, tanto nell'IR quanto nell'IRT si comporta come un pigmento altamente opaco che non permette l'identificazione del disegno. In effetti, in IRT, se l'applicazione è spessa, forma un'impenetrabile macchia scura. Come succede con l'azzurrite, solamente l'immagine IRR è in grado di ridurre l'opacità. L'indaco (34) e lo smaltino (35), nonostante la loro intensità cromatica, sono chiaramente trasparenti nella banda IR. Tuttavia, il comportamento non è identico tra di loro. L'indaco è il più trasparente tra i due, e dunque in IR può essere sensibile allo spessore della stesura e in IRT la luce lo attraversa in modo omogeneo. Lo smalto, la cui risposta solitamente è anche più chiara nella scala dei grigi dell'IR e del IRT, è, invece, leggermente più opacizzante, quindi non consente la lettura di tutte le linee, interferendo specialmente con la tinta ferrogallica, un medium che in generale è perfettamente visibile in quasi tutti gli altri esempi (Fig. 1 e 4) .

Anche l'azzurro di ftalocianina (39) presenta una risposta simile a quella dell'indaco, anche se leggermente meno trasparente. Il blu egizio (36), da parte sua, risponde a modelli simili a quelli del blu Bice, anche se è più omogeneo nella sua percezione nell'IR, indipendentemente dallo spessore degli strati. Infine, l'azzurro ceruleo e il violetto di cobalto (37, 38), nonostante siano due pigmenti a base di cobalto, presentano reazioni molto diverse, quindi entrambi manifestano le differenze di spessore di strati tanto nel VIS quanto in IR. In generale la risposta dell'azzurro ceruleo in IR è sempre in forma di grigio chiaro di elevata trasparenza, che permette l'identificazione delle linee carboniose e la tinta metallogallica. Invece, il violetto di cobalto è più scuro tanto nell'IR quanto nell'IRT e non permette una lettura dei tratti tanto efficace come quella del ceruleo. Infatti, nell'IRT la percezione delle linee diviene molto complessa (Fig. 1 e 4).

Verdi

La diversa natura dei verdi crea dei modelli di comportamento variegati. A volte, alcuni verdi a base di uno stesso elemento possono reagire in maniera molto differente. Un buon esempio lo si osserva nel verde di ossido di cromo (42) e nel verde di cromo ossido diidrato (47). Il verde di ossido di cromo è uno dei pigmenti con maggiore potere coprente nel visibile, tanto nel VIS quanto nel TL (dove si comporta come un pigmento che blocca la luce). Addirittura, nell'IR si manifesta come un pigmento potenzialmente opaco, che permette solamente di intuire alcuni dei tratti sottostanti se l'applicazione è molto fine. Nell'IR, infatti, la differenza di spessore tra i diversi strati non è percepibile, quindi restituisce come risposta un grigio medio. D'altra parte, il pigmento, nella lettura dell'immagine IRT, anche se forma una scala di grigi ben differenziata, è anche traslucido, per cui permette di leggere le linee soggiacenti. Essendo della stessa famiglia, il verde Viridiana (47) è un pigmento trasparente nel visibile e nel TL, che permette di vedere la totalità dei tratti soggiacenti. Allo stesso modo nella banda IR si comporta come un pigmento trasparente, indipendentemente dallo spessore della sua applicazione. In effetti, il modello del verde Viridiana è molto simile a quello del verde cadmio (41) nell'IR e nell'IRT, dove si mostra come un pigmento trasparente e che non presenta differenze in riferimento allo spessore della sua applicazione. Tuttavia, nel range del visibile è un pigmento la cui trasparenza è in funzione dello spessore dell'applicazione, in grado di formare delle scale cromatiche per sovrapposizione di strati. I verdi rameici – verderame, crisocolla, resinato e malachite (40, 45, 46 y 49) –, da parte loro, formano una gamma ben differenziata nel

visibile, essendo pigmenti con un marcato carattere trasparente. Infatti, anche in TL si comportano come colori che permettono alla luce di passare evidenziando tutti i tratti soggiacenti, anche se hanno un carattere cromatico. La risposta dei verdi rameici in IR è sempre scura, restituisce dei grigi medi che possono essere più o meno scuri in funzione dello spessore dell'applicazione o del numero di strati. In IRT questi colori sono sempre semitrasparenti però, considerando il loro colore scuro, la lettura delle linee soggiacenti diventa praticamente impossibile. La terra verde e il verde di Verona (43 y 48), mostrano invece un comportamento inverso in VIS e TL. Mentre la terra verde (43) è molto trasparente nel VIS, la sua capacità di blocco della luce in TL è molto più elevata del verde di Verona (48), nel VIS è anche meno trasparente e più scura. Nell'IR si manifestano come colori trasparenti, di un grigio chiaro-medio cromatico e, tuttavia, in IRT, la capacità di rispondere in modo diverso in funzione dello spessore della stratificazione diminuisce. Questi pigmenti hanno tendenza a presentare un aspetto grigio medio uniforme (Fig. 1 e 4) .

Il verde cobalto (44) è un pigmento con un grande potere coprente e un comportamento similare al cadmio (41) in tutte le bande dello spettro. La sua capacità di bloccare la luce in TL è molto elevata, mentre in IRT è media e manifesta una capacità cromatica meno percepibile in IR. Infine il verde di ftalocianina (50) è un colore molto intenso con un comportamento traslucido o, addirittura, trasparente, che, tuttavia, a causa della sua intensità di grigio, di solito non è utile per la percezione dei tratti soggiacenti. Tanto in IR come in IRT è un grigio medio, trasparente e cromatico (Fig. 1 y 4).

Terre

Le terre sono pigmenti conosciuti per la loro eterogeneità: ci sono centinaia di sfumature; ve ne sono di trasparenti come di totalmente opache. Però, in linea generale, condividono molte delle loro caratteristiche. Le ocre francesi (51 e 57) (qui incluse tra i marroni), sono dei pigmenti semitrasparenti e cromatici in tutte le tecniche, che in IR presentano una delle tonalità più chiare in confronto con il resto delle terre, anche se simili alle risposte delle altre ocre. Il resto dei marroni, in generale, risponde dando dei grigi scuri in IR e in IRT. Le ombre, terra d'ombra (53) e bruciata (55), sono pigmenti semitrasparenti di marcato carattere cromatico. Bloccano la luce in TL e IRT, a meno che si tratti di una applicazione molto sottile. La terra di Siviglia (52), l'ombra bruciata di Cipro (54), la terra di Siena (55), e la terra di Siena bruciata scura (56) sono pigmenti molto opachi e poco cromatici con una grande capacità di bloccare la luce (Fig. 1 e 4).

Neri

In generale, il comportamento dei neri (59-63) si caratterizza per la loro alta opacità nel *range* VIS, TL, IR e IRT, e la loro capacità di bloccare la luce è molto alta, essendo il Kassel Black /Van Dyck (58), l'unico che dà una maggiore risposta. In VIS e TL il suo comportamento è opaco, invece, in IR e IRT è trasparente e cromatico (Fig. 1 e 4).

4. Conclusioni

Nel corso di questo saggio si è evidenziato che i pigmenti rispondono in modo differente difronte al passaggio della luce nel *range* visibile e infrarosso. Anche se per alcuni si osserva un comportamento costante altri presentano disparità tra di loro. D'altra parte, in alcuni casi, si osservano delle analogie condivise in ciascuna delle famiglie: per esempio, i bianchi e i gialli tendono a presentare dei comportamenti omogenei, mentre le terre e i verdi sono più eterogenei, come si evidenzia nella tabella (Fig. 5).

I dati ottenuti possono contribuire a una maggiore leggibilità dei risultati delle immagini con TL e IRT. Questo articolo intende quindi essere un contributo alla lettura e alla comprensione delle analisi tecniche eseguite con luce trasmessa su dipinti con supporti traslucidi. La selezione dei pigmenti copre i principali esemplari storici dall'antichità sino al XX secolo, per questo

auspichiamo che questa sperimentazione possa essere di aiuto a conservatori, restauratori, diagnosti e storici dell'arte. La luce che passa attraverso le pennellate può permettere, finalmente, l'identificazione preliminare dei pigmenti e lo studio del loro comportamento [10].

References

[1]. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de Investigación*, Guipúzcoa: Nerea, 2001.

[2]. RILEY, O. H.; BERGER, G. A, "New developments in the conservation of works of art", *Art Journal*
n. 1, Vol. 31, pp. 37-40, 1971.erea,

[3] CARDINALI, M.; DE RUGGIERI, B.; FALUCCI, C., *Diagnostica artistica. Tracce materiali per la storia dell'arte e per la conservazione*, Roma: Palombi Editori, 2002.

[4] CUCCI, C.; PICOLLO, M.; VERVAT, M., "Trans-illumination and trans-irradiation with digital cameras: Potentials and limits of two imaging techniques used for the diagnostic investigation of paintings", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 13, pp. 83-88, 2012.

[5] VERVAT, M.; VIGNA, A.; CUCCI, C.; PICOLLO, M., "Il restauro del pascolo a Pietramala di Telemaco Signorini: un esempio di diagnostica su dipinti moderni con impiego della ripresa fotografica in transilluminazione, Lo stato dell'Arte III: Atti di convegno IGIIC, Palermo, 2005, Firenze: Nardini, pp. 84-89, 2005.

[6] DUPONT, F. "Correspondence: transmitted infrared photography", *Studies in Conservation*, n. 22, pp. 42-44, 1977.

[7] KUSHEL, D. A., "Applications of trasmitted infrared radiation to the examination of artifacts", *Studies in Conservation*, n. 30, pp. 1-10, 1983.

[8]. COSENTINO, A. "Infrared technical photography for art examination", *e-Preservation Science*, Vol. 13, pp. 1-6, 2016.

[9]. HERRERO-CORTELL, M. A.; RAÏCH, M.; ARTONI, P., "Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya," *Ge-conservación/conservação*, Vol 14. N, 1, pp. 5-15, 2018.

[10]. COSENTINO, Antonino. "Identification of pigments by multispectral imaging a flowchart method", Heritage Science, n. 2, vol. 8, 2014

Dalla conoscenza alla modellazione illuminotecnica in un progetto di fruizione del patrimonio culturale

[1]Lia Maria Papa, [2]Laura Bellia, [1]Pierpaolo D'Agostino, [2]Gennaro Spada, [1]Giuseppe Antuono
1 DICEA, Università degli Studi di Napoli, lmpapa@unina.it,pierpaolo.dagostino@unina.it, giuseppe.antuono@unina.it
2 DII, Università degli Studi di Napoli, bellia@unina.it, spada@unina.it.

Parole chiave: Modellazione digitale, progetto illuminotecnico, fruizione, beni culturali

1. Introduzione

La presente proposta vuole descrivere uno studio che si pone come obiettivo la definizione di un processo di simulazione destinato al controllo delle condizioni di illuminamento atte a garantire un'ottimale fruibilità, anche turistica, di un manufatto archeologico caratterizzato dalla presenza di pregevoli affreschi, e la protezione dello stesso al fine di salvaguardarne il patrimonio artistico. Tale studio, in naturale prosecuzione con le tappe di avanzamento della ricerca i cui esiti sono stati documentati nelle precedenti edizioni del Convegno Colore, è condotto sulla struttura nota come villa San Marco, sita in Castellammare di Stabia (NA), che si inserisce in un sistema di ville d'*otium*, assieme a quella di Arianna, del pastore e di Anteros e Heraclo, posizionate sul pianoro di Varano, nell'area orientale del comune stabiano (Fig.1). Si tratta di una villa, risalente al periodo augusteo, che nel suo assetto definitivo di epoca imperiale ha finito con l'includere un giardino e una piscina chiusa da un portico a tre lati sormontato da un colonnato in affiancamento al nucleo originale, per creare una delle ville più grandi dell'area, con una estensione di circa 11.000 mq.

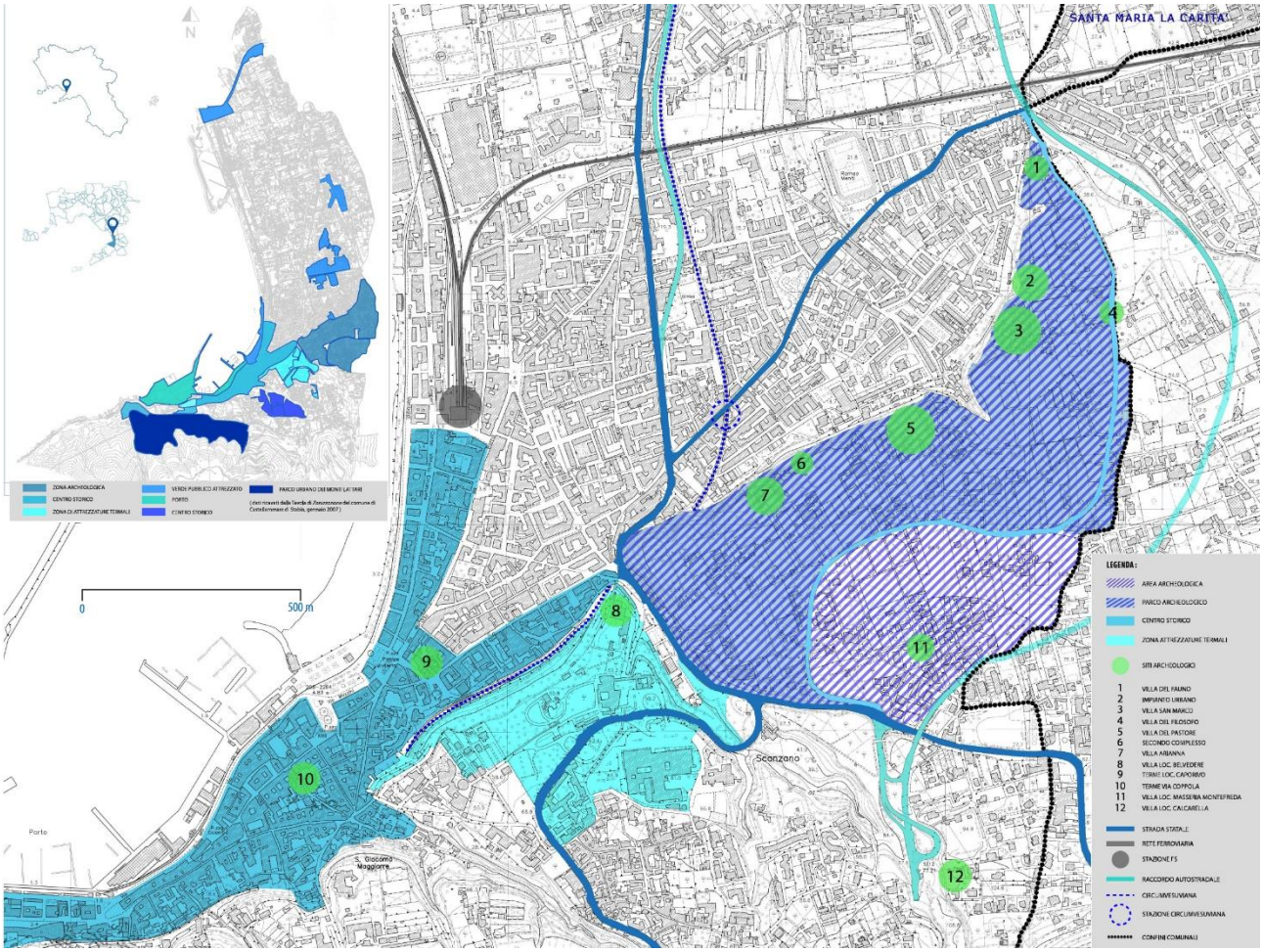


Fig. 1 - Inquadramento urbanistico del sito archeologico romano di Stabia, con la Villa San Marco

Il lavoro risulta strutturato in tre fasi: la fase di analisi conoscitiva, le ipotesi di progetto, sulla base dei dati raccolti, e la verifica di tutte le scelte progettuali, concentrando l'attenzione sull'ultima. In base ad essa, le condizioni derivanti dall'acquisizione e dalla verifica strumentale sono state input per una ponderata scelta di soluzioni rispondenti a criteri di salvaguardia, che non compromettano cioè in alcun modo l'integrità fisica del manufatto.
Partendo da una ricostruzione delle condizioni di fatto attraverso processi di modellazione solida, base peraltro dell'applicazione di appropriati modellatori algoritmici per le simulazioni di luce naturale e per la modellazione illuminotecnica, si è voluto testare un processo metodologico adeguato a massimizzare la risposta percettiva degli ambienti recuperati nella simulazione, in relazione a dati oggettivi tarati sull'evidenza sperimentale e strumentale acquisita.
La progettazione puntuale che è stata effettuata conduce quindi a controllare interamente le condizioni di illuminazione valutando le caratteristiche ambientali di tutto l'anno, sia in funzione della percezione del visitatore e sia in funzione della protezione dei dipinti murari. I due elementi di progetto - sistema schermante e sistema di illuminazione – si verifica che garantiscono anche una migliore uniformità di illuminamento che, grazie a un controllo dinamico, si adattano a ogni tipo di condizione di luce.
Si giunge quindi a dimostrare come le schermature, in uno con il controllo della luce artificiale, permettano di risolvere le problematiche di conservazione e migliore fruizione dello spazio considerato.

2. Analisi conoscitiva

Una parte di questa fase della ricerca è stata già presentata [1] ed ha compreso, oltre che un rilevamento architettonico mediante tecniche di laser scanning, delle misure fotometriche e spettroradiometriche finalizzate alla valutazione delle condizioni di illuminazione dovute alla sola presenza di luce naturale essendo, allo stato di fatto, totalmente assenti impianti di illuminazione artificiale. Sono state inoltre condotte misurazioni dei fattori spettrali di riflessione di numerosi campioni di intonaci, pavimenti, rivestimenti e decori, sia al fine di individuare le caratteristiche cromatiche delle superfici e quindi di effettuare sia una successiva elaborazione dei dati attraverso simulazioni numeriche, che per una comparazione delle diverse condizioni di illuminazione a supporto delle scelte progettuali. L'analisi delle condizioni di illuminazione ha evidenziato una estrema variabilità, sia in termini spaziali che temporali, dei livelli di luminanza (luminanza media), nonché dei relativi contrasti, rendendo spesso difficoltosa la fruizione visiva degli ambienti e delle opere in essi contenuti, ove presenti.
Fermo restando che è fondamentale individuare dei percorsi di visita per valutare il susseguirsi di diversi scenari luminosi e per determinare se il sistema visivo umano ha il tempo di adattarsi alle variazioni spaziali delle condizioni di illuminazione, ci si è concentrati sui due percorsi, sotto il peristilio, che conducono alle *dietae*, nonché sulla fruizione delle *dietae* stesse. Percorsi che, peraltro, intervengono anche ad individuare il riferimento che le prospettive architettoniche parietali restituiscono nei lori siti originari, sottolineando lo stretto legame multiscalare esistente con il contesto naturale e con l'organizzazione distributiva dell'organismo costruito. Gli apparati pittorici, dal forte intreccio fittizio di plurimi punti di vista, da un lato vengono inseriti visivamente in accordo con i principi di sintesi e di dominio lirico della scenografia vitruviana, dall'altro rendono palese la sicura competenza esecutiva che viene esaltata dall'uso sapiente di tonalità cromatiche e ombreggiature.
Nella fattispecie, il repertorio presente negli spazi e negli ornamenti che si articolano attorno alla piscina si compone principalmente di affreschi del IV Stile, piuttosto ben conservati, tanto su gran parte delle superfici perimetrali del peristilio - ove peraltro sono rappresentati scorci di paesaggi alternati ad elementi architettonici, posti ad una quota superiore al punto di vista di un osservatore - quanto nelle *dietae* di rappresentanza sul lato nord-est dell'ambulacro, che presentano interessanti architetture dipinte quale soluzione percettiva ai cantoni di ogni ambiente, producendosi dunque dilatazioni spaziali per certi versi inedite, a motivare l'interesse di un approfondimento analitico volto alla comprensione percettiva in relazione a verifiche geometriche, tanto dell'idea progettuale quanto

della proposta di riqualificazione e fruizione. Invero, tale schema risulta piuttosto ricorrente nel IV Stile e particolarmente adatto alla decorazione di superfici a prevalente estensione lineare, come quelle dei porticati, per il suo facile sviluppo paratattico. Sviluppo che diviene l'incentivo alla definizione e analisi dei suddetti scenari luminosi.
A titolo d'esempio, in Fig. 2 sono riportati gli andamenti degli illuminamenti all'occhio, rilevati in condizioni di cielo *overcast*, lungo i suddetti percorsi di visita. Come si può osservare dalla Fig. 2, percorrendo il peristilio e giungendo ai locali delle *dietae*, non solo si riscontra una elevata variabilità nei valori di illuminamento, ma addirittura in alcuni ambienti in cui l'accesso di luce naturale è scarso o pressoché nullo, le condizioni di illuminazione sono così inadeguate da non consentire in assoluto la percezione delle opere, indipendentemente dalla insufficienza dei tempi di adattamento da parte del sistema visivo umano. Di converso, il repentino passaggio da tali ambienti estremamente bui ad ambienti estremamente luminosi, quali le zone sotto il peristilio e le stanze in cui sono presenti ampie vetrate produce fastidiose sensazioni di abbagliamento.
Le misure in situ sono state effettuate durante la stagione invernale e sotto condizioni di cielo coperto e pertanto non sono utili per definire le condizioni di illuminazione al variare dell'orario, della stagione e delle condizioni meteo.
Tali condizioni hanno un forte impatto su due aspetti principali:
- la fruizione degli ambienti, in relazione alla variabilità sia spaziale che temporale della luce naturale;
- la protezione e conservazione delle opere, con particolare riferimento alle superfici in cui sono presenti dipinti murari.
Per quanto riguarda la fruizione, considerando che una tra le principali criticità evidenziate consiste nella eccessiva variazione dei livelli di illuminamento misurati all'occhio lungo il percorso, sono state effettuate delle simulazioni numeriche per stimare l'entità di queste criticità anche con diverse condizioni di cielo e periodi dell'anno. A tal fine è stato realizzato un modello 3D mediante DIVA per Rhinoceros, assegnando alle diverse superfici i fattori di riflessione misurati in campo. Sono state quindi eseguite delle simulazioni illuminotecniche statiche in diversi periodi dell'anno ed in diversi orari al variare delle condizioni di cielo. Avendo a disposizione i dati misurati, è stata testata l'accuratezza dei risultati numerici rispetto ai dati misurati. I maggiori gradienti lungo il percorso si sono riscontrati in condizioni di cielo sereno e con radiazione solare diretta.
A titolo d'esempio, in Fig. 3 sono riportati gli andamenti degli illuminamenti lungo il percorso del peristilio adiacente alla parete nord in diversi periodi dell'anno, intorno a mezzogiorno, in condizioni di cielo sereno; si può osservare come i valori massimi di illuminamento, rispetto ai valori ottenuti in condizioni di cielo coperto, siano ben più elevati, così come le variazioni che ne conseguono.

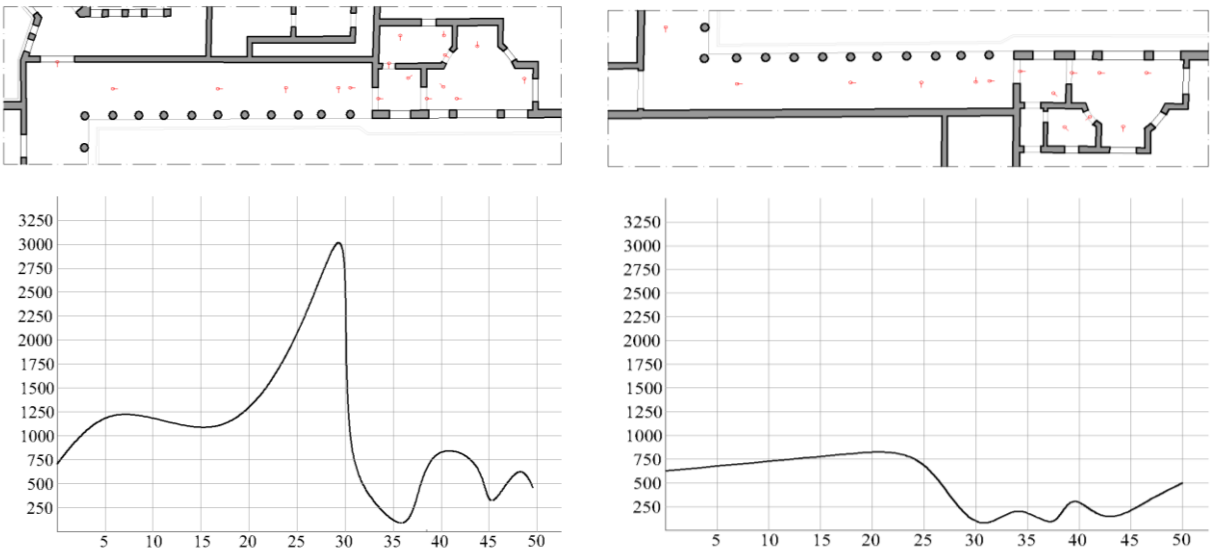


Fig. 2 - Andamenti degli illuminamenti all'occhio, rilevati in condizioni di cielo *overcast*

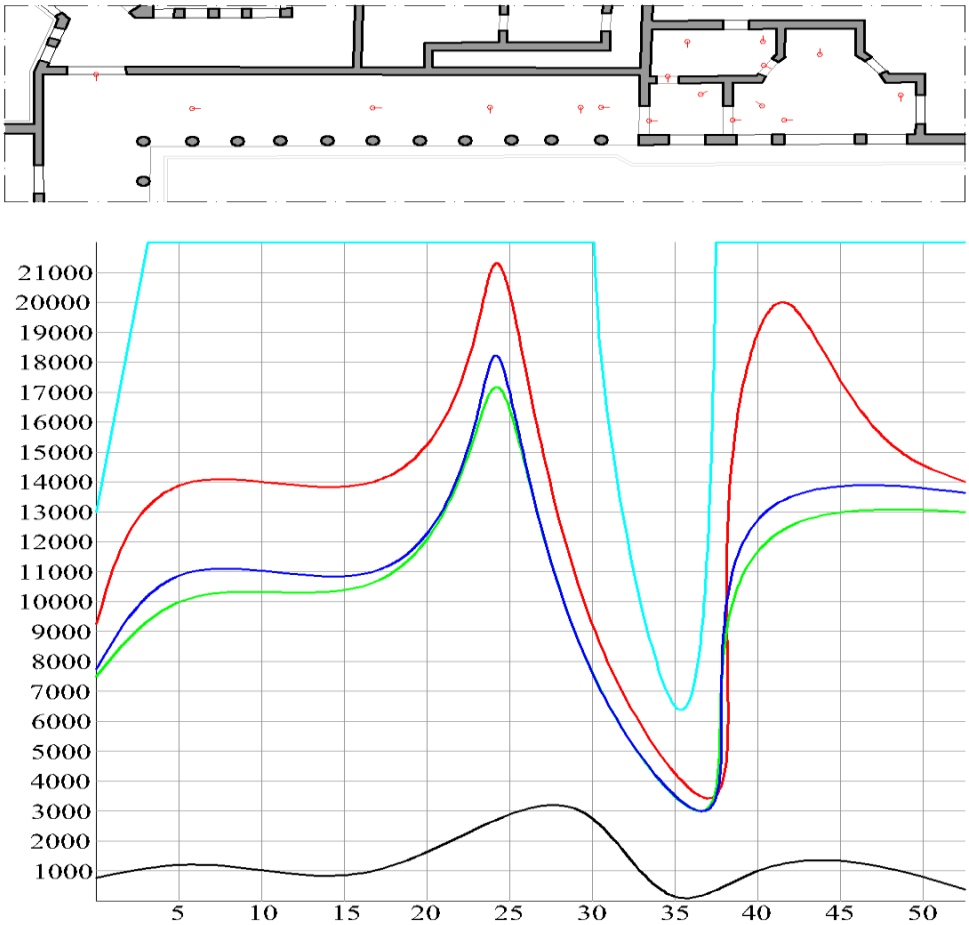
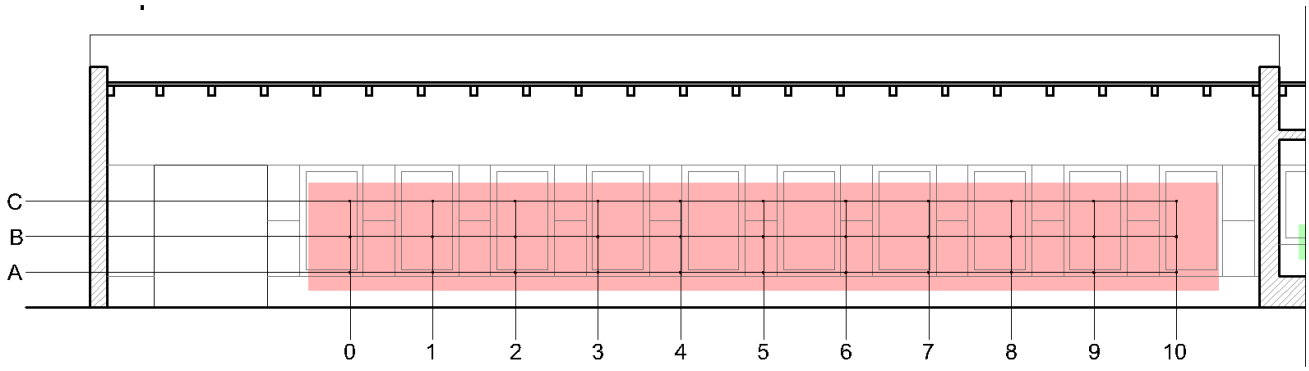


Fig. 3 - Andamenti degli illuminamenti lungo il percorso del peristilio adiacente alla parete nord in diversi periodi dell'anno

Peraltro, come già evidenziato a valle delle misurazioni di luminanza, pur permanendo in una stessa posizione, all'interno del campo di vista dell'osservatore, nelle dietae si riscontrano eccessivi contrasti che producono fenomeni di abbagliamento e difficoltà di adattamento visivo.
Di converso, nei locali adiacenti alle dietae con scarso accesso di luce naturale, i livelli di illuminamento risultano comunque insufficienti.
Per quanto riguarda la conservazione, occorre tener presente che sia le radiazioni visibili che le adiacenti ultraviolette ed infrarosse costituiscono un potenziale danno per il patrimonio artistico, con particolare riferimento ai dipinti murari presenti in tutta la villa e particolarmente lungo la parete nord del peristilio e nelle sale della dieta nord. In tal caso, piuttosto che considerare valori istantanei di illuminamento, è necessario valutare la dose di luce annua che incide sulle diverse superfici e pertanto effettuare delle simulazioni che consentono, basandosi su dati climatici disponibili, di calcolare i valori di illuminamento con passo orario su opportune griglie di calcolo collocate sulle superfici da esaminare. Non avendo a disposizione i dati climatici di Castellammare di Stabia, sono stati utilizzati quelli disponibili per Napoli.
In Fig. 4, per la parete Nord del peristilio sono riportati i valori di esposizione annua, espressi in Mlx·h/y ed i valori di illuminamento medio annuo [lx]. Tenendo conto che, ai sensi della norma EN/TS 16163 del 2014, il limite di esposizione annua per materiali di media sensibilità è fissato a 0,15 Mlx·h/y -mentre per l'illuminamento il limite è 50 lx- si può osservare come l'esposizione diretta alla luce naturale dei dipinti, a parte l'effetto di altri agenti atmosferici, determini una condizione di totale inadeguatezza ai fini della conservazione con valori estremamente più elevati di quelli limite.
Altro aspetto critico riscontrato, che riguarda la fruizione, è costituito dalla non sufficiente disponibilità di luce naturale in alcuni locali delle dietae, spesso impedendo non solo la corretta percezione cromatica, ma anche riconoscibilità degli stessi spazi.



		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	**Mlx h/y**	37	42	47	47	49	49	52	51	50	48	43
	Lx	4336	4875	5376	5376	5601	5674	5930	5786	5717	5491	4936
B	**Mlx h/y**	31	35	39	38	38	40	40	41	41	39	38
	Lx	3612	4084	4434	4357	4372	4545	4524	4719	4639	4498	4320
C	**Mlx h/y**	24	25	26	28	28	28	28	28	27	27	25
	Lx	2754	2947	3071	3252	3247	3189	3208	3198	3103	3131	2863

Fig. 4 - Valori di esposizione annua, espressi in Mlx·h/y ed i valori di illuminamento medio annuo [lx], per la parete Nord del peristilio

3. Ipotesi di progetto

In sintesi, come descritto nel precedente paragrafo, le criticità legate all'illuminazione comprendono:
- eccessivi gradienti di luminanza che producono discomfort e difficoltà di adattamento visivo;
- eccessive variazioni della luminanza media (proporzionale ai valori di illuminamento all'occhio) lungo i percorsi di visita che impediscono il necessario tempo di adattamento alle diverse condizioni di illuminazione;
- valori di illuminamento mediamente insufficienti in alcuni locali e comunque dipendenti dalla disponibilità di luce naturale;
- dose di luce annua e valori di illuminamento eccessivi sui dipinti murari nel peristilio e nelle *dietae*.

Si sono pertanto individuate due strategie di intervento:
- Installazione di sistemi schermanti mobili (tende tessili avvolgibili e controllate automaticamente mediante attuatori elettromeccanici) per l'attenuazione dei gradienti di luminanza lungo i percorsi di visita e negli ambienti con ampie finestrature e per l'abbattimento della dose di luce annua sulle opere pittoriche.
- Installazione di un sistema di illuminazione artificiale ad integrazione di quella naturale, laddove ed allorquando questa non è sufficiente, con possibilità di regolare automaticamente il flusso luminoso emesso per garantire le condizioni ottimali al variare della disponibilità di luce naturale.

Per quanto riguarda il sistema schermante, questo è stato previsto sia lungo il peristilio che all'interno delle *dietae* con ampie finestrature. Queste ultime sono provviste di vetri e pertanto in questo caso si sono considerate le caratteristiche del sistema combinato vetro-tenda. La tipologia del sistema di avvolgimento, munito di guide in acciaio, impedisce spostamenti irregolari dei teli in presenza di vento. Il fissaggio è sempre effettuato su elementi edilizi di consolidamento di nessun pregio storico-artistico, quali i cordoli in calcestruzzo.

La tenda, opaca per quanto riguarda la trasmissione luminosa, ha un fattore di trasmissione totale pari a 0,40. In Fig. 5 è riportata la collocazione delle tende nel peristilio in prospetto e sezione, mentre in Fig. 6 è rappresentato il peristilio prima e dopo l'intervento. Il progetto di illuminazione deve tener conto di esigenze e vincoli che appaiono contrapposti: da un lato abbiamo la necessità di garantire le migliori condizioni per la corretta visione delle opere, dall'altro i limiti imposti dalla fotosensibilità dei materiali e dei pigmenti.

Fig. 5 – Prospetto e sezione del peristilio con la collocazione delle tende

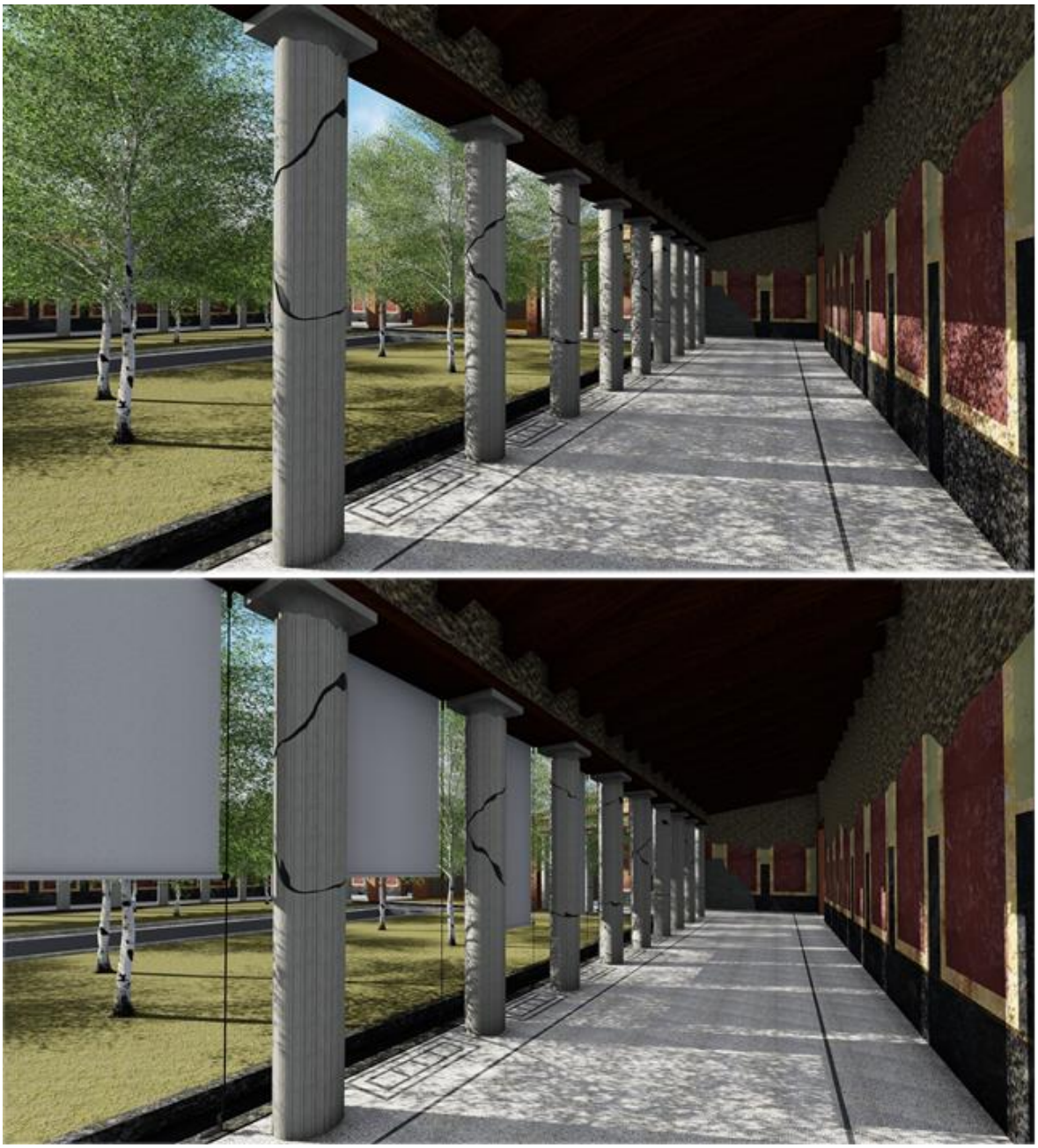


Fig. 6 – Viste del modello tridimensionale prima e dopo l'intervento

Un'illuminazione adeguata, sia a livello di luce artificiale che di luce naturale, consente una visione dettagliata delle opere senza particolari sforzi per il sistema visivo e interpretativo dei visitatori. Un controllo adeguato sui parametri fotometrici consente una corretta visione del manufatto archeologico e una valorizzazione dello stesso. Una discriminante al progetto è inoltre costituita dalla molteplicità di tipologie presenti nell'apparato delle opere pittoriche in termini di caratteristiche cromatiche, morfologiche e dimensionali. In sintesi, l'illuminazione artificiale consente di attenuare la variabilità della luce naturale e di integrarla opportunamente, a patto che i vincoli architettonici (quali la presenza di opere pittoriche o altri elementi) permettano la collocazione degli apparecchi nei punti necessari per garantire ottimali valori di illuminamento e una corretta angolazione del fascio luminoso incidente sulle opere. Il problema della collocazione degli apparecchi è solo un aspetto della più complessa questione dell'inserimento degli impianti in siti archeologici. Occorre infatti prevedere che la collocazione dei quadri elettrici ed il passaggio dei cavi si realizzi in modo da non intervenire direttamente sul manufatto archeologico e nello stesso tempo non sia di sgradevole impatto visivo. Gli stessi apparecchi hanno un impatto non solo sull'illuminazione da essi prodotta, ma anche -e talvolta in modo significativo- sulla percezione visiva dell'ambiente stesso, costituendo un elemento intrusivo in un contesto da preservare al massimo. Per questo motivo le proposte progettuali degli impianti di illuminazione in questo ambito, dovendo soddisfare richieste contrastanti, sono frutto di compromessi mirati ad ottimizzar le diverse esigenze. Per l'illuminazione della *dietae*, servita da una quantità non sufficiente di luce naturale e caratterizzata da pitture parietali su tre delle quattro pareti verticali e sul soffitto, si è prevista l'installazione di apparecchi di tipo *wall-washer* montati su tesata e dimensionati in modo che, in assenza o con scarsa presenza di luce naturale consentono il raggiungimento di sufficienti livelli di illuminamento sulle pitture ed una buona uniformità. Tali apparecchi sono "dimmerabili" e regolati automaticamente mediante sensori di illuminamento, in modo da integrare nel modo più appropriato il contributo della luce naturale e nello stesso tempo ridurre il danno ed i consumi energetici. A tal fine il sistema di controllo prevede anche dei sensori di presenza, in modo da spegnere totalmente le sorgenti in caso di assenza di visitatori. Gli apparecchi sono stati inoltre collocati in modo da consentire un percorso di visita (Fig. 7 e 8).

4. Verifica delle scelte progettuali.

Attraverso l'uso di strumenti di simulazione illuminotecnica dinamica (Diva per Rhino) e statica (Dialux Evo), sono state stimate rispettivamente la dose di luce annua incidente sui dipinti e l'illuminazione integrata naturale-artificiale in diverse condizioni di cielo ed orario.

La presenza delle tende consente di ridurre drasticamente il rischio di danno alle opere, sebbene i valori, nel peristilio nord, superino quelli di soglia previsti dalla normativa. Il sistema di illuminazione, grazie alla possibilità di regolazione del flusso luminoso di ogni gruppo di sorgenti (uno per parete), consente l'ottenimento di condizioni ideali per la fruizione.

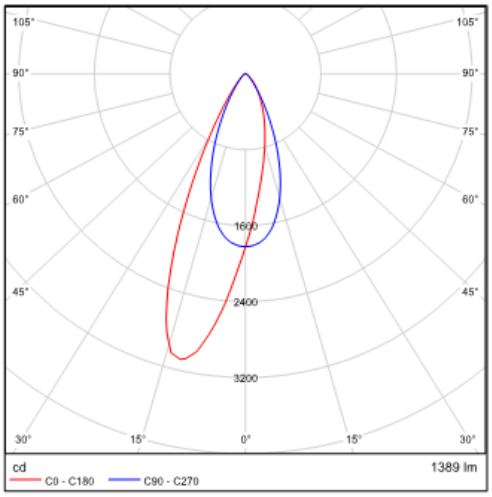


Fig. 7 - Fotometria dei *wall-washer*

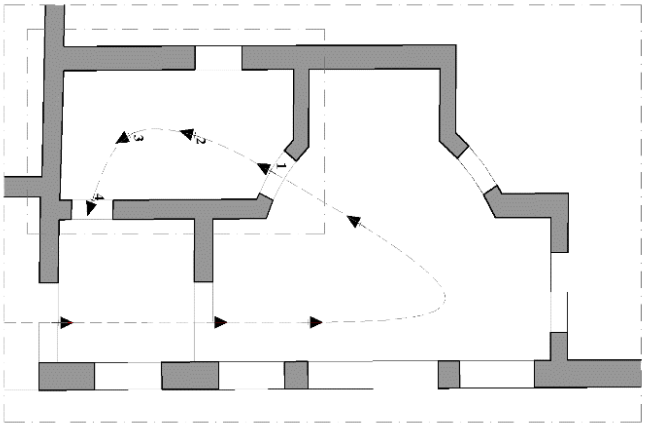
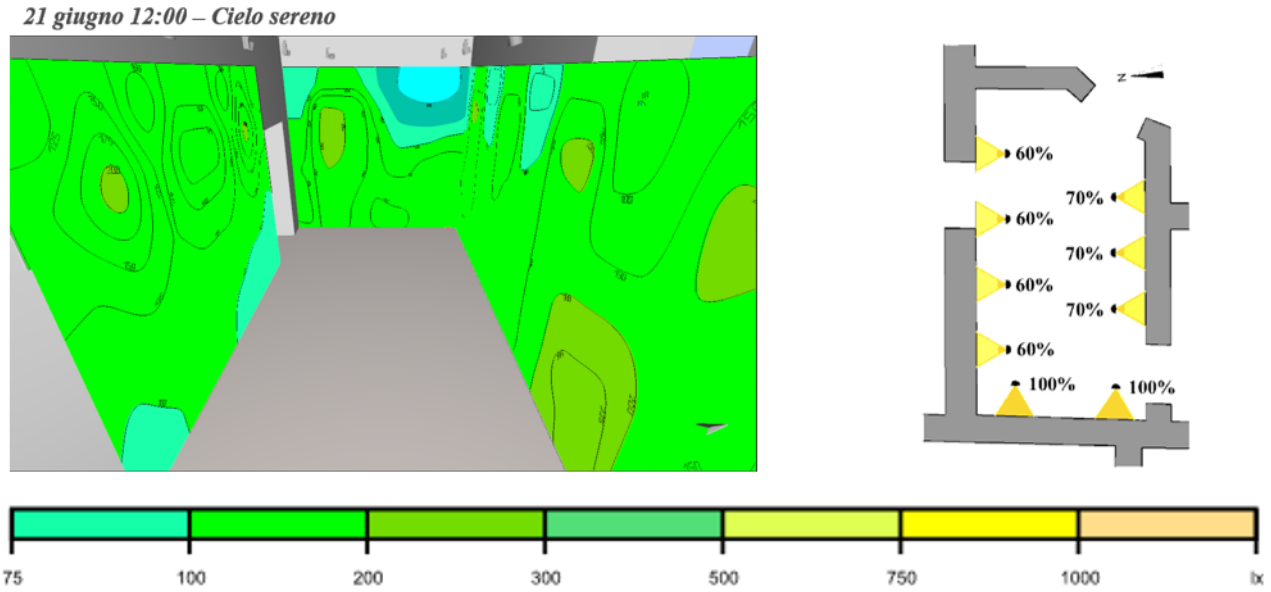


Fig. 8 - Percorso di visita per la migliore fruizione



Parete	Em	g	Dimming
Nord	161 lx	0.44	60%
Sud	160 lx	0.63	70%
Ovest	112 lx	0.43	100%
Soffitto	52 lx	0.70	-

Fig. 9 - Scena luce con regolazione differenziata per ciascun gruppo di controllo

A titolo d'esempio in Fig. 9 è riportato il caso in cui i tre gruppi di controllo, sono regolati diversamente, per conseguire una buona distribuzione degli illuminamenti sulle pareti laterali e sul soffitto.

5. Conclusioni

L'approccio interdisciplinare consente di approfondire e valorizzare specificità disciplinari laddove, come nel caso esposto, la modellazione digitale esprime non solo l'interazione tra aspetti di carattere configurativo e ambientale ma, grazie alla forza comunicativa della simulazione, consente anche di prefigurare concreti interventi di valorizzazione e fruizione del patrimonio culturale. In tale ottica gli autori intendono ampliare e consolidare i casi studio nell'area archeologica dell'antica Stabiae, ad oggi poco nota ai più.

Bibliografia

[1]. M. Papa, L. Bellia, P. D'Agostino, G. Spada, G. Antuono,“ Dal rilievo all'analisi illuminotecnica. Il caso dell'anastilosi digitale archeologica di Villa San Marco a Stabiae”, in V. Marchiafava, L. Luzzatto (a cura di), "Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari vol. XIVA", Firenze, 2018, pp. 63-74, ISBN 978-88-99513-08-5.

[2]. M. Papa, M. I. Pascariello, P. D'Agostino, “Surveying to disclose and show: the case study of villa San Marco in the archeological site of Stabiae”. in Chiara Vernizzi (a cura di), “Italian survey and international exprerience”, atti del XXXVI Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione, Gangemi Editore, Parma, 2014, pp. 431-438, ISBN 978-88-492-2915-8.

[3]. M. Papa, G. Antuono, " Forma, luce e colore. Interazione dal reale a virtuale", in V. Marchiafava, F. Valan (a cura di), "Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari vol. XIIIA", Gruppo del Colore-Associazione Italiana Colore, Napoli, 2017, pp.429-441, ISBN 978-88-99513-05-4.

[4]. L. Bellia, M. Osanna, G. Spada, A. Mauro, C. Donzella, F. Fragliasso, E. Stefanizzi; “Chromatic analysis of Roman frescos in Pompeiian domus”, in V. Marchiafava, F. Valan (a cura di), "Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari vol. XIIIA", Napoli, 2017, pp. 271-300, ISBN 978-88-99513-06-1.

[5]. C. Mezzetti, “La rappresentazione: prefigurazione e restituzione della realtà”, in C. Palestrini (a cura di), “Progetto, rappresentazione, rilievo”, Gangemi Editore, Roma, 2016, pp 9-15.

Riconoscere dal colore. Pigmenti e coloranti dell'età moderna nell'analisi multibanda dei dipinti: uno strumento visivo per gli storici dell'arte e i conservatori

RAÏCH, Marta[1]; ARTONI, Paola[2]; HERRERO, Miquel Angel[1]; LA BELLA, Andrea[1]; RICCI, Maria Luisa[3]; HERNÁNDEZ, Alexandra[4]

[1] Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM). Universitat de Lleida (Spagna)
[2]Laboratorio di analisi non invasive per l'arte antica, moderna e contemporánea (LANIAC). Università degli Studi di Verona (Italia)
[3]Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
[4]Collaboratore di Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM). Universitat de Lleida (Spagna)

1. Introduzione

Storici dell'arte, conservatori e restauratori hanno sempre mostrato interesse nel conoscere la natura dei pigmenti delle opere d'arte oggetto del loro studio. Da un lato, sono interessati a conoscere la natura delle opere d'arte, individuando la presenza di determinati materiali significativi al fine di stilare eventuali perizie, proporre datazioni e persino attribuzioni. D'altro lato, nel campo della conservazione ci sono altri interessi che prevalgono: identificare i pigmenti e la loro composizione può infatti aiutare a individuare i possibili problemi che un'opera può avere e, in taluni casi, può essere utile per scegliere le soluzioni adeguate a eventuali patologie. Tuttavia, nella fase di studio dei dipinti, questi professionisti possono incontrare dei limiti contingenti. Non è sempre possibile, infatti, collaborare con chimici o fisici - che possano contribuire all'identificazione dei materiali tramite XRF, RAMAN, spettrometri o altri strumenti -, molto spesso per questioni di budget ridotti o per risorse limitate insufficienti per effettuare tali analisi. È pure vero che sia gli storici dell'arte sia i conservatori hanno quasi sempre la possibilità di utilizzare una macchina fotografica, che, in qualche caso, può aiutare a identificare i pigmenti. Negli ultimi anni, infatti, diversi ricercatori che si occupano di *imaging* a multi-banda applicata allo studio di opere d'arte hanno ottenuto risultati positivi in questo senso [1]; [2]. L'analisi multi-banda (MBTI) consiste in una serie d'immagini (UVR, UVF, VIS, IR, IRR, IRF, IRFC) eseguite nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Tutte queste immagini (ad eccezione dell'IRR) vengono ottenute utilizzando come dispositivo principale una fotocamera a spettro completo, caratterizzata dalla possibilità di operare sia all'interno del *range* UV sia in quello IR (300-1100nm). Le analisi MBTI, oltre ad avere ad essere molto indicative nell'interpretazione della singola immagine (ci riferiamo in particolare all'IRFC), forniscono molte più informazioni se analizzate e confrontate tra di loro [2]; [3]; [4], così come già sostenuto in alcune recenti pubblicazioni dedicate agli approfondimenti del comportamento dei pigmenti nei diversi *range* [5].

2. Metodologia

Questo studio propone l'osservazione del comportamento di 20 pigmenti e coloranti storici tramite analisi multi-banda (MBTI). Alcuni di essi sono stati usati fin dall'antichità altri, invece, sono stati gradualmente incorporati nella tavolozza dei pittori fino al XVIII secolo (Fig. 1). Alcuni pigmenti, come ad esempio il carbone e altri neri, non sono stati presi in considerazione in questo studio, poiché non mostrano caratteristiche significative in nessuna delle tecniche utilizzate. Tutti i pigmenti sono stati agglutinati con olio di lino rettificato e applicati in un singolo strato, di spessore medio, su una superficie preparata, secondo la tradizione, con gesso e colla di coniglio. Tutti i pigmenti sono stati precedentemente caratterizzati tramite tecnica RAMAN e successivamente fotografati nei range VIS, IR e UV (Fig. 2), ottenendo così delle immagini che conformano le principali tecniche di *imaging* non invasivo [6].

Fig. 1 - Quadro sperimentale dei 20 pigmenti applicati su una tela preparata con gesso e colla. Immagine visibile (VIS).

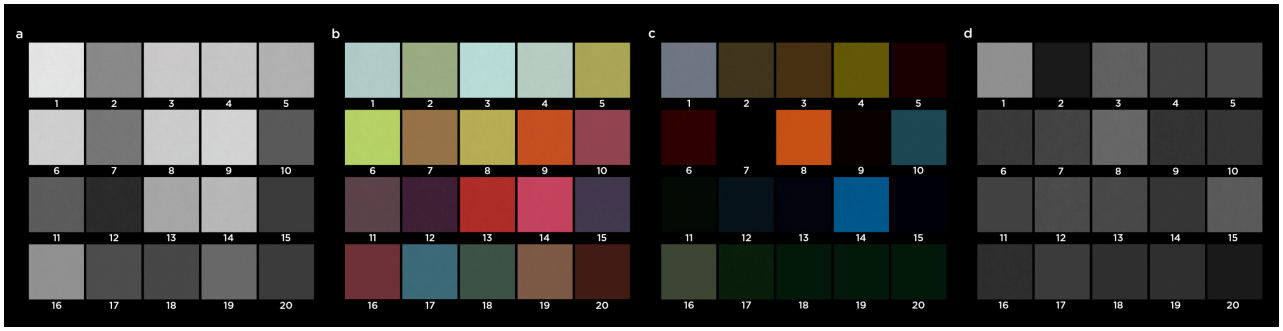


Fig. 2 - Quadro sperimentale dei 20 pigmenti applicati su una tela preparata con gesso e colla. (a) Immagine infrarosso (IR) (b) Immagine Infrarosso in falso colore (IRFC) (c) Immagine fluorescenza ultravioletta (UVF) (d) Immagine Ultravioletto Riflesso (UVR).

I pigmenti sono stati analizzati con una fotocamera Nikon® D7200 DSLR (24 MP, sensore CMOS) digitale full spectrum (sensibilità tra i 360 i 1100 nm) con un obiettivo Nikon Nikkor di 50 millimetri 1: 1 e filtri: X-nite CC1 (VIS), Heliopan RG 1000 fino a 900 nm (IR e IRF), B + W 403 filter plus X-nite CC1 (UVR) e B + W 420 plus X-nite CC1 (UVF) [2; 7; 8]. Sono state usate due lampade alogene (1250 W) per l'*imaging* VIS, IRR e IR mentre per le fotografie UVF e UVR il LED UV ad alto flusso 365nm (filtrato con vetro passa-UV) fornito da CHSOS. L'UVF254 è stato realizzato con una lampada UV da 254 nm, Spectroline MiniMAX UV-5F (lampada da 5 W completa di vetro con passaggio UV). Per l'*imaging* IRF, infine, è stata usata una lampada LED a luce bianca CHSOS filtrata con X-Nite CC1. Per calibrare i colori, è stata utilizzata una scheda obiettivo AIC modificata [2]. Inoltre, sono stati selezionati quattro casi studio analizzati con gli stessi strumenti per valutare la veridicità del metodo. La prima opera analizzata è una tavola rappresentante la *Crocifissione*, dipinta da un artista anonimo fiammingo degli inizi del XVI secolo, che probabilmente copiava un modello di Joos van Cleve [9] (Fig. 3). Sono stati esaminati anche una copia inedita de *Il matrimonio mistico di Santa Caterina d'Alessandria con San Sebastiano*, della fine del XVII secolo o inizi del XVIII secolo (Fig. 4) e, infine, il ritratto di *Carlos VI* di Francisco de Goya [1] (Fig. 5).

3. Risultati e discussione

3.1 Pigmenti

Il bianco di piombo (1) è considerato il pigmento chiaro per eccellenza tra i bianchi storici, presente in molte miscele, è facilmente riconoscibile poiché presenta una fluorescenza biancastra nell' UVF, sebbene la tonalità possa variare a seconda del legante utilizzato (risultando più bluastra o più

giallastra) [3]. A differenza dei bianchi contemporanei, che generalmente si presentano con una colorazione grigiastra o addirittura nera nell'UVR, il bianco di piombo risulta essere di colore grigio molto chiaro e uno dei pochi pigmenti che, con questa tecnica, presenta luminescenza. È importante sottolineare, però, che esiste un altro pigmento bianco usato nel XIX secolo che presenta lo stesso comportamento: il litopone [2]. Il suo comportamento nell'IR, infatti, è ancora una volta grigio chiaro, come avviene nell'IRFC, anche se in quest'ultima tecnica può presentarsi con una tonalità bianca leggermente bluastra o verdastra a seconda dell'olio utilizzato.

L'ocra chiara (2) è un colore fondamentale che può essere trovato in quasi tutti i dipinti. Pur esistendo diverse tipologie di ocre, ciascuna caratterizzata da una diversa composizione con relative caratteristiche fisiche e organolettiche (possono essere più o meno trasparenti, opache, chiare, scure ecc...), queste rispondono, generalmente, in modi molto simili nei *range* UV e IR, non presentando alcun tipo di fluorescenza nell'UVF e nell'UVR, apparendo di conseguenza scure. Nell'IR si mostrano con un colore grigio-medio, essendo più chiare o più scure a seconda della loro applicazione. Nell'IRFC assumono un aspetto verde che varia da tonalità più fredde a più calde a seconda della loro natura e colore.

Il giallo piombo e stagno (3) era il pigmento giallo più utilizzato tra il XV e il XVIII secolo, e il complemento più comune dell'ocra nella tavolozza degli artisti [10]. Di solito è caratterizzato da un colore pallido molto chiaro, praticamente bianco nell'IR e giallo pallido molto chiaro nell'IRFC [3]. D'altra parte, mentre nell'UVF si ha una risposta giallastra sporca e grigiastra, nel UVR si presenta particolarmente scuro (Fig. 3d).

La lacca di reseda (4) mostra caratteristiche comportamentali analoghe al giallo di piombo e stagno, ma è precisamente nel visibile che è facile distinguerli: come tutte le lacche, anche la reseda è completamente trasparente e priva di corpo, mentre il giallo di piombo e stagno è un pigmento straordinariamente opaco.

Il vermiglione (5) (e il cinabro)[1] erano i rossi maggiormente usati fino al XX secolo [10]. Sebbene il vermiglione nella sua forma minerale esibisca una tonalità leggermente più tenue e marrone, nella sua forma rielaborata si presenta come un rosso chiaro saturo e molto opaco, essendo un pigmento altamente coprente, anche se può risultare un po' più freddo rispetto al cinabro. Il vermiglione è un pigmento molto chiaro nell'IR (dove di solito si presenta come un grigio chiaro) e adotta l'aspetto di un giallo intenso, medio (simile a quello di alizarina o cadmio, pigmenti con i quali può essere confuso, se viene analizzato solo con questa tecnica)[2]

Il minio (6) è un ossido di piombo ottenuto dalla cottura del bianco di piombo e, pur avendo una composizione correlata, presenta delle risposte molto diverse. Fino al XIX secolo non esisteva nessuna miscela o pigmento di arancio rossastro che potesse eguagliarlo in intensità, per cui risultava un pigmento facilmente riconoscibile anche ad occhio nudo se applicato puro [11]. Nell'IR si manifesta come un pigmento molto chiaro e molto trasparente, mentre nel visibile mostra un comportamento decisamente coprente. Nell'UVF, invece, la sua risposta può variare considerevolmente a seconda del legante: può andare, infatti, dall'arancione scuro al marrone intenso. Poiché mostra poca fluorescenza si differenzia da altri pigmenti arancioni, come la lacca di robbia.

[1] Nel presente studio sono stati inclusi solo i risultati riguardanti il vermiglione sintetico e non il cinabro naturale. Quest'ultimo era stato inizialmente considerato e presenta lo stesso comportamento del suo omologo artificiale.

[2] Mentre l'alizarina (come parte delle lacche) è completamente trasparente nel visibile, il rilevamento del cadmio deve essere compiuto tramite l'immagine IRFC. Con questa tecnica il cadmio risulta essere altamente fluorescente, a differenza del vermiglione.

La terra rossa (7) è un altro dei pigmenti rossi più comuni nelle tavolozze dei pittori [10]. Essendo molto stabile è stata utilizzata dall'antichità fino ai giorni nostri. Poiché è un pigmento molto economico, facile da trovare ed elaborare, risulta essere presente, come l'ocra, in quasi tutti i dipinti tra il XV e il XIX secolo. Nel visibile mostra un aspetto caratteristico di colore bruno-rossastro, essendo un pigmento molto opaco. Nell'IR risponde come un grigio medio mantenendo la stessa opacità e rendendo, quindi, non sempre apprezzabili le linee o tracce del disegno preparatorio presenti sotto uno strato di questo pigmento. Nell'IRFC si presenta di colore verdastro marrone / ocra scura, mentre sia nell'UVF sia nell'UVR risulta essere un pigmento non fluorescente che assume un aspetto vicino al nero.

La lacca di robbia (8), al variare della sua realizzazione, può avere diverse sfumature nel visibile che possono andare dal rosso scuro al rosso vivo o, più spesso, all'arancione. È completamente trasparente sia nel visibile sia nell'IR. Nell'IRFC mostra un colore giallo scuro che può tendere verso l'arancione. Questa lacca veniva mescolata frequentemente con la lac dye presentando spesso la stessa risposta arancione nell'IRFC. È importante sottolineare, infine, che questo pigmento presenta un'importante fluorescenza arancione o rosa intenso molto marcata nell'UVF [2], [3], [12].

Altro materiale importante della famiglia delle lacche è la sopraccitata lac dye (9), largamente utilizzata nell'ambito italiano per l'esecuzione dei rossi. Si presenta come colorante rosso sangue, molto trasparente sia nel VIS che nell'IR. Nell'IRFC è visibile con un colore arancio molto intenso ma, a differenza della lacca rossa descritta precedentemente, non mostra nessuna fluorescenza nell'ultravioletto, laddove assume invece una tonalità rossastra quasi nera.

Il pigmento più emblematico della famiglia degli azzurri è sicuramente il lapislazzuli (10). Fu ampiamente utilizzato nel XV secolo, anche se il suo uso entrò in declino a partire dal XVI secolo. La sua tonalità nel visibile risulta essere molto variabile e strettamente correlata al grado di purezza del legante utilizzato. Questo pigmento, infatti, generalmente si agglutina con olio e diventa velocemente di colore grigio o sporco [10], [13]. Nel visibile si presenta come un pigmento relativamente traslucido, così anche nell'IR, dove mostra un aspetto di colore grigio medio che può diventare scuro se lo strato analizzato è molto spesso. Nell'IRFC restituisce un colore rossastro o magenta. Nell'UVF è uno dei pochi blu che mostrano una certa fluorescenza che può variare di tonalità, dal blu chiaro al bianco sporco, anche se non viene riscontrata alcuna fluorescenza nell'UVR [2]. Il problema più grande nell'identificazione visiva del lapislazzuli è che spesso questo pigmento veniva sovrapposto a strati di azzurrite, motivo per cui l'UVF risulta essere molto utile per la sua determinazione.

L'azzurrite (11) è stato uno dei blu più diffusi fino al XVIII secolo[3]. Può presentarsi in sfumature diverse, di maggiore o minore oscurità, e veniva spesso schiarito mescolandolo con il bianco di piombo. In generale è un pigmento moderatamente opaco. Nell'IR, la sua risposta è di colore grigio medio-scuro e non mostra molta trasparenza, non consentendo quindi di osservare le costruzioni sottostanti, a meno che non si utilizzino strumenti che lavorino con lunghezze d'onda maggiori, come ad esempio l'IRR [3], [12]. Nell'IRFC la risposta dell'azzurrite è di un caratteristico colore viola che può assumere sfumature diverse a seconda delle velature sovrapposte ad esso (Fig. 4 c). Non è presente, infine, alcuna fluorescenza sia nell'UVF sia nell'UVR, e il pigmento risulta nero.

Il blu di Prussia (12) è utilizzato a partire dal XVIII secolo. È caratterizzato da una tonalità molto scura, come l'indaco, ma presenta un comportamento totalmente differente. Il blu di Prussia, infatti,

[3] Inizialmente è stato preso in considerazione anche il blu Bice, che tuttavia è stato scartato in un secondo momento poiché presenta dei risultati molti simili a quelli dell'azzurrite. Non è stato inoltre considerato il blu egizio poiché, pur avendo risultati molto interessati tramite IRFC, il suo utilizzo risulta essere limitato al campo archeologico.

risulta essere un pigmento altamente coprente e un po' più luminoso rispetto al secondo. Nell'IR restituisce un grigio molto scuro (il più scuro tra tutti gli azzurri) e tramite questa tecnica è quindi facilmente distinguibile rispetto all'indaco. Nell'IRFC, infine, si presenta come un viola bluastro molto scuro e non è presente alcuna fluorescenza né nell'UVF né nell'UVR.

Uno dei colori più usati dai pittori fino al XVII secolo, e paradossalmente poco considerato dagli storici dell'arte, è il sopraccitato indaco (13). Caratterizzato da una colorazione blu molto scura, veniva principalmente utilizzato per ombreggiare le pieghe dei mantelli e, pur essendo molto opaco nel visibile, risulta essere completamente trasparente nell'IR, e di un colore rosso molto intenso nell'IRFC. Il problema più grande nella sua identificazione è che, come nel caso del lapislazzuli e delle lacche, è un pigmento che raramente veniva utilizzato da solo. Sia nell'UVR sia nell'UVF non presenta fluorescenza.

Il blu di smalto (14), composto da vetro polverizzato e con un certo contenuto di cobalto, fu un pigmento inserito nella tavolozza degli artisti nel XV secolo, e fu particolarmente importante in Italia, soprattutto al nord. Visivamente ha una colorazione bluastra molto intensa e molto trasparente, simile al lapislazzuli. A differenza del blu oltremare, però, lo smalto restituisce una risposta di colore grigio molto chiaro nell'IR e di un rosso molto intenso nell'IRFC. Una delle principali caratteristiche dello smalto, presente anche in altri pigmenti blu e viola a base di cobalto, è la fluorescenza bluastra nell'UVF, che lo rende facilmente riconoscibile, mentre non mostra alcuna fluorescenza nell'UVR.

Il verdigris (15), prodotto dall'ossidazione di lamine di rame con l'acido acetico, è stato il principale pigmento verde utilizzato fino al XIX secolo. È un pigmento molto trasparente nel visibile e la cui tonalità può essere leggermente variabile a seconda del metodo di produzione [11]. Una delle caratteristiche più significative di questo pigmento è che, nonostante la sua elevata trasparenza nel visibile, nell'IR si manifesta come un pigmento opaco e di tonalità scura mentre nell'IRFC come un viola scuro, che diventa più violetto e caldo nel caso dei resinati di rame. Non mostra alcuna fluorescenza nel *range* dell'UV.

La terra verde di Verona (16) è un pigmento molto trasparente, soprattutto se usato con olio, secondo una caratteristica comune di tutte le terre verdi [10], le quali mostrano comportamenti analoghi nelle varie regioni dello spettro. Nell'IR sono completamente trasparenti, seppur sviluppando delle scale di grigi. Nell'IRFC, invece, acquisiscono un colore rosa rossastro, che può variare in sfumature a seconda della tonalità della terra. Nell'UVF possono mostrare una certa fluorescenza scura e di tonalità verde (anche se va notato che, a causa della loro grande trasparenza, possono consentire il passaggio della fluorescenza proveniente dal gesso della preparazione). Nell'UVR, infine, tendono ad avere una risposta molto scarsa.

La malachite (17), come il resto dei verdi di rame, è un pigmento molto trasparente, che nell'IR assume un colore grigio scuro. La particolarità cromatica è che nell'IRFC restituisce sempre una tonalità bluastra, non visibile con questa tecnica per nessun altro verde. Nella UVF e nell'UVR, invece, non presenta caratteristiche singolari.

Le terre brune rivelano caratteristiche organolettiche leggermente diverse fra di loro (tono e trasparenza) e si modificano nei processi di bruciatura, motivo per cui costituiscono una famiglia molto estesa [10]. La terra d'ombra naturale o bruciata (18) è uno dei pigmenti più utilizzati. In generale, tutte le terre marroni nell'IR restituiscono un colore grigio medio e scuro, di marcata opacità. A seconda della sua natura cromatica, la risposta nell'IRFC risulta essere differente. La tonalità bruciata, ad esempio, può restituire sfumature che vanno dal verde al marrone scuro. La

terra di Siena bruciata (19), dalla caratteristica tonalità bruno-rossastra, si presenta invece con un colore ocra scuro nell'IRFC. Una terra alquanto particolare, infine, è il nero Kassel (20). A differenza del resto dei neri carboniosi, la terra di Kassel si comporta come i marroni, restituendo un grigio scuro nell'IR e un caratteristico marrone sanguigno nell'IRFC. Tutte le terre menzionate mostrano sfumature di grigio molto scuro nella UVR e nessuna fluorescenza nella UVF.

3.2 Casi di studio

Nella *Crocifissione* fiamminga (Fig. 3a) la tavolozza cromatica è viva e varia, come è usuale nelle scuole di Anversa degli inizi del XVI secolo. Il pittore usa l'azzurrite come blu fondamentale, che nell'IR si presenta con un caratteristico grigio molto scuro, come si vede nel mantello della Vergine, dove il pittore ha utilizzato del carbone per modellare le pieghe in penombra. Il caratteristico colore viola restituito dalle aree blu nell'IRFC conferma l'uso dell'azzurrite (Fig. 3c). Al contrario, nelle montagne e nel cielo, è stata utilizzata una miscela di azzurrite e bianco di piombo, come si può riscontrare nell'immagine UVR (Fig. 3d). Nei verdi è stato usato il verderame, anche se sicuramente mescolato con altri pigmenti (probabilmente terra verde) che attenuano il segnale viola scuro caratteristico di questo pigmento. Le sfumature giallo arancio osservate nel mantello di San Giovanni nell'IRFC, sono dovute alla sovrapposizione di due pigmenti. Come base, infatti, è stato usato il vermiglione, la cui risposta in questa tecnica è sempre un giallo intenso, coperto poi con velature di una lacca, sicuramente lac dye poiché priva di fluorescenza nell'immagine UVF, e caratterizzata da un tono rossastro scuro. Uno dei pigmenti più caratteristici di questa opera è il giallo di piombo e stagno, visibile nel cielo. Anche se è un colore molto chiaro, non contiene bianco di piombo, poiché nella UVR si manifesta come una macchia nerastra (Fig. 3d).

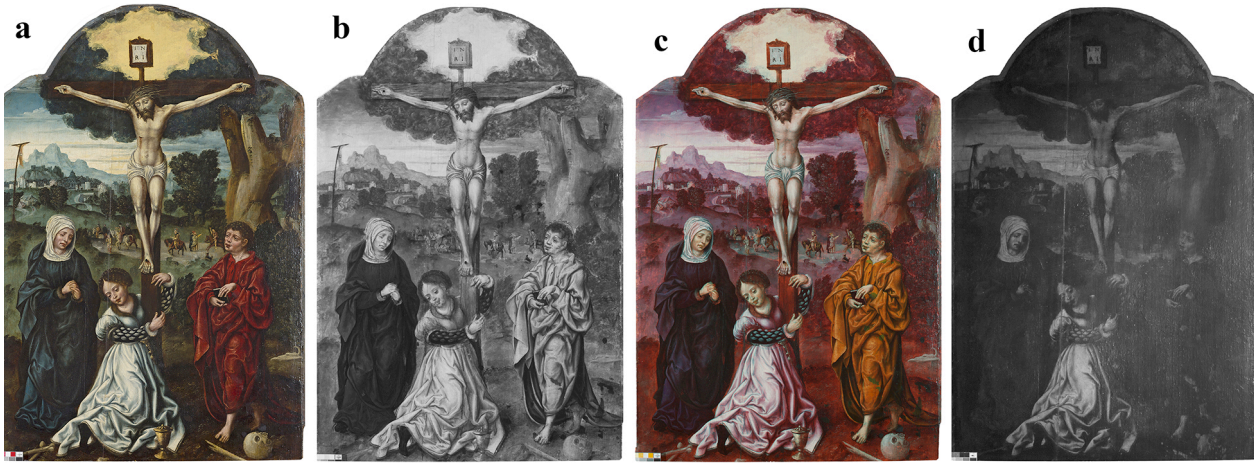


Fig. 3 - *Crocifissione*, anonimo fiammingo, XVI secolo, da un modello di Joos van Cleve. a) VIS; b) IR; c) IRFC; d) UVR.

L'opera *Il matrimonio mistico di Santa Caterina d'Alessandria con San Sebastiano* (Fig. 4a) è una tela databile verso la fine del XVII secolo o, più probabilmente, al primo quarto del XVIII secolo, di un autore anonimo e copia di un noto dipinto di Correggio. La sua tavolozza è varia, anche se meno brillante di quella del caso fiammingo. Nella veste della Vergine presenta l'impiego di diversi tipi di lacca rossa sul pigmento vermiglione. Questo può essere visto, per esempio, nell'immagine UVF (Fig. 4d) dove si osserva una certa fluorescenza generalizzata, che indica un'applicazione di velature di lacca (probabilmente robbia) sull'intera costruzione dell'abito dipinto con il vermiglione. Nella parte della spalla della Vergine si apprezza, invece, l'utilizzo di un altro tipo di lacca (probabilmente lac dye), mentre nell'ombra più ampia è stata usata un'altra velatura che non è stata identificata, anche se potrebbe essere una terra. Risulta molto interessante, inoltre, l'uso di due blu: l'azzurrite per i mantelli della Vergine e di San Sebastiano e il blu Bice per parte del cielo e la cavità dell'arco in alto a sinistra. Osservando con attenzione si vede che l'azzurrite dei mantelli acquisisce un grigio

medio-scuro nell'IR, mentre nell'IRFC assume un colore violetto, che in alcuni punti sfuma al rossastro a causa di possibili velature, probabilmente di indaco, corrispondenti alle parti più scure del manto (Fig. 4c). D'altra parte, il Bice si presenta già nel visibile come un blu di tonalità leggermente diversa; nell'IR è osservabile come un grigio più chiaro rispetto l'azzurrite (Fig. 4b) e, infine, nell'IRFC assume una tonalità magenta. È importante menzionare anche l'uso di una lacca gialla sul manto dipinto con biacca, ocra e terra di Siena di Santa Caterina, e la profusione con cui è stato usato il bianco di piombo, ben visibile per la sua fluorescenza nell'IR.

Fig. 4 - *Matrimonio mistico di Santa Caterina d'Alessandria con San Sebastiano*, XVII-XVIII secoli, di un autore anonimo e copia di Correggio. a) VIS; b) IR; c) IRFC; d) UVF.

L'ultimo esempio riportato in questo studio è il ritratto di *Carlo IV* di Francisco de Goya, dipinto intorno al 1789/1790, di cui abbiamo già menzionato, in un articolo, tutte le prove tecniche eseguite [1]. Tuttavia, riportiamo di questo caso studio l'uso del blu di Prussia presente nella banda (Fig. 5a), più specificatamente del suo aspetto grigio molto scuro nell'IR (Fig. 5b) e blu violetto, altrettanto scuro, nell'IRFC (Fig. 5c). In particolare, è significativo un pentimento presente nella base della banda di vermiglione: nell'IRFC questo si percepisce come una macchia gialla, sotto la quale affiora, con forza, il blu di Prussia nascosto. Per il resto il dipinto, pur presentando una tavolozza molto ridotta, presenta un uso degno di nota delle lacche utilizzate per sfumare la casacca.

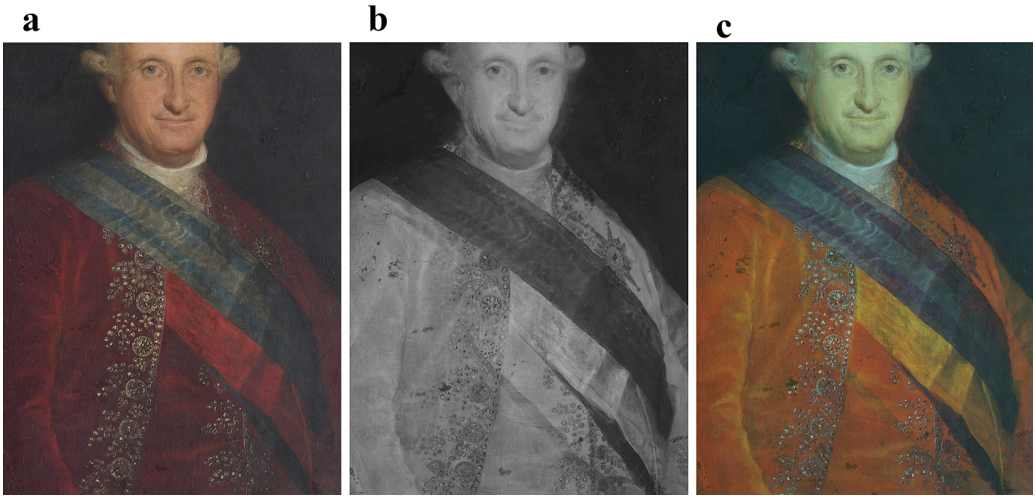


Fig. 5 – *Carlo IV*, 1789, Francisco de Goya.. a) VIS; b) IR; c) IRFC.

4. Conclusioni

In questa sede è stato presentato un approccio al metodo di identificazione visiva dei pigmenti attraverso il confronto delle loro risposte nelle diverse immagini tecniche dello spettro elettromagnetico. Sebbene nello studio sperimentale dei pigmenti i risultati siano molto precisi, questa esattezza non si verifica quando si studiano delle opere reali. È necessario sottolineare infatti che gli artisti raramente usavano i pigmenti puri e che, al contrario, si servivano soprattutto di

miscele e sovrapposizioni sotto forma di velature. Queste sovrapposizioni generano nuove risposte che riteniamo debbano essere studiate correttamente. Il sistema, quindi, risulta essere utile per una prima approssimazione, consentendo, tra l'altro, di restringere le diverse analisi che possono essere fatte in un secondo momento, nonché di ridurre al minimo l'impatto di queste sull'opera (costi, trasferimenti, prelievi di micro-campioni, ecc.) Sebbene il sistema non possa essere considerato preciso (e, in tale senso, dovrebbe essere supportato da analisi fisico-chimiche prima di permettere di giungere a conclusioni definitive), può essere d'aiuto almeno in un primo approccio. Risulta infatti essere un sistema veloce, economico, visivo e non invasivo. Serve a verificare la presenza di alcuni materiali e, nel caso di alcuni pigmenti, risulta essere quasi infallibile. Con attrezzature di base, quinidi, si possono ottenere risultati interessanti per gli storici dell'arte e i conservatori.

Bibliografia

[1]. HERRERO-CORTELL, Miquel Angel; RAÏCH, Marta; ARTONI, Paola, "Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya," *Ge-conservación/conservação*, Vol. 14, N. 1, pp. 5-15, 2018.

[2]. COSENTINO, Antonino, "Identification of pigments by multispectral imaging a flowchart method", Heritage Science, n. 2, Vol. 8, 2014.

[3]. POLDI, Gianluca.; VILLA, Giovanni, *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analaisi non invasive per lo studio dei dipinti*, Pisa: Edizione della Normale, 2006.

[4]. MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo, Ciencia y Restauración. Método de Investigación. Guipúzcoa: Nerea, 2001.

[5]. CAVALERI, Tiziana, *et al*. "Pictorial materials database: 1200 combinations of pigments, dyes,binders and varnishes designed as a tool for heritage science and conservation" Applied Pyisics A. Materials Science and Processing, Vol. 123, n. 419, pp. 1-15, 2017.

[6]. ALDROVANDI, Alfredo; PICOLLO, Marcello. *Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti.* Il Prato: Padova, 1999.

[7]. COSENTINO, Antonino. "Imaging Multispettrale low-cost con filtri interferenziali", *Archeomatica*, Vol. 2, pp.12-17, 2015.

[8]. COSENTINO, Antonino. "Effects of Different Binders on Technical Photography and Infrared Reflectography of 54 Historical Pigments", *International Journal of Conservation Science*, n.6 Vol. 3, pp. 287- 298, 2014.

[9]. HERRERO-CORTELL, Miquel Angel; MARTÍ, Jésica. "A lost Joos Van Cleve's model? Multi-band technical imaging in the study of an unknown Flemish Renaissance painting." In: *11th European Symposium on Religious Art. Restoration & Conservation,* pp. 201-204, 2019.

[10]. DOERNER, Max. Los materiales de la pintura y su empoleo en el arte, Barcelona: Reverté, 1998.

[11]. THOMPSON Daniel, *The Materials and Techniques of Medieval Painting*, London: Dover, 1956.

[12] CARDINALI, Marco; DE RUGGIERI, Beatrice; FALUCCI, Claudio, *Diagnostica artistica. Tracce materiali per la storia dell'arte e per la conservazione*, Roma: Palombi Editori, pp. 116-118, 2002.

[13] VILLARQUIDE, Ana. *La pintura sobre tela II. Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*, San Sebastián: Nerea, 2005.

5. Colore e Ambiente Costruito

Il Piano del Colore di Rovasenda (VC)

arch. Cristina Polli, arch. Marco Bonino
cris.polli@tiscali.it - Colour Vitae cristinapollidesigner. blogspot.it - archbonino@virgilio.it

1. Introduzione - Percepire il paese

"What are cities but people?" (W. Shakespeare)

La visione, che è un evento intersoggettivo della realtà circostante, avvia il pensiero e la situazione psicologica dell'individuo; comporta quindi una lettura della realtà con connotazioni soggettive, facendo si che essa venga "interpretata". Tale lettura è definibile come "percezione". La percezione è un processo di ricezione e rielaborazione di informazioni provenienti dall'esterno e dal proprio corpo. Ogni volta si percorre, attraversa, utilizza un ambiente, la parte istintuale del nostro cervello analizza la situazione nella sua totalità. Guardandosi attorno si cerca di capire, mediante i segnali presenti, se vi siano le condizioni ottimali/biologiche per sopravvivere, o se ci siano minacce, pericoli. Il cervello analizza, compara, cerca differenze o uguaglianze mediante ciò che conosce, interpreta, utilizzando i propri parametri e filtri (esperienze, cultura, aspettative, situazioni, *storia* dell'individuo sociale e del proprio vissuto, bisogni, etc.).
"La rappresentazione interna che ci facciamo di un ambiente, delle strade che possiamo prendere per percorrerlo, dei suoi elementi percettivamente più rilevanti, degli oggetti che possono essere utili per i nostri scopi e di quelli che possono metterci in pericolo o ostacolarci, viene chiamata *mappa cognitiva*". (M.R.Baroni, 1998). L'essere umano reagisce all'ambiente attraverso una "coralità sensoriale" orientata dalle necessità biologiche di specie e dal vissuto (quindi anche culturale, antropologico, simbolico) dei singoli. Non è possibile pertanto *progettare* e/o ridefinire lo spazio urbano, curando solo gli aspetti collegati ad un unico senso (la vista). Così come non si possono escludere l'esperienza, il vissuto, le emozioni e la memoria di chi vive un dato luogo, poiché essi danno significato al paesaggio "abitato". "Spesso la nostra percezione della città non è distinta, ma piuttosto parziale, frammentaria, mista ad altre sensazioni. Praticamente ogni nostro senso è in gioco e l'immagine è l'aggregato di tutti gli stimoli. (...) Una buona immagine ambientale dà a chi la possiede un importante senso di sicurezza emotiva. Gli consente di stabilire tra sé e il mondo circostante una relazione armoniosa. Questa costituisce un sentimento, opposto allo smarrimento di chi ha perso l'orientamento: il dolce sentimento della propria casa è più forte quando la casa è non solo familiare, ma anche distintiva. In effetti, un ambiente distintivo e leggibile, non solo offre sicurezza, ma amplia la profondità e l'intensità possibili all'esperienza umana." (K. Lynch, 1982)
Il luogo del vissuto, il paesaggio antropizzato, il "paese", è dimora sia di percettori stanziali, che occasionali. Come dice Franco La Cecla: "Località è la forma di possesso di un luogo da parte dei suoi abitanti e viceversa.". Tale possesso implica la presenza nello spazio, presenza che "...è però attività di conoscenza. Ha dunque a che fare con i sensi, con la *percezione*, con la percezione che proviene in questo caso da tutto il corpo. L'organo del *senso spaziale*, se così si può chiamare, è il corpo nel suo insieme. Sentire di essere qui è una percezione complessa e unitaria difficilmente separabile dalla sensazione che il corpo ha di sé." Lo spazio viene letto, quindi utilizzato, fruito, compreso attraverso il corpo. E non è possibile scindere un luogo da chi lo abita, considerando anche che: "Numerose ricerche mediche hanno dimostrato come gli spazi pubblici possono favorire non solo il benessere fisico ma anche quello mentale. Pertanto gli investimenti nella trasformazione delle città dovrebbero tener in debito conto anche dei benefici generali che la popolazione può trarre dagli investimenti nella riqualificazione urbana (...)" (A. Acierno, 2004)
Sussiste costantemente una relazionalità tra individuo/ambiente - ambiente/individuo che non si può trascurare. Modalità sensoriali formate nell'arco del tempo, attraverso tutta l'evoluzione dell'uomo, ci mettono in relazione con l'ambiente e attivano complesse esperienze fisiche e psichiche. L'ambiente, naturale o artificiale che sia, comunica e induce comportamenti.
"Lo spazio urbano può garantire la dignità dei suoi cittadini solo se è capace di darsi, attraverso l'architettura, spazi di relazione, forme, segni e simboli, capaci di rappresentarli riproponendo quei temi collettivi condivisi e per questo fonte di identità, che già dal medioevo le città europee erano

state capaci di esprimere (…) L'urbanista che parla di fioriere, di edicole e di bar, di passeggiate nel verde e di panchine, l'urbanista che scende dal suo altissimo scranno, che smette di considerare la città fatta di standard, volumi e assi prospettici e si mette ad osservare i gesti delle persone che la abitano, è il segno di una nuova disponibilità all'ascolto, la speranza che si possa dismettere un poco l'edilizia della qualità per fare spazio a una architettura di qualità." (G. Bertagna, A. Bottoli, 2009)
E' importante valutare l'ambiente in modo biologico, polisensoriale, o semplicemente considerarlo come luogo dove "avvengono fatti", si intessono relazioni, e pertanto diviene fondamentale il renderlo armonico, coerente, vivibile con qualità aggiunte.
L'uomo, per istinto innato, legge, interpreta e giudica per la propria sopravvivenza ed evoluzione; così nel momento in cui percepisce il paese/ambiente come accogliente, portatore di vantaggi, leggibile, capace di comunicare (segnali ed orientamento) inoffensivo, "*bello*", vive ogni spazio con interesse, curiosità e piacevolezza, provando attaccamento ai luoghi e benessere.
Il paese rappresenta il luogo riconosciuto e riconoscibile nella vita quotidiana di molte persone, nonché la "memoria storica" e identitaria a livello paesaggistico e architettonico. "Abitare" luoghi in effetti vuol dire non tanto *stare in* uno spazio, ma "abitare significati" (S. Petrosino). Anche la piacevolezza - o meno - che percepiamo, diviene espressione soggettiva di ciò che stiamo assorbendo dall'osservazione attiva di ciò che abbiamo attorno. "Mi piace la mia città, ma non saprei dire esattamente che cosa mi piace. Non credo sia l'odore. Sono troppo abituato ai monumenti per aver voglia di guardarli. Mi piacciono certe luci, alcuni punti, i tavolini dei caffè. Mi piace molto passare in un posto che non vedevo da tempo." Ci racconta Perec. Il centro del paese, normalmente, diviene luogo di memoria, di socialità, di attività; qui si ritrovano simboli di autorità (religiosa, se vi è la chiesa, civile con il municipio), presenze commerciali e bar, magari il mercato settimanale e qui si svolgono cerimonie commemorative. Il centro, come direbbe Marc Augé (1992), *si anima*. L'ambiente urbano è anche testimonianza concreta della filosofia politica espressa da ogni Amministrazione e la ridefinizione degli spazi, che nella loro globalità vuol dire *attenzione per ogni dettaglio e particolare*, diviene per i cittadini motivo di apprezzamento; le persone si accorgono di questi particolari e ne traggono conseguenze di ordine più generale. Compito dell'amministratore è decidere volta per volta su quali e quanti 'particolari' agire: il colore, tuttavia, che non è comunque una mera componente di dettaglio, viene ad assumere un ruolo prioritario e centrale nell'economia di un progetto complessivo.

2. Colore e spazio urbano

"...non vi sono colori nel mondo esterno, il colore è una costruzione del cervello, è una proprietà del cervello e appartiene al cervello." (Semir Zeki)

Il termine colore è definibile come una serie di differenti sensazioni cerebrali visive indotte dalla luce emessa dagli oggetti illuminati in base alle qualità atomiche della superficie degli stessi. La sensazione cromatica si avverte perché l'essere umano dispone di un sistema occhio-cervello capace di discriminare, distinguere, una certa gamma di lunghezze d'onda della luce, nel momento in cui questa interagisce con la materia che incontra. La capacità di distinguere si esplicita attraverso diverse sensazioni alle quali sono stati dati i nomi dei colori. (G. Bertagna - A. Bottoli, 2009)
Il colore è un elemento costruttivo del percetto che noi vediamo, uno strumento progettuale e un forte mezzo/veicolo di comunicazione, ma va sempre valutato tenendo conto del contesto in cui si inserisce. Radicato è il pregiudizio che esso sia un problema di puro "estro" e "gusto" personale/soggettivo e che debba essere progettato seguendo chiavi di lettura "decorative". Invece "La conoscenza della componente cromatica" come direbbe l'arch. Mario Bisson (2006), "è importante elemento del progetto architettonico", pertanto va utilizzata al fine di restituire un coerente e cosciente atto progettuale.
L'aspetto del colore urbano è strettamente connesso a problematiche più vaste, tra le quali da un alto il recupero del patrimonio edilizio storico esistente e dall'altro la riqualificazione di aree periferiche, di recente costruzione. In una prospettiva progettuale che tiene conto di parametri biologici e percettivi, la tinteggiatura non investe solo il singolo edificio, ma si inserisce in una pianificazione più generale, rivolta ad un "effetto paese" coeso. Colori, materiali, forme, luci, elementi naturali,

segnaletica, arredo urbano, partecipano alla lettura dell'ambiente esterno e devono rientrare in una progettazione programmatica attenta alla conservazione, rivalutazione e riqualificazione del tessuto urbano, che risulti essere coerente con il vissuto, i sentimenti e le emozioni dell'utenza. Lo spazio urbano può garantire dignità a chi lo abita, e lo fa anche attraverso un'architettura che sia in grado di fornire spazi di relazione, da analizzare attraverso una lettura in chiave sensoriale, percettiva, antropologica e quindi legata all'utilizzo del colore come strumento utile per una riappropriazione del territorio, vissuto e vivibile, da parte dell'uomo.
Consci del fatto che non si possono restituire tutte le risposte alle problematiche urbane e risolvere quindi con una tinteggiatura colorata le questioni gravose legate a luoghi degradati o periferici, invivibili o vissuti come "vuoti", né che basti una *spennellata* di colore per ridare valore ad una architettura priva di significato, sappiamo però che lo *strumento colore* ha una effettiva capacità di agire sul territorio, se utilizzato adeguatamente e con un piano di riferimento, rispettando anche le logiche dell'economia. Come diceva Bruno Taut - e malgrado sia passato un secolo la citazione è attuale: "Il colore non è costoso come le decorazioni, i cornicioni e gli aggetti, il colore è gioia di vivere, e dato che richiede disponibilità limitate dobbiamo insistere perché venga acquisito in un'epoca come la nostra angustiata da una grande carenza di costruzioni di ogni tipo, che non potranno neppure essere realizzate". (B. Taut, *L'arcobaleno. Invito all'architettura colorata*, 1919)

3. Rovasenda (VC) - Considerazioni sullo stato dell'arte

Rovasenda è un comune di 929 abitanti in provincia di Vercelli; il paese di trova 31,10 km a nord del capoluogo, sulla riva sinistra del torrente omonimo. Attualmente il paese sorge al centro della "baraggia" vercellese, un territorio di grande estensione, ricoperto di querce, betulle, in un paesaggio di radure e macchie boschive.
Bruno Zevi nel suo libro "Il Linguaggio Moderno dell'Architettura" cita Roland Barthes: "la città è un tessuto, non composto di elementi uguali di cui si possono contabilizzare le funzioni, ma di elementi forti e di elementi neutri o, come dicono i linguisti, di elementi segnati e di elementi non segnati"; ed aggiunge: "in altri termini, nel discorso urbano gli elementi "non segnati" acquistano maggior rilievo di quelli "segnati". Ciò può applicarsi all'intera esperienza architettonica, a scala di edificio come di città: sono gli elementi non segnati, i vuoti, gli spazi, i veri motori. La semiologia, attraverso uno dei suoi massimi esponenti, conferma quanto sanno tutti gli architetti, anche se pochissimi ne tengono conto: quel che vale e dirige in una configurazione architettonica o urbana è proprio ciò che non viene segnato: lo spazio." Partendo da queste considerazioni e dall'analisi in situ effettuata "muovendoci nello spazio urbano" osservando coni percettivi, dettagli e cogliendo anche a livello emozionale la natura del luogo, abbiamo ritrovato in Rovasenda spazi segnici configurati da continui pieni e vuoti, legati ad un contesto sia naturale che artificiale. Lo sviluppo dell'edificato nel centro storico, per esempio, non è costituito da cortine architettoniche continue, ma come su Via Umberto Primo, da interruzioni e da *vuoti* corrispondenti a vie e strade, o a corti interne, tipiche dei cascinali e degli ambienti rurali. Lo sguardo va oltre gli edifici verso la campagna a retro delle case. Non si evince una compattezza dell'edificato, come in altri paesi della zona vercellese e piemontese; si viene risucchiati dai distacchi e l'occhio curioso vaga al di là dei prospetti sulla strada principale, per soffermarsi sui fienili nascosti o gli scorci privati. Questa caratteristica, propria di Rovasenda, diventa poi elemento diffuso anche nello sviluppo urbano recente; le abitazioni unifamiliari con giardino, a volte anche le palazzine multipiano, si inseriscono nel territorio attorno al centro storico, a macchia d'olio, intercalate da vie, slarghi, incroci, prati e terreni coltivati. I vuoti si riempiono anche di presenze grigie, i vari edifici di recente costruzione, collegati all'economia tipica del luogo, la coltivazione del riso. Sparsi, vicino al torrente e ai confini della parte aulica del paese, annunciano il lavoro, la tradizione, un vissuto che da secoli fa parte di queste aree baraggive. La presenza si impone e invita a domandarsi quanto possa essere importante non nascondere, mimetizzare tali manufatti, bensì in qualche modo riuscire ad integrarli e valorizzarli nel contesto. Ogni edificio, vicino, prospiciente, attiguo, frontale ad un altro è una presenza che determina la percezione dello scenario globale, così come ogni particolare, colore – e ogni vuoto - inserito nel contesto urbano. Gordon Cullen ci dice che: "Un edificio che si erge da

solo nella campagna è percepito come un'opera di architettura; ma si riuniscano una mezza dozzina di edifici e si renderà possibile un'arte diversa dall'architettura (…) Ancora, supponiamo che gli edifici siano stati raggruppati in modo tale che si possa penetrare all'interno del gruppo, ora lo spazio creato fra gli edifici sarà visto come se avesse una vita a sé, che va al di sopra e al di là degli edifici che lo creano, e la reazione sarà quella di dire *io sono dentro di esso* o *io sto entrando in esso*" E ancora: "Camminare da un capo all'altro della pianta, ad andatura uniforme, fornirà una sequenza di rivelazioni. Se (…) progettiamo le nostre città dal punto di vista della persona che si muove (pedone o automobilista) è facile vedere come l'intera città diventi una esperienza plastica, un viaggio attraverso pressioni e vuoti, una sequenza di *exposure* e di *enclosure*, di costrizione e di sollievo."

Il land mark, il riferimento, che proprio muovendosi per le strade di Rovasenda si annuncia in varie prospettive, è sicuramente il castello (1170 – Torre 1459/1461), percepibile da ogni via di accesso al paese, con la sua definizione cromatica rossastra data dalla materia (Fig.1), il mattone, forte testimonianza storica e identitaria, presente per altro in altri edifici e muri perimetrali. Un altro fattore di pregnanza percettiva è la presenza di muri, alti o bassi, completamente ciechi, spesso solo intonacati e quindi ingrigiti, molto diversi da quelli invece costruiti con materiali tradizionali a vista, come il mattone o la pietra. Se nel secondo caso è indiscutibile la conservazione di un patrimonio materico che racconta la storia del luogo e che attraverso una lettura polisensoriale rende stimolante e interessante lo spazio abitato, nel primo - cioè per i muri ciechi nuovi e intonacati – occorrerebbe una riqualificazione percettiva al fine di ridar loro una vera identità ed eliminare l'evidente senso di vuoto (in questo caso negativo) che si va a formare nello scenario globale.

La mappatura cromatica, effettuata sia sugli edifici (fondi, zoccolature, particolari, dettagli, serramenti, etc.), sia sulla materia ritenuta storica e di tradizione (pietra, mattoni, i sassi raccolti dal fiume), ha rilevato una diffusione di colori per lo più giallastri e rosati. Il torrente dal quale storicamente si sono estratti gli inerti per gli intonaci, ha una composizione di terre rosate. Anche le pietre, mappate e rilevate con colorimetro, hanno fornito una gamma di colori non solo giallastri, ma soprattutto rosati. Considerando, per l'analisi, basilari gli aspetti percettivi e la lettura del paese nella sua interezza, attraverso – come sosteneva Jean Philippe Lenclos - le caratteristiche cromatiche anche materiche, si ritiene che il paese *leggibile* sia quello ormai consolidato nell'immaginario di chi lo vive, con determinate peculiarità distinguibili e che quindi la connotazione cromatica e identitaria di Rovasenda sia correlata strettamente con la materia tradizionale e i suoi colori.

Secondo Lucia Ronchi nel saggio "La ricerca di avanguardia vista dall'AIC nel terzo millennio", il colore della città riguarda, del resto, non solo le facciate degli edifici, ma ogni elemento percepibile, dai tetti ai materiali utilizzati, dalle decorazioni alle pavimentazioni. Il colore si relaziona con ogni parte della città. E' necessario quindi capire come esso possa creare variazioni, coesioni, orientamento nel paesaggio analizzato. Inoltre Ronchi parla di "sottofondo storico". Quali tinte utilizzare per proporre una adeguata tavolozza? Quali nuances? Accanto alla mappatura effettuata dei colori intrinseci, si sviluppano in tal senso le riflessioni sul colore percepito.

Secondo ricerche effettuate al Politecnico di Stoccolma, è risultato che i fattori di maggiore importanza, nella lettura cromatica di edifici, sono: la relazione tra edificio e l'ambiente circostante, il tipo di edifici considerati, la preferenza soggettiva degli osservatori, fattore questo, per altro, biologico e culturale. "La valutazione ambientale dipende da certi criteri visivi, incluso l'equilibrio fra la complessità e la visione globale dell'ambiente" (Bergstrom), quindi la scelta del colore non deve riguardare solo l'edificio in sé, ma la sua relazione con tutto il paesaggio, lo scenario, che lo circonda. Le persone, del resto, costruiscono il significato del colore come "colore nel contesto", mai da solo (Smith). Il colore è un elemento di base dell'idea che l'individuo si fa dell'ambiente che lo circonda (Avila), funge da agente morfologico e in quanto tale rafforza o distrugge il significato e la forma dell'immagine globale urbana. Ovviamente il *colore locale* è unico per un dato luogo, e dipende dalle sue condizioni. I colori che creano la sensazione di *essere a casa* consentono il riconoscimento a chi già aveva vista quell'area, facilitano l'orientamento per chi viene da fuori, ma, anche, evocano delle sensazioni, l'atmosfera, le associazioni, anche se non sempre facili da

catturare." (L.R. Ronchi, S. Rizzo)

Fig. 1 - Rovasenda, la materia

4. Conclusione - Il Piano del Colore di Rovasenda

Il piano, esteso su tutto il territorio comunale e non solo parcellizato al nucleo storico, prende in considerazione sia i colori *diffusi,* ovvero quei colori che ormai fanno parte del territorio e del vissuto, sia i colori *storici* desunti soprattutto dalle preesistenze storiche, nonché dai materiali utilizzati nella costruzione degli edifici, che costituiscono i tratti peculiari, identitari del territorio e che caratterizzano in modo evidente i luoghi. L'analisi di schedatura, rilievo e mappatura sul centro storico, incrociandosi con i dati archivistici e storici, è servita per la corretta formulazione del piano e per non ricadere in una ricostruzione *creativa,* che avrebbe potuto dar luogo a falsi storici. Si è ritenuto comunque fondamentale inquadrare l'immagine reale e contemporanea di Rovasenda, in tutto il suo territorio, per verificare l'aspetto tradizionale dei luoghi, che non appartiene soltanto ad epoche lontane e passate, ma che riguarda la contemporaneità.

Il piano di Rovasenda comprende un accurato studio del contesto e dello scenario sia artificiale che naturale. Il colore analizzato è stato valutato attraverso i gradienti di tinta, saturazione e di chiarezza, così come i colori nella tavola di progetto sono stati considerati in relazione al contesto in cui si inseriscono, in una prospettiva estesa al futuro, al fine di costruire un coerente strumento di identità, orientamento ed espressività, che potremmo definire "colourscape" (Definizione di Michael Lancaster, 1995, ove per colourscape egli intende il paesaggio cromatico. Espressione che comprende tutte le parti dell'ambiente, sia urbano che rurale, definite attraverso il colore). L'intento è di creare una sorta di "coerenza" percettiva su tutto il territorio di Rovasenda, in grado di trasmettere e rappresentare la storia e la tradizione locale, anche attualizzata.

La **tavola generale** riporta tutti i colori diffusi rilevati, con notazioni NCS e RAL; è una tavola di sintesi con colori sia storici che di recente applicazione e che fornisce l'immagine globale dello stato dell'arte.

La **tavola storica** riporta i colori degli edifici più antichi e considerati dal PRG come storici. E' puramente indicativa, in quanto le tracce sovrapposte nel tempo non permettono di rilevare colori specifici. Le stratigrafie effettuate, delle quali si è tenuto conto per il nucleo storico, conservandone le cromie, hanno in parte avvalorato con il loro esito, l'esistenza di colorazioni rosate e giallastre.

La **tavola di piano,** vero strumento di progetto, riguarda i colori identitari del luogo, declinati in modo sostenibile a livello percettivo, secondo ordini di chiarezza, cromaticità e tinta. Ai colori scelti tra quelli *diffusi* rilevati – ritenuti compatibili con i caratteri identitari del territorio, quindi appropriati e non casuali – se ne sono cioè aggiunti altri, i colori *introdotti*, per non limitare numericamente le possibilità di progettisti e cittadini. Alcuni colori rilevati, invece, sono stati tolti, *negati*, ritenuti non adatti, in quanto totalmente stridenti con la tradizione dei luoghi, perché troppo saturi, troppo accesi o troppo scuri. Le notazioni di tutti i colori, con il sistema NCS, permettono una corretta gestione, comunicazione e utilizzazione del colore.

Accanto alla tavolozza di riferimento per l'utilizzo dei colori, il piano fornisce **suggerimenti allogativi** per le facciate degli edifici. L'impiego delle allogazioni è parte integrante del Piano del

Colore. Le indicazioni allogative si associano a quelle inerenti l'ubicazione degli edifici (posizionamento, vicinanza…) e alla loro alternanza cromatica. Il posizionamento di specchiature cromatiche sull'edificio, suddiviso in almeno tre colori, porta ad una lettura biologica e facilitata, sia dell'edificio medesimo, che del complesso scenario generale. Attraverso una diversificazione cromatica dei prospetti, si mantiene l'aspetto della stratificazione, parte integrante del territorio storico architettonico. (Fig. 2)
I suggerimenti allogativi riguardano poi l'edilizia di nuova concezione, al fine di restituire un'immagine percettiva coerente in ogni parte del territorio comunale. L'analisi del territorio implica inoltre una ricerca sulle **tipologie** degli edificati presenti, esplicitate in una tabella. La tabella - di impatto percettivo delle tipologie - è uno strumento analizzato e strutturato dai professionisti A. Bottoli e G. Bertagna, B&B colordesign; il nostro approccio, essendo in linea con tale riferimento e ritenendo necessaria la valutazione anche delle tipologie presenti, la ripropone, per una lettura e gestione facilitata del piano del colore. La tabella delle tipologie edilizie sottolinea la maggiore o minore criticità percettiva e rappresenta le diverse tipologie edilizie in base ai parametri che influiscono sull'impatto visuo-percettivo. Elementi discriminanti sono la loro appartenenza alla categoria degli edifici storici o a quella dell'edilizia moderna diffusa edificata nel dopoguerra e il loro rapporto con il "paesaggio circostante".
Qualsiasi colore venga scelto per gli edifici nell'ambito del Centro Storico, la lettura orizzontale, verticale e trasversale deve permettere una percezione armonica e coordinata, avente come obiettivo primario la definizione di un "continuum cromatico" sui prospetti principali. Si è quindi rielaborato uno schema esemplificativo di attribuzione del **colore dominante** per rispettare il continuum cromatico. Poichè sussiste, inoltre, una relazionalità tra edifici vicini, prospicienti, frontali e con il contesto ambientale attorno, si è tenuto conto delle possibili influenze tra colori giustapposti, capaci di mutare la percezione dell'insieme (contrasto simultaneo, effetti figura sfondo dati dall'inclusione di un colore in un altro, etc.).
La tavola dei colori di piano propone un sistema coordinato dove i colori si integrano nel contesto ambientale e si confrontano tra loro in rapporto armonico, per saturazione (cromaticità), tinta e chiarezza; i colori della tavola di piano sono stati disposti in modo da determinare delle "famiglie cromatiche" o "piani di tinta" strutturate mediante specifiche scale cromatiche. Tali piani di tinta permettono anche la semplificazione nella scelta dei colori dominanti.
Le **linee guida** del piano, forniscono, in generale, norme e regolamentazioni che disciplinano e controllano: le singole opere di coloritura, pulitura, restauro, manutenzione delle facciate e dei manufatti di arredo urbano di tutti gli edifici residenziali presenti sul territorio urbano, senza distinzione tra zone appartenenti al nucleo storico e aree periferiche, fatta eccezione per gli edifici sottoposti a vincoli di carattere storico/monumentale.
Un aspetto che è stato considerato nella redazione del piano, è quello relativo ai meccanismi di legittimazione, sia nei confronti dell'amministrazione, che in quelle degli abitanti di Rovasenda. Si è preferito optare per il cosiddetto piano del colore proposto, o "del cittadino". Il piano stabilisce una cartella colori e delle regole generali da seguire, dette anche linee guida, che prevedono variabili di scelta. "Esempi di questo tipo di piani si trovano in buona parte in quei piani del colore che, rispetto ad una fedele riproduzione dei colori originari, operano ricercando una soluzione di continuità con l'identità cromatica storica e tradizionale della città. Questi piani, spesso, infatti, pur definendo i colori e le indicazioni di impiego, sono predisposti per lasciare aperta una certa variabilità di scelta in fase attuativa." (C. Boeri, 2018). L'ampia tavolozza presente nel nostro piano, composta da tutti i colori coerenti con gli aspetti tradizionali e locali, sebbene obbligatoria, consente una notevole possibilità di scelta sia da parte dei progettisti, che dai cittadini del posto. Le discipline predisposte supportano il progettista nelle sue decisioni. La tavola dei colori di piano, insieme alle norme, diventano strumenti per tutelare l'identità del territorio, la cura del percepito, la qualità di vita che passa attraverso l'apprezzamento estetico del territorio urbano nella sua globalità, connesso a significati e valenze psicologiche, sociali, culturali.

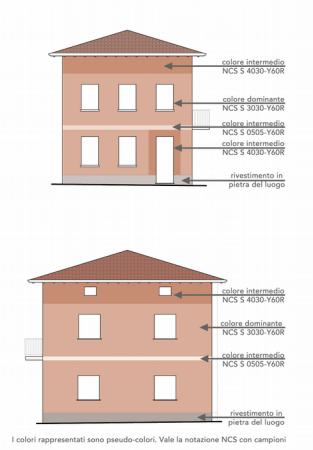


Fig. 2 - suggerimento allogazioni

Piano del Colore – Progetto e stesura: arch. Marco Bonino - arch. Cristina Polli color designer - collaborazione: arch. Alice Tacchi - stratigrafie: dott.ssa Chiara Gagioli

I rilievi sono stati effettuati con colorimetro comparatore e con confronto per contatto con adeguati isolatori e carte colorimetriche del **Sistema cromatico internazionale NCS Natural Color System -** Strumenti NCS utilizzati: Colourpin 2, Atlas 1950 Original, Box 1950 Original, Cartella a ventaglio Index - Cartella RAL

References

[1]. Maria Rosa Baroni, "Psicologia Ambientale", Il Mulino, 1998, pag.45
[2]. Kevin Lynch,"L'Immagine della Città", Marsilio Editore, VE, 1982, pag. 23
[3]. Franco La Cecla, “Perdersi”, Ed. Laterza, Roma-Bari, 2000, pag. 33
[4]. Antonio Acierno, Postfazione: ″La protezione dello spazio pubblico", in: Angelino Mazza, "La deriva securitaria nel governo degli spazi pubblici", Aracne Ed., 2004
[5]. G. Bertagna, A, Bottoli, “Perception Design”, Maggioli Ed., 2009, pag. 40
[6]. G. Perec, “Specie di spazi”, Bollati Boringhieri, TO, 1989, pag.76
[7]. B. Zevi, "Il Linguaggio Moderno dell'Architettura", Piccola Biblioteca Einaudi , 1973, pag 119,120
[8]. G. Cullen, “Aspetti di morfologia urbana”, Calderini Ed., 1978
[9]. L. Ronchi, “La ricerca di avanguardia vista dall’AIC nel terzo millennio”, LXXVIII, Fondazione G. Ronchi, FI
[10]. B&B colordesign - Giulio Bertagna, Aldo Bottoli & Partners - Piano di Riqualificazione Percettiva di Pessano con Bornago, 2017 e B&B colordesign - Giulio Bertagna, Aldo Bottoli & Partners - Piano di Riqualificazione Percettiva di Monza
[11]. M. Bisson, C. Boeri, “Variazioni sul colore”, Franco Angeli Ed., MI, 2006
[12]. C. Boeri, “Color loci placemaking”, politecnica, Maggioli Editori, Santarcangelo di Romagna (RN), 2018, pag. 122

I colori del Floreale a Napoli

Maria Martone[1], Alessandra Marina Giugliano[1]
[1]Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza di Roma

1. Introduzione

La produzione del Floreale a Napoli si sviluppa in relazione al piano di ampliamento e di risanamento della città del 1885 e con la legge del 25 luglio 1912 emanata per il completamento del piano [1]. È nei quartieri di nuova urbanizzazione delle colline del Vomero, Posillipo e Chiaia che a Napoli si diffonde l'innovazione tipologica e formale di un nuovo linguaggio architettonico che, come è noto, si sviluppa in Europa tra il 1880 e il 1910 con denominazioni e caratteri espressivi diversi a seconda delle nazioni interessate. In Francia e in Belgio il nuovo linguaggio architettonico prende il nome di *Art Nouveau*, in Gran Bretagna *Modern Style*, *Modernismo* in Spagna, *Jugendstil* in Germania, *Sezessionstil* in Austria, *Liberty* o *Floreale* in Italia, dal nome dei magazzini londinesi di Arthur Lasenby Liberty.
A Napoli il Floreale è legato alle opere di numerosi architetti tra cui Adolfo Avena, Giulio Ulisse Arata e Gregorio Botta che, intervenendo nel rispetto dei nuovi regolamenti edilizi, si fanno portavoci di una più moderna cultura architettonica che vede una integrazione di architettura e di arti decorative con l'abbandono di ogni assialità e simmetrie sia in pianta che in prospetto. Motivi floreali, delicate nervature, disegni vegetali definiscono modanature, finestre, ingressi, marcapiani utilizzando nuovi materiali, come il vetro, il ferro e le maioliche, portatori di un insieme di colori caratterizzanti ogni singolo elemento [2].

2. Il Floreale a Napoli

A Napoli, così come anche in altre città europee, l'edilizia floreale fu preceduta dal movimento delle arti applicate. Fu istituito, con il patrocinio del principe Filangieri, il Museo Artistico Industriale la cui attività didattico-industriale fu molto apprezzata da parte di studiosi e maestri d'arte stranieri per efficienza e modernità. Accanto al museo che raccoglieva opere della tradizione locale e straniera, furono istituite anche officine di ceramica, stipetteria, fusione del bronzo e della litografia, tra cui ricordiamo la Figulina Artistica Meridionale, fondata nel 1902 da Giovanni Tesorone, che rappresentò la prima iniziativa artistico-industriale legata allo sviluppo della tendenza del Liberty a Napoli.
Una delle manifestazioni più importanti fu L'Esposizione di Venezia del 1903, in cui sotto la direzione di Ernesto Basile, figura di spicco nella moderna architettura italiana, furono allestite le Sale del Mezzogiorno, in cui furono presentati prodotti napoletani e siciliani. La partecipazione alle Esposizioni internazionali veneziane e i contatti con Basile determinarono il successo del Floreale napoletano. Non a caso le prime opere di gusto liberty sono state realizzate come sistemazione interna di edifici ottocenteschi, come ad esempio le vetrate degli alberghi di Londra e di Santa Lucia arredati con elementi floreali dall'architetto Giovan Battista Comencini [2].
La prima zona interessata dal floreale a Napoli è quella circostante la strada di Posillipo, caratterizzata da notevoli dislivelli orografici e da fortissima suggestione per la veduta che offre sul golfo di Napoli. La collina separa il golfo di Napoli da quello di Pozzuoli. Per l'espansione di Napoli fu progettato un piano Regolatore nel 1914 da Francesco De Simone, progettista egli stesso di alcune opere del floreale, che prevedeva l'edificazione della falda occidentale e orientale della collina di Posillipo fino alle pendici del Vomero. La zona di edificazione venne definita dallo stesso De Simone "la città giardino dell'ovest" in cui furono previsti piccoli parchi distribuiti lungo percorsi di collegamento con il Vomero. Un grande e panoramico parco, il parco Carrelli, fu costruito lungo una strada a tornanti che solo dopo molti anni dalla sua realizzazione fu collegata alla soprastante via Petrarca. Inizialmente caratterizzato da edilizia floreale, il parco ha subito notevoli variazioni. Lungo Salita di

Casale di Posillipo che si collega a via Manzoni, si configurano l'elegante villa Pappone e poco più avanti villa delle Rose, significativi esempi di stile Floreale a Napoli.
Una seconda zona in cui si sviluppa una edilizia in stile liberty/floreale è la collina di Chiaia, zona centro occidentale tra via dei Mille, piazza Amedeo e via Parco Margherita, compresa tra il corso vittorio Emanuele e il Reale passeggio della Riviera di Chiaia. Anche qui la planimetria del nuovo quartiere presenta una pianta "organica" dovuta alla natura orografica dell'area e quindi poco adatta agli impianti ottocenteschi a scacchiera presente nella città bassa. Ciascuna di queste vie si differenzia dalle altre con tipologie differenti. È il caso ad esempio di via del Parco Margherita, la strada liberty per antonomasia, in cui lungo il suo percorso si articolano villette e palazzetti di notevole pregio architettonico con colorate pensiline e decorazioni maiolicate. Su via dei Mille e via Filangieri, invece, il floreale è presente con edifici massicci ed imponenti, come ad esempio il caso di palazzo Mannajuolo.
Un'altra zona impegnata nel piano di ampliamento della città fu quella costituita dall'altopiano e dalle pendici della collina del Vomero in cui la nuova edilizia segue i canoni del nuovo linguaggio floreale. Mentre sull'altopiano fu possibile un nuovo insediamento con un impianto a scacchiera, sul versante meridionale della collina fu realizzato un sistema viario nel rispetto del paesaggio e dell'orografia del luogo. Lungo via Luigia Sanfelice, via Gioacchino Toma, Via Filippo Palizzi si rileva una presenza e una continuità maggiore di edifici liberty che per adeguarsi alle asperità del sito, furono progettati con una particolare struttura a ponte per la realizzazione dell'ingresso [3] (Fig. 1).

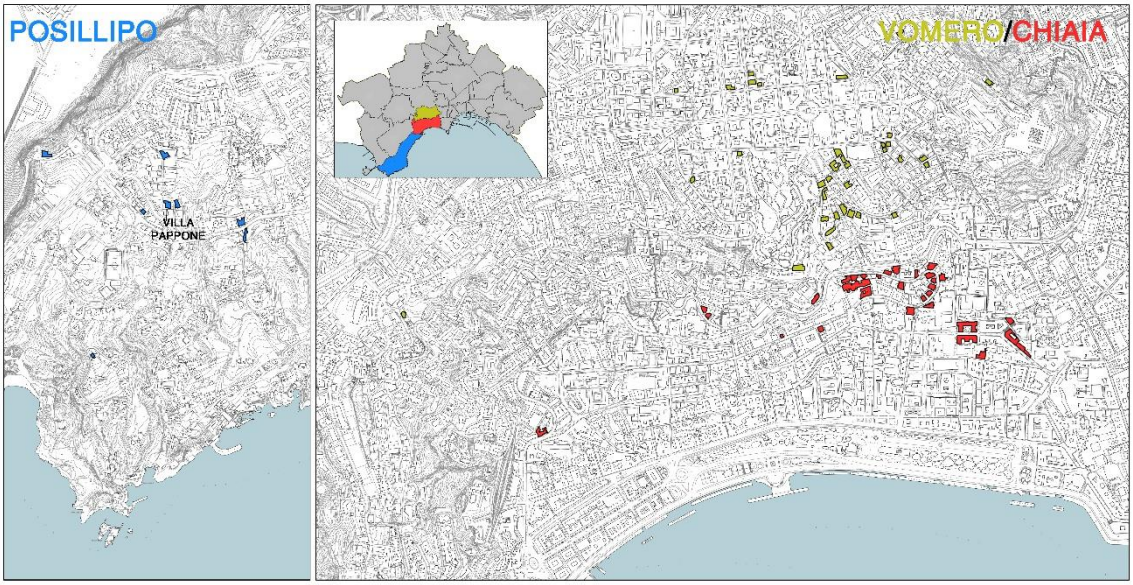


Fig. 1 – Planimetria dei quartieri Posillipo, Chiaia e Vomero con indicazione della principale produzione floreale a Napoli.

3. Gli effetti di luce attraverso vetrate colorate e superfici maiolicate

Lo stile Liberty/Floreale trova in architettura una delle sue più eloquenti espressioni nella realizzazione di superfici esterne maiolicate o realizzate con ferro e vetro quasi sempre opaco. Pensiline, verande e finestre di villini e palazzi costruite secondo la tecnica del vetro piombato con raffinate decorazioni e variazioni cromatiche creano interessanti giochi di riflessi colorati e suggestivi effetti nella diffusione della luce interagendo con l'ambiente esterno della strada, mentre la superficie lucida della maiolica di decorazioni policrome che rivestono numerosi palazzi floreali a Napoli rende i colori brillanti determinando effetti particolari di riflessione e diffusione della luce. Numerosi sono gli esempi a Napoli in cui coesistono entrambi i trattamenti di superfice, come la facciata dell'ex Grand Hotel Eden di Angelo Trevisan visibile da piazza Amedeo, oggi Villa Maria, in cui contrasti cromatici sottolineati da una accurata scelta di materiali ossia il mattone, vetro e maiolica contribuiscono a dare un suggestivo aspetto orientale all'edificio (Fig. 2a/b). Ancora un altro esempio

di liberty orientaleggiante è l'edificio di colore rosa salmonato in via del Parco Margherita 57, in cui pannelli in maiolica policroma dai colori verde e giallo pastello sormontano finestre monofore e bifore ad arco ribassato ed evidenziano una fascia marcapiano di un verde azzurro al piano terra che avvolge il portico di ingresso con soprastante balconata. Verande policrome in ferro e vetro si aprono nella facciata principale e nei prospetti laterali in cui ricorrono schemi di semplici geometrie (Fig. 2c/d/e).

Fig. 2 – In alto: Villa Maria, ex Hotel Eden (a, b); in basso: palazzo in via Parco Margherita 57 (c, d, e).

Di forme classiche è una colorata pensilina in ferro e vetro che copre l'ingresso del palazzo di forme barocche al civico 38 in via Parco Margherita. Il rigore formale del disegno della pensilina basato su una composizione di quadrati, rettangoli e semicerchi ha un riscontro anche nella scelta rigorosa dei colori primari del giallo, rosso e blu che creano un armonico contrasto primario basato su un rapporto quantitativo. La predominanza, infatti, del vetro di colore giallo con al centro il rosso di una forma allungata, terminante con due semicerchi, reca una maggiore luminosità all'area di ingresso dell'edificio. Forte è il richiamo a Mondrian della composizione della piccola vetrata, in cui ogni figura geometrica è evidenziata dalla striscia del legante tra le lastre. In contrasto con il disegno schematico della vetrata è una ricca decorazione in ferro battuto che corre lungo il contorno della pensilina con un susseguirsi di piccole palmette che riecheggiano gli acroteri dei templi antichi (Fig. 3a/b).

Esempio emblematico nella produzione del Floreale a Napoli è la Cassa Armonica nella Villa Comunale realizzata nel 1877 su progetto di Enrico Alvino, in cui un tempo si esibiva la Banda musicale della città [4]. Una elegante struttura in ghisa a pianta circolare è coperta da una cupola a spicchi triangolari composti ciascuno da strisce rettangolari di vetro bianco opaco poggiante su tamburo poligonale a traliccio, sostenuto da sottili colonnine su cui si aprono archi a tutto sesto.

Completa il disegno della struttura poligonale una colorata pensilina perimetrale bicroma che sporge dal volume della cassa armonica, formata dall'alternarsi di vetri blu e gialli. La corona colorata, rappresentando un diaframma verso l'esterno, esalta il bianco della cupola cuspidale che, illuminata sole, diventa fonte incandescente di luce. Un recente restauro ha ripristinato i colori originari del progetto di Alvino e l'intera struttura nella sua leggerezza continua ad essere un elemento fortemente caratterizzante l'ambiente circostante (Fig. 3c/d/e).
Ricca di fregi floreali che avvolgono l'intero volume è villa Irene già villa Ascariello, in giallo paglierino, realizzata su progetto di Adolfo Avena nel 1913 sulle pendici del Vomero, lungo i tornanti di via Palizzi, ai civici 41 e 43. Una particolare pensilina dalla forma curvilinea in ferro e vetro realizzata con sinuosi spicchi verdi e gialli si apre sull'ingresso lasciando penetrare la luce che assume riflessi verde-giallo in continuità con i colori del giardino circostante [5] (Fig. 3f/g).
Imponente nella struttura e nella forma è una splendida pensilina liberty in vetro bianco e azzurro che caratterizza il prospetto interno del palazzo Bile situato in vico della Cavallerizza 38, ricco di decorazioni floreali su un impianto neo-rinascimentale. Sempre nel cortile interno, in corrispondenza dell'androne, prospetta una grande veranda in vetro policromo giallo e blu (Fig. 3h/i).

Fig. 3 – Da sinistra: pensilina del civico 38 in Parco Margherita (a, b); Cassa Armonica nella Villa Comunale (c, d, e); pensilina dell'ingresso di Villa Irene, già Villa Ascarelli (f, g); pensilina dell'ingresso di villa Bile (h, i).

Esempio emblematico del Floreale napoletano, che si rifà ai modelli dei paesi del centro Europa, è la Villa progettata da Gregorio Botta nel 1912 per conto di Francesco Pappone, commerciante napoletano, ubicata in Salita di Casale di Posillipo al civico 5, caratterizzata nella facciata principale da una particolare pensilina in ferro e vetri bicromi bianchi e verdi sostenuta da grifoni in bronzo [6]. Balaustre in ferro battuto con disegni diversi ad ogni piano ripropongono motivi floreali che sono presenti anche nelle decorazioni delle cimase delle finestre e nei mensoloni che sorreggono i balconi. Originali alcune decorazioni come il marcapiano maiolicato che verrà riproposto da altri autori in alcune costruzioni coeve al Vomero. La villa, realizzata con ricchezza di materiali, rappresenta un esempio unico nella produzione napoletana che risente ancora dell'influsso dell'eclettismo ottocentesco [2]. Nel paragrafo seguente si propone una analisi critica sulla facciata della villa in cui vengono evidenziate le superfici decorate in maiolica, quelle trattate con il ferro battuto e l'ingresso

al palazzo che volutamente è stato trattato come unico elemento composto dalla pensilina in vetro bicromo e da una ricca intelaiatura in ferro battuto che partendo dal sostenere la pensilina si raccoglie in ampie volute a mo' di ringhiera agli scalini di marmo disposti a conchiglia. Un rilievo fotogrammetrico con una accurata restituzione del portale evidenzia la forma particolare curvilinea della pensilina che trova un corrispondente formale nella disposizione delle scale e della tessitura delle ringhiere.

4. Il rilievo e la rappresentazione degli elementi decorativi

Per comprendere, acquisire e rappresentare gli elementi decorativi di villa Pappone si è fatto ricorso ad una metodologia integrata di rilievo [7], con l'impiego sia di strumenti digitali che diretti. L'acquisizione dei dati metrici attraverso la *structure from motion*, elaborata con il software *Photoscan*, il rilievo diretto e la tecnica del foto-raddrizzamento hanno consentito l'interpretazione dello schema distributivo degli elementi decorativi della facciata, la modellazione e la rappresentazione della pensilina d'ingresso, fino al ridisegno, a titolo di esempio, di una delle fasce maiolicate che caratterizzano il prospetto [8]. Villa Pappone, uno degli esempi del floreale meglio conservati nella città di Napoli, è caratterizzata dalla ricchezza degli elementi decorativi, declinati attraverso un sapiente uso di materiali diversi, e dalla cura del disegno e degli accostamenti cromatici, che non interessa solo la parte esterna ma prosegue organicamente anche all'interno dell'edificio. Lo schema distributivo del prospetto offre una sintesi della ripartizione e della consistenza degli elementi decorativi della facciata presi in esame. L'apparato decorativo è stato dapprima analizzato a seconda del materiale caratterizzante, maiolica, ferro e vetro, e successivamente mappato a seconda della posizione all'interno del prospetto. Ad eccezione della pensilina di vetro di ingresso, episodio singolo ed elemento fortemente caratterizzante della facciata principale, le maioliche dipinte a mano e le ringhiere in ferro battuto sono distribuite per singole fasce, caratterizzate da un disegno diverso ad ogni livello, che girano su tutto l'edificio (Fig. 4).

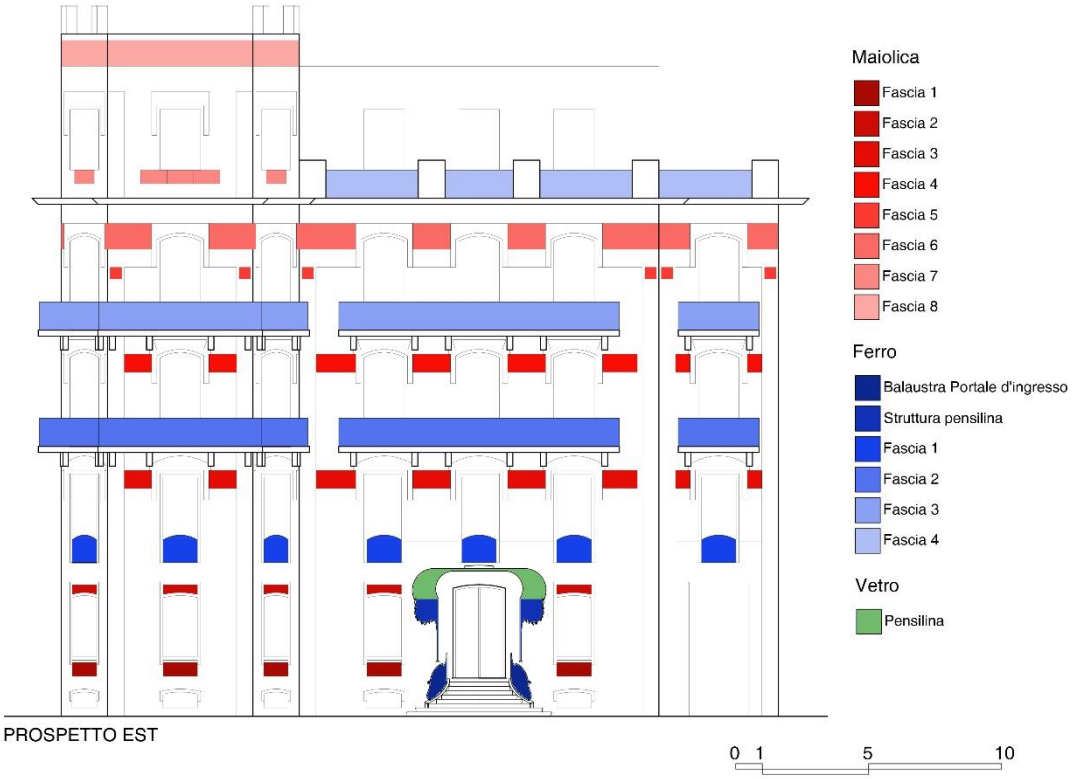


Fig. 4 – Schema distributivo del prospetto con indicazione e posizione degli elementi decorativi declinati a seconda del materiale.

Le ortofoto ottenute attraverso structure from motion, opportunamente scalate grazie ai dati derivanti da rilievo diretto, hanno fornito la base per il ridisegno della pensilina e di tutta la struttura in ferro, in pianta e in prospetto (Fig. 5).

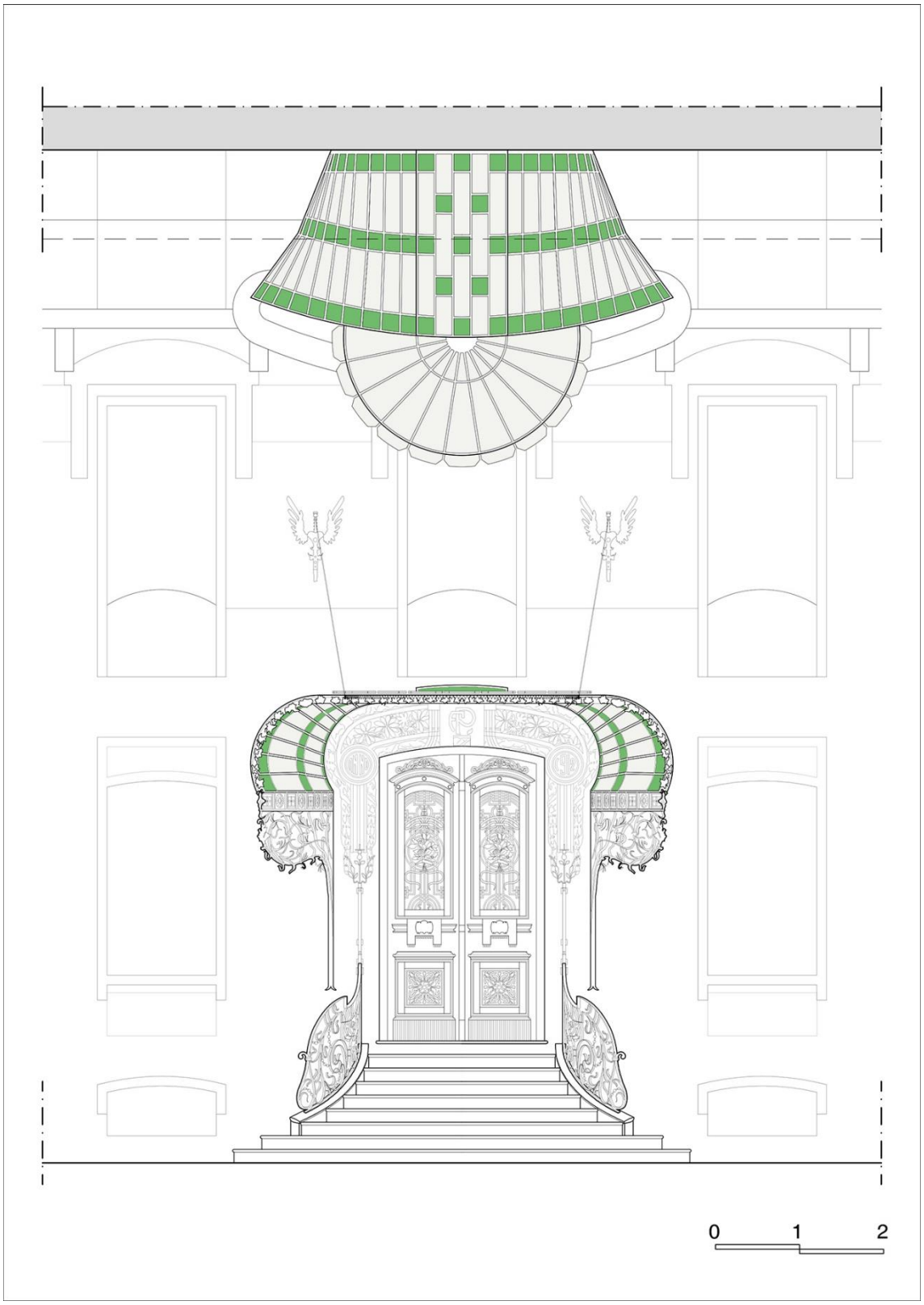


Fig. 5 – Pianta e prospetto del portale d'ingresso con pensilina in ferro battuto e vetri bicromi.

Il rilievo fotogrammetrico dell'ingresso con la sua ricca pensilina con vetri opachi bianchi e verdi ha richiesto condizioni climatiche particolari, al fine di evitare riflessi luminosi, incompatibili con la

difficoltà di *Photoscan* a lavorare con oggetti trasparenti, superfici a specchio o riflettenti. Per le foto è stata utilizzata una reflex Nikon D5200, sensore APS-C 23.6x15.7 mm, che monta obiettivo Nikkor AF-S DX 18-55 mm, senza treppiede. Sono stati realizzati circa 50 scatti, ruotando a 180 gradi intorno all'oggetto. Le immagini sono state allineate all'interno del software con grado di accuratezza "ultra-high" [9]. Nonostante gli scatti siano stati realizzati in condizioni di cielo coperto, ottenendo immagini con una esposizione uniforme, prive di riflessi luminosi e di ombre proprie e portate, sono stati necessari diversi tentativi, variando il numero e l'ordine degli scatti, prima di riuscire ad ottenere la nuvola di punti poi utilizzata per generare la mesh e la texture fotografica che, applicata al modello, ha consentito di generare le viste ortogonali. Un aspetto particolarmente interessante rispetto a questa fase del lavoro è stato la comparazione della vista ortogonale del modello ottenuto con una fotografia dell'oggetto (Fig. 6).

Fig. 6 – Da sinistra: Foto del portale di ingresso e della pensilina; modello texturizzato ottenuto attraverso fotogrammetria; dettaglio della pensilina.

Il modello fotogrammetrico ha messo in risalto la differenza percettiva che si ha della pensilina, infatti questa nella visione prospettica appare molto più svettante e slanciata rispetto alla vista ortogonale. Questa caratteristica è accentuata anche dal fatto che l'ingresso è posizionato a una quota più alta rispetto a quella dell'osservatore, e quindi la copertura è osservata da un punto di vista molto basso. L'uso della *structure from motion* ha consentito, quindi, la rappresentazione di un oggetto molto complesso e di una sua caratteristica peculiare, che sarebbe stata percepibile altrimenti solo grazie ad eventuali disegni di progetto, in proiezioni ortogonali, o elaborati di rilievo successivi. In ultimo, l'analisi degli elementi decorativi si è conclusa con lo studio delle fasce maiolicate (Fig. 7).

Fig. 7 – In alto: foto-raddrizzamento; in basso: restituzione grafica; a destra: matrice cromatica.

La metodologia è stata applicata alla fascia del piano terra, ma potrebbe essere applicata a tutte le fasce dell'edificio, e, in generale, ad altri esempi di maioliche su altri edifici. Per prima cosa è stata realizzata una fotografia ad alta risoluzione della fascia, che è stata raddrizzata con il software *RDF Didattica*, utilizzando le misure rilevate in loco. Sempre in loco è stato rilevato il colore, utilizzando l'applicazione *Color Grab* per la selezione, la cattura e il riconoscimento dei colori attraverso la fotocamera del cellulare. I dati raccolti hanno consentito la realizzazione di una tavola d'insieme, che mette in relazione fotografia, disegno e colore, e che potrebbe essere utilizzata come base per una lettura critica e per la catalogazione degli apparati decorativi in architettura.

5. Conclusioni

L'obiettivo di questo approfondimento, oltre a favorire la conoscenza di un bene attraverso gli strumenti propri del rilievo e del disegno, è stato anche quello di proiettare il dettaglio architettonico, analizzato secondo la sua matrice geometrica, formale e cromatica, alla scala urbana come elemento che contribuisce alla formazione dell'immagine di un contesto urbano. Si auspica che tale metodologia di indagine possa poi trovare riscontro in analisi più vaste sempre finalizzate alla documentazione critica per la conservazione e la tutela del patrimonio architettonico.

Il contributo nasce da un lavoro di ricerca ampiamente condiviso, tuttavia, i paragrafi 1-3 e 5 e le figure 2, 3 sono di Maria Martone, mentre il paragrafo 4, i disegni e le figure 1, 4-7 sono di Alessandra Marina Giugliano.

Bibliografia

[1]. Alisio, Giancarlo, *Il Vomero.* Napoli: Electa, 1987
[2]. De Fusco, Renato, *Il Floreale a Napoli*, Napoli: E.S.I., 1959 (II ed. 1989).
[3]. De Seta, Cesare, (a cura di), *L'architettura a Napoli fra le due guerre*, Napoli: Electa, 1999,
[4]. *L'Illustrazione Italiana*, 28 luglio 1878, n. 20.
[5]. Mautone, Maria, *Ville al Vomero*, Napoli: Grimaldi & e C. Editori, 2011.
[6]. http://www.palazzidinapoli.it/
[7]. Cundari, Cesare, *Il rilievo architettonico. Ragioni. Ragioni. Fondamenti. Applicazioni*. Roma: Aracne Editrice, 2012.
[8]. A.A.V.V., *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi Editore, 2011.
[9]. Foschi, Riccardo, *La fotomodellazione per il rilievo architettonico: metodologie, potenzialità e criticità*, in Ingenio n.36, 2015.

6. Colore e Progettazione

Color design per la produzione industriale di Sant'Andrea Novara

Giuseppe Muriglio

1. Introduzione

La progettazione del colore di un prodotto, passa attraverso una attenta analisi dell'utente, del gesto e del significato che il colore assume quando applicato. In particolar modo il lavoro risulta complesso se il prodotto in questione è un macchinario tessile dalle notevoli dimensioni (circa 6 x 3 x 3m) con interfacce, spazi di manutenzione e organi in movimento; inserito in un contesto con decine di macchinari simili. L'esperienza che portiamo all'attenzione può essere di grande interesse in quanto deve tenere in considerazione molteplici elementi tecnici, stilistici, grafici e funzionali che devono essere messi in coerenza. Il progetto è nato dalla concreta esigenza dell'azienda Sant'Andrea Novara di costruire una propria identità ora inesistente; la necessità di progettare il colore dei macchinari è nata solo dopo una attenta ricerca di marketing che ha portato i progettisti a ritenere che l'immagine coordinata dell'azienda dovesse essere figlia dell'identità dei macchinari: il prodotto è l'immagine dell'azienda.

2. Lo stato dell'arte: i verdi, il tema dell'identità

Conoscere lo stato dell'arte è fondamentale per avere un panorama chiaro e un punto di vista sinottico dello scenario analizzato. Ad oggi Sant'Andrea Novara e SNC posseggono il 95% del mercato e i prodotti si possono distinguere in due macro gruppi: 1 – I macchinari "verdi" prodotti da Sant'Andrea Novara 2 – I macchinari "grigi" di NSC. Queste "definizioni cromatiche" nascono da un retaggio storico in quanto entrambe le aziende sono parte del medesimo gruppo industriale; dunque, negli anni l'uso comune, nel gergo degli imprenditori, ha portato i macchinari Sant'Andrea ad essere definiti "i verdi" per distinguersi dai "fratelli francesi". Il rimanente 5% dei competitor sono tutti "verde macchina"; un colore tipico nella produzione meccano-tessile.

Fig. 1 – Sinottico

3. Il tema della diversificazione

E' evidente dallo schema soprastante che vi è una problematica di fondo legata all'identità; non è un caso che l'unica produzione di "colore differente" sia quella di NSC, gruppo francese leader mondiale nella produzione di macchinari tessili; NSC ha sentito subito l'esigenza di differenziarsi dagli altri produttori prendendo la via "dei grigi" ma, il resto delle produzioni è quasi totalmente un RAL 6011 "verde macchina" il

tutto su dei macchinari tutti molto simili tra loro a livello di struttura e funzione. Si aprono dunque varie tematiche da questo "panorama verde":
1 – Il problema identitario: Sant'Andrea Novara rispetto NSC (stesso gruppo, aziende diverse)
2 – la diversificazione, Sant'Andrea Novara rispetto gli altri competitor (prodotti simili, aziende diverse)
3 – la costruzione di una brand identity per Sant'Andrea Novara (Sant'Andrea Novara comunica con i propri prodotti e la propria brand identity è strettamente legata alla produzione che, purtroppo ad oggi, non è progettata e molto confusa. Il disordine a livello comunicativo rende ancor più difficile distinguere Sant'Andrea dai competitor creando problematiche di identità non solo nella produzione ma anche nel panorama dei pezzi di ricambio. (I pezzi di ricambio Sant'Andrea sono storicamente riconosciuti da tutti produttori come elementi meccanici di alta qualità e precisione ma, a causa di una identità inesistente, sono copiati e rivenduti dai competitor e "spacciati per componenti Sant'Andrea").

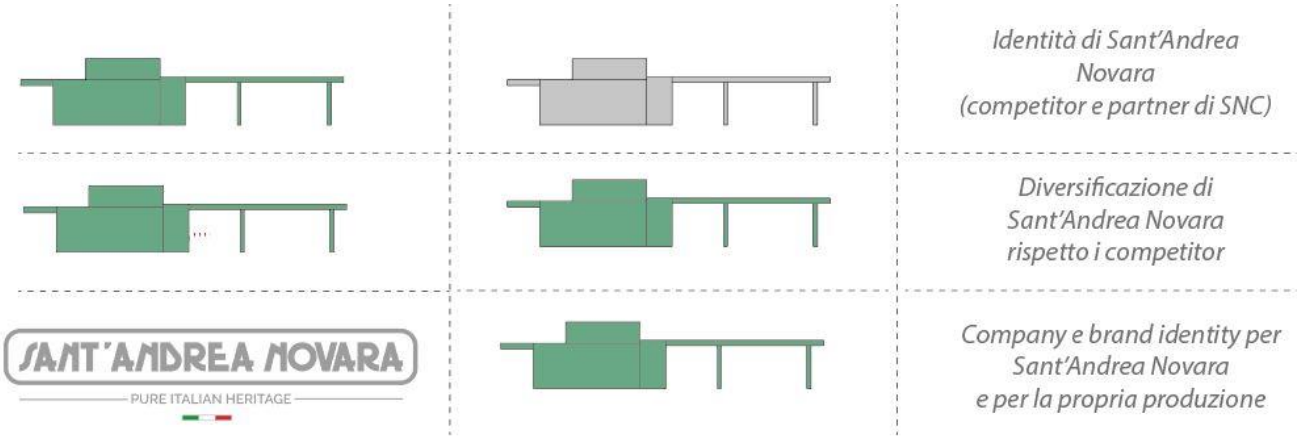


Fig. 2 – I tre temi del progetto

4. Da dove nasce l'esigenza di una nuova identità

Sant'Andrea Novara ha una storia quasi secolare e ha visto enormi trasformazioni in termini di produzione e fatturato; da armeria a produttori di trituratori industriali e caldaie fino al meccano-tessile; scenari diversi accomunati da un'unica grande skill: l'alta precisione e qualità della meccanica.
Dal 2016 Sant'Andrea Novara è passata di proprietà a NSC, amministrata dalla famiglia Ploner; questo evento ha segnato una nuova era per l'azienda che è passata da un profondo periodo di crisi a conoscere una nuova primavera. Inoltre la nuova proprietà si è ritrovata a fronteggiare la fiera internazionale del tessile (ITMA 2019) durante la quale dovrà presentare due nuovi macchinari con innovazioni tecnologiche importanti; da qui l'esigenza di dare una "nuova veste" non solo ai macchinari ma anche all'azienda stessa per sottolineare l'avvento di una nuova generazione di macchine e l'inizio di un percorso imprenditoriale nuovo.

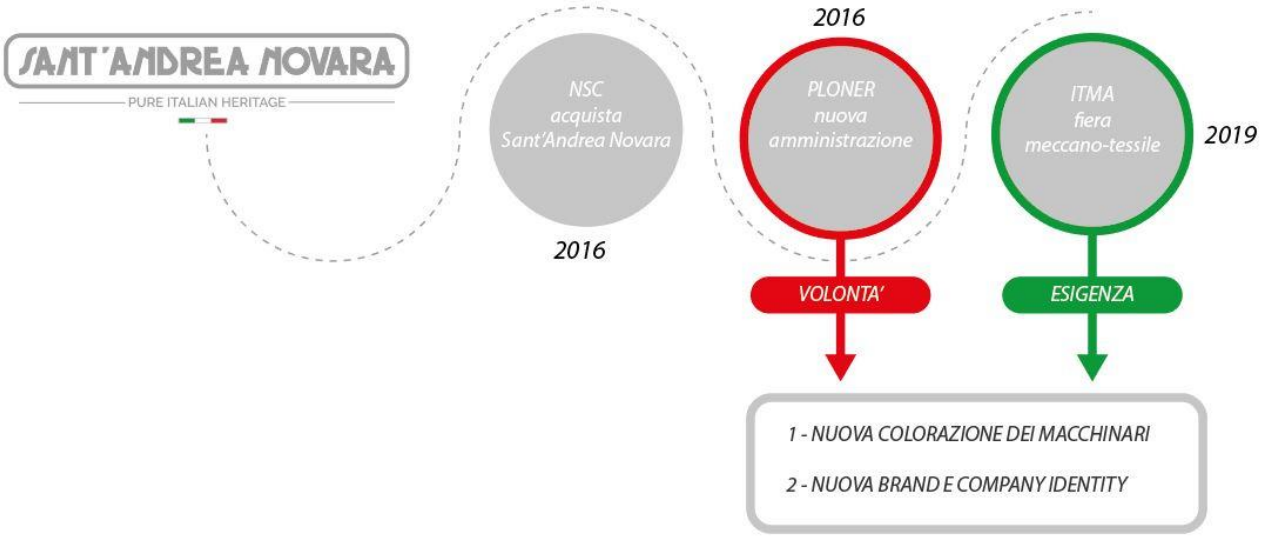


Fig. 3 – L'esigenza di una nuova identità

5. Il progetto: un panorama complesso e poliedrico

Lo studio consapevole del colore dei macchinari e dell'intera company identity è complessa e delicata in quanto obbliga i progettisti a confrontarsi con uno scenario variegato che pone l'attenzione su svariati elementi:

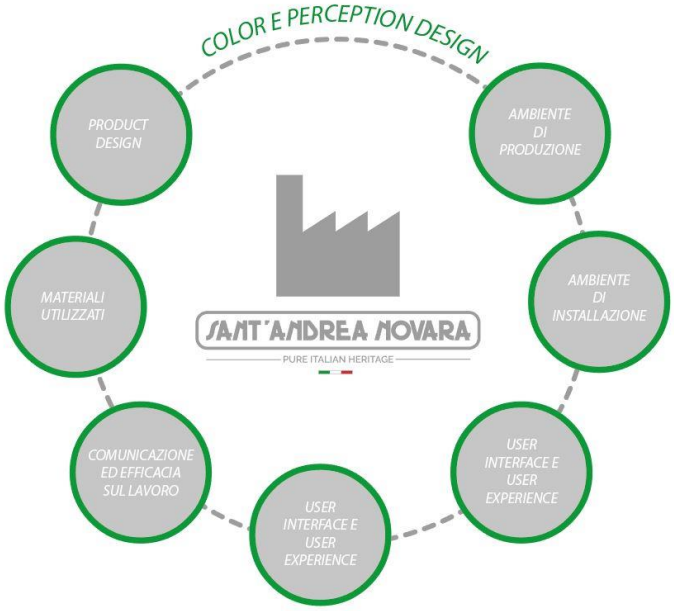
1 – "L'ambiente di produzione" (Sant'Andrea non vede mai i macchinari montati in azienda, ma progetta, produce e spedisce i pezzi che vengono successivamente montati dal cliente). Oltre all'ambiente produttivo, abbiamo quello di installazione presso il cliente; uno scenario sempre diverso dal punto di vista estetico, funzionale e culturale.

2 – "Il prodotto" che vive smontato in Sant'Andrea e montato dal cliente e che dunque si interfaccia con utenti completamente diversi con capacità, cultura e lingua diversa. Inoltre il prodotto ha interfacce fisiche e digitali che necessitano di un progetto dedicato a sua volta complesso e non banale.

3 – "L'ambiente fieristico", completamente diverso dallo scenario precedentemente descritto; con dinamiche temporali ristrette e focus su argomenti specifici e sempre differenti.

4 – "La comunicazione" che deve tradurre i valori aziendali e aiutare nell'efficacia sul lavoro. Il tutto deve essere coordinato, in logica e coerenza.

La complessità non sta solo nel numero degli scenari da tenere in considerazione (quelli sopra descritti sono solo 4 di una serie più lunga) ma anche nella qualità del progetto che deve tenere in considerazione svariate problematiche e criticità tutte diverse fra loro mettendole in coerenza.



6. Conclusioni: portare senso di cura e qualità

Il progetto colore dei macchinari e dell'intera comunicazione di Sant'Andrea Novara è un percorso lungo e complesso che si pone come principale obiettivo la cura del progetto.
Non si tratta solo del colore del prodotto ma della progettazione di un intero scenario aziendale che deve far trasparire cura, attenzione e logica perché Sant'Andrea Novara, nel proprio settore è sinonimo di alta qualità e alta precisione. Il profondo "know how" nella meccanica e nella elettromeccanica deve trasparire dalla cura (Sant'Andrea Novara è la migliore a costruire macchinari e lo vedi dalla cura).
Il progetto colore dei macchinari dunque ha molteplici obiettivi: progettare il colore del macchinario in funzione della costruzione dell'affordance, progettare la comunicazione degli spazi di lavoro (sportelli per manutenzione ordinaria, straordinaria, elementi muti ecc…), scegliere e coordinare il colore percepito dei

macchinari tenendo in considerazione la storia dell'azienda e i valori insiti in essa per gettare le basi dell'immagine coordinata. Un'esperienza poliedrica che chiama in causa l'analisi della percezione, del colore e della comunicazione; uno studio che unisce funzione, estetica e coordinazione di immagine che raramente viene preso in considerazione nel mondo della meccanica.

Referenze

R.Ronchi, L. (2006) La scienza della visione dal punto di vista delle scene naturali. Firenze. Fondazione Giorgio Ronchi

R.Ronchi, L.-S.Villani, (1998) L'interazione uomo-ambiente alle soglie del 2000. Fornacette Pistoia. Mariposa Editrice.

R.Ronchi, L. (1997) Talking about color. Firenze. Fondazione Giorgio Ronchi

Mancia, M. (1993) Neurofisiologia. Milano. Raffaello Cortina Editore

Schmidt-Thews. (1986) Neurofisiologia. Napoli. Idelson Liviana.

H. Hubel,D. (1989) Occhio, cervello e visione, Bologna. Zanichelli Editore.

Gussoni-Monticelli-Vezzoli. (2006) Dallo stimolo alla sensazione. Milano. Casa Editrice Ambrosiana.

John M. Wilding. (1985) La percezione-Dalla sensazione all'oggetto. Roma. Casa Editrice Astrolabio.

Wilson, E.O. (1985) Biofilia. Milano. Mondadori

Donald, M. (2004) New York The definition of human nature in D. Rees, S. Rose (a cura di), The New Brain Sciences. Perils and Prospect, Cambridge University Press,

Donald, M. (1996) Evoluzione della mente. Per una teoria darwiniana della conoscenza. Milano. Garzanti

Bertagna, G. Bottoli, A. (2009) Perception design, contributi al progetto percettivo e concetti di del colore. Santarcangelo di Romagna (RN) Maggioli Editore.

Bertagna, G. Bottoli, A. (2013) Scienza del colore per il design. Santarcangelo di Romagna (RN). Maggioli Editore.

Colorare la materia: il progetto dallo scarto alla tinta

Annalisa Di Roma[1], Alessandra Scarcelli[1]
[1]Politecnico di Bari

1. Introduzione

Il paper propone gli esiti della ricerca portata avanti dalle autrici nell'ambito del laboratorio di ricerca e didattica Design_Kind, con la collaborazione dell'azienda Crea 3D e del Laboratorio di prove meccaniche del Dipartimento DMMM del Politecnico di Bari, sul tema del design di prodotto sostenibile a partire dalla componente materica [1]. In questo ambito si individua un legame significativo tra i bio - materiali e il loro valore cromatico, originato dal pigmento di origine naturale, principale responsabile della caratterizzazione estetica del prodotto. A sostegno di questa tesi si individua un approccio metodologico che prevede lo sviluppo di due fasi: la prima critico - analitica (desk) individua l'inquadramento della ricerca e lo stato dell'arte; la seconda applicativo - sperimentale (field) propone alcune sperimentazioni originali che comprendono sia la definizione di nuovi materiali polimerici, ottenuti mediante l'addizione di scarti del caffè e dei ricci di mare, sia la caratterizzazione delle qualità ottiche e cromatiche, condotta anche attraverso prove tecnico strumentali di resistenza meccanica.

Le basi logiche della ricerca si fondano sulla necessità di offrire un contributo critico alla riflessione del design che da una parte si misura con il tema dell'inquinamento ambientale associato alla produzione e all'utilizzo di coloranti sintetici, dall'altra parte definisce una nuova fase della cultura materiale che si basa sulla (ri)acquisizione di una sensibilità estetica associata ai materiali naturali con particolare riferimento a quelli ottenuti utilizzando gli scarti dei settori food e non food dell'agro-alimentare [2].

In riferimento allo stato dell'arte riferito all'industria artistica il paper evidenzia come il colore abbia sempre avuto un ruolo fondamentale nel descrivere il nesso tra la sensibilità estetica di una civiltà ed i mezzi tecnici a sua disposizione [3]: la cultura del colore è sintesi dell'innovazione scientifica e tecnologica e del senso artistico del tempo. Si sostiene che nella "catena del tempo" che collega il colore alla cultura materiale, umanesimo e prima rivoluzione industriale abbiano inciso con profondi cambiamenti.

In riferimento allo scenario attuale si evidenzia lo sviluppo di un nuovo approccio al tema del colore come materiale che sostiene la crescita della chimica verde attraverso la sperimentazione e l'auto produzione di bio-materiali.

2. Ritorno alle origini del colore materiale

Nella storia dell'arte e della manifattura artistica il colore assume un ruolo primario, in quanto ogni civiltà, a partire dalle prime rappresentazioni sulle pareti rocciose delle caverne di Lascaux, è stata caratterizzata da una propria cultura del colore. Scoperte scientifiche e innovazioni della tecnica accompagnano l'evoluzione del mondo cromatico nell'arte, traducendosi in gusti e stili condivisi dalla cultura materiale negli oggetti d'uso più comuni, dal vasellame agli abiti. Colorare la materia significa saper manipolare con maestria pigmenti, tinture, coloranti; significa conoscere ricette e procedure antiche da adottare con sapienza sui diversi supporti. Nel mondo antico questa scienza aveva un nome preciso, prima di divenire chimica: Alchimia.

Fino all'alba del XIV secolo il colore ha rappresentato una priorità nell'arte, evidente nella riconosciuta competenza dell'artista nella preparazione delle polveri colorate, al pari degli artigiani: il colore veniva prodotto in bottega, con processi di lavorazione dei materiali organici ed inorganici messi a disposizione dalla terra locale. "La macinazione di una polvere colorata può influire sulla sua tonalità: fenomeno sfruttato dagli artisti del Medioevo che controllavano la sfumatura di un pigmento tramite il suo grado di macinazione" [4]. Tra le Corporazione di Arti e Mestieri di Firenze, nel '300 i pittori scelsero di aderire all'Arte dei Medici e degli Speziali proprio in virtù della presenza di pigmenti e coloranti all'interno delle loro botteghe.

L'Umanesimo condusse ad una separazione dell'arte dalla tecnica, dell'attività intellettuale da quella manuale, e questo comportò un'attenzione maggiore degli artisti verso il ruolo del disegno a discapito

del colore, che rimase un'attività esclusiva degli artigiani, in particolar modo di ceramisti, vetrai, orafi e sarti: i pigmenti non venivano più lavorati dai pittori bensì acquistati già pronti dai commercianti, in gamme cromatiche sempre più ampie. Una varietà e una disponibilità sempre maggiore, esplosa nella prima metà del XIX secolo: l'avvento della Rivoluzione industriale, oltre a determinare nuove esigenze di mercato e nuove quantità da soddisfare nel consumo dei beni d'uso, introdusse nel mondo artistico l'industria chimica dei coloranti, in grado di produrre sinteticamente in laboratorio prodotti più economici e convenienti, in pratiche confezioni a tubetto, e soprattutto disponibili in tinte fino ad allora inimmaginabili. Il color naming, prima associato all'origine materiale, viene identificato da un numero perfettamente corrispondente alla sua riproducibilità secondo processi artificiali e il rosso, ad esempio, non è più cinabro, carminio o porpora ma, scegliendo le coordinate colore in CMYK, diventano 0-80-100-0, 0-75-42-1 e 30-100-100-0. In altri sistemi colore otterremmo altri codici che nulla però ci raccontano della tinta nè della sua storia [5].
Un altro aspetto fondamentale della modernità è rappresentato dall'affermazione della tinta unita, che sottolinea l'esigenza di uniformare e rendere costante il colore di un materiale in tutta la sua consistenza, evidenziando il carattere artificiale del prodotto industriale perfetto contro l'incostanza del manufatto artigianale imperfetto. "La frequentazione dei linguaggi industriali comporta infatti che del colore oggi predichiamo prevalentemente la tinta… quando diciamo "tinta", diamo per scontato che sia unita. Insieme ai pigmenti sintetici, quest'idea di compattezza è forse la vera e più importante novità del mondo moderno*"* [6].

3. Inquadramento della ricerca

Il tema del colore associato al prodotto industriale si colloca a pieno titolo nella storia dell'industrialesimo e individua l'ambito che ha originato lo sviluppo dell'industria chimica e farmaceutica contemporanea.
"Il maggior sforzo della chimica industriale fu quello di produrre tinte derivandole dalle scale coloriche di quelle naturali già selezionate dal gusto e dall'occhio, ma imponendo, infine, quelle prodotte come più convenienti ed eliminando di fatto quelle più rare, care e di difficile produzione" [7]. Sul piano dello sviluppo del materiale si assiste ad una progressiva sostituzione delle materie prime di origine organica con le materie polimeriche a matrice fossile e per sintesi chimica.
"I coloranti sintetici, vengono facilmente inglobati nella massa plastica durante il processo di stampaggio; ciò fa si che il colore diventi il carattere distintivo del design del tempo, che dall'imitazione dei marmi e madreperle passa a sapienti "urli" cromatici che denunziano la loro artificialità, spesso ispirata all'uso ardito dei colori dei Fauves; agli inizi degli anni '30, la Catalin Corporation, la più importante ditta statunitense a produrre oggetti in resine fenoliche fuse, comprendeva 200 tinte, dai colori compatti e pastello a quelli traslucidi e perlati" [8].
Di contro, il tema della sostenibilità applicata ai materiali e ai prodotti apre, oggi, ad una nuova fase di riflessione del design che si accompagna agli sviluppi dell'industria della cosiddetta chimica verde. In questo ambito assume rilevante importanza il contributo della ricerca scientifica che ha per oggetto le bioplastiche le quali, di fatto, restituiscono alla riflessione del design qualità cromatiche della materia nella sua accezione naturale. In particolare la produzione "artigianale" del prodotto a partire dal materiale definisce un nuovo ambito della ricerca sperimentale e l'autoproduzione del materiale [9] diventa, così, un momento indispensabile della definizione di nuovo prodotto. Si instaura tra materiale e prodotto una nuova dialettica: l'uno influenza il linguaggio, l'altro le performance tecniche del prodotto. Di seguito si riporta una selezione di casi studio individuati durante la fase desk della ricerca che definisce l'ambito d'inquadramento della ricerca proposta.

Shellworks

Si tratta di un progetto portato avanti da Ed Jones, Insiya Jafferjee, Amir Afshar e Andrew Edwards del Royal College of Art e dell'Imperial College di Londra che sviluppa un sistema di macchine e strumentazioni idonee alla estrazione della chitina dall'esoscheletro di crostacei. Lo scopo è produrre imballi monouso biodegradabili e riciclabili dallo scarto dei crostacei (Fig. 1). La chitina è un polimero biologico che mescolato all'aceto produce una bio-plastica. Il gradiente cromatico ottenuto

è frutto del diverso tipo di aceto utilizzato e del diverso dosaggio delle componenti, a cui si associa anche un gradiente riferito alla chiarezza ottica del materiale e al diverso spessore specifico.

Fig. 1 - Shellworks (2019) presso Royal College of Art e dell'Imperial College di Londra di Ed Jones, Insiya Jafferjee, Amir Afshar e Andrew Edwards. Bioplastica a base di aceto e chitina estratta dal carapace dei crostacei.

AlgaeLab

Si tratta di un laboratorio che si compone di una struttura per la coltivazione, la raccolta e l'essiccazione delle alghe per la produzione di amido adatto alla produzione di bioplastica (Fig. 2).

Fig. 2 - AlgaeLab (2017) presso l' Atelier Luma di Arles di Erik Klarenbeek e Maartje Dros.
Bioplastica a base di alghe e produzione di contenitori attraverso stampa rapida.

That's It

Austeja Platukyte, studentessa dell'accademie delle Arti di Vilnius, ha sviluppato il progetto di una bioplastica originata dall'addizione di agar, estratto dalle alghe, con carbonato di calcio, rinforzato con una cera emulsionante (Fig. 3).

Fig. 3 - That's It (2016) presso l'Accademia delle Arti di Vilnius di Arles di Austeja Platukyte.
Bioplastica a base di algar e carbonato di calcio rinforzato con cera emulsionante.

Autarchy

Si tratta di una collezione di contenitori, vasi e lampade (Fig. 4) sperimentati dal gruppo Formafantasma. Sono ottenuti sperimentando il bio-materiale composto da 70% di farina di sorgo, 20% di scarti agricoli e 10% di calce naturale. La variazione cromatica è frutto dell'addizione di verdure, spezie e radici selezione, bollite, filtrate ed essiccate. La farina funge da legante tra il pigmento e la calce naturale.

Fig. 4 - Autarchy (2010) di Formafantasma
Serie di contenitori ottenuti mescolando scarti alimentari, calce e verdure, spezie e radici.

4. Colorare la materia: caffil ed echinmat

In questo paragrafo si sintetizzano gli esiti della parte originale della ricerca, condotta nell'ambito del Laboratorio Design_Kind del Politecnico di Bari, che ha portato allo sviluppo di campioni fisici,

caratterizzati da una doppia composizione, in quanto costituiti dal polimero di base addizionato con lo scarto alimentare: è proprio lo scarto che attribuisce qualità percettive nuove al materiale plastico, prima fra tutte la disomogeneità del colore. Le caratteristiche cromatiche delle polveri di inclusione incidono infatti prevalentemente sulle variazioni formali, basate sul rilevamento del colore naturale del composto organico usato, distinguibile nei diversi campioni prodotti.

4.1 Caffil

Nel primo caso, il materiale prodotto è l'esito di una sperimentazione avviata nel laboratorio di didattica e ricerca Design_Kind del Politecnico di Bari coordinato dalle autrici insieme agli allievi Antonello Monitillo e Ivan Saccotelli del CdL in Disegno Industriale, in collaborazione con CREA 3D, un'azienda specializzata in macchine per la stampa 3D situata a Ruvo di Puglia.
Il risultato ottenuto è Caffil, un filamento in PLA per la prototipazione rapida, caratterizzato da una composizione interna con una percentuale di polvere di caffè, derivante dalle pose post-produzione di bar e locali per la ristorazione. Il materiale è biodegradabile e compostabile al 100%. La scelta del materiale deriva dalla riflessione sulla grande quantità di scarto alimentare derivante dal fondo di caffè prodotta da ogni attività gastronomica, bar, ristorante del territorio italiano, che generalmente non subisce una differenziazione nel ciclo dei rifiuti, né una diversificazione per il riciclo. L'ipotesi di riuso di questo scarto è stato supportato dalla verifica allo stato dell'arte di altre esperienze di sperimentazione materiale a partire dallo scarto di caffè, tra cui è possibile citare Kaffeeform, Decafè, C2C coffee cup, NAT2 vegan, e altri ancora (Fig. 5).

Fig. 5 - Esempi di prodotti a base di scarto di caffè. Da sinistra: Kaffeeform, Decafè, C2C coffee cup, NAT2 vegan.

Ciò che differenzia Caffil dalle altre sperimentazioni è la volontà di definire una classe materiale, piuttosto che un prodotto definito e concluso, in grado quindi di aprire infinite possibilità creative e di generare classi di manufatti a partire da qualità materiche nuove.
In generale la polvere di caffè è ottenuta dalla macinazione dei semi di alcune specie arboree tropicali appartenenti al genere Coffea: pur non essendo una pianta tipicamente tintoria, il caffè fa parte della famiglia botanica delle Rubiacee, a cui appartiene, tra le altre, la Robbia, pianta spontanea dalle cui radici si estraeva la nota lacca di garanza.
Per l'estrusione del filamento Caffil è stata utilizzata una macchina sperimentale italiana, la Felfil Evo, un estrusore plastico in grado di produrre filamenti personalizzati e a base riciclata per le stampanti 3D, a partire da pellet industriale o scarti plastici.
La preparazione dei materiali ha previsto un processo di essiccazione, in un forno elettrico per diverse ore alla temperatura costante di 60°C, sia per i fondi di caffè che per i pellet di PLA, in modo da rimuovere acqua e umidità eventualmente presenti. Inoltre il caffè è stato setacciato per uniformare la granulometria del composto.
Per l'estrusione di un filamento con il PLA è necessario far raggiungere al macchinario una temperatura di 187 °C, e poi impostare una velocità di stampa sui 50-120 mm/s; una volta raggiunta la temperatura è possibile inserire i materiali nella tasca superiore.
La temperatura di estrusione incide sul colore e sulla resistenza del materiale. Superati i 190°C, il materiale entra in una fase vetrosa, che ne aumenta la fragilità: a parità di dosaggio il materiale tende a comportarsi in maniera diversa tra i 190°C e i 200°C, passando da uno stato plastico ad uno vetroso, per poi iniziare a carbonizzare intorno ai 210°C. Anche il caffè deve rimanere tostato e non deve carbonizzare, per evitare di conferire una colorazione scura e di aumentare la fragilità del materiale.

Nella prima fase, per capire il comportamento del materiale composito, sono state sperimentate differenti dosi degli elementi, differenti temperature e differenti tempistiche, al fine di definire una ricetta stabile e ripetibile. Difatti, a seguito di alcune prove preliminari, per ottimizzare il processo di produzione la macchina ha subito alcune modifiche, tra le quali un binario con delle tasche laterali provviste di ventole di raffreddamento, in modo tale da guidare speditamente il filo sulla bobina di arrotolamento. Alla fine è stato scelto un filamento con diametro di 1.75 mm, con tre diverse percentuali di caffè rispetto al PLA, di 8%, 10% e 20%; con questo dosaggio sono state realizzate diverse bobine di filamento (Fig. 6).

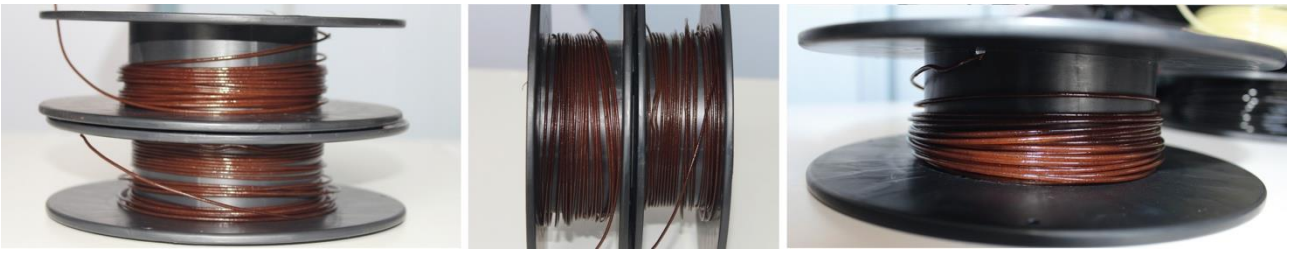


Fig. 6 - Bobine di filamento in Caffil all'8%, 10% e 20%.

La sperimentazione è proseguita nella verifica tecnica del materiale a seguito di stampa 3D.

Prova meccanica

Per il test di sforzo meccanico sono stati realizzati 20 provini dog-bone (Fig. 7), stampati con le tre differenti percentuali di composto, secondo tre diverse direzioni di estrusione, 0°, 45° e 90°, e diversi spessori.

Fig. 7 - Campioni di Caffil stampato per le prove a trazione.

Le analisi meccaniche sui provini hanno rispettato la normativa internazionale ASTM D638-14, che precisa le condizioni di prova per determinare le proprietà di resistenza della plastica non caricata e rinforzata. Queste proprietà includono rottura, deformazione a rottura e modulo di elasticità. Le proprietà meccaniche delle materie plastiche possono cambiare drasticamente quando alcuni additivi sono incorporati nella formula, in particolare la resistenza e la duttilità. Le prove di resistenza a trazione sono state effettuate nel laboratorio di prove ottiche del Politecnico di Bari, utilizzando una macchina di carico uniassiale INSTROM con cella di carico massima di 1 k/N. I provini sono stati analizzati mantenendo una velocità di trazione costante, corrispondente a 5 mm/min, per valutare la variazione del carico sopportato. Le prove a trazione hanno dimostrato che il composto organico addittivato al PLA comporta una diminuzione dell'elasticità originale del materiale e quindi un aumento della fragilità, con valori accettabili fino ad una percentuale massima di polvere del 20% (Fig. 8).

20%	E[MPa]	σrott
B1	1410,6	11,44
B2	113,3	13,94
B3	1360,2	8,90
B4	1171	8,04
B5	1321	7,95
B6	1069	8,56
B7	1220,3	9,77
B8	1120,9	7,71

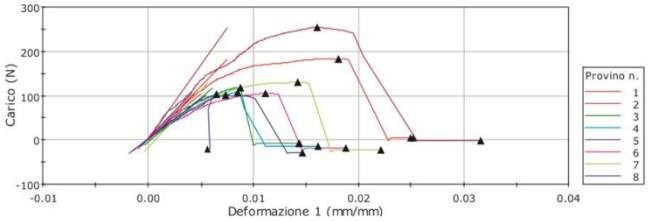


Fig. 8 - Campioni dog-bone al 20%. Tabella dati: punto di passaggio da deformazione elastica a deformazione plastica e punto di rottura. Grafico sforzo/deformazione prova a trazione.

Prova ottica

Per il test ottico sono stati realizzati 9 dimostratori di forma quadrata 70x70mm, stampati con le tre differenti percentuali di composto e tre progressive altezze di estrusione. Infatti, per valutare la resa del filamento stampato in relazione alla luce, i provini presentano una variazione di spessore, ad un layer (0.3mm), due layer (0.6mm) e tre layer (0.9mm). Il test, di tipo soggettivo, ha valutato le qualità cromatiche e le qualità di trasparenza del materiale, illuminato direttamente da sorgente naturale e retroilluminato (Fig. 9).

Fig. 9 - Provini di Caffil retroilluminati per la resa ottica. Dall'alto, procedendo per righe:
Caffil 8% (3 layer, 2 layer, 1 layer); Caffil 10% (3 layer, 2 layer, 1 layer); Caffil 20% (3 layer, 2 layer, 1 layer).

La polvere di caffè non è solubile nel PLA, e di conseguenza non "tinge" il composto plastico, ma incide notevolmente sulla sua resa cromatica. La densità del materiale di inclusione influisce sul grado di luminosità del provino, che presenta una tonalità più scura all'aumentare della percentuale di polvere di caffè e al progredire dello spessore di layerizzazione.
La particolare miscela del materiale conferisce ad ogni stampa una texture diversa, determinata da una distribuzione non omogenea del caffè nel PLA e quindi nel filamento.

4.2 Echinmat

Anche in questo caso il materiale prodotto è l'esito di una sperimentazione recente attuata dalle autrici all'interno del Laboratorio Design_Kind, in collaborazione con alcune studentesse del CdL in Disegno Industriale, Federica Cardanobile e Flora Dell'Acqua.
Lo scarto alimentare adottato in questa esperienza è stato scelto valutando il consumo tradizionale di prodotto ittico nel territorio pugliese. In particolare è stato selezionato il riccio di mare per le

caratteristiche qualità formali del suo guscio e per le proprietà di riflessione e di variazione cromatica dello stesso quando sottoposto a radiazione luminosa (Fig. 10).

Fig. 10 - Gusci di ricci di mare, variazioni cromatiche ottenute dall'esposizione alla luce.

Da un'analisi dei dati della Conservatoria delle Coste si evince che nelle sole acque italiane ci sia un prelievo annuale di circa 32 milioni di ricci, con un indotto di circa 9 milioni di euro. Tuttavia, i loro gusci pur essendo uno scarto alimentare non subiscono una differenziazione ed un recupero, in quanto la composizione calcarea di carbonato di calcio li rende scarto di natura inorganica, incompatibile con il processo accelerato di compostaggio. Questo aspetto ha incentivato la finalità "ecologica" del progetto, di parziale riduzione di rifiuti per lo smaltimento e di restituzione al mondo di un materiale per una seconda vita.
Il riccio di mare fa parte della specie Paracentrotus lividus. La rigidezza del dermascheletro è determinata dall'unione di una serie di piastre calcaree, esternamente caratterizzate da un colore nero o verdastro e sfumature violacee. Anche gli aculei sono composti da calcite e sostanza organica, e presentano un pigmento, lo "spino cromo", che conferisce loro una colorazione molto intensa e scura variabile dal viola al verde oliva, dal bruno al rosso, dal giallo al nero: queste tonalità dipendono dal tipo di alimentazione del riccio.
Con lo scarto del riccio, ridotto in polvere di diversa granulometria (Fig. 11), sono stati sperimentati leganti polimerici di tipo epossidico e poliestere, per valutarne caratteristiche tecniche ed estetiche. Prima di ogni operazione gli scarti sono stati sottoposti ad un accurato lavaggio con acqua e alcool etilico, per rimuovere eventuali residui organici ed eliminare il caratteristico odore: ad una immersione nel composto per 24h è seguita una fase di essiccazione naturale per altre 24h.

Fig. 11 - Gusci di ricci di mare, differenti variazioni granulometriche adottate nel progetto.

Per poter ottenere dei campioni materiali è stato necessario realizzare degli stampi in cui versare il composito di riccio e resina. Sono state realizzate due serie di provini quadrati della dimensione di 50x50x10mm, ottenuti variando esclusivamente la granulometria del composto e la tipologia di aggregante: la prima serie è stata ottenuta miscelando una resina epossidica, la seconda una resina poliestere, entrambe trasparenti (Figg. 12-13).

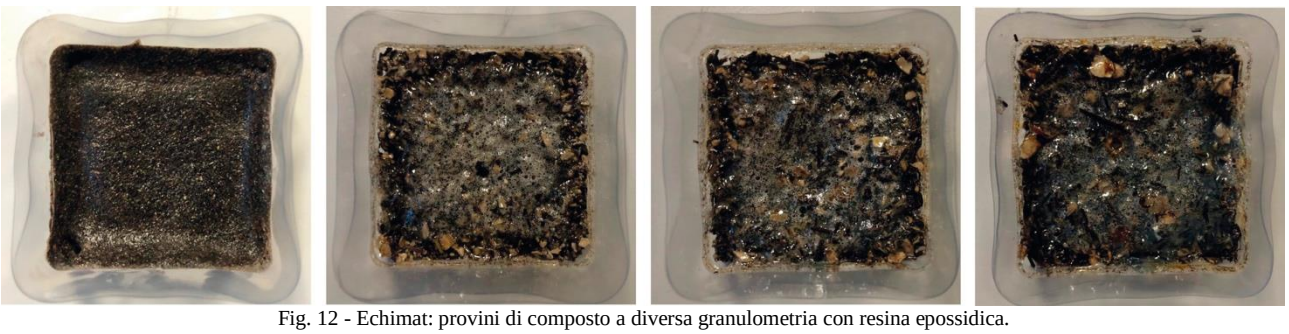


Fig. 12 - Echimat: provini di composto a diversa granulometria con resina epossidica.

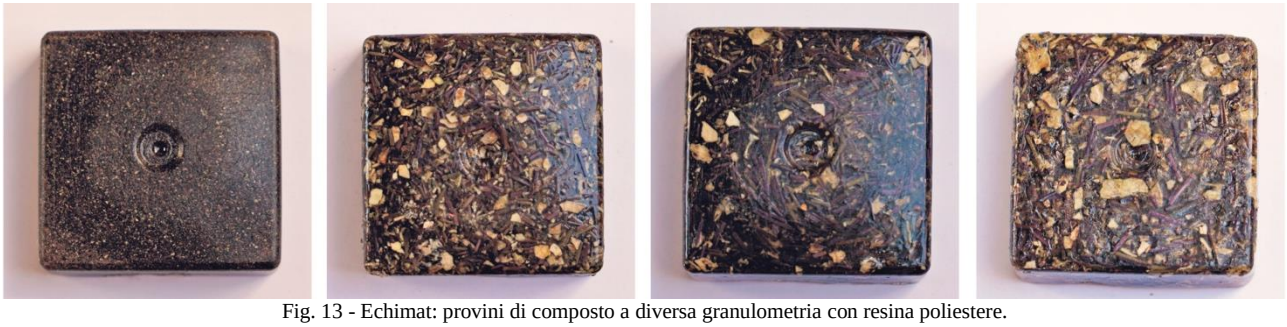


Fig. 13 - Echimat: provini di composto a diversa granulometria con resina poliestere.

Per la realizzazione dei provini è stata adottata la stessa procedura nelle due serie. Dopo aver miscelato fra loro gli elementi e aver aggiunto il catalizzatore, il composto è stato versato negli stampi. La differenza sostanziale riguarda i tempi di indurimento, molto ridotti nel caso della serie con resina poliestere.
Le prove effettuate sui provini hanno riguardato la verifica tecnica meccanica (drop test), in cui i provini in poliestere hanno dimostrato maggiore resistenza all'urto, e la verifica ottica, attraverso la visione al microscopio dei differenti composti, con uno zoom fino a 10x. In questo caso i campioni in poliestere si sono dimostrati più compatti e meno porosi rispetto a quelli con resina epossidica, nei quali erano visibili numerose bolle d'aria. Inoltre la composizione della resina poliestere evidenzia maggiormente la texture ottenuta dai differenti gradienti granulometrici, esaltando le variazioni cromatiche in esso presenti.
I test hanno permesso quindi l'individuazione della miscela più adatta all'obiettivo finale, il composto con resina poliestere, con la quale sono stati realizzati dei piccoli dimostratori (Fig. 14), per la verifica finale su stampi con geometrie più complesse e dimensionalmente più coerenti.

Fig. 14 - Echimat: dimostratore.

5. Conclusioni

Il testo propone un concept riferito al colore del materiale mediante alcune sperimentazioni atte a verificare la correttezza degli assunti teorici.
Il percorso di scalabilità della ricerca agli ambiti industriali di applicazione è aperto, e in questo lo studio proposto ha i limiti di una sperimentazione condotta 'artigianalmente'. Tuttavia sul piano metodologico si è offerta una descrizione dei passaggi, dalla sperimentazione alla verifica tecnico-prestazionale, al fine di abilitare gli studiosi del settore alla replicabilità del procedimento. Tra le

ricadute attese il progetto mira a valorizzare il contesto socio culturale all'interno del quale si inserisce la storia del colore e la cultura materiale a cui essa è associata, puntando a una risignificazione della valenza estetica "imperfetta ed incostante" della qualità cromica del pigmento originato dallo scarto prodotto nei settori food e non food dell'agro alimentare.

Acknowledgements
Il contributo è il risultato di una comune riflessione delle Autrici; ciò nonostante, i paragrafi 3 e 4.2 sono da attribuire a A. Di Roma, mentre i paragrafi 2 e 4.1 sono da attribuire a A. Scarcelli.

References
[1]. Di Roma A., Scarcelli A., Minenna V., "Restoned. Dalla polvere di scarto alla pietra sostenibile", Agathón, n.5, Palermo University Press, 2019
[2]. Scarcelli A., "Il colore come elemento di progetto per una rinnovata manifattura made in Puglia, a partire dalle materie prime", Il Parco delle eccellenze artigiane di Puglia. Un progetto per Ginosa, Adda Editore, 2017
[3]. Kubler G., La forma del tempo, Einaudi, 1976
[4]. Ball P., "Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore", BUR, 2001, p. 37
[5]. Di Roma A., Scarcelli A., "Forma e colore nei modelli parametrici. Adattività progettuale tra processi neo-artigianali e modelli digitali", MD Journal, vol. 3, 2017, p. 114-127
[6]. Falcinelli R., "Cromorama. Come il colore ha cambiato il nostro sguardo", Einaudi, 2017, p. 19
[7]. Brusatin M., Storia dei colori, Einaudi, 1999
[8]. Ferrara M., "Materiali e innovazione nel design", Hoepli, 2012, p. 48
[9]. Rognoli V., Bianchini M., Maffei S., Karana E. "DIY Materials", Materials and Design, 86, 2015

7. Colore e Cultura

Nero bianco e rosso: significati antropologici e culturali

Lia Luzzatto[1], Renata Pompas[2]
[1, 2] Accademia del Lusso

Abstract
Il colore è una costruzione culturale complessa, ribelle a generalizzazioni, a cui vengono attribuiti valori, qualità e senso.
Nella nostra lunga esperienza di insegnamento del colore e del suo ruolo nel progetto visivo, oltre alla teoria dei colori, abbiamo sempre analizzato anche i loro aspetti emozionali e comunicativi. Ma ci domandiamo ancora oggi quanto gli studenti comprendano la differenza tra i significati archetipi, quindi universali, e quelli simbolici propri della cultura di appartenenza. Archetipi e simboli di realtà articolate di cui se non si afferra la diversità, nel mondo globalizzato di oggi, si rischia di formulare una comunicazione imperfetta o inefficace. Per questo motivo è importante nello studio e nell'educazione al colore partire dalla conoscenza dei suoi archetipi, intesi nel loro significato sovra-storico e sovra-geografico, seguiti dalla corona simbolica che ogni cultura ha sviluppato in modo autonomo.
Nelle sue declinazioni simboliche il colore ha rappresentato la proprietà che rende intellegibile allo sguardo il senso che si cela dietro alla superficie: l'immagine dello spirituale nella natura, del trascendente nell'immanente, delle proprietà nascoste degli elementi interdipendenti che, per la sapienza antica, formavano l'Universo.
Come mezzo di conoscenza e di interpretazione del reale e come forma energetica in grado di interagire con le forze naturali, il colore è stato nelle società arcaiche uno strumento della medicina e della magia; come immagine delle forme spirituali e delle loro corrispondenze nel creato ha colorato il linguaggio religioso; come segno di appartenenza o di esclusione ha caratterizzato la vita sociale, organizzandosi in codici.
Questo lavoro analizza i significati universali dei colori che nel tempo si sono specializzati storicamente, ossia il passaggio dall'archetipo al simbolo, conducendo l'indagine tra le antiche religioni, i racconti cosmogonici di formazione dell'Universo e i miti delle civiltà che si sono sviluppate attorno al mare Mediterraneo, culla della civiltà europea, prendendo a titolo esemplificativo i tre colori principali dal punto di vista antropologico: nero, bianco e rosso.
È un'indagine conoscitiva e comparativa sull'archetipo dei colori e sulla loro strutturazione in simboli nati per rivelare attraverso i colori l'inesprimibile, che si conclude con l'osservazione sulla contemporaneità in cui, nonostante la destrutturazione della società, il significato archetipo permane, mentre i simboli che per secoli si sono sviluppati a partire dal significato originario sono via via diventati fluidi ed evanescenti e vengono usati indifferentemente in contesti sociali e comunicativi, in cui continuano a mutare senso in relazione all'ambiente in cui si trovano.

1. Introduzione

Perché insegnare nei corsi di colore gli archetipi cromatici?
Secondo noi l'archetipo è una strada per analizzare e far leva sugli immaginari socio-culturali, con lo scopo di realizzare un progetto capace di inserirsi nella vita dei gruppi sociali a cui sono indirizzati la comunicazione o il progetto.
Gli archetipi dei colori si presentano come una dominante di fondo nella foresta di simboli che nei secoli si sono intrecciati, una dominante senza luogo e senza tempo che talvolta si impone con una chiarezza che attraversa i piani del sincretismo simbolico, per parlare con forza ed empatia.
Ad esempio andare alla radice dell'archetipo del nero e della sua primordiale corona simbolica (i cui segni sono diventati anch'essi archetipi) consente di approfondire e quindi di comunicare con i gruppi giovanili ribelli che utilizzano questo colore come segno di sé, ossia di entrare nell'immaginario delle sub-culture giovanili Punk, Gotic, Metal ecc... Per questi gruppi anarchici il nero non solo esprime rabbia, ma anche la speranza di una nuova forma di vita: un nero compresso e germinativo.
Si tratta di comprendere le forme originarie dell'esperienza umana, indipendentemente dalla

latitudine e di come questa esperienza si sia nutrita e amplificata nel suo cammino di un vissuto diverso, allargandosi in corone simboliche proprie di ogni società.
Così l'archetipo del bianco favorisce simboli di vita e di morte diversi in Oriente e in Occidente. Gli archetipi uniscono l'umanità nell'esperienza primaria: basti pensare all'usanza primitiva universale di cospargere i morti di ocra rossa, intesa come rappresentazione dell'archetipo stesso del rosso inteso come sangue depositario e generatore di vita.

2. Nero archetipo

Guardando lontano nel tempo troviamo che tutti i miti sull'origine dell'universo e del nostro mondo guardano a questo colore come il colore senza tempo e senza spazio, il colore matrice, l'utero gestatore da cui nacquero i mondi. Un'immagine universale, primitiva che rappresenta la fase precedente alla creazione, una fase che contiene in nuce l'energia e le potenzialità che faranno scaturire l'Universo. Nero quindi archetipo della sostanza primordiale nel suo duplice aspetto di assenza e di presenza, di vuoto e di pieno, di rarefazione e di concentrazione, di disordine e di latenza, in cui giacciono promiscue in un caos indifferenziato le forme increate.
Così per i Fenici "all'inizio c'era un fosco buio, senza confini di spazio ed eterno".[1] Per gli Egizi c'era: "l'Infinito, il Nulla, l'Inesistente e il Buio". Per i popoli dell'antica Mesopotamia, Sumeri e poi Babilonesi, il dio Marduk era nato al centro dell'Abisso: "nella sua stanza buia, nel luogo dei destini, nella dimora delle determinazioni".[2] In modo simile presso i popoli che raggruppiamo sotto il nome di Greci il nero primeggiava e si trovava espresso o alluso nell'oscurità del caos primigenio, in quel: "vuoto primordiale" da cui ebbero origine gli dèi.[3] Infine presso il popolo ebraico il caos originario era descritto come una sterminata vacuità in cui: "le tenebre erano sulla faccia dell'abisso".[4]
Lasciando il Mediterraneo troviamo che anche nella rappresentazione daoista cinese sulla creazione, all'origine c'era un caos nero e tenebroso che lentamente prese la forma uovo cosmico, culla di Pangù, il primo essere vivente, che uscendo dall'uovo lo frantumò, dando avvio al creato e alle forze complementari di *Yin* e *Yang*.

2.1 Nero dall'archetipo al simbolo

Attorno a questo mattone primordiale della conoscenza dell'universo si è strutturata nel tempo una corona simbolica che via via si è arricchita o impoverita di nuovi o vecchi significati. Quei simboli che si riferiscono a tutto ciò che è ctonio e sotterraneo, sono ancora oggi vivi nell'immaginario socio-culturale e vengono usati tanto nel linguaggio quanto in molta produzione visiva.
Poiché il nero era antecedente alla Creazione ne divenne anticamente anche la conclusione, caratterizzò nelle religioni tutto ciò che atteneva al Regno dei Morti: erano lande oscure e desolate, somiglianti al luogo descritto nel "Libro dei Morti" egizio: "Dappertutto io non sento, né altro intuisco, nelle tenebre profonde che mi circondano, che precipizi e abissi! Quale opaca oscurità". [5] Erano simile anche il "Tartaro buio (e...) profondo"[6] dei Greci e il "Paese-senza-ritorno" del "Mondo-di-Sotto" avvolto di oscurità della civiltà sumera e babilonese, descritto nella "Discesa di Isthar agli Inferi"7 come: "La casa delle tenebre sede di Ircalla (...) la casa nella quale chi vi entra è privo di luce, là dove polvere è il loro nutrimento, il loro cibo è fango, luce non vedono, nell'oscurità siedono". Un paesaggio desolato che ricorda la natura negli sterili paesaggi lavici, immagine della morte della natura.
Valori che sono stati tramandati nei secoli: il nero-morte è stato usato per esempio nelle facciate delle case di Amsterdam del XVII secolo, per segnalare la presenza della peste e oggi tinge di scuro i paesaggi dei film che descrivono un futuro distopico.

---

1 H. Wincler, *La cultura spirituale di Babilonia*. Rizzoli, Milano, 1992.

2 *Enūma Elīš*, 77 e ss., in: Raffaele Pettazzoni, *Miti Babilonesi e Assiri*, Sansoni, Firenze, 1958.

3 Esiodo, *Teogonia*, trad. Graziano Arrighetti, Rizzoli, Milano, 1984.

4 *Genesi I, 1 – 2*, in: *La Bibbia di Gerusalemme*, Edizioni Dehoniane, Bologna, 1974

5 *Libro dei Morti degli antichi egiziani,* A cura di Gregorio Kolpatchy. Casa Editrice Ceschina, Milano, 1956. Cap. CLXXV.

6 Omero, *Iliade*, VIII, 13 e 481. Trad. di Guido Paduano, Gruppo Editoriale L'Espresso SpA, Roma, 2005.

7 *La discesa di Isthar agli Inferi*, collana di storia delle religioni, a cura di R. Pettazzoni, in: *Miti babilonesi e Assiri*, Sansoni, Firenze, 1958.

Dopo essere diventato simbolo di lusso nelle cerimonie funebri dei potenti, il nero ha acquisito il nuovo significato di esclusività e di eleganza. Un nero lussuoso, lanciato in Europa quando i tintori nel Medioevo riuscirono a tingere magnifici velluti neri, di una tonalità profonda e lucente, che oggi è presente con questo significato nella moda, come nella recente sfilata di Givency; nel design e nell'architettura, come nelle pareti nere di alcuni interni, vedi il GAM di Bergamo e lo Hublot Store di New York: una torre nera, rivestita di pannelli di alluminio, in parte illuminati da LED.

3. Bianco archetipo

"Parlare della luce, soprattutto nei suoi riflessi antropologici, culturali e religiosi, significa fare riferimento non solo alla storia dell'uomo, bensì anche alla storia dell'universo"[8] e questa strada ci porta alle origini dove è la luce a segnare il passaggio dall'increato al creato, soprattutto nelle cultura dell'area mediterranea. Qui il bianco come luce perfettissima rappresenta la forza ordinatrice della luce primigenia contenuta nell'oscurità che, liberandosi, mette in moto la formazione dell'universo, trasforma il Caos in Cosmo e dà avvio allo spazio e al tempo. La rappresentazione che ne fanno i popoli antichi è diversa secondo le culture, ma identica nell'essenza del suo colore: il bianco.

Negli scritti egizi è un bianco fior di loto: "misterioso splendido, nella sua purezza": un loto a cinque petali che sbocciando sulla superficie delle acque primeve si irradiò nell'infinito. Oppure si manifesta in uno sfolgorante bagliore: "Ecco che io mi elevo nel Cielo dell'Universo misterioso simile all'uovo cosmico circondato da raggi". O ancora in un uccello in volo: "simile a un gran Falco d'Oro, che esce dal suo uovo".[9] Anche le popolazioni dell'antica Grecia nell'elaborazione delle loro teogonie utilizzarono l'immagine del principio divino inteso com "pura luce", nella personificazione di *Phanes* (luce), detto anche *Protogonos* (primo nato) che, uscito dell'uovo cosmico, fece splendere l'universo di luce e generò tutto: "Appresso a lui l'universo splendette per esso della luce".[10] Per il popolo ebraico la rappresentazione della luce è astratta e legata alla forza della della parola. Il "Fiat lux" (Sia luce, Genesi I, 3-5) è la potenza del Verbo ordinatore e creatore, il *Logos* che costituisce la manifestazione luminosa e sonora del primo atto della creazione.

Come ha scritto Marco Conti "Lo svelamento diventa una qualità della luce sino al punto che il mondo appare o non appare in virtù di questa metafora. (…) Luce e oscurità, nel mito, sembrano essere più un ossimoro, cioè l'unione di due opposti, anziché una antitesi: il buio contiene la luce e viceversa"[11].

Così all'inizio l'anima-luce del mondo, così chiamata da Jung, viene liberata dalla materia in cui era incatenata, svelando un ordine morale e psichico. La luce dell'inconscio, simbolo della coscienza, insieme al suo corrispettivo il bianco, è il polo positivo - contrapposto al nero del male e dell'ombra - che anela ad uscire dall'oscurità: "Allora capii – scrive Jung - che nell'anima, fin dalle sue prime origini, c'è stato un anelito alla luce e un impulso inestinguibile ad uscire dalla primitiva oscurità."[12]

3.1 Bianco dall'archetipo al simbolo

Avvicinarsi agli archetipi aiuta a comprendere le forme originarie dell'esperienza umana, indipendentemente dalla latitudine e come questa esperienza si sia nutrita e amplificata nel suo cammino di un vissuto diverso, allargandosi in corone simboliche proprie di ogni società. Così l'archetipo del bianco favorisce simboli di vita e di morte diversi in Oriente e in Occidente.

La domanda è in che modo il bianco originario ha favorito questa diversificazione?

La risposta va cercata nell'opposizione duale tra nero e bianco che presso tutti i popoli ha rappresentato i concetti di fine e inizio, così in Oriente il lutto è bianco perché annuncia sia la morte che la reincarnazione - segno di ricongiungimento con la luce del Principio - mentre in

---

8 Monsignore Silvano Burgalassi, *La luce come archetipo e mistero. In:* RISK n. 27, 2000.

9 *Libro dei Morti*, *Op. cit*. Cap. LXXXI, LXXVII e XXII.

10 Alfonso di Nola, *Grecia*. In: *Enciclopedia delle Religioni*, Vallecchi, Firenze, 1970.

11 Marco Conti, *In principio era la notte.* In: RISK n. 27, 2000.

12 Carl Gustav Jung, *Ricordi, sogni e riflessioni*, Rizzoli, Milano 1978.

Occidente è il nero l'espressione del mistero e dell'ignoto della morte.
Tuttavia anche in Occidente nell'uso funerario il bianco era presente: l'iconografia cretese, greca, fenicia, etrusca ed egiziana è ricca di immagini che raffigurano i defunti avvolti in bende o lenzuola funebri bianche.
Così Omero descrive i riti funebri della sepoltura di Patroclo: "Dopo averlo disteso sul letto, lo avvolsero di morbido lino dalla testa ai piedi, e sopra misero un lenzuolo bianco" (*leucos*)[13].Nella contemporaneità l'artista Alberto Burri ha rivestito di cemento bianco come un sudario il paese di Gibellina distrutto dal terremoto del 1968 ne *Il grande cretto*, una delle opere di landscape art più grandi al mondo, nella quale è racchiuso il profondo dolore di un paese totalmente raso al suolo.
Anche lo sbiancamento delle chiese in epoca medioevale segnava una fine, quella dei colori elementi seduttivi che ostacolavano la devozione a favore di una purificazione interiore, come purificatrice era la calce bianca contro la peste che salvò la vita agli abitanti di Ostuni nel '700.
Col simbolo di purezza interiore ed esteriore il bianco ha attraversato i secoli: nelle civiltà mediterranee le vesti bianche degli iniziati ai misteri hanno rappresentato il candore, l'integrità, la catarsi avvenuta. A Roma la toga candida degli aspiranti senatori durante la Repubblica era il simbolo di correttezza e di rettitudine. Il bianco dell'abito da sposa, a partire dal XIX secolo, è stato scelto come simbolo di integrità fisica e per estensione di integrità morale, a cui si accompagnava nel corredo la biancheria da casa, un tempo solo di questo colore.

4. Rosso archetipo

Sono gli archetipi ad unire l'umanità nelle esperienze primarie. Potente, tangibile e fondamentale è l'esperienza del rosso che abbraccia così strettamente il sangue da divenirne l'archetipo.
Come abbiamo avuto modo di scrivere nel nostro libro "Il significato dei colori nelle civiltà antiche"[14] l'uso di cospargere i cadaveri con ocra rossa è attestato fin dalla preistoria presso tutti i popoli paleolitici del mondo: dall'Europa, all'Africa, dall'Australia all'America. In Cina è stata trovata dell'ematite rossa nelle sepolture risalenti a circa al 20.000 a.C., in una località chiamata *Zhou Kou Dian*, a pochi chilometri dall'attuale Pechino. Lo scopo di questo rituale cromatico era di restituire ai corpi la forza vitale che la morte aveva sottratto, per accompagnarli nel misterioso viaggi verso un aldilà sconosciuto.
Poiché si era stabilito che nel sangue fosse racchiuso il principio della vita, in seguito si credette che il suo spargimento benefico la potesse accrescere e potenziare, donando alla natura e alla vita stessa vigore e fertilità. Così durante i riti dedicati agli dèi e ai defunti si eseguiva un versamento cruento delle vittime sacrificali o del sangue sgorgato dalle autoflagellazioni dei sacerdoti e dei fedeli (usanza tuttora in uso in certe popolazioni), in seguito sostituito da liquidi rossi, come il vino che scorreva liberamente nei riti dionisiaci sino a provocare "una ebrezza che sprofondava gli adepti nell'incoscienza animale, oltrepassando la condizione umana".[15]
Nello studio degli archetipi non possiamo ignorare il forte legame tra il rosso e il fuoco dalla forza devastatrice o purificatrice. Un rosso intenso che vira all'arancio divenuto per la sua qualità aggressiva, violenta e distruttiva immagine dell'Inferno, delle catastrofi apocalittiche, delle divinità sterminatrici, come l'egiziano Set, il greco Efesto, il dio romano Vulcano e l'ebraico Satana.
Nella geografia immaginaria dell'Oltretomba di molte civiltà, i fiumi di dannazione che circondavano il regno dei dannati venivano rappresentati come fiumi di fuoco liquido sotterraneo, visibile ai vivi nelle eruzioni vulcaniche. Così ad esempio gli Egizi pensavano che esistesse un "Lago di Fuoco" in cui si tormentavano i dannati: "coloro che, là nel profondo, anelano a bere per estinguere la sete che li tortura (…) guardano a questi torrenti infuocati e indietreggiano senza estinguere la loro arsura"[16]; mentre i Romani credevano che le anime dei dannati dovessero attraversare "l'immenso Flegentonte" infiammato sulla barca condotta da

---

13 Omero, *Iliade*, XVIII, 352 e ss. *Op. cit.*

14 *Op.cit.*

15 Mircea Eliade, *Storia delle credenze e delle idee religiose*, 3 vol. Sansoni, Firenze, 1979.

16 *Op. cit.* cap. LXIII

Caronte, la cui “irsuta barba era intrisa di acque infuocate e sul cui volto fluiva la fiamma”.[17]

4.1 Rosso dall'archetipo al simbolo

Come pigmento e materia colorante, il rosso si è declinato in sfumature e tonalità diverse per scopi differenti dalle ritualità derivanti dai suoi archetipi, moltiplicandosi in simboli sociali e religiosi, e ha richiesto uno sguardo in grado di coglierne le differenze. Oggi sebbene conosciamo le gradazioni della corniola, del diaspro, del vetro e di altre sostanze di colore rosso usate negli oggetti decorativi e rituali, non sappiamo esattamente quante e quali fossero le tonalità ottenute con le tante tinture, da quella più vermiglia della reseda a quella intensa, profonda e splendente della porpora, che potevano variare secondo la lavorazione dal rosa, al carminio e al violaceo.

Possiamo solo immaginare come potesse essere la veste purpurea della dea greca Afrodite descritta da Claudiano, tanto che Ovidio in virtù di questo colore attribuì alla dea il soprannome di *purpurissa* per alludere alla regalità, alla bellezza e alla giovinezza.[18] O immaginare quali fossero le numerose tonalità delle preziose cortine di lino ritorto del tabernacolo ebraico, descritte nella Bibbia con queste parole: “dieci cortine di lino ritorto mescolato con fili di azzurro, di porpora e scarlatto”,[19] un azzurro che altri traducono con “violaceo”.

Con questi rossi sono stati addobbati i Templi, ricoperti gli altari e le statue degli dèi. La loro magnificenza diventò nei secoli appannaggio esclusivo di imperatori, re, sacerdoti e generali, che resero il rosso nelle sue varie declinazioni il colore per eccellenza: sacrale, mondano o eroico, come riesce a farcelo immaginare Plutarco nella descrizione del trionfo del generale romano Emilio Paolo “avvolto in un manto di porpora ricamato d'oro”.[20] Un colore prezioso che steso sui tessuti, fin dalle origini, è stato simbolo di potere, regalità e ricchezza. Emblema di autorità e prestigio è ancora oggi segno distintivo di potere nelle vesti dei magistrati e dei prelati e di lusso negli ambienti che devono ostentare o simulare sfarzo ed eleganza.

Rosso archetipo del sangue che, nelle divise militari della guerra e dell'azione eroica del passato, aveva un duplice scopo: da un lato quello di aumentare la potenza, di eccitare il furore e dall'altro quello di occultare il sangue versato in quanto "Il rosso esalta le nostre reazioni fisiche perché quello che vediamo è un indizio di pericolo".[21]

Una sola tinta che, declinata in colori e materiali differenti, si è estesa via via a tutti quei significati simbolici che abbiamo ereditato dall'antichità: un'eredità importante da conoscere quando, con questo colore, si intraprende un cammino di comunicazione che richiede uno sguardo capace di cogliere le connessioni che ci arrivano da così lontano.

5. Conclusioni

L'insegnamento dell'archetipo colore apre una possibilità di dialogo diverso con la realtà cromatica, perché abbandona la superficialità, recuperando l'espressione profonda, originale e creatrice su cui si sono innestati e articolati idee e significati diversi secondo le culture che bisogna conoscere quando si progetta in modo da non cadere in errori di valutazione come è successo per il rosso lacca dell'istituto italiano di cultura progettato a Tokyo da Gae Aulenti la cui aggressività nel quartiere aveva disturbato la sensibilità estetica degli abitanti.

Il colore offre narrazioni che vanno oltre l'immobilità del segno che li definisce cronologicamente nell'attualità. Riferirsi al passato e studiarne il percorso, rende coscienti del fatto che il tempo trascorso nella storia evolutiva della società umana contiene e proietta nel presente innumerevoli valori simbolici legati al nucleo originario, che offrono la possibilità di recuperarli in chiave contemporanea, di accedere a nuove esperienze cromatiche e di formulare messaggi più complessi.

Far conoscere gli archetipi cromatici significa anche far rivivere documenti dimenticati di una archeologia e di una etnografia del colore che nutre l'immaginazione e la creatività.

---

17 Claudio Claudiano, *Il rapimento di Proserpina*, I, 314 e ss.

18 *Op. cit.*, II, 15.

19 *Esodo* XXVI, 31, in: *La Bibbia di Gerusalemme*, Edizioni Dehoniane, Bologna, 1974.

20 *Vita di Emilio Paolo*, in: Plutarco, *Vite parallele*, Einaudi, Torino, 1958.

21 Elliot, A. J., & Aarts, H. (2011). *Perception of the color red enhances the force and velocity of motor output*. Emotion, 11 (2), 445-449.

Addentrarsi nei riti che hanno scandito i tempi dei colori - in particolar modo di quelli più antichi e ricchi di senso come nero, bianco e rosso - aiuta a capirne la ricchezza e sarà come avvalersi di un percorso iniziatico per attingere ai loro segreti.
Rileggere nella loro ricchezza gli archetipi cromatici significa quindi imparare a utilizzarli con sapienza: bastano infatti pochi segni cromatici accostati per evocare significati profondi e per dar vita ad emozioni.

Referenze

Lia Luzzatto, Renata Pompas, *Il significato dei colori nelle civiltà antiche*. Rusconi, Milano 1988; Hoepli, Milano; Bompiani RCS 2001; Bompiani Giunti Editore, Firenze, 2017.
Renata Pompas, *Introduzione al colore: Storia del Rosso*, About Umbria, n. 1, Anno 1, 2018.
Renata Pompas, *Rosso sangue in arte: dal cinabro alla luce*. In: *Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. XIIIA*X. Conferenza Nazionale del Gruppo del Colore Italiano, Napoli 2017.
Renata Pompas, *RED: from imperial-imperious to popular proletarian.* In: AIC 2009, Proceedings of the *11th Congress of the International Colour Association*, Sydney, Australia, 2009.
Renata Pompas, *Nero, Bianco e rosso*, Colore, luglio/settembre, 2009.
Lia Luzzatto e Renata Pompas, *I colori dei Faraoni,* Industria Tessile, novembre-dicembre 2002.
Lia Luzzatto e Renata Pompas, *Bianco progressista e morale,* Blond, maggio-giugno 1992.

La *theōria* del colore nel *Peri chrōmatōn* pseudoaristotelico.

Maria Fernanda Ferrini

Università di Macerata – Dipartimento di Studi umanistici

1.Introduzione

Il trattato sui *Colori* (Περὶ χρωμάτων), trasmesso fra le opere del *Corpus Aristotelicum*, è l'unica opera antica dedicata esclusivamente ai colori e conservata integralmente, nonostante alcuni guasti testuali. L'attribuzione ad Aristotele è stata messa in discussione in età moderna, e sono state avanzate altre ipotesi sul probabile autore (Teofrasto o Stratone), ma la questione rimane aperta. Il trattato può essere in ogni caso collocato nell'ambito dell'attività culturale del Peripato, e in un ambito cronologico sufficientemente circoscritto, cioè il primo Ellenismo. L'autore mostra un precipuo interesse per le scienze naturali e per i fenomeni fisici, empiricamente indagati: oggetto di indagine sono i colori e la loro formazione, il loro vario apparire nelle cose, nelle piante e negli animali. L'opera, letta con continuità fin dall'età antica, ha esercitato una notevole influenza sui pittori e sui trattatisti dell'età rinascimentale; nel primo Ottocento ha attirato l'attenzione anche di Goethe, che ne diede una traduzione, inserita nella parte storica della sua *Farbenlehre*. L'impostazione fenomenologica e le acquisizioni storicamente significative, che emergono nel *Peri chrōmatōn*, rendono la sua lettura ancora molto attuale, e di grande interesse nell'ampio dibattito, antico, moderno e contemporaneo sul colore, in vari settori della ricerca.

2. Colori semplici ed elementi

All'inizio del *Peri chrōmatōn*, i colori sono ripartiti in due grandi categorie, semplici e mescolati, in accordo con altre trattazioni scientifiche e filosofiche, che dimostrano lo stretto legame, in Grecia, tra indagine sul cosmo e sull'origine dell'esistente, e teoria del colore. Colori semplici (che noi definiremmo primari) sono considerati il bianco (τὸ λευκόν) e il giallo (τὸ ξανθόν): essi vengono associati agli elementi, cioè rispettivamente all'aria, all'acqua, alla terra (quando non è tinta), e al fuoco/sole; anche il nero (τὸ μέλαν), in quanto colore, viene collegato agli elementi, ma quando si trasformano gli uni negli altri:

«Semplici sono quei colori che sono associati agli elementi, cioè il fuoco, l'aria, l'acqua, la terra: l'aria e l'acqua sono di per sé bianche per natura, il fuoco e il sole sono gialli. Anche la terra è bianca di natura, ma appare di vari colori perché viene tinta. Se ne ha la prova nel caso della cenere: bruciata e dissolta la parte umida che determina la sua tinta, la cenere diventa bianca, ma non completamente, perché è tinta dal fumo, che è nero. Per questo, anche la liscivia diventa gialla, poiché il rosso della fiamma e il nero colorano l'acqua. Il colore nero si associa agli elementi quando essi si trasformano gli uni negli altri. Gli altri colori derivano da questi, come si può vedere facilmente, attraverso la combinazione e la mescolanza dell'uno con l'altro. L'oscurità, infine, è dovuta alla mancanza di luce» (*Col.* 791a 1-12)[1].

La definizione del nero come colore connesso con gli elementi nella loro trasformazione reciproca ha caratteri di originalità nella letteratura greca; essa non viene motivata, ma viene data empiricamente e scaturisce, come si può ritenere, dall'osservazione dei fenomeni di volta in volta descritti, in cui avvengono processi (fisici e chimici, secondo il nostro punto di vista) che implicano mutamenti graduali nel tempo: il manifestarsi del nero avviene *nel tempo*. Il nero inoltre non è solo un colore, ma anche una condizione di oscurità o di semivisibilità: nell'argomentazione, si avverte la tendenza, diffusa nell'Antichità, a parlare del nero (e del bianco e del grigio, anch'essi acromatici) come colore speciale, considerato in un determinato rapporto con la luce. Così è particolarmente pregnante e originale il passo in cui si analizzano i tre modi di apparire del nero, come colore positivo, collegato con gli elementi, e come colore negativo, in quanto privazione e assenza totale o parziale di luce, e connesso con una debolezza o insufficienza visiva. In esso, il nero degli oggetti neri è distinto dal nero che si mostra quando un oggetto non riflette nessuna o poca luce; inoltre, sono utilizzati per la prima volta con un valore specificamente cromatico ('color ombra') i termini connessi con il sostantivo che indica l'ombra

[1] Il testo greco del trattato è indicato secondo la mia edizione (Ferrini 1999, vd. bibliografia 4); la traduzione dei passi è tratta da Ferrini 2008 (vd. bibliografia 5).

(σκιά, distinta dall'oscurità, σκότος, che è privazione di luce), e che più generalmente comunicano l'idea di ciò che è 'ombreggiante' o 'ombreggiato':

«In tre modi, infatti, ci si presenta alla vista il nero. In generale, ciò che non si vede è nero per natura (poiché da tutti gli oggetti di questo colore si riflette come una luce nera), oppure sono neri quegli oggetti da cui nessuna luce va agli occhi: ciò che non si vede, qualora sia visibile lo spazio circostante, determina l'apparire del nero; oppure, infine, ci appaiono neri tutti quegli oggetti da cui la luce si riflette scarsa e molto debole. Per questo anche le ombre appaiono nere; e così anche l'acqua, quando è agitata, come quando il mare si increspa: poiché, per l'agitazione della superficie, vi cadono pochi raggi e la luce viene diffusa, ciò che è in ombra appare nero. Anche la nuvola appare nera per questo motivo, quando sia molto densa. Accade lo stesso all'acqua e all'aria, quando la luce non vi penetri completamente: anch'esse sembrano nere, quando sono profonde, per l'estrema scarsità dei raggi riflessi; tutte le parti che stanno in mezzo agli spazi illuminati, infatti, sembrano nere per l'oscurità. Da molti altri fatti non è difficile capire che l'oscurità non è un colore, ma privazione di luce, in particolare dal fatto che non si può percepire quanto sia grande l'oscurità, e quale possa esserne la forma, come è invece possibile per gli altri oggetti visibili» (*Col.* 791a 13-b 6).

Il nero occupa pertanto un posto del tutto peculiare: esso è l'unico colore che, pur avendo la funzione di un colore primario, può prodursi e manifestarsi nel tempo. L'autore non chiarisce come tutto ciò avvenga e come egli lo concepisca fisicamente; a volte la presenza del nero sembra semplicemente dipendente dal tempo, da una lunga permanenza dell'elemento umido in certe condizioni, e dal conseguente passaggio a un'altra qualità. Tuttavia lo scurirsi di un colore è anche connesso con determinati processi, come il disseccamento, la combustione, la maturazione/cozione, e con i fattori che possono variarne lo sviluppo, come la quantità dei liquidi presenti e il tempo necessario per la loro trasformazione.

Anche la definizione del bianco e del giallo come colori semplici ha caratteri di novità rispetto ad altre e precedenti teorie, in cui sono considerati semplici, esplicitamente o implicitamente, il bianco e il nero (gli opposti sentiti in correlazione con la luce e con l'oscurità, in quanto estremi e in quanto princìpi), oppure quattro colori, il bianco, il nero, cui si aggiungono il rosso e il giallo/verde: il rosso è il colore saliente per eccellenza, mentre il giallo e il verde sono colori supplementari in molte culture, potendo indifferentemente integrare una base triadica, costituita dal bianco, dal rosso, e dal nero/blu. La riduzione della 'tavolozza' dei pittori a quattro colori (il cosiddetto tetracromatismo), di cui si ha testimonianza in alcune fonti antiche, è materia di dibattito; in ogni caso, su di essa possono aver influito concezioni relative al cosmo e agli elementi.

Il rapporto tra colori ed elementi è teoricamente indagato in altre fonti greche, mentre nel *Peri chrōmatōn* è un dato acquisito, funzionale alla discussione e costante punto di riferimento: a ogni elemento fisico si associa per natura un colore, come sua qualità inerente e caratterizzante, distintiva.

I colori secondari e terziari derivano per mescolanza e secondo determinati rapporti quantitativi e qualitativi (*Col*. 792a 4-5; 792 a 32-b 2.). Per alcuni dei derivati si danno i componenti e la quantità, ma questa è solo vagamente indicata attraverso il 'molto' e il 'poco', il 'più' e il 'meno'; in ogni caso l'autore non dà formule (il suo trattato non è un'indagine per fini pratici) quali troveremmo in un ricettario per la composizione dei colori, destinato ai pittori e ai tintori, del genere così diffuso dalla tarda antichità fino all'epoca moderna, e gelosamente custodito come segreto di ogni bottega, di scuole pittoriche, di laboratori alchemici e tessili. Pochissimi altri colori sono indicati come ingredienti oltre ai primari, mentre fondamentali appaiono come componenti la luce e i raggi del sole, quantitativamente e qualitativamente connotati nelle loro varie gradazioni, intensità, inclinazioni.

Le osservazioni sulla luce costituiscono uno degli aspetti più significativi di questo trattato; l'autore tuttavia non si sofferma, se non occasionalmente, sulla sua natura, né sulla sua funzione in rapporto alla visione, né sul processo secondo cui l'occhio riceve e percepisce la luce. Egli esamina piuttosto i suoi effetti, la sua decisiva influenza sul manifestarsi dei colori, di cui essa è un componente fondamentale; diversa quantità, intensità e diversa incidenza della luce possono modificare anche solo temporaneamente un colore. Luce significa anche calore, soprattutto del sole: come tale essa influisce sui processi di maturazione/cozione, e conseguentemente sul colore. Anche il suo opposto, l'oscurità, ha effetti diretti e concreti sul prodursi e apparire dei colori, così come l'ombra, che ha un valore cromatico, e che può variare d'intensità ed essere un componente della

mescolanza da cui si originano i colori. Queste considerazioni appaiono molto importanti, se si pensa alla storia della pittura dall'antichità a oggi, al problema della rappresentazione dell'ombra e alla funzione che le è stata attribuita nella speculazione teorica e nella pratica.

3. La formazione dei colori e il metodo di indagine

Nel trattato è costantemente sottolineata e richiamata l'infinita varietà dei colori, osservati nelle cose, nelle piante e negli animali, a conferma di un'attenzione e di un interesse particolare per essi da parte dei Greci, contrariamente a quanto in passato si è voluto affermare. Un'attenzione e un interesse che non sono ovviamente solo stimolati dal piacere estetico derivante dalla loro vista: il colore è nella cultura greca essenzialmente uno strumento per conoscere il mondo nella sua complessità e molteplicità, e nella sua continua mutevolezza.

La varietà dei colori è collegata a meccanismi di mescolanza di qualità e di quantità diverse, inerenti a ciò che viene a contatto, e ai conseguenti mutamenti, a condizioni e a stati della materia, all'incidenza della luce, qualitativamente e quantitativamente diversa:

«Non deve sfuggire all'attenzione l'aspetto multiforme e l'infinita varietà dei colori, né per quanti motivi ciò si verifichi. Ne scopriremo la causa, o nella loro ineguale e discontinua ricezione della luce e delle ombre — ombre e luce differiscono molto tra di loro secondo il più e il meno, così che esse, sia di per sé, sia combinate coi colori, ne determinano i mutamenti —, o nel fatto che i colori mescolati differiscono per quantità e per vivezza dei componenti, o nel fatto che essi non hanno le stesse proporzioni. Infatti, il viola, il rosso, il bianco e ogni altro colore differiscono molto secondo il più e il meno, secondo la combinazione reciproca e la purezza. A determinare la differenza contribuisce il colore mescolato a seconda che sia brillante o lucente, o al contrario smorto e opaco. La lucentezza non è altro se non continuità e densità di luce; si ha infatti il colore dell'oro, quando il giallo della luce del sole, molto concentrato, risplenda. Perciò anche il collo dei colombi e le gocce dell'acqua appaiono del colore dell'oro se c'è riflessione di luce» (*Col*. 792b 33-793a 16).

3.1 Il processo di tintura. I pigmenti dei pittori

Lo schema euristico di riferimento e il modello analogico sono rappresentati dal processo di tintura dei tessuti, la cui modalità è estesa ad altri fenomeni: ogni corpo è come immerso in una tintura; ed è frequente il ricorso all'immagine di un liquido che passa, penetra, filtra, scorre attraverso la materia, comunicandole le proprie qualità cromatiche, diramandosi durante il suo percorso e impregnando le parti porose capaci di assorbirlo. Per la realizzazione del processo sono necessari: un colorante che entri nei pori dell'oggetto da tingere, l'acqua, come veicolo, un mordente, e il calore. Quando l'oggetto impregnato della tinta sia asciugato, il nuovo colore rimane finché non venga eventualmente di nuovo lavato via dai pori: il colore rimane stabile a condizione che permanga il contatto con i pori; la colorazione appare un procedimento essenzialmente meccanico.

In particolare, lo sviluppo di diversi colori durante la tintura col murice esemplifica quanto accade nei frutti, che assumono vari colori, a seconda delle fasi di maturazione:

«Quando frantumano il murice e ne fanno scolare via l'umore, poi lo versano e lo fanno bollire nelle pentole, dapprima nessun colore è distinguibile nel bagno di tintura, per il fatto che ognuno di essi a poco a poco si differenzia in molti e vari modi; più il liquido bolle e più i colori che vi rimangono ancora si combinano tra di loro: si ha il nero, il bianco, il bruno, il grigio-azzurrognolo, poi tutti i colori diventano viola quando hanno finito di bollire insieme. Così, per la mescolanza, nessuno degli altri è più distinguibile singolarmente» (*Col.* 795b 11-21; cfr. 797a 3-8).

La pratica tintoria viene assunta quasi come prova sperimentale e come modello esplicativo di ciò che accade in natura, secondo un parallelismo tradizionalmente stabilito tra processi naturali e procedimenti della *technē*, e utile nell'argomentazione in quanto i secondi servono a capire e a interpretare i primi. L'arte può quindi rappresentare un modello per l'analisi della natura. Tuttavia, nel *Peri chrōmatōn*, si nota che mentre la tecnica tintoria assolve questa funzione, la mescolanza di pigmenti da parte dei pittori non viene invece ritenuta metodicamente valida per l'indagine sui colori. Sono infatti i tintori a imitare la natura, non i pittori. Il bagno di tintura delle stoffe intrise dalla sostanza colorante assomiglia al modo in cui i liquidi presenti nelle piante e negli animali ne intridono e colorano le varie parti.

3.2 Le mescolanze che si producono in natura

L'autore del *Peri chrōmatōn* propone un metodo di indagine dei colori, così come si producono in natura, e richiama ripetutamente alcuni criteri che scaturiscono essenzialmente da una serie di osservazioni ordinate e sorrette da regole, da un sapere specializzato, e basate sulla convinzione che in natura si mescolino luci e non pigmenti. Si suggerisce di partire sempre da un colore già osservato, cioè noto; di non presumere che tutti i colori derivino dai semplici; di spiegare allo stesso modo la formazione dei colori direttamente dai semplici o dai composti, anche se la loro origine non è la stessa; di osservare che cosa accade quando un colore noto viene mescolato con un altro. In conclusione, si esclude il ricorso alla pratica dei pittori, per capire il vero procedimento della mescolanza dei colori:

«Dobbiamo esaminare tutto ciò senza mescolare questi colori come fanno i pittori, ma confrontando tra di loro i raggi che si riflettono dai colori di cui si è parlato: è il modo migliore per indagare secondo natura le mescolanze dei colori. Inoltre, si devono ricavare le prove e le basi del confronto dai casi in cui sarà chiara l'origine dei colori. Questo si verifica in modo particolare con la luce del sole e con la luce del fuoco, con l'aria e con l'acqua: la loro mescolanza in maggiore o minore proporzione dà origine a quasi tutti i colori. In più, bisogna prendere in considerazione la somiglianza anche a partire dagli altri colori quando sono mescolati coi raggi luminosi: il carbone, il fumo, la ruggine, lo zolfo e i piumaggi, mescolati questi coi raggi del sole, quelli coi raggi del fuoco, danno vita a molte e varie trasformazioni di colori. Altri colori bisogna poi osservarli nei processi di maturazione, dato che si producono nelle piante, nei frutti, nei peli, nei piumaggi e così via» (*Col*. 792b 16-32).

L'artificio dei pittori, che mescolano pigmenti, è opposto al metodo raccomandato nella ricerca, che consiste nell'osservare i colori in natura. L'indagine deve dunque basarsi sul confronto dei raggi che si riflettono dai colori noti, di cui si è detto: l'autore si riferisce ancora ai colori semplici, al colore degli elementi, che può mescolarsi come gli elementi stessi e determinare la varietà, ma che non è di per sé il risultato di mescolanze. L'accento è posto sul concetto espresso dal nesso *kata physin theōrēsai* (κατὰ φύσιν θεωρῆσαι — 792b 20): il metodo proposto è il migliore e il più efficace in relazione all'obiettivo di spiegare la varietà dei colori osservati, anche secondo il più generale principio, tipico della scienza antica, di studiare i fenomeni così come si danno in natura.

Il passo è stato solitamente messo a confronto con l'affermazione di Aristotele, nei *Meteorologica* (372a 5 ss.), riguardo ai tre colori (rosso — φοινικοῦν, verde — πράσινον, violetto — ἁλουργόν) principali dell'arcobaleno, che non possono essere prodotti artificialmente dai pittori: in entrambi i casi, sembra che gli autori distinguano tra due sistemi, che noi definiamo rispettivamente additivo, in cui si mescolano luci colorate, e sottrattivo, in cui si mescolano pigmenti.

3.3 Colori permanenti e colori transitori

L'attenta osservazione e correlazione dei fenomeni saranno più proficue nei casi in cui sia chiara l'origine dei colori (sono quelli in cui la luce del sole e del fuoco, l'aria e l'acqua interagiscono): allora potranno valere come prova e come base per il confronto. Il riferimento a un colore di chiara origine, il confronto dei raggi riflessi e degli effetti della luce su oggetti diversi, il passaggio da un colore all'altro, e ancora (come si dirà nella sezione riguardante la formazione dei colori nel mondo vegetale e animale) il collegamento tra il colore negli organismi viventi e la maturazione costituiscono la base per lo studio e per la comprensione dei fenomeni cromatici.

Così ogni cosa può avere un colore in qualche modo permanente e un colore transitorio, un colore originario e un colore che si forma nel tempo, sempre a partire dal primo, legato all'elemento di cui essa è prevalentemente costituita. La terra, per esempio, è bianca, ma appare variamente colorata alla vista, perché intrisa di liquidi che la tingono; l'aria e l'acqua sono anch'esse bianche, ma possono apparire di colore diverso in determinate condizioni di luce e di visibilità.

L'unica distinzione che l'autore invita a fare è tra il colore messo a base dell'osservazione, o presupposto, e il colore che si ha in fasi successive di crescita (le piante e gli animali raggiungono maturando il loro colore *proprio*), o in processi di tintura, o in seguito a fenomeni meccanici, per esempio lo sfregamento di pietre e

metalli, ad azioni fisiche (e chimiche) dovute alla luce e al calore. Si osservano pertanto colori iniziali, colori intermedi, colori finali; la luce è una variabile fondamentale per la loro formazione e per il loro manifestarsi anche transitorio.

C'è dunque un colore naturalmente legato alle cose, in quanto prevalentemente formate da un elemento, ma noi non sempre lo vediamo; pertanto l'analisi e l'interpretazione si concentrano sul colore visto e molto mutevole, sul colore che appare all'inizio di un processo, per esempio il verde nelle piante.

La prova (πίστις) che dimostra e conferma la solidità delle affermazioni viene ancora una volta dall'osservazione e dall'esperienza. È significativo il contemporaneo riferimento sia agli argomenti che possono essere addotti come prova, sia a un criterio con cui si individuano e si identificano rapporti tra le cose (il criterio della similitudine). Nella raccolta dei dati si presta attenzione all'analogia dei fenomeni e delle cause che li producono. I vari stadi della dimostrazione non sono ben definiti né distinti, pur se il procedimento indicato appare sufficientemente chiaro. La prova per analogia e il ricorso a essa come metodo euristico sono ben diffusi nella filosofia e nella scienza antica; metodicamente sono determinanti anche le differenze e la polarità: la loro importanza nel meccanismo della visione è riconosciuta nell'Antichità come oggi, pur su basi e con motivazioni diverse.

Gli elementi ricordati (fuoco, aria, acqua — *Col*. 792b 22-24: manca la terra, proprio per le sue caratteristiche di opacità, mentre gli altri partecipano in maggiore misura del diafano) sono otticamente significativi, in sé e come mezzi, in quanto connessi con la luce o con la trasparenza e la levigatezza, e con i colori semplici.

Alla necessità di osservare e di correlare i fenomeni, più volte sottolineata, si associa talora qualche tentativo di sperimentazione. Particolarmente rilevante è un passo in cui si fa riferimento al collo cangiante dei colombi, come esempio che si aggiunge ai mutamenti cromatici dell'aria e dell'acqua, dovuti alla diversa incidenza della luce su una superficie:

«[…] l'aria prende talora di purpureo a levante e a ponente, quando il sole sorge e tramonta: allora i suoi raggi, particolarmente deboli, colpiscono l'aria scura. Anche il mare tende al purpureo, quando le onde si alzano e la parte dell'onda che si inarca è in ombra, perché i raggi del sole colpiscono debolmente questa parte inclinata, e fanno sì che appaia il colore viola. Ciò si osserva anche nel piumaggio degli uccelli: sotto una certa angolazione di luce ha un colore viola. Se lo colpisce una minore quantità di luce, esso è di quel colore fosco che viene chiamato bruno; molta luce, mescolata col nero originario, dà invece il rosso. Se poi è vivace e scintillante, il colore si tramuta nel rosso della fiamma» (*Col.* 792a 17-29).

L'orientamento del piumaggio nella direzione della luce, quasi radente, comporta diversi effetti che non dipendono solo dalla quantità e dalla qualità della luce incidente, ma anche dall'angolo di incidenza. È significativo che il piumaggio degli uccelli, tradizionalmente simbolo del variare dei colori, sia definito coloristicamente come l'acqua del mare, anch'essa cangiante. Il colore cangiante del collo dei colombi, al sole, era uno dei noti argomenti a favore del relativismo della conoscenza e delle illusioni ottiche (oggi si parlerebbe di colorazione per interferenza).

A ogni mutamento qualitativo e quantitativo, corrispondono un mutamento di colore e un passaggio a caratteristiche che di volta in volta si pongono come opposte o intermedie, rispetto al completamento di un processo, e al tempo che esso richiede.

I processi e le azioni che influiscono sul vario prodursi dei colori sono il riscaldamento, la combustione, la liquefazione, la fusione, la bollitura (nel caso per esempio della tintura artificiale), il raffreddamento, la maturazione/cozione (nelle piante e negli animali), correlata con il nutrimento e con l'assimilazione.

Precise qualità, posizioni e disposizioni, caratteristiche e stati della materia sono altrettante variabili che determinano il colore: la densità e la compattezza, la rarefazione e la sottigliezza, la porosità o la continuità, la levigatezza o l'asperità. Condizioni diverse legate alla luce e all'ombra, alla profondità, alla distanza, alla visione in superficie o all'interno, diretta o attraverso un mezzo, alla permanenza o al movimento, allo spazio o al tempo, arricchiscono l'elenco dei fattori cui si fa più volte riferimento. Le diverse cause di mutamento del colore sono pertanto riconducibili a caratteristiche e a processi fisici (o chimici, in certi casi, secondo il nostro punto di vista), e a fenomeni ottici di riflessione della luce, talora sovrapposti.

3.4 Infinita varietà dei colori. Nessun colore è visto nella sua purezza.

Continuamente è richiamata l'attenzione sull'infinita varietà dei colori: questa parte è di notevole interesse per la sua modernità. Vi è chiara infatti la consapevolezza di caratteristiche, di attributi del colore, di distinzioni e di fenomeni, ai quali noi diamo nomi precisi (tonalità, saturazione, luminosità, contrasto di tono, contrasto simultaneo dei colori, influenza del campo) e che definiamo con parametri certo diversi, sulla base di acquisizioni e di impostazioni nuove, di metodica sperimentazione e di misurazioni strumentali, ma che nella loro intuitiva essenza sono presenti alla mente del nostro autore.

Nessun colore può essere visto nella sua purezza: tutti sono in qualche misura modificati dalla mescolanza se non con altri colori, sicuramente con la luce e con l'ombra. Luce e ombra appaiono infatti i principali fattori di alterazione cromatica: possono variare di intensità, di quantità, di regolarità e interagire in modo diverso con cose che hanno composizione, struttura, consistenza, superficie, posizione, esposizione, inclinazione differenti:

«Non vediamo nessun colore nella sua purezza, quale è realmente, ma tutti mescolati con altri: e anche quando non siano mescolati con un altro colore, lo sono almeno con i raggi della luce e con le ombre; così appaiono diversi, e non come sono in realtà. Per l'identico motivo ci appaiono di diverso colore gli stessi oggetti se osservati nell'ombra, nella luce, quando c'è il sole, sotto una luce intensa o tenue, secondo le inclinazioni e le diverse posizioni, e altri differenti fattori. Lo stesso accade con gli oggetti esposti alla luce del fuoco, della luna, o delle lanterne, perché ognuna di queste luci è diversa; e ancora nel caso della combinazione dei colori, perché essi assumono il loro colore nel passaggio dell'uno attraverso l'altro. La luce infatti, quando, cadendo su qualcosa, ne è colorata, e diventa per esempio rossa o verde erba, e poi il riflesso cade su un altro colore, allora, conseguentemente a questo suo nuovo mescolarsi, assume una diversa mescolanza cromatica. Subendo queste continue ma impercettibili modificazioni, la luce arriva talvolta agli occhi già mescolata di molti colori, ma in modo da determinare, tra i colori prevalenti, la percezione di uno solo. Questo è il motivo per cui gli oggetti osservati sott'acqua si avvicinano all'aspetto dell'acqua, e gli oggetti osservati negli specchi hanno colori simili a quelli degli specchi stessi. Si deve pensare che accada lo stesso per l'aria. In conclusione tutti i colori sono una combinazione di tre componenti: della luce, del mezzo attraverso cui essa si vede, per esempio l'acqua o l'aria, e, infine, dei colori base, dai quali è riflessa la luce» (*Col*. 793b 12-794a 2).

La seconda parte del trattato (*Col*. 794b 12-799b 21), interamente dedicata al variare dei colori nel mondo vegetale e animale, rivela l'interesse, da parte dell'autore, per la botanica e per la zoologia: egli studia non la percezione del colore, il processo percettivo in sé, ma il colore così come appare e si manifesta nelle piante e negli animali. All'analisi del colore viene applicato pertanto, soprattutto nella seconda parte, un modello biologico.

Nelle piante e negli animali, il succedersi dei colori è strettamente associato alle varie fasi di maturazione/cozione, alla digestione e all'assimilazione del nutrimento, all'azione del calore (innato negli animali; esterno e solare nelle piante). Diverse parti del corpo di uomini e animali, parti di una pianta, di un fiore, di un frutto, più o meno nutrite, più o meno esposte al sole (sia come fonte di luce sia come fonte di calore) possono avere colori diversi.

4. Conclusione

Le acquisizioni storicamente significative contenute in questo trattato, di impostazione essenzialmente fenomenologica, sono, come si è visto, molteplici: nessun colore può essere visto nella sua purezza; la reciproca interazione dei colori; la variabilità di condizioni che determinano l'impressione cromatica; la luce come componente delle mescolanze, e la sua diversità a seconda della fonte; il valore cromatico dell'ombra.

Parimenti emerge in esso (come in alcuni passi di Democrito, di Platone e di Aristotele) il tentativo di una classificazione dei colori e di una nomenclatura, basate sul rapporto delle distinte notazioni cromatiche con la luce e con l'oscurità. Il significato dei termini di colore nella cultura greca, il problema della loro percezione, classificazione e denominazione, sono temi ampiamente dibattuti fin dall'Antichità. Il campo del colore è notoriamente un *continuum* entro il quale diverse culture distinguono, negli stessi punti o in punti diversi, un certo numero di limiti e di aree, che ogni lingua classifica secondo principi e criteri differenti: il rapporto tra

nomi di colore e loro significato va considerato nel quadro del più complesso rapporto tra percezione e concettualizzazione. La visione dei colori è un fenomeno naturale, la loro classificazione è prevalentemente un fatto culturale.

Oltre ai colori semplici (bianco, giallo, e nero), nel *Peri chrōmatōn* vengono indicati i seguenti colori derivati, attraverso l'impiego di questi termini: φοινικοῦς (rosso), οἰνωπός (colore del vino), πυρρός (rossiccio), φλογοειδής (rosso fiamma), ἁλουργός (viola) e πορφυροειδής (color porpora, purpureo); χλωρός (verdastro), ποώδης (verde erba), πρασοειδής e πράσινος (verde porro); φαιός (grigio), ὄρφνιος (bruno), ἀεροειδής (grigio-azzurrognolo), κυανοειδής (blu). Il primo gruppo di termini copre la sfera semantica del rosso (diversamente acceso e carico) e del viola; il secondo del verde, dal più pallido al più scuro; mentre φαιός indica tradizionalmente l'intermedio tra il bianco e il nero, cioè il grigio; ὄρφνιος un colore scuro e fosco, un bruno-marrone; ἀεροειδής il colore e l'aspetto dell'aria, in determinate condizioni, e il grigio-azzurrognolo; κυανοειδής l'azzurro cupo, il blu scuro quasi nero. Considerando che nella cultura greca la divisione dello spettro solare non coincide con la nostra, e che, più generalmente, ogni cultura ha un proprio modo di segmentare la realtà cromatica e di indicarla lessicalmente, con differenze nel suo stesso ambito, un'equivalenza o una corrispondenza dei singoli termini, in un'altra lingua, si può ricavare solo tenendo conto del loro uso diacronico nei diversi autori, e della loro funzione denotativa nel contesto più ristretto e in una visione sincronica. Le associazioni e le opposizioni che si individuano in una singola opera, in cui di solito ricorre un numero limitato di termini, quelli sufficienti per indicare una certa ripartizione, aiutano a cogliere un significato, anche se si deve essere coscienti della sua approssimazione.

Il tentativo di classificazione dei colori e la consapevolezza, che l'autore del *Peri chrōmatōn* sembra avere, della necessità di un linguaggio più tecnico e preciso, nel campo specifico, si inseriscono pienamente nella tradizione peripatetica e costituiscono uno dei suoi contributi alla comprensione dei complessi aspetti legati alla 'teoria dei colori', anche secondo l'auspicio espresso dall'autore stesso, alla fine del trattato (*Col.* 799b 20-21).

Bibliografia

La bibliografia sull'argomento è vastissima; qui rinvio solo ad alcuni tra gli studi più recenti, da cui si potranno trarre le necessarie integrazioni.

[1] Marcello Carastro, ed., *L'antiquité en couleurs Catégories, pratiques, représentations*, Grenoble, Jérôme Millon, 2009.

[2] Liza Cleland, Karen Stears, ed., *Colour in the ancient Mediterranean world*, Oxford, Alden Press, 2004.

[3] Arnaud Dubois, Jean-Baptiste Eczet, Adeline Grand-Clément, Charlotte Ribeyrol, dir., *Arcs-en-ciel et couleurs. Regards comparatifs*, Paris, CNRS, 2018.

[4] Maria Fernanda Ferrini, *Pseudo Aristotele I colori*, Pisa, ETS, 1999.

[5] Maria Fernanda Ferrini, *[Aristotele] I colori e i suoni*, Milano, Bompiani, 2008.

[6] Maria Fernanda Ferrini, *Colori della natura e colori dell'uomo* (Friedrich Nietzsche, *Morgenröthe* 426), in S. Bertolini, a cura di, *Apollineo e dionisiaco Prospettive e sviluppi con Nietzsche e oltre Nietzsche*, Roma, Aracne, 2010, pp. 19-32.

[7] Maria Fernanda Ferrini, ΧΡΩΜΑΤΑ *Lessico dei termini greci di colore* (fascicolo I: *alpha*), Macerata, eum, 2019.

[8] John Gage, *Colour and culture. Practice and meaning from antiquity to abstraction*, Singapore, Thames & Hudson, 2001 (1ª ed. 1993).

[9] Adeline Grand-Clément, *La fabrique des couleurs Histoire du paysage sensible des Grecs anciens* (VIIIe – début du Ve s. av. n. è), Paris, De Boccard, 2011.

[10] Lia Luzzatto, Renata Pompas, *Il significato dei colori nelle civiltà antiche*, Milano, Bompiani, 2017 (1988).

[11] John Lyons, *Le vocabulaire de la couleur, avec application particulière aux termes de couleur fondamentaux en grec ancien et en latin classique*, «Lalies» 22 (2001) pp. 41-70.

[12] Agnès Rouveret, Sandrine Dubel, Valérie Naas, ed., *Couleurs et matières dans l'Antiquité* Textes, techniques et pratiques, Paris, Éditions Rue d'Ulm, 2006.

[13] Michalis A. Tiverios, D.S. Tsiafakis, ed., *Color in ancient Greece The role of color in ancient Greek art and architecture (700-31 B.C.)*, Thessaloniki 2002 (Proceedings of the Conference held in Thessaloniki, 12th-16th April, 2000).

[14] Laurence Villard, dir., *Couleurs et vision dans l'antiquité classique*, Rouen, Publications de l'Université de Rouen, 2002.

Analisi contrastivo-traduttiva del fraseologismo "dar luz verde" in un episodio della serie tv "La casa di carta"

Peggy Katelhön[1]
Albana Muco[1]
[1] Università degli Studi di Milano

1. Introduzione

Questo contributo[1] prende in esame il fraseologismo[2] in spagnolo *dar luz verde* [V + S + Agg.], ovvero 'dare (la) luce verde', e le sue espressioni traducenti in inglese, italiano e tedesco. Tali unità linguistiche sono tratte dal quarto episodio della prima stagione della serie televisiva "La casa di carta" (titolo originale *La casa de papel*, Spagna, 2017), distribuita a livello mondiale da Netflix, piattaforma di streaming di film, serie tv e prodotti di intrattenimento[3]. I contenuti trasmessi da questo leader di internet tv sono multilingui: si può scegliere a proprio piacimento la lingua dei dialoghi e dei sottotitoli del prodotto multimediale. Essendo la serie girata originariamente in spagnolo, l'analisi in chiave contrastivo-traduttiva qui presente, sia del testo orale che del testo scritto (sottotitoli), riguarda le coppie di lingue spagnolo-inglese, spagnolo-italiano, spagnolo-tedesco. L'articolo si prefigge di: 1) analizzare il simbolo del colore verde nella lingua di partenza, illustrando il ruolo del linguaggio metaforico o figurato; 2) individuare delle strategie e scelte traduttive nelle lingue d'arrivo ed esaminare se il fraseologismo in questione abbia rappresentato un ostacolo traduttivo [1] o *translational hurdle* [2]. Trattandosi di una *multiword unit* in un determinato contesto e una specifica situazione comunicativa, l'analisi traduttiva ci permette di individuare convergenze e divergenze interlinguistiche a livello semantico, morfosintattico e pragmatico [3].

2. Simbolo: il verde come colore del 'via libera'

Uno dei calchi fraseologici dall'inglese più famosi e usati, *dar luz verde* è stato riscontrato nella lingua spagnola per la prima volta nel 1977 [4]. Con calco fraseologico si intende la traduzione parola per parola di un'espressione fraseologica straniera [4]. Questa unità linguistica è un *phraseological borrowing*, ossia un prestito fraseologico che evidenzia un rapporto di interazione e scambio linguo-(inter)culturale. Come vedremo qui di seguito, risultano essere lingue recipienti di questa espressione non solo lo spagnolo ma anche l'italiano e il tedesco[4].

Il *colour idiom*, in lingua inglese 'to give the green light' (in it. 'dare la luce verde'), deriva dal linguaggio specialistico dei trasporti, ovvero dal concetto di utilizzare segnali ottici per la gestione del traffico ferroviario in Gran Bretagna [5]. Infatti, "green lights as a signal to mean go (permission to proceed) originated with trains in the late 1800's. The term green light was used figuratively by the first half of the 1900's"[5]. L'invenzione e, soprattutto, la diffusione universale del semaforo[6] nella segnaletica stradale hanno consacrato la divulgazione di tale espressione. Il semaforo, strumento di

---

[1] Il presente articolo è frutto di una stretta collaborazione delle autrici in ogni fase della sua stesura, tuttavia Peggy Katelhön si assume la responsabilità scientifica dei paragrafi 1, 3.1, 3.4, 4 e Albana Muco dei paragrafi 2, 3, 3.2, 3.3.
Le autrici informano che in questo contributo per motivi di spazio in alcune occasioni è stato usato il maschile generico rivolto a donne e uomini.

[2] Vedasi Burger 2015 [17] per i riferimenti teorici.

[3] Per maggiori informazioni sulla piattaforma, consultare www.netflix.com.

[4] Fraseologismo riscontrato anche in francese, portoghese, russo, svedese, ucraino, romeno, albanese, ecc.

[5] https://www.idioms.online/green-light/.

[6] Termine che deriva dal greco antico, composto da σῆμα "segno, segnale" e φέρω "porto" (http://www.treccani.it/enciclopedia/semaforo_%28Enciclopedia-Italiana%29/).

regolamentazione dei flussi stradali e dei passaggi pedonali[7], è costituito normalmente da tre segnali luminosi: rosso, verde e giallo. Il verde sta a significare il lasciapassare (via libera), il rosso il fermarsi (via impedita), e il giallo lo stato di transizione tra il verde e il rosso (cambiamento di stato). Il rosso quindi ha acquisito il suo significato simbolico in contrapposizione al verde [6]. Così il verde, oltre ad essere in Occidente il colore del destino, della natura e dell'ecologia, della gioventù, del diavolo, del veleno, è diventato anche il colore del permesso [7], mentre il rosso, tra le altre connotazioni, è diventato il colore del divieto [7]. Com'è evidente, il senso figurato dei singoli colori può essere sia negativo che positivo e può svilupparsi in opposizione ad altri cromatismi [6].

Fig. 1 - Traduzione in immagine di "to give the green light"[8]

3. Analisi contrastivo-traduttiva

Il confronto linguistico del presente articolo, come si può evincere anche dal titolo, è contrastivo-traduttivo. Pertanto è opportuno illustrare i due livelli d'analisi. La disamina contrastiva, mettendo a confronto lingue diverse attraverso il metodo delle equivalenze, permette di individuare convergenze e divergenze linguo-culturali. Nell'ambito della Linguistica contrastiva, la fraseologia si occupa di analogie e differenze a livello della *langue*, ovvero del sistema linguistico (*Sprachsystem*), mentre la traduzione si concentra sulla *parole*, ossia sull'uso linguistico (*Sprachverwendung*)[9] [1], di conseguenza la prospettiva traduttiva è *data-driven*.

Nel nostro caso il fraseologismo *dar luz verde* è tratto da un testo audiovisivo, ossia da un testo multimediale: prodotto in cui i canali semiotici acustico (suoni), visivo (immagini) e verbale (dialoghi) comunicano simultaneamente, generando insieme il significato recepito dallo spettatore [8]. Ci troviamo così nell'ambito della traduzione interlinguistica audiovisiva (in ingl. *Audiovisual Translation - AVT*), e più nello specifico nelle sottocategorie di doppiaggio (sostituzione dell'audio originale con il testo tradotto) e sottotitolaggio (testo scritto che compare sullo schermo riportando i dialoghi). Esistono due categorie di sottotitoli: quelli aperti che fanno parte del prodotto audiovisivo e quelli chiusi che possono comparire sullo schermo a discrezione della scelta dello spettatore [9]. Ed è di quest'ultimi che ci occupiamo nel presente lavoro. Per quanto riguarda la tipologia testuale, il testo filmico è stato concepito come scritto ma viene realizzato e percepito come testo orale: "si tratta perciò di una forma ibrida, in quanto scritta ma con registri del parlato" [10][10].

Rispetto alla traduzione per il sottotitolaggio (ovvero trasposizione del copione in una nuova lingua), la realizzazione del doppiaggio rappresenta un processo più complesso che inizia con la traduzione ma deve seguire alcuni passaggi e coinvolge diverse figure professionali. Quest'ultimi possono agire sul testo rispettando o meno le scelte del traduttore [11].

---

[7] Inventato dall'ingegnere ferroviario John Peake Knight nel 1868, apparve per la prima volta a Londra nei pressi di *Houses of Parliament*. Per via di un malfunzionamento che causò la morte di un poliziotto, cadde in disuso. Tornò ad essere utilizzato a Londra nel 1925, dopo essere stato perfezionato in America (nel 1914 a Cleveland e nel 1918 a New York City) [5].

[8] Immagine tratta da http://blog.udn.com/euoy789/122874643.

[9] Ruggero informa che "Koller (1979) preferisce parlare di "corrispondenza" (*Korrespondenz*) per il livello della *langue* nell'ambito della linguistica contrastiva, e di "equivalenza" (*Äquivalenz*) per il livello della *parole* nel campo della "scienza della traduzione" (*Übersetzungswissenschaft*)" [13].

[10] Secondo Koch e Oesterreicher (1985) orale ("lingua della vicinanza") e scritto ("lingua della distanza") rappresentano i poli di un continuum. Lo spazio tra questi due poli antitetici non è lineare, ma è costituito da diverse forme comunicative (spazio pluridimensionale) [18]. Per un approfondimento sulle caratteristiche del linguaggio scritto e quello orale si rimanda al loro contributo.

Usando la terminologia di Erik Skuggevik (2010), diversamente dalla traduzione "tradizionale" – che crea un prodotto completo e pronto per la fruizione, come ad esempio un libro (fig. 2) – , la traduzione audiovisiva si può definire traduzione "simbiotica", poiché la simbiosi è una relazione che sottolinea la natura co-dipendente dei diversi componenti semiotici [12]. La trasposizione linguistica è quindi uno dei diversi elementi che costituiscono il prodotto filmico. Lo spettatore infatti può capire o fruire di alcuni aspetti del prodotto audiovisivo senza saperne o comprenderne la lingua [12] (vedasi fig. 3). Qui di seguito riportiamo i due modelli traduttivi elaborati da Skuggevik[11] [12].

ST ---------- [Translator] ----------> TT

Fig. 2 - Modello traduzione "tradizionale"

ST words ---------- [Translator] ----------> TT words
ST images ----------> TT images
ST sounds ----------> TT sounds
ST objects ----------> TT objects
music, costume, colours, etc.

Fig. 3 - Modello traduzione "simbiotica"

Per comprendere a fondo il contesto d'uso del fraseologismo dobbiamo tenere in considerazione la trama della serie e, più nello specifico, gli avvenimenti del quarto episodio (durata: 51 minuti). *La casa di carta* (2017) racconta l'attacco alla Zecca di Stato a Madrid da parte di una banda di otto rapinatori (Denver, Berlino, Mosca, Tokyo, Nairobi, Rio, Stoccolma, Helsinki), che si barricano dentro l'edificio, guidati dall'esterno dall'ideatore dell'impresa criminale, il Professore. Quest'ultimo è l'unico elemento del gruppo che comunica con la polizia telefonicamente. Gli otto dentro la Zecca hanno 67 ostaggi, cui sequestrano i cellulari per impedire comunicazioni con l'esterno e distribuiscono un vestiario uguale al loro. Nel quarto episodio della prima stagione, una degli ostaggi, Monica, viene scoperta con un cellulare. Il capogruppo Berlino si adira con Denver, che aveva il compito di sorvegliarla, e gli ordina di ucciderla. Monica è incinta, Denver non ha il coraggio di assassinarla, si accorda con Monica per spararle in una coscia e dimostrare a Berlino di aver eseguito l'ordine. Poi nasconde la donna ferita in una camera di sicurezza. Gli spari mettono in agitazione tutti, Berlino informa gli altri membri della banda della morte di Monica. Mosca, il padre di Denver, quando viene a sapere dell'assassinio della donna per mano del proprio figlio, ha un attacco di ansia. Denver è costretto a nascondere la verità al padre, tuttavia per aiutarlo a superare questo momento critico, sapendo che Mosca ha bisogno di prendere una boccata d'aria fresca, organizza un'uscita sul tetto della Zecca insieme ad alcuni ostaggi. Sequestratori e sequestrati indossano vestiti identici e hanno il volto coperto da maschere. Inoltre, Denver e Mosca hanno armi vere ma gli ostaggi sono dotati di armi finte per disorientare la polizia. All'aperto sul tetto, Mosca, ancora sconvolto per la notizia, chiede a Denver se abbia veramente ucciso Monica. Arturo, uno degli ostaggi, capisce che i due parlano della donna. Quest'ultimo non solo è il direttore della Zecca ma è anche l'amante di Monica e il padre del suo bambino. Chiede immediatamente a Denver e a Mosca cosa le è successo, crede che sia morta e si dispera. Mentre la conversazione tra i tre precipita e diventa sempre più concitata e fuori controllo, Mosca capisce la pericolosità della situazione poiché sul tetto sono troppo esposti e vi sono molti cecchini pronti a sparare. Suggerisce quindi al figlio di inginocchiarsi e far finta di essere un ostaggio. Anche agli altri ostaggi viene detto di inginocchiarsi. Lo stratagemma funziona. Arturo rimane l'unico in piedi e sembra che punti la pistola verso Denver e Mosca. Si crea così un grande malinteso: l'ostaggio pare ai cecchini un sequestratore armato e sembra che un'esecuzione sia imminente. La scena viene seguita in diretta attraverso i monitor dei computer della

[11] ST sta per *Source Text*, comunemente detto in italiano Lingua Fonte o Lingua di Partenza e TT significa *Target Text*, ovvero Lingua Target o Lingua d'Arrivo.

base operativa dall'ispettrice Raquel Murillo, a capo delle indagini, dal comandante Suárez e dallo staff di polizia, mentre i cecchini comunicano con loro attraverso radio-trasmettitori e chiedono l'autorizzazione ad aprire il fuoco. Le interazioni tra l'ispettrice, il comandante Suárez e i cecchini, che rappresentano una classica comunicazione asimmetrica[12] con gerarchia di ruoli, si susseguono a ritmo incessante. Concitazione, agitazione, preoccupazione, pressione, presenza di pericolo e capacità di gestione del pericolo, prontezza di reazione su ciò che si osserva, rendono il momento ancora più delicato e pressante. Non c'è tempo e la polizia non può permettersi che vi sia un'esecuzione in diretta televisiva vista la stampa accorsa sul luogo. Alla fine Murillo dà l'approvazione ad aprire il fuoco, usando l'espressione *luz verde*.
Per dare un'idea della cronologia, il gruppo compare sul tetto a 05:21 minuti dalla fine dell'episodio, mentre si susseguono le scene, a 03:15 minuti Mosca chiede a Denver se ha davvero ucciso Monica, poi la narrazione filmica mostra una conversazione parallela, la chiamata tra il Professore e l'ispettrice Murillo che si confrontano su quello che sta accadendo. Il Professore assicura l'ispettrice che l'uscita sul tetto è innocua e serve solo a permettere al gruppo di sgranchirsi le gambe. Nel contempo Arturo è afflitto e implacabile. La condizione emotiva dell'uomo viene mostrata attraverso la sua voce e la gestualità: azioni spontanee e scoordinate, parla in maniera agitata e non presta ascolto a quello che gli dicono Mosca e Denver, si dimentica che ha tra le mani una pistola, che in realtà è un'arma giocattolo ma che i cecchini ritengono sia vera. Le parole del Professore vengono in qualche modo smentite da quello che avviene sul tetto. I cecchini informano la base che il gruppo è armato e chiedono istruzioni, la situazione precipita a 02:24 minuti dalla fine dell'episodio, quando Mosca dice a Denver di mettersi in ginocchio, a 01.19 viene data "luce verde" e a 01:14 si sente lo sparo che colpisce Arturo. Un lasso di tempo brevissimo e intenso, caratterizzato da un climax ascendente, reso ancora più carico di patos dalla rapidità con cui seguono le scene, dalla contemporaneità di azioni, dalla mimica e dalla gestualità, dagli effetti sonori e dalla musica.
Vediamo ora i testi originali[13] che riportano le interazioni tra i cecchini (Condor 1 e 3) e il comandante Suárez che si trova nella base operativa, tra quest'ultimo e l'ispettrice Murillo, e una battuta di Mosca rivolta ad Arturo suggerendogli di abbassare l'arma poiché i cecchini sono pronti a sparare.

3.1 Dialoghi in spagnolo

Riga	Testo orale (dialoghi)	Riga	Testo scritto (sottotitoli)
	[…]		[…]
1	**Cóndor 1**: Solicito luz verde.	1	**Cóndor 1**: Solicito luz verde.
	[...]		[...]
2	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	2	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.
3	**Suárez**: Necesito autorización.	3	**Suárez**: Necesito autorización.
4	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	4	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.
5	**Esperando** instrucciones.	5	**Espero** instrucciones.
	[...]		[...]
6	**Suárez**: Deme luz verde.	6	**Suárez**: Deme luz verde.
7	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	7	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.
8	Tienen intenciones de disparar.	8	Tienen intenciones de disparar.
9	Solicito abrir fuego.	9	Solicito abrir fuego.
10	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	10	**Moscú**: ¡Baja ese arma!
11	**Cóndor 3**: Van a matarlos.	11	**Cóndor 3**: Van a matarlos.
12	**Murillo**: Luz verde.	12	**Murillo**: Luz verde.
13	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	13	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.

[12] Vedasi *Handbuch der Dialoganalyse* a cura di Fritz/Hundsnurscher (1994) [19].
[13] Sono state escluse alcune battute ritenute superflue. Il taglio del testo viene indicato attraverso il simbolo "[…]". I dialoghi riportati, sia in lingua originale che nelle lingue tradotte, sono stati trascritti dalle autrici.

I testi in spagnolo, dialoghi audio e sottotitoli, tranne nel caso del verbo in grassetto (riga 5), risultano identici. Si tratta di dialoghi di lunghezza breve, adeguati quindi al ritmo veloce delle scene e alle regole dei sottotitoli (massimo due righe con 37 caratteri, spazi compresi, per riga). *Luz verde* nei testi sopraindicati viene usato sia da solo (riga 12) sia accompagnato da verbi (riga 1, 6): *solicitar luz verde*, *dar luz verde*. Ciò prova l'esistenza di varianti: elemento X + *luz verde*. Inoltre *solicitar luz verde* qui ha lo stesso significato di *solicitar abrir fuego*, poiché 'avere luce verde' significa 'avere il permesso di aprire il fuoco'. Secondo Marti Solano [4], l'espressione "dar luz verde" ha sostituito nello spagnolo peninsulare l'espressione tradizionale "dar el visto bueno" (in it. 'dare il via libera') con cui presenta isomorfismo sintattico parziale [4].
Passiamo ora alle traduzioni in inglese, italiano e tedesco. Per motivi di spazio vengono qui esaminati solamente i traducenti del fraseologismo in questione e non l'intero spezzone di dialogo.

3.2 Dialoghi spagnolo-inglese: *dar luz verde - to give the green light*
In inglese vengono indicati come sinonimi di "green light" le seguenti parole: "authorization, sanction, approval, go-ahead (informal), blessing, permission, confirmation, clearance, imprimatur, O.K. or okay (informal)"[14]. La traduzione dallo spagnolo all'inglese rispecchia questi concetti.

Riga	Dialoghi spagnolo	Dialoghi inglese	Sottotitoli spagnolo	Sottotitoli inglese
	[…]	[…]	[…]	[…]
1	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**.	**Condor 1**: **Requesting permission**	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**.	**Condor 1**: **Requesting the green light**
	[...]	[...]	[...]	[...]
2	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Requesting instructions, sir	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Requesting instructions, sir
3	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: I need authorization	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: I need authorization
4	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: They are still kneeing, sir	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: They're still on their knees, sir
5	Esperando instrucciones. [...]	I'm waiting orders [...]	Espero instrucciones. [...]	I'm waiting [...]
6	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Give me the green light**	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Give me the go**
7	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: They're going to execute them, sir	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: They're going to execute them.
8	Tienen intenciones de disparar.		Tienen intenciones de disparar.	Open fire?
9	Solicito abrir fuego.	Requesting permission	Solicito abrir fuego.	
10	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	**Moscow**: Get down	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	**Moscow**: Put down the gun
11	**Cóndor 3**: Van a matarlos.	**Condor 3**: They're going to kill them.	**Cóndor 3**: Van a matarlos.	**Condor 3**: They're going to kill them.
12	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Do it, then**.	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Green light**
13	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor 3, open fire	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor three, open fire

Nella traduzione in inglese si riscontrano alcune divergenze tra il testo orale e il testo scritto: *solicitar luz verde* (riga 1) viene reso nell'audio con la traduzione esplicativa *requesting permission*, mentre nel sottotitolo compare *requesting the green light*, più lungo dell'audio originale ma adeguato come sottotitolo rispettando la regola dei 37 caratteri spazi inclusi. Inoltre, la richiesta di Suárez *deme luz verde* (riga 6) viene tradotta con *give me the green light* nel testo orale, e con la sinonimica *give me the go* nello scritto. La differenza principale e anche più inaspettata si trova invece nella battuta finale

[14] https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english-thesaurus/green-light#green-light__1.

(riga 12), *luz verde* viene reso nel testo orale con “do it, then” (fallo/fatelo, allora), ovvero ‘apri/te il fuoco’.

3.3 Dialoghi spagnolo-italiano: *dar luz verde* - dare (la) luce verde
Sebbene il calco fraseologico “dare (la) luce verde” sia ben diffuso in italiano, rappresentando una piena equivalenza linguistica, nella traduzione dei sottotitoli si è preferito utilizzare espressioni sinonimiche della lingua italiana, ‘dare via libera’ (con la variante ‘chiedere via libera’), ‘dare il via’ (riga 1, 6). La scelta traduttiva indica quindi una compresenza nella lingua italiana tra unità linguistica prestito ed espressioni idiomatiche native. Come *luz verde* (riga 12) anche ‘via libera’ risulta qui usato senza verbo. Diversamente dallo spagnolo in cui Mosca chiede ad Arturo di abbassare la pistola perché ci sono cecchini, in italiano nell’audio il focus è su Arturo che dice a Denver e Mosca di alzarsi in piedi.
La maggiore divergenza nella traduzione in italiano si trova nell’ultima battuta di Suárez: nei sottotitoli l’imperativo formale plurale al congiuntivo “abran” (riga 13) è diventato “apri”, imperativo informale seconda persona singolare, facendo capire che Suárez si riferisce solo a un cecchino e riducendo così la distanza e il rapporto gerarchico che esiste tra i due. Mentre per il testo orale si è scelta la soluzione più neutra usando l’infinito “aprire”.

Riga	Dialoghi spagnolo	Dialoghi italiano	Sottotitoli spagnolo	Sottotitoli italiano
	[…]	[…]	[…]	[…]
1	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**.	**Condor 1**: **Richiedo luce verde**	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**.	Condor 1: **Chiedo via libera**
	[...]	[...]	[...]	[...]
2	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Chiedo istruzioni, signore	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Attendo istruzioni
3	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: Mi serve l’autorizzazione	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: Mi serve l’autorizzazione
4	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: Sono ancora in ginocchio, signore	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: Sono ancora in ginocchio, signore
5	Esperando instrucciones. [...]	Attendo istruzioni [...]	Espero instrucciones. [...]	[...]
6	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Mi dia luce verde**	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Datemi il via**!
7	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: Li giustizieranno, signore	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: Stanno per giustiziarli, signore
8	Tienen intenciones de disparar.	Chiediamo l’autorizzazione a sparare	Tienen intenciones de disparar.	Chiedo il permesso di sparare
9	Solicito abrir fuego.		Solicito abrir fuego.	
10	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	**Arturo**: Alzatevi subito in piedi	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	Li uccideranno
11	**Cóndor 3**: Van a matarlos.		**Cóndor 3**: Van a matarlos.	
12	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Luce verde**	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Via libera**
13	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor 3 aprire il fuoco	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor Tre, apri il fuoco

3.4 Dialoghi spagnolo-tedesco: *dar luz verde - grünes Licht geben*
Anche il tedesco, come lo spagnolo, presenta delle varietà, seguendo lo schema ‘luce verde + elemento X’: *grünes Licht brauchen, grünes Licht wollen*. L’imperativo formale „deme luz verde“ (riga 6), che in questo caso indica comunicazione gerarchica, ovvero una richiesta da parte del comandante Suárez all’ispettrice Murillo sua superiore – infatti è proprio Murillo l’autorità che può concedere il permesso di sparare –, diventa nell’audio affermazione di necessità “Ich brauche grünes Licht” (in it. ‘necessito luce verde’), e affermazione informale nel sottotitolo “Ich will grünes Licht”

(in it. ‘voglio luce verde’). Inoltre, al contrario dell’originale in cui si usa solo “luz verde” (riga 12), l’approvazione di Murillo in tedesco è stata resa con un’intera frase “Ich geb’ grünes Licht”, come a sottolineare che l’autorità sta nelle sue mani ed è lei ad autorizzare. Come nella traduzione in italiano anche in tedesco l’imperativo formale nella battuta conclusiva ha evidenziato una diversa traduzione tra testo orale e scritto: nel doppiaggio è stata rispettata la formalità della comunicazione, nel sottotitolo si è preferito usare una traduzione più breve attraverso l’uso dell’infinito.

Riga	Dialoghi spagnolo	Dialoghi tedesco	Sottotitoli spagnolo	Sottotitoli tedesco
	[…]	[…]	[…]	[…]
1	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**. [...]	**Condor 1**: Freigabe? [...]	**Cóndor 1**: **Solicito luz verde**. [...]	**Condor 1**: Erbitte Erlaubnis [...]
2	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Hier sieht, dass die Situation außer Kontrolle gerät	**Cóndor 3**: Solicito instrucciones, señor.	**Condor 3**: Erbitte Instruktionen
3	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: Ich brauche die Autorisierung Sie brauchen Anweisungen	**Suárez**: Necesito autorización.	**Suárez**: Autorisieren Sie
4	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: Sie knien immer noch	**Cóndor 3**: Siguen arrodillados, señor.	**Condor 3**: Sie knien noch immer. Ich warte
5	Esperando instrucciones. [...]	[...]	Espero instrucciones. [...]	[...]
6	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Ich brauche grünes Licht**	**Suárez**: **Deme luz verde**.	**Suárez**: **Ich will grünes Licht**
7	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: Wir brauchen Anweisungen	**Cóndor 1**: Van a ejecutarlos.	**Condor 1**: Die wollen sie hinrichten.
8	Tienen intenciones de disparar.		Tienen intenciones de disparar.	Erbitte grünes Licht
9	Solicito abrir fuego.		Solicito abrir fuego.	
10	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	**Moscau**: Waffe runter	**Moscú**: ¡Baja ese arma!	**Moscau**: Waffe runter
11	**Cóndor 3**: Van a matarlos.	**Condor 3**: Wir brauchen weitere Anweisungen	**Cóndor 3**: Van a matarlos.	**Condor 3**: Die wollen sie umbringen
12	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Ich geb’ grünes Licht**	**Murillo**: **Luz verde**.	**Murillo**: **Grünes Licht**
13	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor 3, Eröffnen Sie das Feuer	**Suárez**: Cóndor 3, abran fuego.	**Suárez**: Condor 3, Feuer eröffnen

4. Conclusioni

Secondo Berruto (1988), “[…] tradurre è trasporre un messaggio, o testo, formulato in una varietà di una lingua in una varietà di un’altra lingua, conservando il più possibile inalterato […] il significato del messaggio, o testo, il tipo di testo a cui esso appartiene e la collocazione delle rispettive varietà di lingua nelle due lingue (e nel repertorio linguistico delle comunità parlanti retrostanti)” [14]. Infatti, attraverso la traduzione non avviene solo un trasferimento linguistico, ma anche un trasferimento culturale. La studiosa Stockhorst (2010) si esprime così al riguardo: “In translation, texts do not just change their language, but first and foremost their cultural frame of reference. […] For this reason it seems not only legitimate but virtually indispensable to conceive of textual transfer through translation as a subset of cultural transfer” [15]. Nel caso di *to give the green light*, per via del contatto linguistico (lingua trasmittente-lingua ricevente), attraverso la traduzione letterale l’espressione inglese ha trasmesso una nuova concettualizzazione e si è diffusa e consolidata anche in altre lingue, come lo spagnolo (*dar luz verde*), l’italiano (dare (la) luce verde), il tedesco (*grünes Licht geben*), ecc. Nei dialoghi oggetto di analisi, il testo orale e il testo scritto (sottotitoli) presentano scelte

traduttive diverse. Tali differenze dipendono dal fatto che la traduzione filmica rappresenta una trasposizione multisemiotica [16] con tutta una serie di problemi specifici. Per quanto concerne il doppiaggio, la velocità o cambiamento della scena fa sì che l'audio sia a disposizione dell'immagine, oltre al fatto che si cerca sempre di ridurre la differenza del labiale tra la lingua di partenza e la lingua d'arrivo intervenendo sulla traduzione. Mentre i sottotitoli, come strumento di ausilio creati una volta che il film è un prodotto finito, devono rispettare la regola del numero di righe e caratteri ed essere in armonia con le immagini. In entrambi i casi l'aspetto pragmatico della comunicazione è prioritario.
Gli studi sulla traduzione dei fraseologismi nella tipologia testuale audiovisiva non sono molto sviluppati, già Korhonen nel 2010 ne affermava il numero esiguo[15]. Le unità fraseologiche, in quanto *multi-word units* sono un importante mezzo stilistico ma anche un dilemma traduttivo: sono caratteristici della lingua parlata e hanno bisogno di tanto spazio [1]. Spazio che, come abbia visto, non è sempre possibile averne.
La presente analisi comparativo-concettuale e traduttiva ha evidenziato il diverso significato di equivalenza in ambito fraseologico e traduttivo. In conclusione, l'unità linguistica "to give the green light", si può definire "fraseologismo transculturale" poiché, per via dell'uso globale del semaforo – strumento che ne ha causato la nascita – e dell'interconnessione culturale, è ormai ben consolidata in numerosi sistemi linguistici. Le differenze traduttive qui riscontrate non dipendono dalla mancanza di questo fraseologismo nelle diverse lingue, ma dalla comprensione del testo, da scelte e comportamenti del traduttore e da esigenze pragmatiche.

Serie tv

La casa di carta (titolo originale *La casa de papel*), Spagna, 2017, distributore Netflix (episodi divisi diversamente dalla distribuzione originale della spagnola Antena 3).

Bibliografia

[1]. Korhonen Jarmo, "Phraseologismen als Übersetzungsproblem". In: Kittel Harald (et al.) (a cura di), *Übersetzung-Translation-Traduction. Ein internationales Handbuch zur Übersetzungsforschung. An international Encyclopedia of Translation Studies*. Encyclopedie internationale de la recherche sur la traduction. Vol. I., De Gruyter, New York/Berlin, 579-589, 2010
[2]. Ranzato Irene, "Il punto di vista della cultura d'arrivo: gli elementi culturospecifici nella traduzione audiovisiva inglese-italiano". In: Puato Daniela (a cura di), *Lingue europee a confronto. La linguistica contrastiva tra teoria, traduzione e didattica*, Sapienza Università Editrice, Roma, pp. 71-89, 2016
[3]. Schreiber Michael, *Grundlagen der Übersetzungswissenschaft: Französisch, Italienisch, Spanisch*, Niemeyer, Tübingen, 2006
[4]. Ramon Marti Solano, "El "estado del arte" de los calcos fraseológicos en español. Discurso repetido y fraseología textual (español y español-alemán)", 978-84-16922-11-6. <hal-01174463>, 2017
[5]. Chow Andy H. F., Ampountolas Konstantinos, *United Kingdom*. In: Tang Keshuang, Boltze Manfred, Nakamura Hideki, Tian Zong (a cura di), *Global Practices on Road Traffic Signal Control: Fixed-Time Control* at Isolated Intersections, Elsevier, Amsterdam, pp. 69-82, 2019
[6]. Muco Albana, "Human well-being: A contrastive analysis of phraseological units with colours in Albanian and German". In: Proceedings of the International Colour Association (AIC) Conference 2018, Lisbon, Portugal, 25-29.09.2018, ISSN:2617-2410, eISSN:2617-2429, pp. 547-552, 2018
[7]. Pastoureau Michel, Dizionario dei colori del nostro tempo, Ponte alle Grazie, Milano, [2010] 2018
[8]. De Meo Mariagrazia, "La traduzione audiovisiva". In: Bruna Di Sabato, Antonio Perri (a cura di), *I confini della traduzione*. Libreriauniversitaria.it edizioni, Padova, 2014
[9]. Osimo Bruno (a cura di), *Dizionario di scienza della traduzione*, Hoepli, Milano, 2015
[10]. Osimo Bruno, *Manuale del traduttore: Guida pratica con glossario, Terza edizione*, Hoepli, Milano, 2015
[11]. Martínez Xènia, "Film dubbing: Its process and translation". In: Pilar Orero (a cura di), *Topics in audiovisual translation*, John Benjamins Publishing Co., Amsterdam/Philadelphia, pp. 3-8, 2004

[15] "Demgegenüber liegen zur Übersetzung von Phraseologismen in Medien wie Film und Fernsehen nur wenige Untersuchungen vor" [1].

[12]. Skkugevik Erik, *A Typological Threesome: Subtitling, Interpretation and Voice-over. A Study of Symbiotic Translation Types*. In: Krzysztof Kredens (a cura di), *Perspectives on Audiovisual Translation*, Łukasz Bogucki, Peter Lang, Frankfurt am Main, pp. 13-26, 2010
[13]. Pergola Ruggero, "Panoramica delle teorie contemporanee sulla traduzione". In: Bruna Di Sabato, Antonio Perri (a cura di), *I confini della traduzione*. Libreriauniversitaria.it edizioni, Padova, pp. 31-46, 2014
[14]. Berruto Gaetano, "Di qualche problema della traduzione". In: *Annali della Facoltà di Lettere e filologia dell'Università di Cagliari*. Nuova serie VII (XLV), Università di Cagliari, pp. 345-365, 1988
[15]. Stockhorst S. (a cura di), *Cultural Transfer through Translation, The circulation of Enlightened Thought in Europe by Means of Translation*, Rodopi, Amsterdam-New York, 2010
[16]. Orero Pilar, "Audiovisual translation: A new dynamic umbrella". In: Pilar Orero (a cura di): *Topics in audiovisual translation*, John Benjamins Publishing Co., Amsterdam/Philadelphia, pp. vii-xiii, 2004
[17]. Burger Harald, *Phraseologie – Eine Einführung am Beispiel des Deutschen*, Grundlagen der Germanistik (GrG), Band 36, 5. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2015
[18]. Koch Peter / Oesterreicher Wulf, "Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte". In: Olaf Deutschmann (et al.) (a cura di), *Romanistisches Jahrbuch*, Band 36, Walter de Gruyter, Berlin/New York, pp. 15-43, 1985
[19]. Fritz Gerd / Hundsnurscher Franz (a cura di), *Handbuch der Dialoganalyse*, Niemeyer Verlag, Tübingen, 1994

Sitografia

www.netflix.com (ultimo accesso 15.05.2019)
https://www.idioms.online/green-light/ (ultimo accesso 20.05.2019)
http://www.treccani.it/enciclopedia/semaforo_%28Enciclopedia-Italiana%29/ (ultimo accesso 02.05.2019)
http://blog.udn.com/euoy789/122874643 (ultimo accesso 17.05.2019)
https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english-thesaurus/green-light#green-light__1 (ultimo accesso 23.05.2019)

Cromatismo emozionale in ritmo variabile: l'opera di Paolo Bini per il concerto di Francesco De Gregori

Arte Contemporanea - luce e colore a teatro

Maria Letizia Paiato
Accademia di Belle Arti di Macerata, ml.paiato@abamc.it

1. Introduzione

Il cantautore italiano **Francesco De Gregori**, dal 27 febbraio al 28 marzo 2019, ha cantato al Teatro Garbatella di Roma di fronte a un pubblico di soli 230 spettatori, secondo una scelta, voluta e ricercata dallo stesso De Gregori, che ha privilegiato l'intimità e l'ascolto. Una scelta, che nel titolo *Off The Record*, letteralmente "in via confidenziale" ma anche "fuori registrazione", ha concentrato quel tono di "riservatezza" caratterizzante le venti date in programma. I concerti, che non sono stati registrati, si sono pertanto trasformati in una serie di momenti unici e irripetibili: «Qui giace un uomo il cui nome fu scritto nell'acqua, disse John Keats. Ecco, questi concerti sono scritti sull'acqua», ha affermato Francesco De Gregori che, con la sua band formata da Guido Guglielminetti al basso e contrabbasso, Paolo Giovenchi alle chitarre, Alessandro Valle alla pedal steel guitar, mandolino e chitarre e Carlo Gaudiello al piano e tastiere, sera per sera ha suonato una scaletta sempre diversa che, oltre alle canzoni mainstream più note (La leva calcistica della classe '68, Titanic, Alice, La Donna Cannone), ha proposto un repertorio di brani eseguiti raramente come Festival, I Matti, Quattro Cani ma anche San Lorenzo o A Pà dedicata a Pier Paolo Pasolini. Proprio questo palco e questo concept si sono offerti all'artista **Paolo Bini** quale luogo sperimentale per lo studio di una scenografia, un'opera ambiente site-specific, originale e insolita. Infatti, se normalmente per un concerto musicale a teatro la tendenza è di valorizzare i pochi strumentisti in scena e la figura del cantante, attraverso differenze di colore tra mescolanza delle luci dai toni prevalentemente grigi e azzurri, l'opera ambiente *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*, nell'uso di cromie squillanti e cangianti, ha valorizzato il coinvolgimento del pubblico e la libera espressività delle emozioni. Questo contributo si propone, pertanto, di offrire una testimonianza di come l'arte contemporanea, sfruttando talune regole tecniche dello spettacolo, sebbene per l'illuminazione di uno spazio scenico non esistano precetti scientifici sempre validi, attraverso il colore che interagisce con la luce, abbia cooperato alla comunicazione teatrale valorizzando, in questo caso specifico, la musica e il suono.

Fig. 1 – Paolo Bini, *Cromatismo Emozionale in Ritmo Variabile*, scenografia opera ambiente per Francesco De Gregori Off The Record, Teatro Garbatella Roma, 27 febbraio – 28 marzo 2019. Ph. © Daniele Barraco.

2. Paolo Bini. Fra paesaggio e colore, brevi note sulla poetica

Paolo Bini nasce a Battipaglia, in provincia di Salerno nel 1984. Proprio nell'ambito della scenografia compie i propri studi, diplomandosi all'Accademia di Belle Arti di Napoli in questa disciplina e affiancando nel 2007 lo scenografo Gerardo Viggiano al Cinespettacolo del Grancia di Brindisi Montagna, in qualità di assistente. Sin dagli esordi nel mondo dell'arte, il tema del paesaggio e il colore sono al centro dei suoi interessi, indagati a partire innanzi tutto, dall'osservazione della natura, tanto ambientale quanto urbana e sia in termini di panorama che di veduta, fino a estrapolare, per poi enfatizzare, le entità cromatiche che la rendono unica e straordinaria, ma anche particolarmente attraente per l'uomo. Com'è noto, il paesaggio nella cultura artistica occidentale, diventa soggetto d'interesse specifico dal XVII secolo in poi. Si pensi, ad esempio, a opere straordinarie sul paesaggio ideale e classico come La Fuga in Egitto di Annibale Carracci, o a quelle di Nicolas Poussin e Claude Lorrain, sebbene, esempi precedenti d'interesse per tale iconografia, mai soggetto però, si rintracciano in artisti come Leonardo, cui si deve senz'altro, con lo studio dello sfumato, una delle prime indagini sulla natura e sulla percezione del colore. Ancora, si pensi a come natura e colore sia sempre stato valutato dagli artisti come un binomio indissolubile, nelle prove di sublime naturale, o in categorie come pittoresco, peculiari al XVIII secolo. Si consideri, infine, l'Ottocento impressionista totalmente dedito allo studio della luce, sino alle prime esperienze d'avanguardia, espressioniste e poi astrattiste, che possiamo riassumere citando nomi come Vasilij Vasil'evič Kandinskij, Paul Klee, Kazimir Malevič o Piet Mondrian quando afferma: «La Natura (e ciò che ne vedo) mi ispira». Sul colore, non possiamo non ricordare Matisse, fra i primi artisti a sostenere che fosse il rapporto tra i colori, in un dipinto, non le forme, a dargli una struttura: «La composizione è l'arte di sistemare in maniera decorativa i vari elementi a disposizione del pittore per esprimere i suoi sentimenti…Lo scopo principale del colore dovrebbe essere quello di servire l'espressione il meglio possibile».[1] Un'espressività, non tanto desunta dalle teorie del colore, quanto invece dall'osservazione e dal sentimento, diversamente da altri artisti che, nello stesso periodo, tenevano conto precipuamente delle novità introdotte dalla scienza. Si pensi a Gaetano Previati che, nel 1906, pubblica *Princìpi scientifici del Divisionismo*, testo che certamente ha influenzato tutta la pattuglia futurista e in particolare le ricerche di Umberto Boccioni. Si pensi a Delaunay, all'Orfismo e ai suoi studi su Chévreul, ma soprattutto si guardi al già citato Paul Klee, a opere come *La luce e molto altro ancora* del 1931 dove, è chiaro l'interesse principale d'indagine dell'artista. E, non è un caso, che proprio Klee si ritrovi con Vasilij Vasil'evič Kandinskij, quest'ultimo, anch'egli già citato, indubbiamente pioniere per gli studi sulla luce, forma e colore, e per le ricerche attraversate dal costante raffronto musica e pittura, a insegnare al Bauhaus dove, insieme codificano una concezione dell'arte non esclusivamente sinestetica ma anche simbolica. Con un balzo che attraversa tutto il XX secolo, l'approccio astrattista con il reale, con il mondo, e ancora con il paesaggio se vogliamo, si rintraccia nel vento nuovo dell'Informale e nell'origine stessa dell'atto espressivo, e poi ancora, in quelle esperienze, cosiddette di pittura analitica, sviluppatesi a partire dagli anni Settanta dove, lasciato il discorso sulla natura, tutto si concentra sull'analisi dei componenti materiali della pittura, in primis il colore, che perde così le ultime referenzialità con la realtà e l'espressività. È con tutto questo patrimonio di ricerche e poetiche che Paolo Bini si confronta, svolgendo il proprio percorso artistico lungo le maglie dell'espressionismo e dell'astrattismo lirico per giungere, infine, alla codifica del proprio personale linguaggio che, come si diceva pocanzi, prende le mosse dall'iniziale osservazione del paesaggio, o più precisamente dall'orizzonte. Da qui nasce anche una riflessione sulla struttura compositiva stessa dei suoi dipinti. Una riflessione che Bini visualizza nella sintesi di linee verticali o orizzontali, una sorta di griglia, in sostanza, che diventa nella sua poetica il ritmarsi di veri e propri spazi narranti, intervalli caratterizzati dal solo colore finalizzato, non solo a suggerire le cromie residuali del paesaggio, ma a sollecitare, in chi guarda, empatia ed esperienze emozionali.

---

[1] La citazione è riportata da Barr Jr A.H., Matisse: His Art and His Public, New York 1951, p.119.

Fig. 2 – Paolo Bini, *Eden*, 2017. Acrilico su nastro carta su tela, cm 120×120. Ph. © Carlo Ferrara.

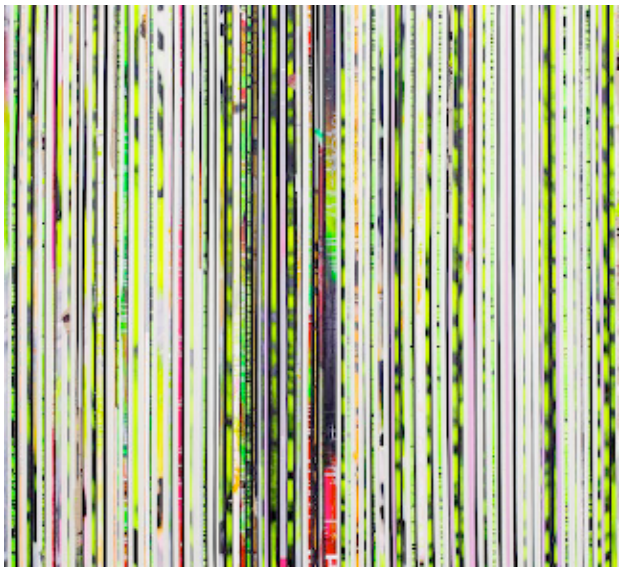


Fig. 3 – Paolo Bini, *Astrazione introspettiva con varco centrale*, 2017. Acrilico e pigmenti su nastro carta su tela, cm 200×180. Ph. © Carlo Ferrara.

Questa ricerca, elaborata grazie a una prima esperienza in Sudafrica nel 2013, proprio il luogo dove matura una nuova coscienza della natura e del colore, è oggi diventata la sua cifra distintiva, ma anche il terreno di una continua evoluzione che, nelle opere più recenti si è spinta in sperimentazioni cromatiche sempre più ardite e spettacolari. Seppure sempre fedele al proprio sistema di verticali e orizzontali, la recente flessione verso linee più sottili e l'uso di colori fluorescenti e più squillanti, sta conducendo l'artista verso nuove frontiere di ricerca. Da una parte è esasperata l'immagine stessa e l'idea che essa si formi secondo l'unità del pixel, dall'altra, il concentrarsi sempre più ossessivo sul colore, sulla sua psicologia e le reazioni alle frequenze cromatiche da parte delle persone, rende la sua opera qualcosa di estremamente contemporaneo. Paolo Bini ha in attivo importanti mostre personali e collettive e premi, fra i quali si segnalano nel 2016 il Premio Cairo, XVII Edizione. Sue opere sono conservate in Italia presso la Fondazione Donna Regina Museo MADRE di Napoli, nella Collezione del Premio Cairo di Milano e in quella del Centro Luigi Di Sarro di Roma. All'estero presso la Leeu Collection di Franshhoek in Sudafrica e sempre nello stesso paese, alla Public Works Collection di Cape Town. Nel Luglio del 2019, infine, è presentata l'opera performativa Trovo Luce, concepita per uno spazio pubblico e nata nell'ambito di una mostra dedicata alla performance d'artista presso l'ISCP – International Studio & Curatorial Program di New York.

Fig – 4 Paolo Bini, *Mediterraneo con prima luce*, 2017-2018, acrilico su nastro carta su tela, cm 50 x 150. Ph. © Carlo Ferrara

3. L'opera ambiente *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*

Non è la prima volta che Paolo Bini lavora in ambiente. Fra le esperienze più recenti ricordiamo il grande wall painting realizzato per la mostra Left Behind alla Reggia di Caserta nel 2016, vero e proprio esempio di pittura installativa e dai seguiti prettamente scenografici. Tuttavia, con *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*, l'artista si è misurato, non solo con un'opera di grandi dimensioni, per l'appunto un fondale scenografico che, lo diciamo subito, è costituito di un unico e solo telo cotone delle dimensioni di 496 x 950 cm, ma anche con le specifiche esigenze che, non sono solo quelle di un teatro, ma di un particolare spettacolo musicale, volutamente disposto da Francesco De Gregori alla creazione di un'atmosfera intima e confidenziale con il pubblico. In tal senso, l'opera immaginata da Bini, la cui poetica generale, come già detto, si muove essenzialmente intorno ai concetti di emozione e sensazione che generano colore, ha trovato, innanzi tutto, una rispondenza semantica con il concept dello spettacolo stesso, per configurarsi, in seguito, non come un'opera tradizionale, ma come una serie di elementi capaci di abbracciare gli spettatori stessi. L'opera/fondale, realizzata con pittura acrilica, si è presentata, pertanto, attraversata da segmenti verticali colorati di stampo astratto che, nell'alternanza fra bianchi e tinte varie perlopiù fluorescenti a carattere cangiante, tuttavia interessate da chiazze di nero, con una scala cromatica ampia comprendente il rosso, l'arancione, il rosa, il verde e il giallo fluorescenti, nell'interazione con le luci di scena ha reagito in modo estremamente pervasivo.

Sempre di più negli ultimi anni, le scenografie dei concerti rappresentano un luogo d'incontro fra varie forme di arte e tecniche, fra musica e visual art e dove, i set designer hanno sempre più spazio per esprimersi appellandosi all'uso della tecnologia. In questo caso Bini non ha ricorso a nessun supporto tecnologico, lasciando semplicemente alla pittura e alla scansione per segmenti verticali colorati colpiti da fasci di luce, il compito di creare dinamismo all'intero spettacolo.

Tenendo in considerazione, talune possibilità sottese al ruolo giocato dalle luci: visibilità, rivelazione delle forme, visione e creazione di un'atmosfera, Cromatismo emozionale in ritmo variabile si è mostrata propriamente nella sua forma di quadro, assecondando lo stesso boccascena ma riuscendo al contempo a sovvertire i tradizionali rapporti scenografici e di frontalità con il pubblico. Infatti, il possibile grado di appiattimento della scena è stato annullato dalle caratteristiche performanti insite all'opera, contribuendo nell'interazione fra colore e luce, a restituire profondità al luogo dell'azione, generando tridimensionalità anche alla presenza scenica stessa dei musicisti e allo spazio.

3.1 Interazione fra luce e colore

Come si evince dai bozzetti - rendering che descrivono la scena tridimensionale, in *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*, Paolo Bini ha composto una sequenza di cromie molto precise, tenendo conto del fondale poiché orizzonte, ossia l'infinito dove si muovono lo sguardo e la fantasia. Tutto ciò, armonizzandosi e dialogando con il disegno luci realizzato da Andrea Coppini, light designer di Francesco De Gregori che, alla Garbatella di Roma ha utilizzato prevalentemente luci dall'alto a piombo, sicché da ottenere un forte contrasto sebbene con qualche effetto di compressione, luci laterali per valorizzare le ombre proprie dei musicisti in scena, in modo tale da riequilibrare l'effetto di schiacciamento e favorire una sorta di modellamento tridimensionale ma anche incentivare un'atmosfera emotiva, e luci radenti, ovvero fasci molto tangenti ai soggetti, in modo da valorizzarne la presenza. Inoltre, talune volte per assecondare l'effetto silhouette e restituire un affascinante alone nei contorni e la profondità di scena, è stata usata una luce dal dietro per aiutare a staccare il soggetto dal fondo. Infine, per soddisfare specifiche esigenze teatrali, sono state usate luci calde e fredde, ancora una volta per dare rilievo agli oggetti e creare atmosfere avvolgenti o rendere i contorni – in questo caso dei musicisti – netti e precisi, tenendo conto, in ultima analisi, della fissità e dei pochissimi momenti di mobilità che prevede per sua natura questo stessa tipologia di spettacolo. Proprio nell'interazione fra le luci e il fondale colorato, si è ottenuta un'enfatizzazione ancora più spettacolare di quella che le sole luci o un fondale nero avrebbero normalmente restituito. È proprio grazie alla luce, infatti, che Cromatismo emozionale in ritmo variabile si attiva. In condizioni di radiazione naturale, infatti, l'opera ha i caratteri propri di una classica pittura dell'artista, ma è nella reazione alla luce delle tinte fluorescenti che essa cambia fattezze, amplificando ogni aspetto atmosferico e ambientale. Alla presenza di luci bianche *Cromatismo emozionale in ritmo variabile* ha reagito mostrando i propri colori dominanti, ovviamente per effetto della riflessione e dell'attraversamento, a quella di luci colorate (blu, verdi, viola, rosse) assorbendo e intensificando la cromia dominante della luce stessa. Di conseguenza, le luci prodotte da sorgenti puntiformi, nell'incontrare l'opera-ambiente di Paolo Bini, per effetto del riverbero, l'hanno

trasformata in essa stessa sorgente di luce. Una sorgente di luce diffusa e morbida dove la superfice cromatica è rispondente a tinte opache, speculare laddove c'è dominanza di colori fluorescenti e che, nel loro combinarsi, hanno influenzato cromaticamente tutto lo spazio intorno, compreso il pavimento.

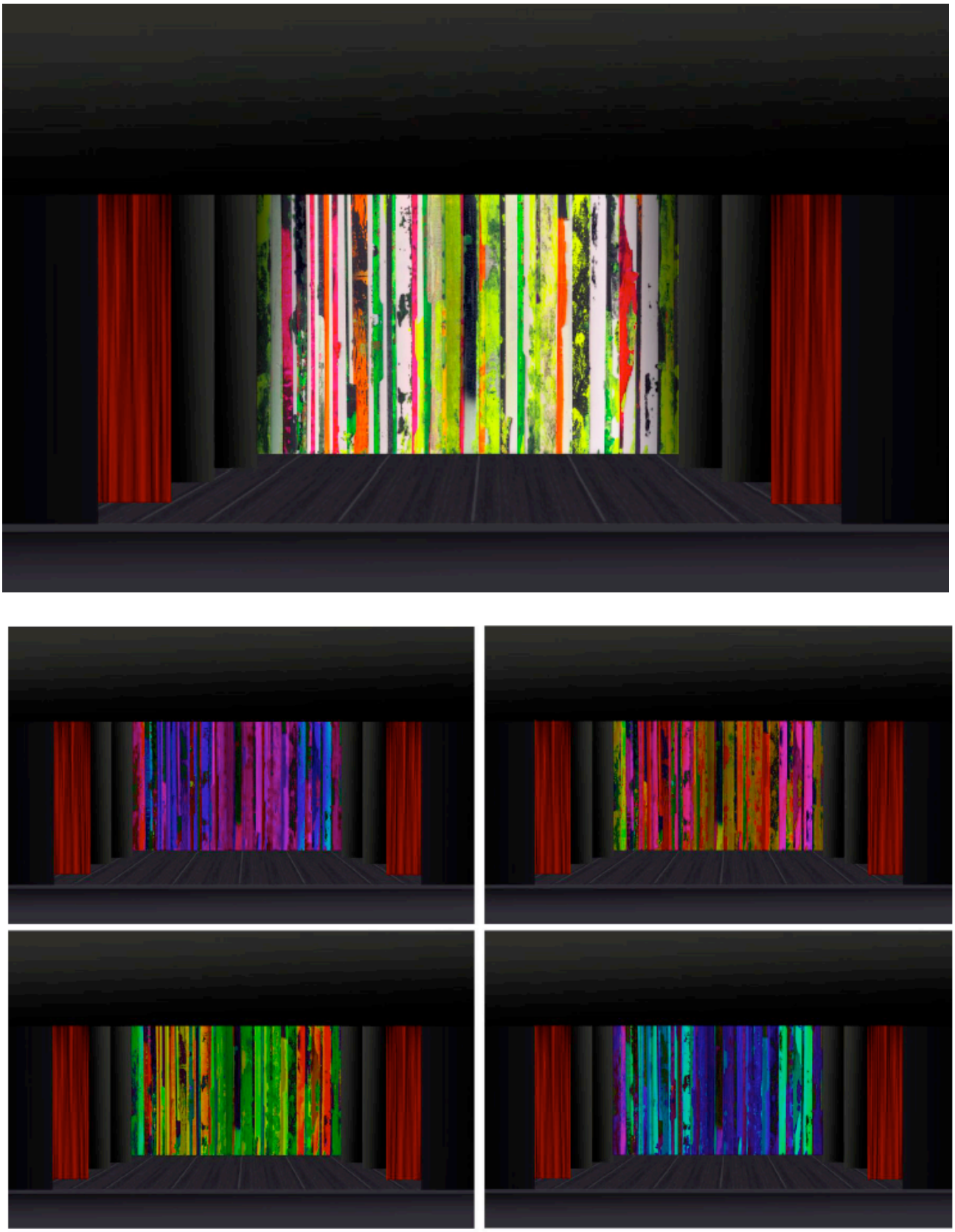


Fig. 5 – Paolo Bini, Bozzetti - rendering per *Cromatismo Emozionale in Ritmo Variabile,* scenografia opera ambiente per Francesco De Gregori Off The Record, Teatro Garbatella Roma, 27 febbraio – 28 marzo 2019.

Fig. 6 – Paolo Bini, Immagini di Repertorio di *Cromatismo Emozionale in Ritmo Variabile*, scenografia opera ambiente per Francesco De Gregori Off The Record, Teatro Garbatella Roma, 27 febbraio – 28 marzo 2019. Immagine 1_Francesco De Gregori con Stefano Bollani – variazioni luci bianche – rosse. Immagine 2_ variazione luci blu. Ph. © Daniele Barraco. Immagine 3_variazione luci verdi. Immagine 4_variazione luci bianche, rosse, viola.

4. Conclusioni

La letteratura artistica sul colore, e quella sul colore e la luce, com'è noto è vastissima. Non è questo lo spazio per ripercorrere, anche se in breve, la storia del XX secolo sul tema, ma è sicuramente ad essa che guarda Paolo Bini, e su essa che si scorgono i moventi sottesi alla sua ricerca e di conseguenza quelli di *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*. Certamente, l'uso che l'artista fa del colore in qualsiasi opera, così l'intenso valore introspettivo che gli assegna, si fa interpretativo di un "ritmo" o un "fuori ritmo" speculare a quello che accompagna l'individuo nel corso della vita. I suoi lavori, in generale, sono sempre porzioni di spazio che accolgono le luci e le ombre del circostante, ma è in una dimensione ambiente, come quella del Teatro La Garbatella per l'appunto, nello studio delle cromie alle reazioni delle luci teatrali, dunque e in questo caso, nell'interpretazione di uno spettacolo, che si evince come tale ricerca, come l'arte contemporanea, possa essere una grammatica convincente al servizio della musica e delle emozioni.
Tenendo conto che la luce è comunicazione, poiché in uno spettacolo è quell'elemento capace di mediare il rapporto fra lo spazio e la percezione dello spettatore, si potrebbe affermare che essa, interagendo con *Cromatismo emozionale in ritmo variabile*, si comporta, in questo caso, più che alla stregua di un pennello. Quest'opera ambiente, che non perde mai il proprio carattere pittorico, proprio per questo mostra tutto il potenziale di come diversi saperi e linguaggi, rispettino e amplifichino la matrice simbolica che accompagna da sempre il teatro. Cromatismo emozionale in ritmo variabile pone, pertanto, in evidenza tale aspetto, suggerendo come la tradizione possa essere innovativa nonostante un futuro segnato dalla virtualità.

Bibliografia Essenziale

[1] Ball P., *Colore. Una Biografia*, Bur Rizzoli, Milano 2004.
[2] Brusantin M., *Storia dei Colori*, Piccola Biblioteca Einaudi, 1999.
[3] Cherchi P., *Paul Klee teorico*, De Donato, Bari 1978.
[4] Goethe J.W., *Zur Farbenlehre*, Tubinga 1810; trad.it. La Teoria dei Colori, Milano 1988.
[5] Itten,J., *Kunst der Farbe*, Otto Maier Verlag, Ravensburg 1961; trad.it. *Arte del colore. Esperienza soggettiva e conoscenza oggettiva come vie per l'arte*, Il Saggiatore, Milano 1965.
[6] Mancinelli S., *Illuminotecnica teatrale. Dipingere con la Luce*, Libera Accademia della Luce, 2005.
[7] Kandinskij V.V., *Über das Geistige in der Kunst*, München 1912; trad. it. *Lo spirituale nell'arte*, Bompiani, Milano 1993.
[8] Kandinskij V.V., *Complete Writings on Art*, 1, G.K. Hall & Co., Boston (MA) 1982; trad. it. *Tutti gli Scritti*, vol.2, Feltrinelli, Milano 1989.
[9] Klee P., *Schöpferische Konfession*, Berlin 1920; trad.it. Saba Sardi F. *Confessione creatrice e altri scritti*, Abscondita 2004.
[10] Previati G., *Princìpi scientifici del Divisionismo*, Fratelli Bocca Editori, Torino 1906.
[11] Schopenhauer A., *Ueber das Sehen und die Farben*, Leipzig 1816; *La vista e i colori. E carteggio con Goethe*, Montinari M. (a cura di), Abscondita 2002.

Bibliografia Essenziale Paolo Bini

[12] Arensi F., *Lo Specchio di Paolo Bini*, Editalia, Roma 2018.
[13] Battarra E*., I colori di un mondo fantastico invadono la Reggia*, in «Il Mattino», 13 gennaio 2017.
[14] Beatrice L., *La pittura, giorno dopo giorno*, catalogo della mostra, Galleria Alberto Peola, Il Cavallo Alato, Torino, 2018.
[15] Beatrice L. (a cura di), Baldoni A., Mazzarella V., Villani A., Paolo Bini. *Left Behind*, catalogo della mostra, Appartamenti Storici – Retrostanze del Settecento (Ex Terrae Motus), Reggia di Caserta, Il Cavallo Alato, Caserta 2017.
[16] Beatrice L., *Nel bene e nel male Artefiera vale Sanremo*. *Ma la musica cambia*, in «Il Giornale», anno XLIV n.23, 28 gennaio 2017.
[17] Beatrice L. *Italian Factory (Roberto Cuoghi, Alek O., Paolo Bini, Gian Maria Tosatti)*, FlimTv, anno 25 n.4, 2017, pp.16-17.
[18] Bonuomo M., *Paolo Bini il vincitore del XVII Premio Cairo ripercorre il suo rapporto con la pittura e la storia dell'arte come immersione totalizzante*, in «Arte Mondadori», Editoriale Giorgio Mondadori, gennaio 2017.
[19] Buonomo M. (a cura di), *La forma di una nuova generazione*, anno XVII, Premio Cairo, Palazzo Reale, Milano 2016.
[20] Bucci, S., *Colori tra l'Italia e il Sudafrica. Paolo Bini e la sua arte saranno famosi*, in «Corriere della Sera», Milano, novembre 2016.
[21] Catricalà V., *Naufragi Rosso e Oro nell'opera di Paolo Bini*, in *Mediterraneo Rosso e Oro*, catalogo della mostra, Polo Museale Regionale d'Arte Moderna e Contemporanea, Museo Riso - Cappella dell'Incoronata, Palermo 2018.
[22] Deho V. (a cura di), *Paolo Bini. Astrazione Modulare*, catalogo della mostra, Fornace Falcone/Spazio delle Esposizioni, Eboli, Salerno 2016.
[23] Paiato M.L., Paolo Bini, *Mediterraneo Rosso e Oro*, in «Segno», n.269, novembre- dicembre 2018, pp.48-49.
[24] Paiato M.L., *Paolo Bini. Left Behind*, in «Segno», n.261, febbraio-marzo 2017, pp. 34-35.
[25] *Paolo Bini. Spazi Immensi*, catalogo della mostra Spazio Intesa San Paolo Miart – Milano, Marsilio Editore 2019.
[26] Quaroni I. (a cura di), *Principio di indeterminazione*, catalogo della mostra, ABC-Arte Geneova, ABC-Arte Editions, Genova 2016.
[27] Raddi S., *Notizie – Mondo dell'Arte*, in «Sofà», anno XI n.28, Editalia, Roma 2017.
[28] Trione V. (a cura di), *Atlante dell'Arte Contemporanea a Napoli e in Campania 1966-2016*, Electa, Milano 2017.
[29] Troncone A., *Frammentare (e Deframmentare) il Paesaggio / Fragmenting (and Defragmenting) the Landscape*, catalogo della mostra, Everard Read Gallery, Cape Town 2016.

Architettura futurista

Anna Marotta[1]
[1]Politecnico di Torino

1. Introduzione

Nei primi decenni del XX secolo, intensi sono stati i rapporti fra la cultura del colore e tutte le forme della creatività. Se in generale - fra futurismo e razionalismo - teorie, tendenze e mode "cromatiche sono chiaramente riconoscibili in settori come la grafica e la pittura, queste sono meno evidenti per l'architettura nel complesso. I Futuristi appaiono subito aperti ai contatti internazionali: Prampolini, con l'area del Purismo francese; Marinetti, vicino a Karel Teige e alle nuove ricerche cecoslovacche; Paladini all'Immaginismo russo, mentre Carmelich è il *trait d'union* con l'area costruttivista jugoslava. In tutti i casi, centrali appaiono le radici del Bauhaus, anche nel ruolo fertile di generatore per le teorie cromatiche, con Itten, Klee, Kandinsky, Hinnerk Sheper, Albers, ma anche per Van Doesburg.

Sulla scorta di studi sulla storia e le teorie del colore, il contributo intende riannodare - sia pure per frammenti ancora ampiamente incompleti - la rete di diffusione dipanatasi nel Futurismo, dal Futurismo (tra teoria e prassi, conoscenze ed esperienze), per avviare possibile confronti, attraverso analogie o difformità e coglierne alcuni sviluppi in architettura, nel coevo dibattito, o nei momenti susseguenti. In quest'ottica, tanto nella coevità quanto nei periodi successivi, la figura di Alberto Sartoris può essere considerata illuminante se si considera la sua capacità intuitiva e la sua preparazione culturale, anche cromatica. Nel saldare aspetti culturali o speculativi alla sperimentazione nel progetto di architettura, preziosi si confermano anche i suoi contatti a livello nazionale e internazionale, nel campo nel colore, di gusto e di periodo futurista, maturati in seguito col razionalismo.

2. Manifesti Futuristi come strategia culturale

Uno dei tratti tipici del Futurismo risiede nella copiosa produzione di manifesti, intesi come vera e propria strategia culturale. Attraverso questi scritti gli artisti dichiaravano i propri obiettivi e gli strumenti per ottenerli. Essi risultano, quindi, irrinunciabili per la comprensione del movimento. Da essi è possibile non solo valutare le intenzioni degli artisti, configurandosi anche come misura di paragone degli esiti realizzati.

Nel 1909, Filippo Tommaso Marinetti stila il Manifesto del Futurismo.

Il primo Manifesto sulla pittura futurista risale al 1910. A firmarlo furono Boccioni, Carrà, Russolo, Severini e Balla. In esso non si va molto oltre essenziali enunciazioni di principi che ricalcano gli obiettivi fondamentali del movimento. Si ribadisce il rifiuto del passato, dell'accademismo, delle convenzioni e delle imitazioni. A Milano, l'11 luglio 1914 Antonio Sant'Elia pubblica il Manifesto dell'Architettura Futurista, che sancisce i principi di questa nuova corrente: la città viene posta al centro dell'interesse ed è concepita come un simbolo di dinamicità e modernità. In questo Manifesto non si fa esplicito riferimento al colore, né ai suoi fondamenti storici e teorici, né al rapporto fra architettura e colore.

Degli stessi artisti, molto più interessante appare (l'11 febbraio 1911), il secondo *La pittura futurista. Manifesto tecnico* ove si legge:

«I nostri corpi entrano nei divani, e i divani entrano in noi»: la frase esprime con estrema chiarezza uno dei tratti più tipici del futurismo: la scelta di intersercare le immagini, arrivando ad una rappresentazione di sintesi dove tutte le cose si compenetrano tra loro creando un nuovo tipo di spazialità.

Parte del manifesto è dedicata allo stile, nella convinzione che la nuova pittura debba basarsi sulla scomposizione del colore, di matrice divisionista. La scomposizione dei colori (da loro definita «complementarismo congenito»), non solo deve esaltare la sensazione di dinamicità, ma deve contribuire a quella nuova spazialità dove è proprio la luce, insieme al moto, a far compenetrare gli oggetti tra loro.

Il manifesto si conclude con una sintesi finale espressa in quattro punti:

NOI PROCLAMIAMO:
1. Che il complementarismo congenito è una necessità assoluta nella pittura, come il verso libero nella poesia e come la polifonia nella musica;
2. Che il dinamismo universale deve essere reso come sensazione dinamica;
3. Che nell'interpretazione della Natura occorre sincerità e verginità;
4. Che il moto e la luce distruggono la materialità dei corpi.
Nel 1915 Balla e Depero "astrattisti futuristi" scrivono il rivoluzionario manifesto *Ricostruzione futurista dell'universo* per il vero superamento di pittura e scultura, cioè per il "debordamento" del Futurismo nella vita quotidiana. Si tratta di quella che Enrico Crispolti[1] definisce in modo efficace la "realtà sopravvenuta", ossia l'apertura verso orizzonti di complessità ed articolazioni operative sempre nuove: dalla letteratura alla pittura, dalla scultura all'architettura, dal teatro alla moda, dalla pubblicità alla tipografia ecc.

3. Il neoplasticismo di Gerrit Thomas Rietveld e Teo Van Doesburg
In quegli anni, dal Bauhaus al Costruttivismo, fino al Neoplasticismo, Gerrit Thomas Rietveld, crea casa Schroeder (1924) ad Utrecht: qui, la scomposizione dello spazio in piani è sottolineata dall'uso dei colori primari, puri e saturi sulle stesse superfici. Lo stesso gioco di rettangoli e cromie caratterizza la *Casa Schröder* a Utrecht (1924) – vera icona dell'architettura De Stjil – nella cui concezione Rietveld realizza una perfetta sintesi delle teorie del movimento, ove gli oggetti di arredo e la struttura architettonica sposano gli stessi principi costruttivi. Al civico 50 della Hendriklaan Prins, la casa si sviluppa su due livelli, pian terreno e primo piano. Dal punto di vista progettuale basa su quattro elementi fondamentali, mutuati dalle teorie derivate dal Bauhaus:
Elementi primari di colore bianco che determinano la forma e la struttura della casa; Elementi piani di colore grigio o bianco volti a definire il rapporto tra interno ed esterno; Elementi lineari, verticali e orizzontali – architravi, pilastri, pluviali – di colore giallo, rosso e blu abbinati al bianco, grigio e nero; Elementi funzionali – finestre, porte, ringhiere, scala esterna e lucernario – di colore nero e bianco.
Mentre per *Color Construction* (1922) di Theo Van Doesburg[2], vale quanto ha scritto Zevi: "I setti parietali non sono più muti, non hanno peso, possono essere smembrati in rettangoli minori distinti cromaticamente dai colori fondamentali. Chi rivive questo iter dinamico, il farsi dell'opera nel tempo, ne individua la coerenza in un invariante essenziale del linguaggio moderno. Sono gli esiti della rigorosa ricerca formale e funzionale che lo stesso Van Doesburg aveva condotto con colleghi come Cor van Eesteren e della quale si può ricordare quanto aveva scritto nel 1923: "abbiamo esaminato le leggi del colore nello spazio e nella durata, e abbiamo trovato che i rapporti equilibrati di questi due elementi conducono alla fine ad una plastica nuova e positiva"[3]. Nel 1927, nello stesso stile, ll Cafè Aubette, (Figg. 1, 2, 3) nella Piazza centrale di Strasburgo, uno dei progetti più ambiziosi delle avanguardie artistiche degli anni '20, tanto da essere definito dai più entusiasti come "la Cappella Sistina" dell'arte moderna. Theo van Doesburg, fu affiancato nella realizzazione da Hans Arp e sua moglie Sophie Taeuber. Quando il progetto del caffè Aubette fu terminato, Theo van Doesburg, responsabile della messa a nuovo, lo definì come realizzazione di un'immaginazione sfrenata. In questo intervento è evidente la sua visione spaziale mediante sintesi geometrica e colori puri. L'artista utilizza grosse forme colorate come decorazioni delle pareti, per disegnare diagonali che creino dinamismo e tensione, entrando in contatto con i rettangoli degli elementi strutturali come porte e finestre. Si occupa, inoltre, personalmente della scelta degli arredi, utilizzando colori come il grigio il nero e il rosso, e segue sempre in prima persona la disposizione delle illuminazioni.

4. Matrici cromatiche dal Bauhaus
Nel 1919 su invito di Hans Richter e Viking Eggeling (del quale si conoscono le sperimentazioni filmiche fra colore e geometria, come *Diagonal Symphony* o *Orizonta/vertical orchestra*) van

[1] Crispolti 2001
[2] Marotta 1999, p. 76.
[3] Ivi, pp. 24-25.

Doesburg si recò a Berlino, portando con sé i primi film astratti, la collezione della rivista De Stijl e fotografie dei lavori neoplastici[4]. La notte di Natale, in casa di Bruno Taut, van Doesburg incontrò Walter Gropius, Adolf Meyer, Fred Forbat e diversi studenti del Bauhaus. L'episodio è riportato dallo stesso van Doesburg sulla rivista[5]; Gropius dopo aver esaminato il materiale auspicò la presenza di van Doesburg a Weimar. Nel 1921 si trasferì a Weimar, con l'intento di essere immesso nel corpo docente del Bauhaus. Nel 1922 collaborò anche alla rivista *Dada Mécano* con Kurt Schwitters, Jean Arp e Tristan Tzara.
La sua pittura è caratterizzata dall'utilizzo di colori primari e forme geometriche elementari: linee, diagonali, quadrati, per valorizzare l'architettura. Nel 1925 il Bauhaus pubblica a Monaco uno scritto sui principi basilari delle arti plastiche. L'anno prima della sua morte progettò di costituire un nuovo gruppo d'avanguardia; tale decisione probabilmente derivava dall'amarezza per l'esperienza negativa dell'incontro con il Bauhaus di Walter Gropius a Weimar. Nel 1930 il suo atelier parigino sarà nuova sede per il movimento De Stijl. Nel 1931, anno della sua morte, finirà anche l'avventura del movimento De Stijl.

5. Il futurismo di Nicolay Diulgheroff

In Italia, in particolare, a Torino giunge il bulgaro Nicolay Djulgheroff, formatosi a Vienna negli anni Venti alla *Kunstgewerbeschule;* a Dresda (dove incontrerà Kandinsky, per lui determinante anche per le teorie cromatiche). Sarà poi alla *Neue Schule fur Kunst der Weg* mentre al *Bauhaus* frequenterà Johannes Itten, che presto diventerà uno dei più noti teorici del colore. A Torino si iscrive alla Scuola Superiore di Architettura, presso l'Accademia Albertina, dove lascia tracce e documentazione (ora indagate dalla scrivente, al fine di meglio riconoscere le componenti cromatiche nell'attività progettuale).
Nicolay si incontra con Fillia, vicino ai Costruttivisti: con lui scrive nel 1931 "*La Nuova Architettura*" che cita, insieme ai Futuristi, anche autori di altre correnti: Gropius, Le Corbusier, Sartoris. Nascono qui le premesse dell'Arte Meccanica Futurista, il manifesto a firma Pannaggi e Paladini del 1922, cui seguirà quello sull'architettura, di Sant'Elia.
Egli firma progetti di architettura (il Villino Montaldo, o il locale "Il Faro"), ma anche di interni, come per esposizioni, oltre che attività grafiche e pittoriche. Ad Albisola una sua opera significativa: Casa Mazzotti, (Fig. 4) per Tullio Mazzotti (da Marinetti chiamato Tullio d'Albisola) come propria abitazione e laboratorio per le ceramiche, con e annesso negozio per l'esposizione e la vendita**.** È fra i rari esempi edilizia abitativa futurista ancora intatta, progettata e realizzata sotto la direzione dell'architetto senza subire modifiche o superfetazioni nel tempo. Attualmente ospita la ditta Ceramiche Mazzotti e l'archivio documentale di Tullio d'Albisola.
Il linguaggio formale connota lo stile futurista "dinamico": le pensiline all'ingresso del negozio e nella facciata della residenza, le finestre ampie dell'abitazione e quelle curve del vano scala, le numerose ringhiere metalliche, il gioco armonico di luci ed ombre, le parti curve del corpo scala e del negozio, gli aggetti che incorniciano le aperture e gli angoli arrotondati. È invece razionalista la proporzione dei volumi e la divisione degli stessi secondo le funzioni per cui la villa è stata costruita: abitazione, laboratorio per le ceramiche e annesso negozio per l'esposizione e la vendita. Nel 1930), egli scriveva all'amico il suo testamento sulla propria teoria dell'architettura: *"L'architettura è bella e superiore alle altre arti, perché crea degli organismi viventi e armonici in tutto... Il progetto della nuova fabbrica Mazzotti è di stile moderno e futurista, ma di un futurismo di cui non bisogna spaventarsi molto perché "siamo molto, ma molto lontani dal futurismo prampoliniano". Nel nostro progetto non c'è che "semplicità, logica, proporzione, economia" il resto è armonia e buon gusto"*[6].
Le tinte suggerite da Tullio (artista e ceramista di grande impegno culturale) ancora oggi spiccano inconsueti sul lungomare ligure: esse sono state ispirate a Nicolay dalla spiaggia e dal luogo marino

---

[4] Zevi 1974, pp. 16-17.
[5] T. van D., *De Stijl* (147) pp. 53-54
[6] *Nicola Diulgheroff: architetto, graphic industrial designer: documentazione storico-critica di un pioniere del costruttivismo e del futurismo oggettivo,* a cura di C. Belloli, M. Pinottini, Torino 1987; M. Pinottini, *Diulgheroff futurista: 26.3-26.4.1977,* Torino 1977.

per la scelta delle cromie, ispirate anche alle ceramiche di Albissola. Il 26 luglio 1932: *"Ho scelto tre toni: paglierino (quasi bianco) per l'avancorpo del negozio che spicchi bene nel complesso plastico della casa d'abitazione, invece in tinta grigio blu, sulla quale la torre della scala, che si incastra nel blocco centrale, è tinteggiata tutta in giallo terra o viceversa"*[7].

6. Gino Severini: il colore fra pittura, decorazione e architettura

Nel Palazzo delle Poste in piazza della Libertà di Alessandria (arch. Franco Petrucci 1940-41), il colore viene declinato in chiave futurista con il mosaico di Gino Severini (Fig. 5).

Collocato sulla fascia basamentale e interrotto dall'ingresso: 38 m di lunghezza per 1,20 m di altezza. fa bella mostra di sé sulla facciata del Palazzo delle Poste di Alessandria il mosaico realizzato da Gino Severini, fra il 1940 e il 1941. L'opera si intitola *Storia dei servizi delle Poste e dei Telegrafi* e appare divisa in tre parti: quelle laterali rappresentanti i continenti (a sinistra Oceania e Asia, a destra Africa e America) mentre quella centrale - più lunga rispetto alle altre due – è dedicata alla storia delle poste e del telegrafo. In coerenza al dettato futurista, Severini illustra la città moderna dominata da un dinamismo funzionale e dal crescente sviluppo nella meccanizzazione dei servizi e dei trasporti.[8] Il palazzo è un'opera decisamente singolare nel panorama dell'architettura coeva, per il rigore delle forme e l'accurato impiego di materiali di rivestimenti, per il rigoroso impiego di forme, colore e geometrie nel progetto visivo.

La firma è nascosta, e non è semplice ritrovarla. L'artista divisionista e futurista, vicino anche a Picasso e Modigliani, in quegli anni aveva abbandonato il cavalletto per dedicarsi totalmente alle grandi decorazioni murali, come ad esempio quelle per il Foro italico. L'opera raccoglie e presenta in maniera puntuale e programmatica, (e con chiarissimi intenti metalinguistici) tutti gli strumenti impiegati nella comunicazione a distanza: navi, torri di avvistamento, telegrafi, cavalli.

L'uso complesso, modulato e controllato delle tessere musive, per ottenere raffinate gradazioni di luce (talvolta anche nello sfumato) sembra portarlo a una sorta di "macrodivisionismo", teso a significare in una perfetta sintesi visiva, il *continuum* spazio-temporale fra il corso della Storia e il futuro, anche tecnologico. Qui, si può confermare che, nel tempo, "Severini continua a declinare il personale concetto di "contrasto", per un colore limpido, di estrazione mentale".

Nel passaggio a un neoclassico modernamente inteso, codificato nel *Du cubisme au classicisme* del '21 e nelle imprese decorative degli anni '20 e '30, Severini riprende leggi compositive dimenticate: il mosaico alessandrino ne è un esempio nobile ed efficace, a tutt'oggi non pienamente compreso e valorizzato: una applicazione (una celebrazione) dei manifesti sulla pittura e il colore, che Giacomo Balla aveva proposto già fra il 1911 e il 1918.

7. Alberto Sartoris, architetto futurista, razionalista, funzionalista

Alberto Sartoris (Torino 1901- 1998) architetto razionalista, poi funzionalista, presenta nel suo profilo forti caratteri legati al Futurismo. Formatosi in Svizzera, all'École des Beaux Arts di Ginevra, esordisce artisticamente come pittore, continuando gli studi a Parigi. Tra 1918 e 1930 allestì ottanta mostre personali in Europa. Nel 1920, Conosce Filippo Tommaso Marinetti a Ginevra, divenendone amico, oltre che discepolo futurista[9]. Assieme a Giuseppe Terragni, a Luigi Figini, Carlo Enrico Rava, Gino Pollini, Guido Frette e Sebastiano Larco (Il Gruppo dei sette), firma il Manifesto ufficiale del Razionalismo italiano, divenuto poi Movimento Italiano per l'Architettura Razionale (MIAR). Nel 1928 partecipa alla Prima Mostra di Architettura Futurista a Torino. Lo stesso anno, in occasione dell'Esposizione internazionale di Torino, cura il padiglione delle Comunità artigiane fasciste. Al Futurismo aderisce secondo un rapporto libero, indipendente, con numerosi progetti architettonici e alla redazione del periodico "La Città Futurista". In tale periodo "futurista", partecipa (nel 1928)

---

[7] Pinottini 1977.

[8] Volpi 2012.

[9] Pianzola Luisa, *Alberto Sartoris, da Torino all'Europa. La formazione torinese e il problema dell'integrazione delle arti nell'architettura*, Greco, Milano 1990; Celant Germano, *Mobili e arredo*, in Pontus Hulten (a cura di), *Futurismo & Futuristi*, Bompiani, Milano 1986, p. 522; Sartoris Alberto, *Tempo dell'architettura. Tempo dell'arte. Cronache degli Anni Venti e Trenta*, Fondazione Adriano Olivetti, Roma 1990, p. 90.

alla mostra d'arte "*Futurista, Novecentista, Paesana*", di Mantova; alla grande mostra "*Peintres futuristes italiens*", di Parigi (1929); a quella di "Arte futurista" ad Alessandria, (1930) e alla "Mostra futurista di aeropittura e di scenografia", di Milano (1930). Incaricato nel 1928 di rappresentare l'Italia al Congresso Internazionale di Architettura Moderna in Svizzera, (convegno direttamente influenzato da Le Corbusier) partecipa nello stesso anno alla I Mostra di Architettura Futurista di Torino. Amico di Le Corbusier e di Alvar Aalto e di Gropius (con i quali sviluppò lo studio di un nuovo linguaggio architettonico basato sulla forma geometrica come valore assoluto), nel 1930 pubblica una monografia su Antonio Sant'Elia, caduto sul Carso nel 1916 durante a Prima guerra mondiale, Collabora con Giuseppe Terragni nell'edificazione della città satellite di Rebbio e in quella del quartiere popolare di via Anzani a Como. A Torino, negli anni '20, collabora a progetti con Felice Casorati e Annibale Rigotti. Dopo varie vicissitudini, anche di carattere politico, Sartoris è ancora presente in Italia, esponendo a Milano, al Palazzo dell'Arte, in occasione della III Mostra nazionale del Sindacato Fascista di Belle Arti (maggio 1941). Nello stesso anno entra nel "Gruppo primordiali futuristi Sant'Elia" proposto dal filosofo Franco Ciliberti, e pensato come coordinamento di ciò che si muoveva nel campo dell'arte moderna.

Nel suo testo *Tempo dell'Architettura Tempo dell'Arte Cronache degli anni Venti e Trenta* (1990) Alberto Sartoris quale lucido filtro critico, riprende puntualmente i temi fondamentali del pensiero e del progetto cromatico, spaziando da aspetti teorici alla pratica del progetto, anche nell'interno architettonico. Questi gli argomenti al tema dedicati: *Dinamismo policromo, Misura mistica, Scienza e misura del colore, Esaltazione polidimensionale, Quarta dimensione*. Nel primo caso, la "*Misura Mistica*" (riferita ai luoghi di culto), richiede a suo parere, dei *colorì psicologici.* "Le vetrate funzionali – egli afferma - verranno perciò formate da vetri speciali sovrapposti, incisi, doppiati, avvitati, smerigliati, argentati, dorati, a impasti nuovi, e realizzate con i toni delle più audaci teorie policrome (a questo proposito, si notino pure gli esperimenti importantissimi e conclusivi del pittore ungherese Ladislas Moholy-Nagy e quelli del pittore tedesco Josef Albers, con le sottese implicazioni teoriche).

Nel capitolo su *Scienza e Valori del colore*, egli concorda con Ugo Maraldi[10], che, studiando i prodromi di una nuova arte in vista per l'uomo futuro, esamina colori e forme dei suoni, secondo «*immagini create dall'alchimia delle parole e armonie visibili di accordi musicali*». In merito alle teorie cromatiche e ai riferimenti culturali, Sartoris si rivela dunque molto sensibile alle sensazioni sinestetiche, citando Goethe, che "deve essere stato il primo a vedere il colore nei suoni"; Giacomo Meyerbeer chiama *purpurei* alcuni accordi di Weber. Mentre Gauthier parla del rumore dei colori, di suoni verdi, rossi, turchini e gialli…E non può non richiamare Rimbaud nella sua *Stagione all'inferno* e Dino Campana nei suoi *Canti Orfici*, fino a Debussy che "vide i colori della scena del *Pomeriggio d'un fauno"*. La conclusione è su Marinetti, che si cimentò con l'audizione colorata poetica, realtà della sensibilità moderna, concludendo che "in parte desunte da queste profonde ricerche, sono nate ardite teorie dei colori".

In un'altra felice intuizione, Sartori valorizza una ulteriore forma sinestetica, fra colore e geometria: "secondo una scoperta avvenuta verso la fine dell'Ottocento - egli ricorda - le figure geometriche corrispondono pure a suoni ed accordi. Viene perciò confermata l'ipotesi intuitiva di Pitagora, il quale affermava che Dio opera con la geometria che unisce musica ed astronomia"

Nel pensiero e nel progetto di Sartoris, nella sua visione sistematica e complessa del colore, una componente di forte carattere è data dal rapporto fra la sua formazione futurista e il Neoplasticismo. La conoscenza approfondita dell'architettura elementarista e dell'ambito pittorico neoplasticista ha offerto a Sartoris lo spunto per una indagine approfondita del rapporto fra architettura e colore. Nel numero unico di *Circle. International Survey 0f Constructive Art,* edito a Londra nel 1937 da J. L. Martin, Ben Nicholson e Naum Gabo, Sartoris pubblica un intervento dal titolo *Colour in interior architecture,* non ancora sufficientemente considerato dalla critica. L'attenzione è rivolta alla necessita di reintegrare il colore negli interni della nuova architettura, ponendo fine alla reazione

[10] Ugo Maraldi, *Colori e forme dei suoni*, «Corriere della Sera», Milano, 10 aprile 1943.

contro gli abusi ottocenteschi, che ha determinato la monocromia dell'architettura moderna nella sua prima fase**.**
Sartoris ne parla anche nelle forme applicative: “altre mie esperienze riguardano un metodo diverso: il procedimento neoplasticista. Esso tratta una stessa parete con vari colori (sempre uniti tra loro da grigi, bianchi e neri), pur conservando il carattere specifico e la destinazione dell'ambiente, accentuandolo o trasmutando i suoi rapporti se lo esige l'architettura. In questo caso, adopero di preferenza colori puri, fondamentali, come il giallo, il turchino chiaro e scuro e il rosso, allorché il metodo dinamico si serve di tutte le gamme di colori conosciute e di quelle che l'invenzione preconizza”.
Dai capitoli sull*’Esaltazione Polidimensionale* e sulla *Quarta Dimensione*, Sartoris conferma alcuni concetti: “nelle composizioni neoplastiche, che perseguono, per esempio, il fine di costituire l'atmosfera gioconda di un dato ambiente, con l'impiego di colori puri fondamentali, intonati con bianchi, neri e grigi, le funzioni da rappresentare plasticamente sono ben diverse. La funzione stessa del locale non esige più l'unità compiuta, assoluta, ma il partito smembrato, frammentato, diaframmato. È per questa ragione che la composizione realizzata mediante turchini, gialli e rossi (che possono anche venire rappresentati da materie plastiche o con effetti di luce artificiale) combinati in dimensioni relativamente ridotte, ma in numerose quantità, è stata trattata rompendo categoricamente il nudo delle pareti, pur non distruggendone il volume”. Anche qui, è evidente il rifermento (fra l’altro) a Rietveld, Van Doesburg, Mondrian.…
Ma l’interesse di Sartoris verso il Neoplasticismo (con la volontà di confrontarsi in particolare con Van Doesburg) si riflette anche a livello speculativo riguardo (per l’Italia) all’’influsso del Futurismo sul Razionalismo. La complessità dei rapporti tra i vari ambiti delle avanguardie internazionali si fonda su di un costante confronti e speculazioni intellettuali. Esemplare a questa proposito la tanto dibattuta questione dell'apporto futurista nel razionalismo italiano, alla luce in particolare del saggio dello stesso Sartoris inviato a Van Doesburg, *Le Rationalisme italien* (1929), il cui manoscritto è conservato presso il Van Doesburg Archive , L'Aja)[11].

8. Conclusioni
Il colore nell’architettura futurista è un tema ancora da indagare in modo più approfondito, attento e rigoroso.
Con Sartoris possiamo concordare con le sue convinzioni: “Da questo breve esposto, risulta che noi consideriamo il colore interno della casa (e non solo, si può aggiungere, N.d.A.) da un angolo originale che non è ancora stato, sfortunatamente, praticato razionalmente sino ad oggi. Per contrastare certi architetti moderni, per semplificare la loro visione (assunto ragionevolissimo nei limiti di condizioni ben determinate), hanno ingiustamente abolito - nel loro equivoco stilistico e nel loro rigorismo eccessivo.
Nei settori dell'arte e dell'ottica, dopo le scoperte conseguite dalle correnti futuriste, cubiste, metafisiche, astratte e surrealiste, ci troviamo di fronte all'obbligo di considerare certi problemi, come quelli della dinamica dei colori e della loro polidimensionalità, sotto una luce nuova, una luce più abbagliante”.

[11] Cfr. Sommella Grossi, *Sartoris e de Stljl*, cit. in particolare la Parte I: Alberto Sartoris e De Stijl: connessioni e divergenze, 8-137.

Fig. 1: Teo Van Doesburg, Cafe' Aubette, Strasburgo, 1927.

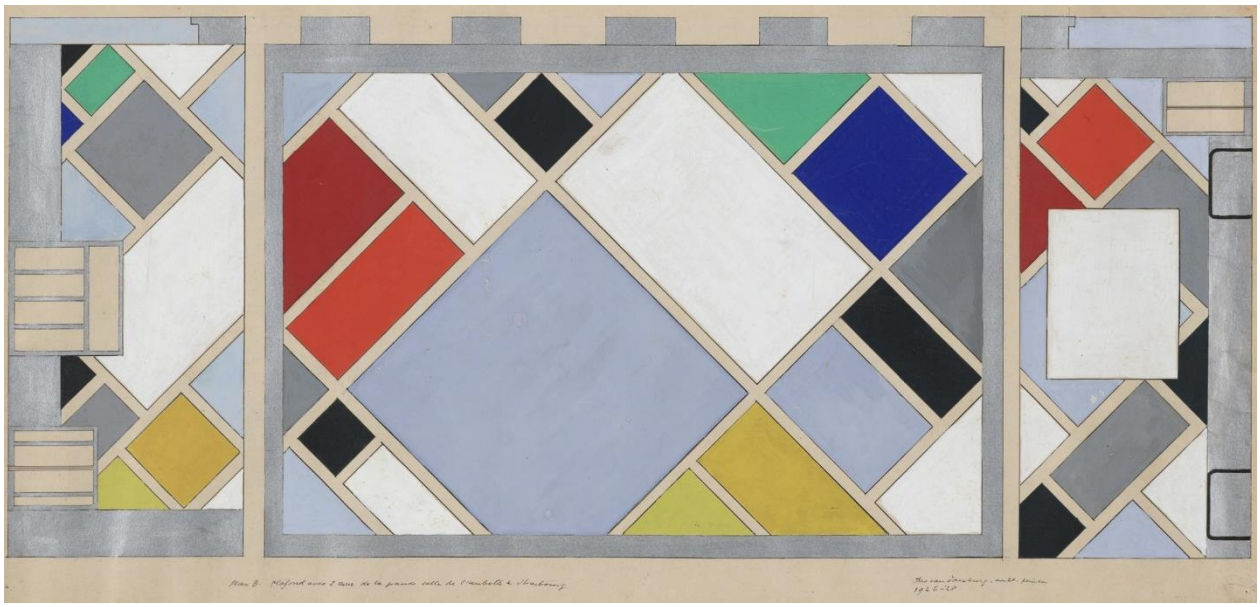


Fig. 2. Teo Van Doesburg, Cafe' Aubette, schema preliminare, Strasburgo, 1927.

Fig. 3: Teo Van Doesburg, Cafe' Aubette, Strasburgo, 1927.

Fig 4: Nicolay Diulgheroff, villa Tullio d'Albisola (ora villa Mazzotti) ad Albisola (SV), 1930 - 34.

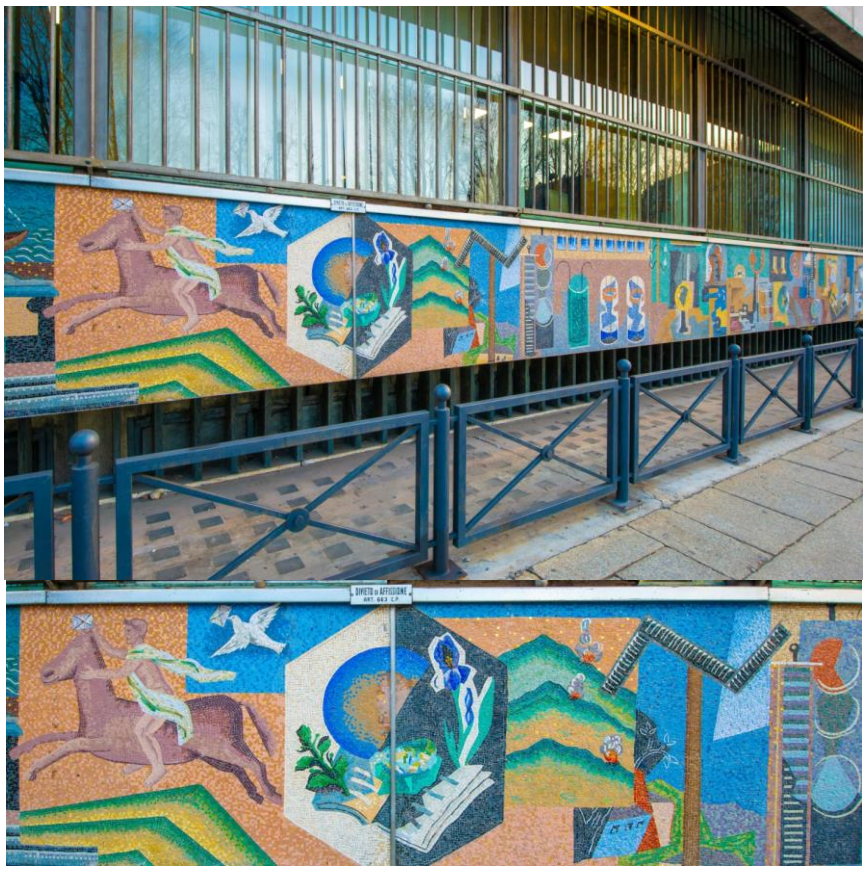


Fig. 5: Gino Severini, Storia dei servizi delle Poste e dei telegrafi (1940-1941), mosaico decorativo in Palazzo delle Poste di piazza della Libertà di Alessandria, particolare con telegrafo Chappe (fotografie di Cristian La Greca, 2018).

References

[1] Anna Marotta, *Policroma. Dalle teorie comparate al progetto del colore*, Celid, Torino, 1999.
[2] Bruno Zevi, *Poetica dell'architettura neoplastica*, Torino 1974.
[3] Ugo Maraldi, *Colori e forme dei suoni*, «Corriere della Sera», Milano, 10 aprile 1943.
[4] Wolfgan Goethe, *La teoria dei colori*, 1810.
[5] M. Pinottini, *Diulgheroff futurista: 26.3-26.4.1977*, Torino 1977.
[6] A. Sartoris, *Colour in interior architecture, in Circle. International Survey 0/ Constructive Art*, London, Faber & Faber 1937, 212-214.
[7] M. Sommella Grossi, *Alberto Sartoris e De Stijl. Connessioni e divergenze*, in AA.VV., Alberto Sartoris. Arcbitetture 1920-1985, Lecco, Comune di Lecco-Amministrazione Provinciale di Como 1988, pp.7-14.
[8] M. Sommella Grossi, *Sartoris e de Stjil: connessioni e divergenze. Sartoris e Fillia: un architetto razionalista, un pittore futurista e la nuova architettura. Incidenza formale e strutturale delle arti plastiche sull'architettura moderna*, Tesi di Dottorato, Ėcole Politecnique Federale de Lausanne, Lausanne, EPFL 1993.
[9] Alberto Sartoris, *Introduzione all'estetica della nuova architettura*, …
[10] Luisa Pianzola, *Alberto Sartoris, da Torino all'Europa. La formazione torinese e il problema dell'integrazione delle arti nell'architettura*, Greco, Milano 1990.
[11] Germano Celant, *Mobili e arredo*, in Pontus Hulten (a cura di), *Futurismo & Futuristi*, Bompiani, Milano 1986, p. 522.
[12] Alberto Sartoris, *Tempo dell'architettura. Tempo dell'arte. Cronache degli Anni Venti e Trenta*, Fondazione Adriano Olivetti, Roma 1990.
[13] Enrico Crispolti (a cura di) Futurismo 1909-1944. Arte, architettura, spettacolo, grafica, letteratura, Mazzotta, Milano 2001.

8. Colore ed Educazione

Metodo Mariuccia Lab
Una proposta di integrazione tra colore e educazione

Elisabetta Romanò[1], Raffaella Fantuzzi[2], Rosanna Giordanelli[3]
[1]Psicologa psicoterapeuta, [2]Coordinatrice Comunità Asilo Mariuccia, [3]Coordinatrice Comunità Asilo Mariuccia

1. Introduzione

Scopo del nostro intervento è presentare un progetto frutto dell'integrazione tra sapere pedagogico, psicologico, antropologico [1] e sapere scientifico e tecnologico [2], nella consapevolezza che le relazioni che prendono vita in uno spazio dipendono da una complessità determinata da luce naturale e artificiale, colori, arredi stimoli olfattivi e modalità di propagazione del suono. La progettazione di spazi abitati come luoghi di cura apre domande che solo la ricerca comune e il reciproco arricchimento di competenze consente di onorare e valorizzare.

2. Chi siamo

L'Asilo Mariuccia [3] fu fondato a Milano nel 1902 da Ersilia Bronzini, a seguito della morte di sua figlia Mariuccia, allo scopo di recuperare, attraverso l'istruzione e il lavoro, bambine e adolescenti, in stato di abbandono e in molti casi avviate alla prostituzione. L'attenzione alle bambine risulta estremamente illuminata e innovativa, poiché valorizza la figura femminile fin dalle sue prime fasi evolutive.

Nel corso del tempo, sempre di più l'Asilo Mariuccia si è specializzato nell'accoglienza di bambini accompagnati dalle loro mamme, che vengono inseriti in comunità su disposizione del Tribunale per i Minorenni allo scopo di valorizzare le risorse genitoriali residue e garantire quotidianità più serena e protetta a bambini provenienti da situazioni di estrema sofferenza e grave pregiudizio per il loro benessere [4]. Le famiglie si trovano a trascorrere un periodo più o meno lungo in "case speciali" che si suddividono in comunità educative, dove la presenza degli operatori (educatori, coordinatrice, cuoca e personale di servizio) è prevista giorno e notte, e Alloggi per l'Autonomia, che prevedono una supervisione educativa più leggera, limitata alle ore diurne, e garantiscono alle persone accolte di godere di maggiore intimità e autonomia nella gestione della giornata. Le équipe sono specializzate, in formazione permanente dal punto di vista psicopedagogico, e supervisionate con regolarità da professionisti clinici.

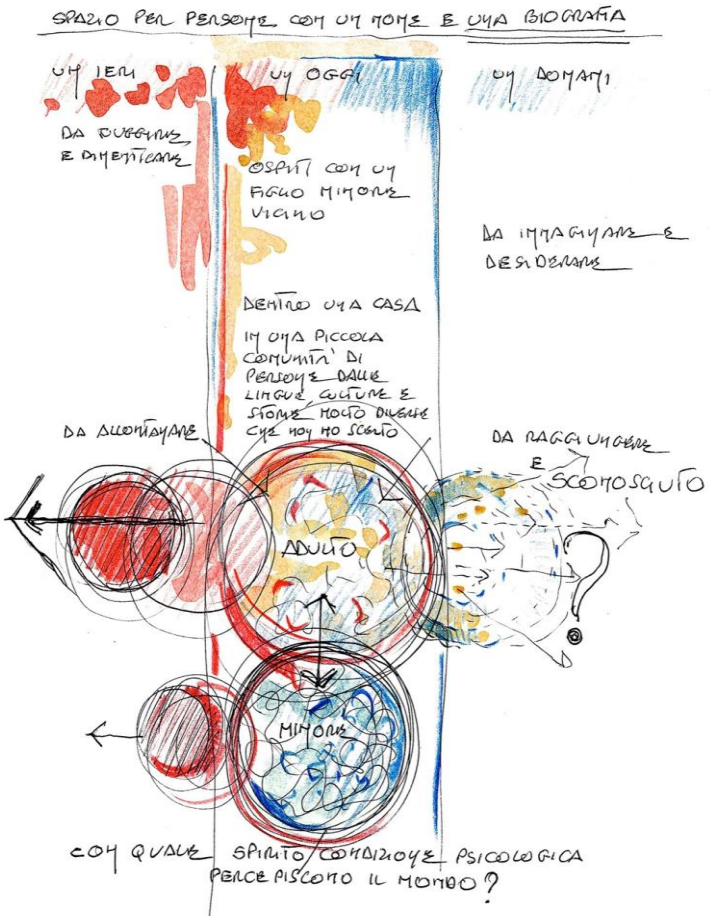
Nel loro lavoro, le educatrici e gli educatori hanno maturato la consapevolezza che trovarsi a dover trasferire per un periodo definito la propria vita in una comunità educativa, oppure in un alloggio per l'autonomia, significa dover vivere un'esperienza che sospende d'improvviso tutte le coordinate spazio-temporali che fino a poco prima avevano orientato i gesti, i movimenti e le relazioni del quotidiano. Le persone che sperimentano il collocamento in comunità, per quanto possano giungere da storie e famiglie molto diverse tra loro, condividono una comune esperienza di spaesamento, per il fatto che tutte le donne accolte sono uscite dalle mura di casa, intese come luoghi riconosciuti come propri, e si trovano proiettate in contesti fino a quel momento estranei, dentro ad una sorta di tempo sospeso. I nostri dispositivi d'aiuto sussistono per proteggere i bambini quando la situazione familiare, troppo densa di conflitti, violenze o deprivazioni non può continuare come prima e va necessariamente interrotta. Al tempo stesso, però, il loro ingresso in un contesto più sicuro, luogo di cura e crescita dedicato, porta inevitabilmente con sé anche una frattura: l'interruzione di quanto veniva inteso come normalità. Molte donne entrano in comunità come fossero "pioniere forzate", in un "mondo estraneo", nuovo e molto connotato, con regole di convivenza, turni e dinamiche relazionali complesse. Nella loro esperienza, la comunità si configura come un passaggio obbligato, mai completamente compreso e condiviso, come fosse una sorta di "deportazione".

D'improvviso si insediano in un luogo altro, sotto lo sguardo di altri, osservate da figure professionali che sono anche deputate alla valutazione delle loro "competenze genitoriali". Da questo discende inevitabilmente un elemento di paradossalità che è sempre importante esplicitare e

da cui partono le domande che hanno mosso l'intero progetto: accade che il contesto di aiuto che ambisce ad essere accogliente solleciti paure e difese, che ne distorcono gli obiettivi, inducendo condizionamenti all'interno delle pratiche dei gesti dell'intimità quotidiana, a scapito della spontaneità e della comprensione profonda del cambiamento.

Questo fa dei nostri contesti di accoglienza dei territori liminali, di confine; sono case non case che hanno senso se vi si promuovono cambiamenti ed apprendimenti, esercizi e passaggi che potranno in futuro essere narrati come propri dalle donne e dai bambini che li hanno attraversati. Si tratta di territori anche della mente: fuori dalle mura di casa, in contesti di confine, che aiutano ad accogliere come possibile e abitabile il futuro. Si tratta di scoprire un ritmo nuovo per cercare, apprendere e mettere in atto nuove pratiche di cura, dove spazio e tempo si muovano insieme.

Interrogarci sulla qualità del lavoro educativo in questi territori liminali, sulle qualità necessarie a questi spazi luoghi di sfida e scommesse, decisivi per il futuro dei bambini, hanno costituito lo spunto per far "decollare" un nuovo percorso di lavoro.



Le domande che ci siamo posti:

Il senso del lavoro educativo nelle nostre case è "traghettare" da un "prima", compromesso e bloccato, ad un "dopo", pensabile; è possibile allestire uno spazio che sia per le persone un luogo di cura e radicamento, che valorizzi le risorse che, sempre, sono presenti come semi promettenti?

In che modo le informazioni visive, assimilate dai sensi, contattano il livello emozionale e preverbale dei fruitori dell'ambiente?

Come possiamo aiutare le nuove accolte a contenere il senso di pericolo e di allerta che tipicamente caratterizza il delicato momento in cui si entra in contatto con ambienti estranei, magari in modo forzato?

Lo spazio, con i suoi contenuti e profili, dice già tutto, satura necessariamente la percezione, riempiendo di sé il percettore con oggetti e stimoli più o meno coerenti, oppure può aprire varchi di stimolo alla creatività percettiva di chi ne fruisce?

Come progettare e garantire la coerenza tra lo spazio che accoglie e le pratiche di cura che vi si muovono all'interno?

3. Asilo Mariuccia LAB

La necessità di riorganizzare uno spazio di riferimento per gli Alloggi per l'Autonomia ha fornito lo spunto iniziale sul quale avviare il lavoro: il laboratorio Mariuccia LAB ha visto incontrarsi differenti saperi e sensibilità, alla ricerca di un metodo nuovo, che, con approccio scientifico, fosse in grado di proporre un progetto guida, concreto e poco oneroso economicamente.

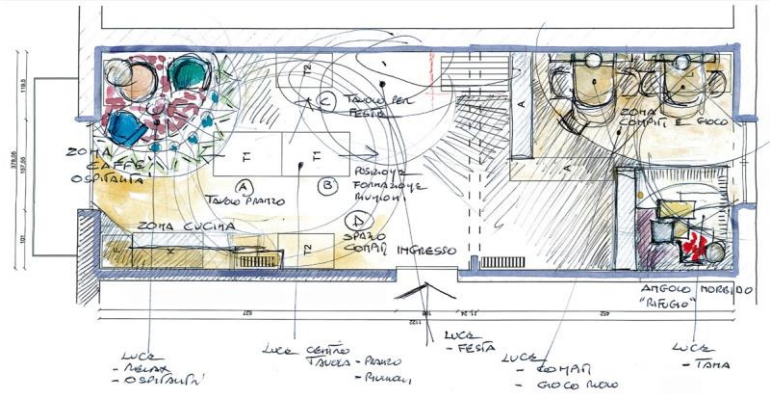
Si è scelto di documentare i passaggi del progetto per consentirne la comunicabilità e fondare un modo di intendere il lavoro di progettazione degli spazi e di procedere nel realizzarli. Proprio su

questo laboratorio stiamo ultimando una pubblicazione che si apra alla formazione di professionisti dell'educazione e dell'architettura di interni.
Il primo passo da cui è iniziato il laboratorio è stato uno spazio di narrazione, dal quale è emerso chi fossero i percettori e quali gesti si svolgessero quotidianamente.
Questo primo passo, momento fondante e preliminare all'esordio della progettazione, ha dato la piena preminenza al Chi. Abbiamo rivolto lo sguardo ai "percettori di quello spazio", ossia alle persone concrete che vi si muovevano. Incipit del lavoro di ricerca è stata l'attenta considerazione del gesto quotidiano, piuttosto che l'enucleazione di proposte standard per la costruzione di un generico "spazio di cura" preformato e che si ritiene a priori valido in sé.
Così, da subito, si è ricercata una bellezza etica, perché buona per il benessere delle specifiche persone che ne fruiscono, radicata nel senso che quel luogo ha se risponde alle necessità dei gesti che lo rendono vivo.

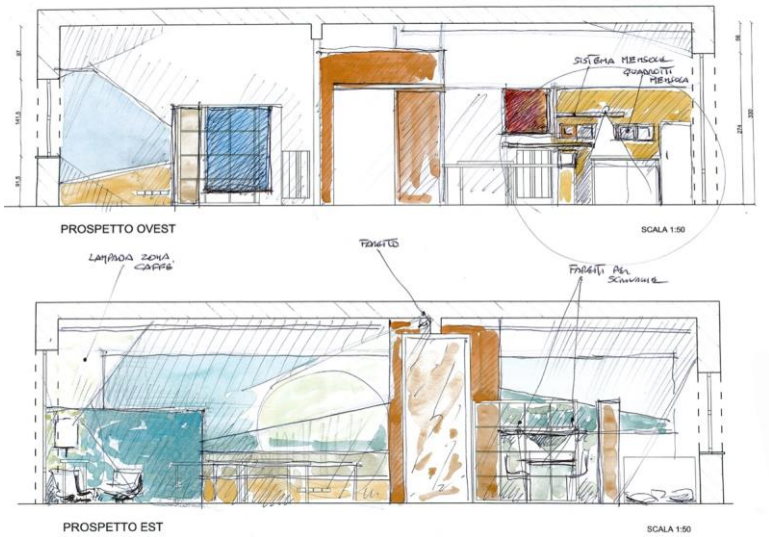
Il focus sul contesto
L'appartamento del quinto piano è invece è uno spazio comune, aperto. Vi si trova l'ufficio della coordinatrice e delle educatrici, punto di riferimento per i colloqui, in cui vengono scanditi i passaggi topici dei percorsi e vengono messi a tema i traguardi raggiunti.
La stanza, su cui si è incentrato il primo progetto di riorganizzazione, si trova all'interno dell'appartamento e ne costituisce il locale più spazioso e composito.
In questo locale avviene il primo accesso e momento di incontro, partono da questa stanza i primi movimenti con cui le mamme ed i bambini che saranno accolti in alloggio approcciano le novità che li aspettano; si recano qui quando, accompagnati dalla loro assistente sociale, vengono per la prima volta a conoscere la struttura. Entrando nella stanza e sedendosi per iniziare il colloquio, a volte le ospiti propongono domande, avanzano richieste, alludono a dubbi rispetto a quanto, con modalità ancora ignote, a breve, costituirà la loro esperienza quotidiana con i figli e che cambierà molti equilibri e punti saldi. Per comprendere a pieno il tipo di complessità con cui si ci confronta, va ricordato che si tratta di un momento di grande emotività, l'ingresso nell'alloggio per l'autonomia che segna un progresso nel percorso, contemporaneamente dice anche la sofferenza e le fragilità che ne hanno costituito i presupposti.
La sala è anche chiamata Spazio giochi, vi si festeggiano i momenti topici dell'anno, come la festa di Natale, i compleanni dei bambini, le feste di congedo in occasione delle dimissioni di qualcuno. I bambini vi si recano ogni sabato per lo svolgimento dei compiti e lo studio assistito; le mamme sono convocate nella sala per riunioni particolari con l'equipe educativa, in programmazione per esempio della partenza per le vacanze al mare o per fare comunicazioni o riflessioni riguardanti aspetti condivisi dell'esperienza in alloggio per l'autonomia.
Il progetto è partito dal desiderio che lo spazio comune diventasse realmente un luogo significativo, coerente con la proposta di un tempo buono, promotore di relazioni, spunti di leggerezza e gioia. Tipicamente nei luoghi istituzionali lo spazio deputato ad essere "comune" rischia di finire con il diventare lo spazio di nessuno, luogo di gesti formali, o quanto meno estrinseci rispetto all'investimento di chi li frequenta.
Prima dell'intervento l'impatto, rimandava ad un ambiente ampio, ma poco connotato e, in definitiva, non invitante. Inutili inviti si ripetevano negli anni alle mamme, affinché scegliessero di venire nello spazio giochi con i loro bambini, che bevessero insieme un the, che utilizzassero cioè questa sala in modo spontaneo e alternativo ai momenti in cui avvenivano le convocazioni ufficiali per le feste o gli appuntamenti istituzionali. Il fatto di essere utilizzata per finalità diverse, la aveva trasformata però in un grande contenitore, non differenziato all'interno, se non nell'area che conteneva i giochi.

L'intervento
Con il progetto si è cercato di comprendere come con pochi cambiamenti, e investimenti economici ridotti, si potesse raggiungere lo scopo di dare ad ogni angolo una propria storia, permettendo di

valorizzare e accogliere ciascuno. Ci si è spostati dal pregiudizio, comune nei servizi per l'infanzia, che uno spazio per i bambini debba essere solo ricco di immagini "infantili" e colori vivaci, per approdare all'utilizzo del colore come elemento costitutivo della scena percettivamente significativa per gli ospiti.



Mappatura dei gesti quotidiani e delle dinamiche relazionali all'interno della grande stanza, prima dell'intervento



Studio dell'impatto della luce naturale/artificiale e schizzi progettuali sulla connotazione degli spazi

Il cantiere

Caratterizzazione di due aree riconoscibili e ben connotate: lo spazio giochi e l'angolo "intimo", per i colloqui individuali, e i momenti informali e il "relax".

Per quanto riguarda la verifica del lavoro svolto, crediamo sia importante l'osservazione di quanto è avvenuto in quella grande stanza dopo l'intervento effettuato. Riportiamo, a questo proposito, alcuni stralci delle interviste fatte agli educatori che più di tutti hanno potuto segnalare il cambiamento.

Facendo riferimento al periodo precedente all'intervento, un'educatrice dice "Prima facevo fatica un po' a gestire lo spazio in generale perché, anche se c'era la divisione netta tra lo spazio giochi e… lo spazio polifunzionale direi, facevo fatica perché era molto poco flessibile. […] Ed era difficile a livello educativo gestirlo perché non potevi avere una sorta di controllo sullo spazio, ma era il contrario, cioè almeno io lo avvertivo così: subivo lo spazio" (intervista a Paola, educatrice con esperienza pluriennale, del 2 agosto). Nel prima, le pareti erano "neutre", lo spazio era così ampio e poco connotato da non aiutare a renderlo utilizzabile. Usare i colori che contengono, che delineano senza chiudere, offre nuove opportunità sia ai bambini, sia alle mamme, sia agli educatori.

"Solitamente io rimanevo in ufficio oppure andavo in appartamento, tendevo proprio a stare di più in appartamento; oggi la maggior parte dei colloqui invece io li faccio di là. Addirittura durante alcuni, però molto pensati, mi metto nell'angolo dove c'è il tavolo con le poltrone: quello è uno dei luoghi proprio più intensi e ricchi" (intervista a Maddalena, educatrice giovane, del 2 agosto 2018): questa è la testimonianza di una operatrice che fa riferimento a uno spazio allestito per i colloqui, un angolo che prima era rimasto dimenticato e che ora ha una connotazione precisa. Il colore, con le sue campiture, racchiude le due poltrone, il tavolino e la lampada da terra che aiuta anch'essa, con la sua luce, a definire lo spazio raccolto di accoglienza. L'educatrice e la mamma sentono che il resto della stanza va in secondo piano, rimanendo in penombra. L'ascolto viene dunque accompagnato, sottolineato. Si tratta di una piccola stanza senza muri concreti all'interno di una grande stanza.

Facendo sempre riferimento ai colloqui, nodo fondamentale del lavoro educativo, questa è un'altra testimonianza: "Prima io lo ricordo caotico come spazio, uno spazio sempre carino però poco strutturato per cui capitava la volta che giocavi coi bambini o che parlavi con le mamme però come ti capitava: prendevi una sedia, ti sedevi... Era uno spazio molto adoperato, ma secondo me più per le feste, per i raduni tra di noi, per le riunioni con le mamme, le merende... Adesso è più strutturato quindi è diverso nel senso che se hai bisogno di parlare con una mamma e la mamma ti viene col bambino, tu riesci a far sì che il bambino giochi da qualche parte e tu riesci a parlare mentre prima..." (intervista a Paola del 2 agosto 2018). Ancora una volta si sottolinea l'importanza di avere spazi dedicati, apprezzati sia dagli ospiti sia dagli operatori.

Lo spazio segnalato dalle campiture permette, anche, di delineare un angolo destinato all'accoglienza più ufficiale, quella del primo colloquio e con l'assistente sociale. A questo proposito un'educatrice dice: "Ma anche solo a livello estetico è diverso… è vero: quando vedi delle cose belle, ti aiutano anche di più; anche i primi incontri con le mamme o quando vengono gli assistenti stiamo di lì, ma l'ambiente è diverso. Poi hai lo spazio del caffè, ti puoi sedere e parlare con qualcuno, abbiamo il nostro spazio, anche solo per pranzare: è un'altra cosa" (idem).

Questo apprendimento nuovo è anche destinato al futuro. Così si esprime un'altra educatrice a proposito dell'eredità: "[…] L'attenzione ai muri, ai colori, alle cose che ci sono dentro e quindi in automatico, la si tramanda. Il cambiamento è servito in noi e – parlando per me – poi lo tramandi […] Adesso invece ogni spazio è pensato. […] Così l'attenzione che ho imparato in quest'ultimo anno l'ho data ai bambini: ci siamo messi lì tutti seduti, abbiamo suddiviso i giochi per colore, per oggetto e questa cosa l'hanno imparata anche loro, divertendosi e imparando un po' a rispettare le cose che gli vengono date, le cose che trovano. È un po' un continuare, un tramandare rispetto a chi è dentro perché molte volte non ce l'hanno dentro, come del resto io non avevo dentro l'idea del colore e della possibilità che potevano dare il colore e lo spazio" (intervista a Gaia, educatrice di lunga esperienza, del 2 agosto 2018).

4. Conclusioni

Da quanto evidenziato vorremmo concludere segnalando alcuni aspetti importanti che riguardano l'intervento effettuato:

1 – le competenze in sinergia che si sono interrogate in modo circolare e democratico, ciascuna con il proprio punto di vista significativo

2 – l'economicità dell'intervento che non ha previsto spese eccessive, ma ha potuto utilizzare gli oggetti già presenti, offrendo nuove soluzioni possibili

3 – la replicabilità del metodo che, proprio perché non dà indicazioni rigide dei colori più idonei, degli arredi meglio utilizzabili, offre l'opportunità di soluzioni personalizzate.

Ci si è accorti che il progetto degli spazi prende avvio da quanto deve avvenire in un determinato luogo: colori, allogazioni, arredi, tutto si deve cioè declinare in funzione degli utenti e non di regole estetizzanti.

Questo lavoro non propone formule rigide, ma soluzioni in grado di trasformare l'ambiente di vita in un luogo accogliente. Ci ha mosso il bisogno di trovare percorsi nuovi e inesplorati che, in supporto all'approccio verbale, sappiano ingaggiare il percettore con l'intero vocabolario dei colori, le proporzioni, i pieni e i vuoti. Il desiderio è quello di offrire un ambiente di vita facilmente fruibile per chi lo approccia, proporre degli spazi che diano modo al percettore di coglierne i messaggi e portare qualcosa di proprio, immaginare scenari, allentare tensioni ed animare suggestioni.

Il "cuore" del Metodo Mariuccia muove allora dalla fiducia che gli spazi, pensati, sappiano aprire un varco nelle resistenze emotive e possano costituire un nodo di innesto affinché il tempo sospeso diventi un tempo buono.

Parole chiave progetto relazionale
Cura - spaesamento - casa non casa - fenomenologia dell'accogliere - memoria - attaccamento

Parole chiave progetto percettivo
Percetto - percettore - scena - allogazioni - colore percepito - sistema cromatico

Riferimenti bibliografici

[1] Riferimenti bibliografici per quanto riguarda il sapere pedagogico, psicologico, antropologico:
AA.VV. Le case dell'uomo. Abitare il mondo. Torino: Utet, 2016
Amerio, P. Fondamenti storici di psicologia sociale. Bologna: Il Mulino, 1995
Augé, M. Non-lieux. Paris: Edition du Seuil, 1992 (trad. it. Nonluoghi. Milano: Elèuthera, 1993)
Baroni, M.R. Psicologia ambientale. Bologna: Il Mulino, 1998
Bonnes, M., Bonaiuto, M., Lee, T. a cura di, Teorie in pratica per la psicologia ambientale. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2004
Costa, M. Psicologia ambientale e architettonica. Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento. Milano: Franco Angeli Editore, 2013
De Marco, S.M. Psicologia e Architettura: Studio multidisciplinare dell'ambiente. Villanova di Guidonia (RM): Aletti Editore, 2015
Dixon, j., Durrheim, K. Displacing place-identity: a discursive approch to locating self and other. British Journal of Social Psychology, n. 39, pp. 27-44, 2000
Gallino, T.G. Luoghi di attaccamento. Identità ambientale, processi affettivi e memoria. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2007

Mantegazza, R. Una pedagogia dei luoghi? Proposta Educativa, n. 2, pp 19-24, 1999
Marsicano, S. Abitare la cura. Riflessioni sull'architettura istituzionale. Milano: Franco Angeli Editore, 2002
Massa R. Riflessioni sullo spazio come oggetto pedagogico. Ricerche pedagogiche, n. 67, pp 49-56, 1983
Proshansky, H.M., Fabian, A.K., Kaminoff, R. Place-identity. Physical world socialization of the self. Journal of Environmental Psychology, n. 3, pp. 57-83, 1983
Remotti, E. Luoghi e corpi. Antropologia dello spazio, del tempo e del potere. Torino: Bollati Boringhieri, 1993
Weinstein, C.S., David, T.G., a cura di, Spaces for children. New York: Plenum Press, 1987
[2] Riferimenti bibliografici di tipo neuroscientifico:
Gallese, V., Ardizzi, M. Il senso del colore. Tra mondo, corpo, cervello.
In www.researchgate.net/publication/315716643, 2017
Mallgrave, H.F. Architecture and Embodiment: The Implication of the New Sciences and Humanities for Design. London: Routledge, 2013 (trad. it. L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2015)
[3] Importanti sono i riferimenti relativi al sapere tecnico di chi si occupa di colori, luci, spazi, architettura di interni. Per tale sapere rimandiamo ai seguenti testi:
Albers, J. Interazione del colore. Parma: Pratiche Editrice, 1997
Arnheim, R. Arte e percezione visiva. Milano: Feltrinelli, 1962
Bertagna, G., Bottoli, A. Scienza del colore per il design. Santarcangelo di Romagna(RN): Maggioli Editore, 2013
Bressan, P. Il colore della Luna. Bari: Laterza, 2007
Gerbino, W. La percezione. Bologna: Il Mulino, 1983
Riccò, D. Sinestesie per il design. Milano: Etas, 1999
Ronchi, L., Villani, S. Interazione uomo-ambiente alle soglie del 2000. Fornacette (PI): Mariposa Editrice, 1998
Tornquist, J. Colore e Luce, teoria e pratica. Milano: Ikon Editrice, 2006
[4] Riferimenti bibliografici riguardanti la Fondazione Asilo Mariuccia O.M.L.U.S.:
Buttafuoco, A. Le Mariuccine. Storia di un'istituzione laica: l'Asilo Mariuccia. Milano: Franco Angeli Storia, 1998
Bronzini Majno, E. Salviamo il fanciullo, educhiamolo. Unione Femminile, n. 11, 1901
Bronzini Majno, E. L'Asilo Mariuccia. Milano: Tipografia Nazionale Ramperti, 1910
[5] Riferimenti bibliografici sulla funzione sociale delle Comunità di Accoglienza per mamme con bambini:
Becchi, E. I bambini nella storia. Roma: Edizioni Laterza, 1994
Bertetti, B. a cura di. Oltre il maltrattamento. La resilienza come capacità di superare il trauma. Milano: Franco Angeli Editore, 2008
Bessi, B., Bianchi, D. I percorsi genitoriali educativi e riparativi fuori dalla violenza domestica. Minorigiustizia, n. 3, pp. 120-129, 2012
Dellavalle, M. Valutare e sostenere la genitorialità in contesti interculturali: la prospettiva del servizio sociale. Minorigiustizia, n. 2, pp. 71-79, 2012
De Rosa, P., Villa, F. L'inserimento nella comunità madre-bambino: strumento di "messa alla prova" della genitorialità e di tutela del figlio. Minorigiustizia, n. 2, pp. 227-232, 2009
Gregorio, D., Tomisich, M., a cura di. Tra famiglia e servizi: nuove forme di accoglienza dei minori. Milano: Franco Angeli Editore, 2007
Malagoli Togliatti, M., Rocchietta Tofani, L. Famiglie multiproblematiche. Dall'analisi all'intervento su un sistema complesso. Roma: La Nuova Italia Scientifica, 1993
Moro, M. R. Enfans d'ici venus d'ailleurs. Naître et grandir en France. Paris: La Découverte, 2000 (trad. it. Bambini di qui venuti da altrove. Saggio di transcultura. Milano: Franco Angeli editore, 2005)
Presti, L., Giongo, F. Dalla ruota alle case di accoglienza: passato, presente e futuro delle maternità difficili. Minorigiustizia, n. 1, pp. 45-62, 1997
Serbati, S. Famiglie vulnerabili: un'esperienza di "educativa domicialiare". Rivista italiana di educazione familiare, n. 1, pp. 5-20, 2014
Serbati, S., Milani, P. La genitorialità vulnerabile e la recuperabilità dei genitori. Minorigiustizia, n. 3, pp. 111-119, 2012
Serbati, S., Milani, P. La tutela dei bambini. Teorie e strumenti di intervento con le famiglie vulnerabili. Roma: Carocci Editore, 2013
Tomisich, M., Zucchinali, M. Le comunità mamma-bambino: una risorsa del sociale per tutelare la relazione madre-bambino. Minorigiustizia, n. 2, pp. 221-232, 2009
Tomisich, M., Zucchinali, M. Tutelare un legame indissolubile: le comunità mamma-bambino. Maltrattamento e abuso all'infanzia, n. 11, pp. 101-110, 2009

Mantova e Sabbioneta: due città, un unico sito UNESCO.
Il tema colore come traccia per educare al patrimonio[1]

Franca Zuccoli, Annamaria Poli, Alessandra De Nicola[1]
@unimib.it

[1]Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione, Università di Milano-Bicocca

1. Introduzione

Il contributo racconta un'esperienza, ancora in corso, legata alle città di Mantova e Sabbioneta. Qui sia con i turisti, sia con i *city users*, ma in particolare con gli studenti dell'Istituto Tecnico Economico Statale Pitentino, a indirizzo turistico nel percorso di alternanza scuola lavoro, la tematica del colore è apparsa come una delle proposte più significative per osservare ed esplorare in modo nuovo la città, attivando percorsi di interpretazione e appropriazione.

2. A partire da un bando

Il lavoro qui presentato è frutto della vincita di un bando nell'ambito degli investimenti in favore della crescita e dell'occupazione, con cofinanziamento di Regione Lombardia e FESR. Questo progetto è l'unico, tra quelli risultati vincitori, che si occupa di patrimoni culturali. Uno tra i tre casi di studio presi in considerazione, oltre all'Insula viscontea, di Milano e "il Quarto Stato" di Giuseppe Pellizza da Volpedo, è quello legato al sito UNESCO di Mantova e Sabbioneta. Queste due città, infatti, fanno parte della lista di luoghi del Patrimonio Mondiale UNESCO dal 2008, poiché sono "testimonianze eccezionali dello scambio di influenze della cultura del Rinascimento. Esse rappresentano le due principali forme urbanistiche del Rinascimento: la città di nuova fondazione, basata sul concetto di città ideale, e la trasformazione di una città esistente." La grande sfida è però quella di rendere effettivamente percepibile e comprensibile quest'unitarietà ai cittadini di oggi, attraverso una metodologia volta a renderli il più possibile consapevoli, partecipi e responsabili del valore di un patrimonio diffuso e quotidianamente vissuto. All'interno delle finalità, contemplate da questo progetto, sono collocate le seguenti azioni: arricchire l'offerta turistica delle due città sottolineando e incrementando il reciproco legame. A tal fine si sta lavorando per raccogliere le voci degli abitanti, dei turisti, oltre che di quelle persone che non si sono mai recate in queste città, realizzare alcune azioni direttamente con cittadini e turisti, co-costruire un kit che assolva a una funzione di potenziamento della fruizione delle due città oltre che al riconoscimento dell'identità UNESCO. In questo percorso di ricerca e di innovazione, un aspetto significativo risulta quello legato al colore, elemento caratterizzante il paesaggio e il tessuto urbanistico/architettonico delle due città, che grazie a iniziative locali, nate nello specifico anche nell'ambito del restauro di alcuni luoghi, cercano costantemente di tenere presente. In particolare in questa direzione si colloca come significativo il percorso di ricerca azione che ha portato alla costruzione di un primo kit sperimentale che contribuirà alla realizzazione di quello definitivo. Ideato, progettato e realizzato insieme ai ragazzi delle classi terza e quarta dell'ITES Pitentino di Mantova (Istituto Tecnico Economico Statale, a indirizzo Turistico) durante il percorso di Alternanza scuola lavoro. Gli artefatti comunicativi proposti e realizzati dagli stessi studenti hanno messo in evidenza l'importanza dell'elemento colore in quanto traccia significativa, filo conduttore necessario per esplorare e conoscere. In particolare in questo testo si mostrerà come il colore sia stato usato come uno degli elementi più spontanei di interpretazione del patrimonio preso in considerazione

---

[1] Si precisa che il progetto di questo contributo è stato condiviso dalle tre autrici, mentre nella redazione i paragrafi sono così suddivisi: Franca Zuccoli 1, 2,5; Annamaria Poli 3,5; Alessandra De Nicola 4, 4.1, 4.2, 4.3.,5.

3. Il colore come valore ambientale

Nel corso della vita, l'uomo sviluppa la conoscenza del colore per mezzo della visione e percezione dell'ambiente circostante. Ambiente naturale e ambiente costruito costituiscono i due spazi della realtà che l'uomo quotidianamente osserva. Molto spesso questi due spazi sono tra loro in stretto rapporto, l'uno compenetra l'altro e viceversa, dando origine a più paesaggi caratterizzati dalla presenza di numerosi elementi unici tra loro. Tra essi si trovano, per esempio, le molteplici forme geometriche urbane del territorio popolato dall'uomo, le architetture con i loro volumi, i sistemi dei parchi e dei giardini, i sistemi delle acque, le infrastrutture viarie, la presenza dell'uomo con il suo brulicante movimento e numerosi altri artefatti dalle molteplici dimensioni. In breve, questi elementi costituiscono gli spazi pieni e vuoti di un paesaggio antropizzato. Il carattere unico e singolare di un paesaggio è definito in primo luogo dalla sua componente cromatica, dal variare della luce e delle ombre che si generano. Secondo la prospettiva di chi guarda, sia con uno sguardo attento sia con uno più rapido e distratto, la componente cromatica ha un ruolo fondamentale nella percezione/fruizione di un paesaggio. Percettivamente parlando, essa definisce il rapporto che si genera tra gli elementi che compongono il paesaggio osservato. E inoltre può influenzare il rapporto di continuità e/o di contrasto tra gli elementi esistenti e stabilire tra loro un rapporto di equilibrio dinamico o statico. Per esempio, la componente cromatica aiuta l'osservatore nell'orientamento e nella memorizzazione di quella esperienza, tanto quanto può influenzare il benessere di chi vive in quel determinato ambiente/paesaggio, senza trascurare le emozioni che la visione e la percezione del colore di un determinato paesaggio può generare nell'osservatore/visitatore che lo attraversa. Dunque il primo elemento di un paesaggio che viene percepito da qualsiasi osservatore/visitatore, che abbia un sistema visivo integro, è la sua componente cromatica, una componente benefica dal punto di vista percettivo ed estetico tanto da essere considerata un valore ambientale che genera benessere tra coloro che abitano e visitano tale luogo. Come ben descrivono Bertagna e Bottoli nell'analisi sociologica e culturale della struttura percettiva, "L'uomo è guidato nel suo agire da necessità biologiche, da informazioni culturali, dalla memoria del proprio vissuto e dai motivi che lo spingono a fare, a essere proprio in quel certo posto, a cercare una certa cosa e ad attendere un determinato risultato. Il colore, tramite la vista, è probabilmente la sensazione più efficace che possiede per "leggere" il mondo." [1] E dunque se si prende in esame il bel paesaggio della città di Mantova si può osservare che esso è circondato da corsi d'acqua e da un paesaggio agrario: elementi primari che definiscono un singolare rapporto tra la geografia del luogo e il nucleo urbano antico e moderno. A Mantova si può ammirare un cromatismo architetturale ottenuto grazie al colore naturale dei materiali assemblati, il colore è presente in modo puramente utilitaristico in quanto è il risultato dell'impiego di certi materiali che possiedono di per sé un colore che viene mantenuto nella sua espressione originale (il mattone, il marmo, il legno, ecc.). [2] La connessione tra l'architettura e la forma urbana di Mantova è definita dalla conservazione delle stratificazioni del centro storico nobile, valore culturale sobrio, duraturo e ben conservato, che racconta la storia di questa porzione di terra. La componente cromatica di Mantova è caratterizzata dal colore delle architetture antiche. I colori di questi edifici spaziano dalla gamma dei bianchi a quella delle tinte che variano dal giallo al rosso-arancione del mattone. Per quanto riguarda il paesaggio agrario il colore predominante è il verde, ben rappresentato nelle sue numerose gradazioni che cambiano intensità al variare delle stagioni. Altre tonalità di verde e di blu sono presenti grazie alla presenza dei corsi d'acqua e dei laghi che circondano la città. La componente cromatica è sempre presente in ogni scorcio della realtà urbana e la componente materica dei materiali ne rafforzata la sua percezione. [3]

4. La sperimentazione e il lavoro con gli studenti

All'interno di un lavoro di ricerca partecipante [4] che coinvolge competenze e ambiti disciplinari eterogenei, il colore è divenuto uno dei tre temi chiave per interpretare e valorizzare il patrimonio culturale urbano di Mantova e Sabbioneta. Identificare questi fulcri tematici è stato utile per definire

dei confini sicuri entro cui muoversi, infatti una delle sfide del progetto consiste nel portare il gruppo di ricerca fuori dai confini abituali del loro agire (patrimoni culturali ben circostanziati in musei o siti culturali) aprendosi ad un territorio vasto come quello di due città. Se la scelta del tema *acqua* è stata quasi ovvia perché è un elemento caratterizzante il territorio e i beni interessati dal progetto e perché comune ai diversi interessi di ricerca, il colore e la luce sono stati scelti a partire da un input dell'amministrazione locale. Infatti entrambi gli argomenti sarebbero dovuti essere oggetto di intervento da parte del comune: da un lato il colore era l'aspetto più evidente del restauro sui portici del centro storico, dall'altro la luce sarebbe stata la sintesi tematica per riprendere l'intervento (non realizzato) di valorizzazione del tessuto urbano attraverso una nuova illuminazione. Colore, luce e acqua sono divenuti i temi, le chiavi di lettura del progetto MOBARTECH a Mantova e Sabbioneta. Il primo output della ricerca è stata la creazione e la successiva sperimentazione di un kit d'interpretazione del paesaggio urbano. Il kit è il frutto del percorso di Alternanza scuola lavoro durante il secondo quadrimestre del 2019. Una delle finalità del kit consiste nel voler eliminare le barriere di accesso all'esperienza di fruizione, soprattutto quelle legate all'iperspecializzazione conoscitiva di un patrimonio, forti del successo di una precedente esperienza di ricerca, "Paesaggi culturali. La ricerca e la proposta di una didattica del patrimonio in armonia tra arte e scienza. Nuove forme di valorizzazione" [5] il cui esito è stato, appunto, un kit di fruizione dal taglio empirista [6], a partire dal nome Visitor in Practice- VIP, utilizzabile autonomamente dai diversi pubblici in visita: adulti, singoli, gruppi, famiglie con bambini e scolaresche. In linea con questa esperienza il tema del colore è stato, in questa fase, affrontato soprattutto come uno strumento d'interpretazione ermeneutica e fenomenologica con l'obiettivo di coinvolgere principalmente l'aspetto sensibile, prima di qualunque teoria del colore come nella breve striscia di Schulz in cui Linus domanda «Lucy, perché il cielo è azzurro?» «PERCHÉ NON È VERDE!» innescando la chiosa di Linus rimasto solo: «Questo dimostra quanto sono stupido...credevo ci fosse una ragione molto più complicata…». [7] L'obiettivo prioritario è stato lavorare sulla reazione di tipo estetico determinata dall'incontro tra i fruitori e l'armonia dei colori che caratterizza le due città rinascimentali. A tal proposito sarà utile puntualizzare che Sabbioneta è una delle dieci città ideali edificate dall'uomo tra il Rinascimento e il Novecento. [8] Un'altra necessaria puntualizzazione è che si è lavorato sul tema del sensibile, introdotto dal concetto filosofico di estetica, ritornando alla sua antica connotazione legata al piacere generato da una bellezza universalmente riconosciuta. Una bellezza che secondo la concezione socratica era lieve e inafferrabile al punto da riuscire a colonizzare l'anima. Questi argomenti sono stati affrontati durante il percorso di alternanza scuola lavoro in due momenti il primo in merito alla raccolta fotografica di particolari tali da metterli in luce, il secondo in una prima restituzione da parte degli studenti attraverso l'elaborazione di un progetto di Fanzine. La cornice teorica è stata costruita a partire dall'esplorazione della fiorente letteratura sul tema dell'armonia cromatica che affonda le sue radici nelle ricerche di Johann Wolfang Goethe enunciate in *Teoria dei colori.* [9] Particolare riferimento sono state tre impostazioni quella di Johannes Itten [10] che identifica l'avvenire armonico nelle coppie cromatiche complementari e in tutti quegli accordi a tre che sviluppandosi sul disco cromatico permettono una congiunzione attraverso un triangolo o un quadrato o ancora un rettangolo. Un altro utile punto di vista è stato quello offerto da Josef Albers [11], che nel testo *Interazione del colore*, sottolinea l'importanza dei rapporti quantitativi determinati da dimensione, posizionamento e ricorrenza della superficie colorata in rapporto ad un'altra. Aspetti quantitativi che generano armonia e che vengono efficacemente descritti attraverso il raffronto con le note musicali, spesso usato quando si parla di colore, che vivono di dissonanze e consonanze. Un altro autore, caro a questo gruppo di ricerca, che usa la metafora del suono per descrivere la teoria armonica e che ha permesso di arricchire il discorso è Albert Munsell [12] che con le sue ricerche ha aggiunto il concetto di bilanciamento cromatico. A pagina 4 del suo testo rivolto agli insegnanti, Musell paragona il valore che il silenzio ha in musica e più generalmente per il benessere uditivo, al beneficio che l'occhio trae nel bilanciamento tra l'eccesso di colori e la sua assenza: «quando la nostra mente è soddisfatta dalla

relazione tra luce e colore, noi definiamo il risultato bellissimo». Il principale obiettivo conoscitivo che Munsell identifica è «un colore non è una semplice tinta che appare all'occhio, ma una variabile unione di tre qualità che il pensiero deve (imparare a) separare e giudicare» (tinta, saturazione e luminosità). Sulla base di queste teorie si è lavorato con ragazzi avendo tre finalità: educare il loro sguardo; catturare degli scatti fotografici tali da innescare nell'osservatore la piacevole volontà di ricercarne l'originale o semplicemente di cambiare il punto di vista sulle città; comprendere il valore grafico che il colore può assumere, per esempio nell'elaborazione di fanzine, intese come il progetto per la costruzione di un racconto autentico e partecipato delle conoscenze acquisite.

4.1 Gli scatti fotografici

Come si noterà nella figura 1, gli scatti elaborati dagli studenti hanno tenuto conto, non solo di quanto riferito sopra, ma anche di come sia necessario per bilanciare i colori provare a rispondere alle esigenze cromatiche imposte dal cervello. In particolare si è lavorato sulle tre qualità espresse da Munsell bilanciando i colori complementari di pari grado di luminosità e saturazione; trovando un equilibrio tra gradi di luminosità e gradi di saturazione opposti. Usando una definizione più contemporanea si è cercato di creare per ciascuna immagine un «sistema chiuso», vale a dire la disposizione cromatica in cui nessun colore si trova fuori sincronia rispetto agli altri come afferma Roger Sperry. [13]

Fig. 1 - uso del colore in fotografia: gli scatti dei ragazzi

4.2 Le fanzine

Narrazioni autobiografiche, riprese fotografiche, ricerca sulle fonti storiche, mappe e geografie del vissuto, sono state le attività e gli elaborati del percorso di formazione. Tutti dotati di livelli di lettura e comprensione diversi e dalle molteplici stratificazioni. La proposta di produrre una fanzine, o meglio cinque (una per ciascun gruppo formato da tre ragazzi) nasce dalla volontà di dare significato alle esperienze fatte unendo il proposito per cui i protagonisti dell'atto educativo fossero proprio i soggetti stessi che si volevano educare, contaminando l'esperienza intrecciando l'intenzione e la non intenzione educativa. [14] La fanzine una piccola pubblicazione indipendente, che è stata usata facendo una libera associazione alla Pedagogia degli oppressi di Paulo Freire [15] soprattutto per quanto riguarda l'aspetto della problematizzazione dei contenuti e il valore dialogico dell'azione educativa. Le fanzine, vale a dire il magazine dei fan nato negli anni settanta per dare voce ai giovani che volevano scambiare idee e informazioni sui loro interessi (in particolare sui loro idoli musicali)

è stato lo strumento che ha permesso a chiunque di raccontare le proprie idee, avvalendosi di semplici e basici strumenti di stampa, grafica e scrittura.

Fig. 2 - esempi di uso grafico del colore nelle fanzine

4.3. Colore sintomo di pulizia e conservazione

Infine, accanto a queste due tipologie di attività si è aggiunta una riflessione legata agli interventi di restauro conservativo eseguiti sui portici del centro storico. Durante il percorso di formazione gli studenti hanno potuto esplorare i portici guidati da una delle restauratrici che ha eseguito gli interventi di pulitura, in particolare sulle colonne. Questo tipo di riflessione ha portato a due risultati: una maggiore attenzione e consapevolezza dai risvolti civici e la consapevolezza gesti apparentemente innocui posso generare un impatto visivo determinato dal cambiamento cromatico delle superfici. I ragazzi sono entrati in contatto con il mondo del colore inteso come materia che ha particolari reazioni di tipo organolettiche e chimico.

5. Conclusioni

L'uso del colore come spunto per guardare con occhi nuovi la città che si frequenta quotidianamente è una modalità estremamente significativa, anche per gli stessi adolescenti. Percepire il luogo che si vive abitualmente avendo come riferimento un punto di vista che rende più acuto e consapevole il proprio sguardo è un modo per avvicinarsi in una forma più attenta, approfondendo alcune nuove prospettive. Il ruolo assunto dai ragazzi come mediatori del proprio territorio per turisti o city users, nell'esperienza di scuola lavoro, ha favorito una diversa presa in carico. Il colore, anche in questo caso, ha permesso di essere un tramite ricco di significato per proporre una più attenta visuale della città conosciuta.

References

[1] Bertagna G., Bottoli A., *Perception Design, Contributi al progetto percettivo e concetti di scienza del colore*. Maggioli, Sant'Arcangelo di Romagna, 2009, p.36.
[2] AAVV, *Colloque Sur la Couler dans Le Bâtiment*. in "La Polychromie Architecturale", Centre Scientifique et Technique du Batiment, Paris, Décembre 1961.
[3]Cantone G., *La città di marmo*. Officine Edizioni, Roma, 1978.
[4] Mortari L., *Apprendere dall'esperienza. Il pensare riflessivo della formazione.* Carocci, Roma, 2004.
[5]. De Nicola A., Zuccoli F., *Paesaggi culturali. Nuove forme di valorizzazione del patrimonio: dalla ricerca all'azione condivisa.* Maggioli, Santarcangelo di Romagna, 2016.
[6]. Dewey J., *Art as experience.* Penguin, London, (1934) 2005.

[7]. Schulz M. C., *Peanuts*. United Feature Syndicate, Inc. Chicago Illinois, US. 14 agosto 1958.
[8] Isman F., *Andare per le città ideali. I*l Mulino, Bologna, 2016.
[9] Goethe J.W., *Teoria dei colori.* il Saggiatore, Milano, 1999.
[10] Itten J., *Arte del colore. Esperienza soggettiva e conoscenza oggettiva come vie per l'arte.* il Saggiatore, Milano, 1965.
[11] Albers J., *Interazione del colore.* il Saggiatore, Milano, 1997.
[12] Munsell A., *Color balanced illustrated.* Boston, 1913.
[13] Morabito C., *La mente nel cervello.* Laterza, Roma-Bari, 2004.
[14] Bertolini P., *L'esistere pedagogico*. La Nuova Italia, Firenze, 1998.
[15] Freire P., *La pedagogia degli oppressi*. Edizioni Gruppo Abele, Torino, 2002.

Albert Henry Munsell: la riscoperta di una specifica didattica del colore

Franca Zuccoli, Annamaria Poli, Alessandra De Nicola[1]
@unimib.it
Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione, Università degli Studi di Milano-Bicocca

1. Introduzione

Il presente contributo analizza le potenzialità del sistema di definizione del colore creato da Albert Henry Munsell, posto in confronto con altri autori che hanno lavorato in questo stesso ambito. La decisione di andare a riscoprire questo autore è dovuta alla partecipazione, avvenuta lo scorso anno, al convegno The Munsell Centennial Symposium realizzato a Boston presso il Massachusetts College of Art and Design dal 11 al 15 giugno 2018. A partire da questo contributo si è scelto di soffermarsi in particolare sul testo di Munsell del 1913 [1], oltre che di analizzare i supporti oggettuali da lui inventati, carte e tavole dei gradient insieme al "Color Tree" utilizzati per favorire l'apprendimento del colore. Successivamente si sono individuati alcuni degli strumenti da lui progettati, ritenuti i più facilmente proponibili ai bambini, e si è avviata una prima sperimentazione con questi materiali, presso il museo di Villa Carlotta.

2. La figura di Munsell: prime domande, confronti e riflessioni

La figura di Albert Henry Munsell (Boston 1858- Brooklyn 1918), è quella di un pittore, docente e inventore di un sistema di definizione dei colori, ritenuto uno tra i primi tentativi per definirli in modo numerico e accurato. Egli, basandosi su tre coordinate dimensionali: tonalità (*Hue*), luminosità (*Value o Lightness*) e saturazione (*Chroma*), riuscì a creare un modello cromatico, vera e propria pietra miliare nell'ambito dell'educazione e della didattica del colore, oltre che fondamentale per i possibili risvolti produttivi. Proprio per l'importanza di questo personaggio, dei suoi studi, dei suoi scritti, dei suoi materiali, all'interno del gruppo *Educazione, gioco e didattica dell'Immagine e del Colore* dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca si è scelto di leggere, rileggere e studiare alcuni dei suoi testi, in primo luogo come docenti, successivamente interrogandosi sulle eventuali possibilità sperimentali in campo con i bambini. In contemporanea si è deciso di prendere parte al convegno The Munsell Centennial Symposium 2018 a Boston, con il contributo dal titolo "Children's Color Experiences: Lessons from Munsell", intendendo questo in primo luogo come l'occasione per avvicinarsi in modo più consapevole a questa figura. Egli, nella sua vita, frequentò e divenne in seguito docente presso il Massachusetts College of Art and Design. Fu anche pittore, soprattutto paesaggista e ritrattista, ma la sua fama fu ed è, ancora oggi, legata indissolubilmente all'ideazione del sistema che porta il suo nome. Munsell, infatti, è stato un ricercatore talmente importante in questo ambito da essere considerato punto di riferimento nel processo storico, scientifico e culturale dell'uso del colore anche su base industriale, come pure nella pedagogia e didattica del colore all'interno delle scuole statunitensi, fin dai primi anni di età dei bambini. I suoi studi diedero vita a una serie di pubblicazioni realizzate in vita o postume tra cui qui si vogliono ricordare almeno le principali: *A Color Notation* (1905), *Atlas of the Munsell Color System* (1915) e la postuma *A Grammar of Color: Arrangements of Strathmore Papers in a Variety of Printed Color Combinations According to The Munsell Color System* (1921). Il suo modello cromatico, come si è scritto precedentemente, non è stato però sicuramente né il primo, né l'unico della storia occidentale, come ci mostrano i risultati e le pubblicazioni legate al lavoro di altri studiosi rinomati. Tra questi risulta significativo citare almeno quelli realizzati, prima di lui, da: Franciscus Aguilonius del 1613, Athanasius Kircher del 1646, Isaac Newton, del 1672, Moses Harris del 1766, Johann Heinrich Lambert del 1772, Johann Wolfgang von Goethe del 1810,

[1] Si precisa che il progetto di questo contributo è stato condiviso dalle tre autrici, mentre nella redazione i paragrafi sono così suddivisi:1-2 di Franca Zuccoli, 3-7 di Annamaria Poli, 4-5-6 e sottoparagrafi di Alessandra De Nicola

Philipp Otto Runge del 1810, Arthur Schopenhauer del 1816, Michel Eugène Chevreul del 1839, James Clerk Maxwell del 1861, Ewald Hering del 1878, Ogden Nicholas Rood del 1879, Vasilj Vasil'evic Kandinskij del 1912 [2]. Oppure quelli successivi al suo lavoro di: Wilhelm Ostwald del 1919, Adolf Hölzel (che discendeva da Goethe) del 1919, Johannes Itten del 1921, Paul Klee del 1922, Faber Birren del 1938, Harald Küppers del 1958, Johannes Itten del 1961, Ncs (Natural Color System) del 1969. Secondo Riccardo Falcinelli questa è la: "ricostruzione dei modelli formulati a partire dal Seicento, secolo in cui si pone il problema della razionalizzazione cromatica. Di particolare rilievo di cerchio di Hölzel sviluppato a partire da Goethe. Hölzel, oggi dimenticato, è stato un educatore che ha influenzato tutto il Novecento, determinando le idee di Itten, suo allievo" [2]. La necessità di costruirsi dei modelli cromatici di riferimento ci mostra la complessità del mondo legato al colore e la necessità di elaborare un sistema interpretativo soprattutto nel passaggio alla fase razionale e nella conseguente modifica di posizionamento dell'umanità occidentale nei confronti del tema colore. Significativo anche il fatto che molti di questi studiosi, tra cui lo stesso Hölzel, ma anche Kandinskij, Klee, Itten affiancassero, allo studio e alla ricerca, un'attività come quella dell'insegnamento, che necessitava di chiarificare alcuni passaggi e di renderli visibili ad altri sicuramente non esperti nel campo. Anche in questo ambito Munsell diventa un riferimento imprescindibile, proprio perché tutti i suoi apparati e strumenti concreti sono da leggersi in modo collegato ai testi, pensati per offrire lo spunto a una didattica attiva, divisa in lezioni e proposte concrete da realizzare con bambini, ragazzi e adulti. La resa tridimensionale diventa un apparato tangibile in cui visibilmente alcuni passaggi diventano evidenti. Così sempre Riccardo Falcinelli ci parla del sistema Munsell: "Nell'albero di Munsell il fusto indica la luminosità e salendo dal basso verso l'alto si procede dal buio alla luce. Intorno a questo tronco sono disposte circolarmente le tinte, mentre i rami rappresentano i differenti gradi di saturazione, e più si va verso l'esterno più abbiamo tinte piene. La regola che regge il sistema è che gli scarti da un tassellino all'altro, in tutte e tre le dimensioni, sono percettivamente uniformi. È dunque un modello costruito sulla capacità di discernimento dell'occhio che definisce il percepibile attraverso le coordinate di luminosità, tinta e saturazione in maniera numerica." [3]. Proseguendo nell'analisi del modello munselliano, Falcinelli definisce la sua specificità: "Quella di Munsell è la prima struttura basata su scarti percettivi omogenei, quindi sul colore come appare al nostro sguardo. Lo scarto percepito tra due colori in verticale, sull'asse della luminosità, è tassativo che appaia uguale allo scarto tra due tinte in orizzontale, cioè sull'asse della saturazione (che Munsell chiama «chroma»); questo comporta che la distanza delle tinte sature dal centro sia diversa per ciascun colore, in quanto per andare dal grigio al rosso ci vogliono più step che per andare dal grigio all'azzurro. In questo modo l'albero ha rami di lunghezze diverse e il volume risultante è irregolare e non semplicemente cilindrico."[3] Successivamente Falcinelli paragona il sistema di Munsell con: Pantone, il sistema svedese Ncs e il Ral, ritrovando una maggior analogia nel modo di procedere del Natural Color System. A partire da questi primi approfondimenti la possibilità che abbiamo inteso di valorizzare la scienza del colore come un campo interdisciplinare in cui competenze fisiche, chimiche, comunicative, didattiche, pedagogiche, psicologiche si confrontano costantemente ha permesso di rimettere a fuoco le proposte di Munsell, provando a confrontarle anche con la produzione di altri studiosi, in particolare Itten [4], che si sono contraddistinti per aver concretamente proposto un'educazione al colore nei loro percorsi. La riscoperta di questi materiali, da noi realizzati in prima persona, ha portato all'individuazione di alcuni punti cardine, definiti come imprescindibili, che sono stati resi operativi con proposte laboratoriali.

3. Il testo del 1913: Color Balance Illustrated, an introduction to the Munsell System

Il libro scritto da Munsell dal titolo *Color Balance Illustrated* è un prezioso testo antico scritto nel 1913 [5]. E' diviso in due parti: la prima è dedicata alla presentazione del *Color System* e nei primi capitoli l'autore definisce il colore attraverso l'identificazione di tre qualità: la tonalità (*Hue*), la

luminosità (*Value*) e la saturazione (*Chroma*). Il capitolo intitolato "A Color Tree measures all Color Relations" descrive in particolare il sistematico lavoro scientifico da lui realizzato alla ricerca di un modello di spazio colore tridimensionale basato sulla messa in relazione delle tre qualità sopra citate. La seconda parte del libro contiene alcuni capitoli ricchi di suggerimenti e riflessioni per le insegnanti delle scuole statunitensi riguardo una pedagogia del colore e il suo sapiente uso nella vita di ogni giorno. Tra le affermazioni di Munsell, presenti in questo libro, una, in particolare, desta forte interesse e attenzione, ovvero: "Beauty of color flows from balance and measure" (la bellezza del colore scaturisce dal bilanciamento e dalla misura"). Questa stimolante affermazione offre al lettore un punto di vista nuovo: l'autore introduce il concetto di bellezza del colore che può essere scientificamente misurabile e matematicamente definibile. Ma se così fosse come si potrebbe utilizzare il colore a scuola per introdurre il concetto di bello e della piacevole sensazione che la sua vision-percezione genera? E come un colore può essere definito bello? Qual'è il suo grado massimo di misura e com'è possibile metterlo in relazione con l'emozione? Queste sono solo alcune domande che sono scaturite spontaneamente pensando all'introduzione della conocenza del colore in contesti educativi. Come è già stato detto, il modello matematico inventato da Munsell ha la peculiarità di una distribuzione dei colori in uno spazio strutturato tridimensionale a forma di albero/sfera. Esso è costituito da tre dimensioni tra esse correlate: la tonalità (Hue) la luminosità (Value o Lightness) e la saturazione (Chroma). Agli estremi dell'asse verticale dell'albero Munsell aveva posizionato in basso il nero e in alto il bianco in modo da rappresentare i gradi di luminosità di un colore. Ogni colore nelle differenti tonalità (Hue) e gradi di saturazione (chroma) si trova su piani orizzontali perpendicolari all'asse della luminosità. Grazie all'approccio scientifico e all'applicazione del rigore matematico, Munsell ha potuto generare una descrizione sistemica dei colori nelle loro molteplici gradazioni tonali. Il capitolo "Questions and Thoughts for the teacher (Domande e pensieri per gli insegnanti) è il capitolo dedicato alle lezioni modello che sono state testate da insegnanti di lunga esperienza e dal quale è stata tratta ispirazione per le attività di laboratorio realizzate a Villa Carlotta.

4. La sperimentazione a Villa Carlotta.

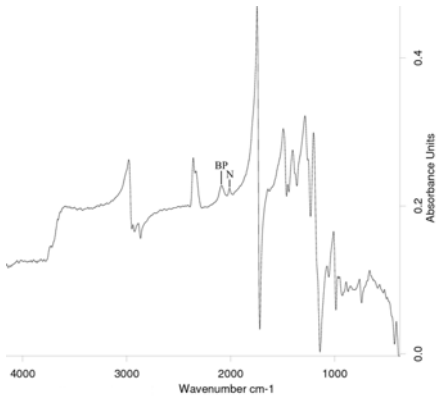
4.1 Il perché del luogo.

Quanto si leggerà è il frutto di un lavoro di ricerca che si inserisce all'interno della programmazione educativa di Villa Carlotta, sul lago di Como. Prima di addentrarci nella trattazione più strettamente legata all'argomento di questo articolo sarà forse utile soffermarci sul luogo in cui si è svolta la ricerca. Villa Carlotta è un sito culturale caratterizzato dallo stretto legame tra patrimonio botanico, paesaggistico e storico artistico, naturalmente votato allo sviluppo di competenze di tipo interdisciplinare. Chi desiderasse visitarla qui troverà una villa che conserva alcuni capolavori scultorei creati da Canova e Tadolini, da Thorvaldsen e Acquisti, ma anche pittorici tra cui primeggia su tutti *L'ultimo bacio dato da Romeo a Giulietta* di Francesco Hayez. Sorprendentemente la villa non è tanto conosciuta a livello globale per i suoi capolavori artistici, bensì per lo straordinario giardino botanico che la circonda. A onor del vero si tratta di un parco nella cui ampiezza (otto ettari) si trovano un esempio di giardino terrazzato all'Italiana, un vasto giardino romantico e una zona, di tipo agricolo, coltivata ad uliveti. Tra l'impressionante fioritura d'azalee, delle camelie e dei rododendri, la valle delle felci in cui scorre un piccolo corso d'acqua, un giardino roccioso ornato da piante succulente, un giardino zen e un bambuseto e le deliziose aiuole coltivate a fiori stagionali, il visitatore può godere di numerosi scorci da uno dei punti più soleggiati sul lago di Como. In conclusione, non suonerà troppo criticabile, se chi scrive afferma che villa Carlotta è un luogo ideale per svolgere attività di tipo educativo sul colore, non solo per le caratteristiche patrimoniali, ma anche per la peculiarità della sezione educativa che da anni vanta

una significativa esperienza nella proposizione di attività interdisciplinari e dal forte taglio empirico [6, 7] (Dewey 1951; De Nicola, Zuccoli 2016).

4.2 Munsell a Villa Carlotta.

La scelta di inserire tra le attività una proposta legata alla lezione di Munsell discende dalla volontà di apportare delle piccole innovazioni all'interno della proposta educativa di Villa Carlotta legata al colore, rimanendo fedeli all'impostazione empirica della sezione didattica. Il Munsell Color Study è soprattutto stato inteso come uno strumento che ben si adatta ad un lavoro dal forte taglio interdisciplinare, poiché si caratterizza per la completezza formale con cui affronta il tema e per la precisione descrittiva che offre il suo modello. La lezione di Munsell è stata tradotta concretamente in una sperimentazione laboratoriale rivolta ai bambini delle scuole primarie e dell'infanzia in rapporto con il patrimonio culturale. In particolare, si è lavorato sulla contaminazione tra il linguaggio delle scienze dure e quello proprio delle arti figurative, introducendo i bambini al tema del colore attraverso un approccio multidisciplinare volto a fare esperienza "del colore" attraverso i sensi. L'obiettivo dei laboratori era esplorare il colore coinvolgendo diverse competenze, cercando di offrire l'opportunità di godere di esperienze cromatiche significative, non solo attraverso il lavoro pittorico o di esplorazione dei pigmenti naturali, ma anche attraverso le prospettive emotive e culturali derivanti dall'esplorazione del colore come parte di un approccio interdisciplinare all'apprendimento di contenuti. La metodologia di Munsell e soprattutto alcune tavole dei gradient, sono stati lo strumento per indagare la tela di Hayez, *L'ultimo bacio dato da Romeo a Giulietta.*



Spettro in pseudoassorbanza del punto di analisi 6. In evidenza i picchi identificativi del nero d'avorio (N) e del blu di Prussia (BP)

Fig. 1 - Indagini su *L'ultimo bacio dato da Romeo a Giulietta* di Francesco Hayez. Il falso in colore e lo spettro in pseudoassorbanz

4.3 Hayez, vale a dire, l'opportunità nata dai risultati di una ricerca non invasiva sulle tecniche artistiche.

La scelta di lavorare sull'opera di Hayez discende dall'opportunità di accedere ai copiosi risultati della campagna di indagini- riflettografie e analisi spettroscopiche nell'infrarosso, svolta dal gruppo di ricerca guidato da Laura Rampazzi del Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia dell'Università degli Studi dell'Insubria su un nucleo di dipinti realizzati dallo stesso artista tra il 1823 e il 1878 [8](AA.VV, 2015). L'obiettivo della ricerca era quello di studiare attraverso analisi non invasive la tecnica pittorica dell'artista. Hayez rappresenta un caso di studio emblematico non solo per la maestria nella composizione e per la stesura del colore, ma soprattutto perché rimase fedele alle

tradizionali pratiche di bottega, sebbene attento alla diffusione dei nuovi pigmenti di sintesi, frutto delle scoperte chimiche a lui coeve. Superando il comprensibile valore ai fini conservativi, gli esiti di queste ricerche sono stati significativi anche per la pratica educativa, in quanto hanno offerto la possibilità concreta di osservare e riportare ai bambini il dipinto attraverso nuove e ulteriori forme rappresentative: quella del grafico delle indagini spettroscopiche, quella dell'infrarosso e quella del falso in colore. Queste rappresentazioni hanno permesso un nuovo approfondimento nella trattazione del colore materia/luce.

5. La sperimentazione

La sperimentazione è avvenuta con cinque classi di diversa provenienza geografica, quattro di scuola primaria e una dell'infanzia. Le classi della scuola primaria erano: una seconda, due terze e una quarta. Secondo la tradizione dei servizi educativi di Villa Carlotta, le proposte sono state caratterizzate da una forte componente esplorativo- esperienziale abbinata ad attività di tipo laboratoriale. Obiettivo prioritario era l'acquisizione di conoscenze sul colore in relazione alle peculiarità patrimoniali della villa e del suo giardino. Il colore è stato affrontato secondo alcune tra le sue principali componenti: 1. colore luce. 2. Colore materia, in particolare, colore pigmento. 3. Colore nella storia e nella società e nomenclatura. 4. Creazione dei colori: da elementi vegetali e da pigmenti di origine minerale. I primi tre punti sono stati esaminati attraverso un percorso itinerante tra giardino e museo, il cui intento è stato verificare tutte le affermazioni volte a definire l'argomento, attraverso l'osservazione dei fenomeni e di elementi concreti. Dal punto di vista metodologico la cornice di rifermento è quella degli empiristi. Se il pensiero di Rousseau sulla necessità di esplorare il mondo a partire dai sensi è stato il suggerimento che ha guidato l'habitus dei bambini fin dal loro ingresso nel parco, tutte le azioni sono state condotte con il pensiero rivolto all'agire didattico del maestro Manzi [9] (Farnè, 2011), secondo la formamentis metodologica descritta dai pedagogisti delle scuole attive e dai fautori del pensiero costruttivista, secondo cui ogni insegnamento è frutto di un lavoro di elaborazione comune basato sul dialogo e sul confronto. [10] (Nigris, 2009). Ogni argomento è stato introdotto attraverso domande guida che hanno permesso la discussione e la problematizzazione dei fenomeni: «Oggi parleremo di colore, ma sapete cos'è un colore?» «Se vi dicessi che è tutta una questione di sguardi? di luce?» «Quanti tipi di blu conoscete? Provate a guardarvi intorno fra di voi, per esempio provate ad osservare i vostri vestiti». Le risposte talvolta molto puntuali, talvolta meno sono sempre state affrontate come lo strumento per dare delle definizioni ciascuna delle quali dimostrata con piccoli esperimenti. Ad esempio la rifrazione spettrografica è stata compiuta osservando il comportamento delle bolle di sapone in una posizione privilegiata come l'ampio terrazzamento adornato di camelie che si affaccia sul lago. Nel descrivere il fenomeno, l'educatrice/ricercatrice mostrava ai bambini un prisma, quindi si procedeva con l'osservazione del fenomeno. «Cosa vedete? Come si comporta la bolla?» dopo una serie di ipotesi, l'educatrice provvedeva a dare la riposta definitiva. Le peculiarità fisico ambientali (limpidezza dell'aria e i vari colori del paesaggio) hanno favorito un'ampia osservazione del fenomeno. Con la medesima metodologia esplorativa esperienziale si è proceduto a osservare rapidamente il colore nella società avvalendosi di brevi letture tratte dal *Il piccolo libro dei colori* di Michel Pastoureau [11] con l'intento di introdurre il tema del colore pigmento a partire dalla fortuna che i colori hanno avuto nella storia, del loro ruolo formale e sociale senza tralasciare l'aspetto economico. A partire da una boccetta contente una polvere blu e supportati dalle parole del ricettario di [12] Cennino Cennini i bambini scoprono che prima dell'avvento della chimica, i colori venivano creati appositamente per l'uso e per realizzarli esistevano particolari competenze e specifiche mansioni di bottega. A questo punto il modello di Munsell è stato usato come sintesi teorica di quanto sin qui

sperimentato. Forti di queste piccole nozioni si entra in museo per esplorare alcune forme pittoriche e dunque le diverse declinazioni del colore (l'olio, l'affresco e la tempera) fra cui il dipinto di Hayez. Il fatto che il colore sia strettamente legato alla luce, che la materia colore risponda in maniera differente ai diversi tipi di "luce" viene concretamente osservato sulla tela, in costante raffronto con le immagini descrittive delle indagini sopra esposte. I bambini trovano immediatamente un'applicazione concreta alle informazioni acquisite e aggiungono conoscenze alle scoperte che via via fanno, per esempio attraverso la riproduzione di alcuni campioni colore comprendono che il quadro è composto da almeno sei diversi tipi di nero e che però i pigmenti più usati sono solo tre (nero d'avorio, la biacca e il blu di Prussia). In particolare si è lavorato sul "falso in colore", che fra gli altri strumenti d'indagine, viene usato per descrivere come la materia si comporta a seconda del diverso irraggiamento, vale a dire del diverso tipo di analisi. L'immagine prodotta da quest'indagine, che per semplicità di trattazione si dirà che vira al blu, rappresenta una semplificazione rispetto a come si percepisce normalmente l'opera, motivo per cui è stata scelta per il laboratorio.

Fig. 2 - bambini al lavoro con i gradient

5.1 Il laboratorio

«Da cosa nasce il colore? Come facevano gli artisti ad avere i colori? Ma soprattutto come facciamo a intenderci quando vogliamo definire un particolare tipo di colore?». Questi sono i quesiti che descrivono gli obiettivi di indagine della fase laboratoriale. La declinazione delle attività prevede che il lavoro con il gradient di Munsell avvenga prima di procedere all'esperienza della creazione dei colori a tempera e per estrazione da elementi vegetali. A partire dalla perfetta sintesi di Munsell: «l'occhio umano mantiene un equilibrio tra l'eccesso di colore e la sua assenza, quando la mente è soddisfatta dalla relazione tra luce e colore, noi definiamo il risultato bellissimo. Il colore non è la semplice apparenza di una tinta che appare all'occhio, bensì una variabile unione tra tre qualità che il pensiero deve saper discernere» [13] (Munsell, 1913, p.4).Si procede a munire i bambini, organizzati in gruppi, di un kit composto da una riproduzione dell'immagine in falso in colore del *Bacio* di Hayez ridotta ad una serie di quadrati della dimensione di quelli riportati nelle tabelle di Munsell e tre diverse scale: quella del valore dal blu al giallo, quella tra chroma e valore tra blu e giallo rosso (YR) e infine il valore del rosso. Seguendo le indicazioni di Munsell si pone la domanda: «Cosa vedete?» Le risposte dei bambini sono varie e spesso confuse, ciò in linea con quanto descritto da Munsell permette all'educatrice di procedere nella problematizzazione: «Avete visto? Ognuno di voi percepisce qualcosa di diverso, ora provate aiutandovi con i bambini del vostro gruppo a posizionare i vari pezzetti del quadro vicino alle griglie che vi ho dato». La durata prevista dell'esercizio era in media 15 minuti, ma i bambini di due classi quarta hanno chiesto di avere più tempo, perché insoddisfatti del risultato. Infatti una volta posizionati i quadrati vicino alle scale di Munsell, accadeva che una voce fuori dal coro, eccepiva la corretta collocazione.

6. Gli strumenti della ricerca e le parole dei Bambini, le parole delle insegnanti

Gli strumenti utilizzati per svolgere l'indagine di tipo osservativo sono stati i diari delle giornate supportati da registrazioni audio e un questionario di gradimento somministrato alle insegnanti.Si è lavorato in chiave mixed method, partendo da un approccio fenomenologico basato sia sui principi della "grounded theory" sia su quelli della "narrative inquiry". In generale i bambini mostrano il piacere della sfida di fronte ad un esercizio definito difficile, eppure fattibile, dunque molto ingaggiante. Dopo i primi momenti di disagio e necessario ambientamento rispetto al compito affidato, in tutti i casi iniziava un affascinante (dal punto di vista di chi osserva e scrive) percorso di osservazione e riflessione cooperativa. Di seguito si riporta un' estratto dell'analisi per etichettatura.

Le parole dei bambini mentre fanno l'attività: il record più frequente è «difficile» (30 volte), talvolta «molto difficile» (15 volte, questa espressione è più frequente tra i bambini della scuola dell'infanzia e di seconda primaria).«Qual è il colore che si avvicina di più e quello che ritrovate più spesso?» In questo caso la possibilità di verbalizzare è molto limitata: i bambini indicano e talvolta aggiungono «qui» lavorando tra loro dicono «questo è questo!» diviene compito dell'educatrice verbalizzare. Il colore più citato è il «nero» (avviene per tutti i 20 gruppi), poi «bianco», l'*effetto wow* si ripete tutte e cinque le volte, quando ci si accorge che si tratta di rosso nella sua declinazione più vicina al nero. Il punto più indicato è quello che va da 1 a 3 nella scala chroma del B- YR nel lato blu, seguito dalla linea 3 del valore blu- giallo. Qualche bambino, una minoranza limitata a cinque gruppi indica il punto che va da 1 a 5 nella scala del chroma YR. Mentre solo due gruppi indicano i punti 3 e 4 «della fascia sud» (cart. 4 classe IV).

E- Guardando questo foglio cosa vedete? (Bambini cart.4 classe IV) Delle gradazioni. Colori in gradazione dal più chiaro al più scuro. Dal bianco diventa un colore.

E-ma se vi chiedessi di definire un colore specifico?

- Tipo dal bianco diventa rosso, cioè un po' più scuro. Dal più chiaro al più scuro.
- Tipo dei rosa che vanno verso il rosso magenta, arancioni. Un po' bianco, poi rosa, varie tonalità di rosa, rosso magenta, arancioni, poi c'è anche il grigio un po' blu un po' viola e il nero.

E- Voi vedete l'arancione? (bambina) ma dove te lo vedi? (bambino) dove c'è meno nero è più chiaro all'inizio.

(cart 2. classe III) E - Ma se guardate la tabella (l'educatrice mostra il modello di Munsell) riuscite a ricollocare i gradient? «Ah ho capito! parte da qui e poi va dietro!è tondo. E- come una sfera- questo qui più chiaro va verso il bianco! Il blu diventa rosa!

Però ci sono delle macchie che non si possono rintracciare. Ma è il collo di lei!

Sul modo di lavorare: tutti i gruppi in maniera autodeterminata decidono, di lavorare raccogliendo prima tutte le tessere accomunabili per tipologia di colore.(Cart 1. classe IV)

- Stiamo facendo il nero, poi il nero con le parti marroni, poi il verde scuro, poi verde con le parti sempre più chiare. Dopo il verde più scuro quello più chiaro. Qua c'è del marrone però!
- Il verde scurissimo: alla luce del sole si vede meglio. Tommy mi fai controllare questi? Ho trovato! Ma il verde nel quadro vero è nero!
- Io lo sto tirando fuori.

(cart 2. classe III) E-Come state lavorando?

Stiamo facendo una gradazione. Per noi la scala su cui ci troviamo meglio è quella dal blu al giallo, la riga su cui troviamo più colori è la 3 c'è il giallo, sia l'azzurro, vediamo le righe 2 e3.

E- Cosa abbiamo scoperto? (cart 1. classe IV)

- il colore predominante è nero/blu, verde/blu.

E- I gialli? - Noi (li abbiamo trovati). Siamo partiti dal più scuro. Abbiamo incontrato dei bianchi, che abbiamo messo alla fine!
E- Altri colori? - Il marrone, forse è giallastro.
E- Avete notato qualcos'altro che non vi ho chiesto?
Il rosso/rosa a parte la pelle ci sono delle strisce qui. E-Ma il rosa non è mai rosa, se osservate bene tende al giallo! - sì, è giallognolo.
Le parole dei bambini, commenti altri:(cart 5. infanzia) La foto del falso in colore «sembra notte» (cart 3 classe II) non ce la faremo mai! (cart 1. classe IV) Ma non si vede la balia nel falso in colore, si vede solo la luce (della candela)! Ma come ha fatto Hayez a fare la luce? uhh con il colore.
Il commento delle insegnati:
Insegnante 1. è molto specifico, non avevo mai pensato al colore in questo modo. Sicuramente proverò a riprendere tutto in classe.
Insegnante 2. Non conoscevo questo autore, è stato stimolante, quasi un aggiornamento.Bello!
Insegnante 3 (infanzia). Ho apprezzato principalmente la parte del laboratorio. Per i bambini è stato certamente molto divertente.
Insegnante 4. Il momento che ho apprezzato di più è stato il laboratorio. Non so se riprenderò a scuola questi argomenti, non li conosco, dovrei approfondire di più.
Insegnante 5. Sono contenta di questo percorso, molto ricco sia per me sia per i bambini. Bello venire al museo e scoprire insieme cose nuove.

7. Conclusioni

La rilettura del percorso pedagogico sul colore ideato da Albert Henry Munsell, insieme ai suoi suggerimenti presenti in Color Balance Illustrated del 1913, testo dedicato alla educazione del colore per i bambini della scuola primaria statunitensi, hanno consentito al gruppo di ricerca Educazione, gioco e didattica dell'Immagine e del Colore dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca di sviluppare più ampie riflessioni in merito a nuovi percorsi sull'educazione al colore da proporre ai bambini e agli insegnanti. Il Munsell Color System è uno strumento complesso, e allo stesso tempo efficace nella scoperta e nell'apprendimento di informazioni concettuali sui colori. Per esempio, l'attività dedicata alla comprensione della struttura del Munsell Tree ha introdotto i bambini alla scoperta del processo di categorizzazione del colore sulla base delle tre qualità definite da Munsell: Hue (tinta), Value (valore) e Chroma (saturazione). Le Charts del Munsell System sono state d'aiuto ai bambini per svolgere attività insolite alla scoperta dei colori pigmento di un'opera d'arte. La conoscenza e l'uso delle Charts hanno offerto ai bambini la possibilità di osservare come i colori possono essere posti tra loro in relazione. Inoltre è stato possibile lavorare sulla sensibilità percettiva e sulla linguistica del colore. Le continue comparazioni tra i gradient presenti nel quadro e i gradient delle Charts Munsel System hanno allenato le capacità di osservazione dei bambini. In questo modo essi hanno potuto acquisire una maggiore sensibilità visivo-percettiva nel riconoscimento delle svariate tonalità cromatiche e nella possibilità di discriminarle. Infine, in aggiunta all'attività visivo-percettiva, i bambini hanno lavorato anche sulla linguistica. Il L'identificazione in termini linguistici delle componenti cromatiche presenti nell'opera pittorica e nei gradient del Munsell ccolor System ha rinforzato l'apprendimento tra l'esperienza visivo percettiva e la dimensione linguistica attraverso l'attribuzione del nome della tonalità cromatica.

References

[1, 5, 13] Munsell A.H, *Color Balance Illustrated*, Press o f Geo. H. Ellis co., Boston, 1913.

[2] Per un'accurata catalogazione di questi studi si veda l'Appendice B *Principali modelli cromatici,* pubblicata all'interno del testo Falcinelli R., *Cromorama. Come il colore ha cambiato il nostro sguardo*, Einaudi, Torino, 2017, pp.441-443.

[3] Falcinelli R., *Cromorama. Come il colore ha cambiato il nostro sguardo*, Einaudi, Torino, 2017, p.439.

[4] Itten J., *Arte del colore*, Milano, Il Saggiatore, 2010.
[6] Dewey J. *Arte come esperienza*. Firenze, La Nuova Italia, 1951.
[7] De Nicola, A., and Zuccoli, F. *Paesaggi culturali... Nuove forme di valorizzazione del patrimonio: dalla ricerca all'azione condivisa*. Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2016.
[8] AA.VV., *La tavolozza di Francesco Hayez. Storia, conservazione e scienza*, Scalpendi Editore, Milano, 2015.
[9] Farnè R., *Alberto Manzi L'avventura di un maestro,* Bononia University Press. Bologna. 2011.
[10] Nigris E., Le domande che aiutano a capire, Bruno Mondadori. Milano. 2009.
[11] Pastoureau M., Simonnet D., *Il piccolo libro dei colori*, Ponte alla Grazie, Milano. 2013.
[12] Cennini C., *Il Libro dell'arte*, Neri Pozza Editore, Vicenza. (edizione consultata 2001 a cura di F. Brunello).

Per una didattica del colore attraverso una innovativa pedagogia alla Hochshule für Gestaltung di Ulm

Annamaria Poli[1]
[1]Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione, Università degli Studi di Milano-Bicocca
annamaria.poli@unimib.it

1. Introduzione

Tomás Maldonado, famoso intellettuale del Novecento, recentemente scomparso, è stato docente e poi rettore della nota Hochshule für Gestaltung di Ulm durante gli anni dal 1954 al 1967-68.
Sulla base di alcuni spunti derivanti dalla conoscenza diretta di Tomás Maldonado, dei suoi studi e del suo interesse sempre vivo riguardo il tema del colore si fonda la proposta di un contributo sulla modalità di Tomás Maldonado di progettare la didattica per i suoi corsi sulla cultura visuale ed in particolare le esercitazioni sul colore nel corso Fondamentale alla Hochshule fur Gestaltung du Ulm.
Il suo contributo nell'ambito pedagogico, che è proseguito in seguito anche in altre università del mondo, è nato proprio in questo periodo della sua vita in Germania. Tredici anni in cui Maldonado era dedito allo studio teorico e pratico per mettere a punto un nuovo modo di pensare la didattica di alcune discipline rivolta a futuri progettisti e non solo.

2. La figura di Tomás Maldonado

[…] *"Benché sia arrivato a Ulm non giovanissimo, avevo trentadue anni, e con un breve ma ricco percorso come artista in Argentina, ammetto che quell'esperienza è stata decisiva per la mia formazione. Essa ha contribuito ad ampliare notevolmente i miei orizzonti intellettuali…Alludo in particolare al mio coinvolgimento teorico (e pratico) con il disegno industriale e la comunicazione. D'altra parte, è precisamente in questo contesto che maturano i miei interessi per la semiotica, per la filosofia della scienza e della tecnica e, non da ultimo, per la sociologia della comunicazione. Un ruolo determinante, in tutto ciò, l'ha avuto la sfida pedagogica, la necessità di misurarmi ogni giorno con l'insegnamento. A un tratto ho scoperto in me una passione che resterà una costante in tutta la mia esistenza; la passione di rendermi utile nella formazione intellettuale (e professionale) dei giovani.* […]".[1]
Tomás Maldonado arrivò a Ulm nel 1954 su invito di Max Bill. Il corpo docenti era composto da persone di spicco internazionale provenienti da tutto il mondo.
Durante gli anni trascorsi alla scuola di Ulm, Maldonado è stato docente anche negli Stati Uniti e precisamente dal 1968 al 1970 alla Princeton University e nel 1979 è stato Research fellow alla Graduate School of Design di Harvard University inoltre ha tenuto conferenze in altre università statunitensi.
Negli anni settanta arrivò in Italia prima all'Università di Bologna dal 1971 al 1983 al Corso di Laurea in Discipline delle Arti della Musica e Spettacolo della Facoltà di Lettere e Filosofia, poi al Politecnico di Milano alla Facoltà di Architettura e al corso di Laurea in Disegno industriale dal 1985 al 1997, e infine alla Facoltà di Architettura dello IUAV di Venezia.
La sua itinerante azione educativa tra l'Europa e le Americhe e non solo, ha prodotto il risultato di una formazione costante di generazioni e generazioni di studenti, diventati esperti professionisti in vari ambiti, e oggi sparsi in tutto il mondo.

3. HfG per una nuova cultura del progetto

La Hochshule für Gestaltung di Ulm si proponeva come centro internazionale sperimentale dedicato alla teoria, lo sviluppo e la ricerca nell'ambito della progettazione di prodotti industriali. Le idee che nascevano a Ulm avevano il valore di un "messaggio destinato a tutto il mondo" [2] molto probabilmente per il carattere internazionale del corpo docenti e per la loro sfida di voler insegnare una innovativa cultura del progetto nel periodo della ricostruzione dopo la seconda guerra mondiale.
Nonostante la sua breve esistenza, la HfG di Ulm è tutt'oggi considerata una delle scuole di progettazione più importanti del Novecento: fu fondata nel 1953 e terminò la sua attività nel 1968.

A partire dai primi anni Tomás Maldonado diede il suo contributo sia alla concettualizzazione del piano di studi e sia alla definizione di una nuova metodologia didattica.
Kenneth Frampton in una intervista ha affermato che: "Non vi è dubbio che la HfG sia stata la più significativa scuola di design nata alla fine della seconda guerra mondiale, non tanto per cosa aveva raggiunto in termini di produzione effettiva, né per il gran numero di progettisti che effettivamente si erano diplomati, ma per la straordinaria educazione a livello di coscienza critica che riuscì a sostenere quotidianamente […]". [3]
Il percorso di studi era suddiviso in quattro sezioni: Design del prodotto, Comunicazione visiva, Edilizia, Informazione e solo successivamente venne aggiunta la sezione Cinema.
La durata degli studi era di quattro anni, al temine dei quali lo studente riceveva un diploma. Il piano di studi era così suddiviso: un anno dedicato al Corso Fondamentale e tre anni di frequenza in una delle sezioni sopra elencate.
Il 2 ottobre 1955 la HfG fu ufficialmente inaugurata.
Dal 1955 al 1956 Max Bill fu il rettore e sei mesi più tardi, a partire dal marzo del 1956, venne costituito un consiglio di rettori che si occupò della direzione della scuola, il gruppo era formato dai seguenti docenti: Otl Aicher, Max Bill, Gugelot, Tomás Maldonado e Vordemberge-Gildewart [4]
Nel 2002 Günter Hörmann e Martin Krampen vennero in Italia a Milano e fecero un'intervista a Tomás Maldonado sulla sua esperienza a Ulm. In questa intervista egli racconta del particolare periodo storico e delle decisioni intraprese all'inizio dell'attività alla Hoschule fur Gestaltung in merito alla scelta metodologica in quanto si doveva trovare un modello didattico innovativo: il problema era se continuare la tradizione del Bauhaus oppure prendere le distanze da esso. La strada percorsa fu quella di prendere le distanze dal Bauhaus. Ciò voleva dire che si volevano riprendere alcune tematiche tradizionali del Bauhaus per rivederle in relazione alle nuove realtà emergenti di quel determinato periodo storico, era il secondo dopoguerra in una Germania da ricostruire. In particolare Tomás Maldonado ricorda che, pensando al Corso Fondamentale - il Grundlehre -, alla Hochschule di Ulm si cercava di rivisitare alcune tematiche della didattica del Bauhaus. [5] Qui si riportano le sue parole durante l'intervista: "[…] L'idea era di cambiarne l'impostazione, o meglio, trovare un approccio diverso, cercando se possibile, di permearla, di renderla sensibile, recettiva agli sviluppi scientifici, in generale di tipo matematico e metodologico in rapporto a quello che era veramente necessario ad una attività progettuale. Si trattava dunque di ereditare le idee di quella metodologia formale, ma con un'impostazione altamente matematizzata che si iniziava a cogliere in quel periodo nell'ambito del *problem solving* e del *decision making*, Queste tecniche si potevano applicare in modo immediato all'ambito della progettazione […]". [6]
Dopo questa intervista, qualche anno più tardi, e precisamente nel 2009, Tomás Maldonado nel suo discorso tenuto a Weimar, in occasione della Festakt zum 90. Gründungsjubiläum des Bauhauses, raccontò del suo "[…] vivace scambio di lettere con Walter Gropius […]" su alcune tesi da lui sostenute in merito la "[…] necessità di cogliere gli elementi di continuità e discontinuità dell'*esperimento Ulm* in rapporto all'esperienza del Bauhaus […]" a tale proposito affermò che "[…] Personalmente sono sempre più convinto che sia arrivato il momento di riconoscere senza nostalgie, senza finti rimorsi, il fatto che il Bauhaus, come modello istituzionale, ha finito di essere attuale, e questo per il semplice motivo che non è più adatto a fornire risposte adeguate alle incalzanti esigenze del nostro tempo […]". [7]
Pensando al modello didattico della scuola di Ulm e all'eredità del modello del Bauhaus si cita una memorabile frase di Maldonado "[…] Ciò che, ancora oggi, mi lega profondamente al Bauhaus, non sono tanto le mille piccole o grandi cose che di solito gli vengono riconosciute, ma piuttosto la grande lezione che i protagonisti del Bauhaus – i 'Bauhäusler' – ci hanno lasciato in eredità. E cioè, l'irrinunciabile voglia di cercare, con tutti i mezzi, di dare risposte socialmente e culturalmente innovative alle esigenze della fase storica in cui ci tocca in sorte vivere". [8]

4. Una nuova didattica

È a partire dagli anni di Ulm che emerge in Tomás Maldonado il forte interesse riguardo l'ambito della formazione, in particolare il suo pensiero era rivolto verso una didattica innovativa fondata

sull'idea di una "cooperazione tra le discipline", una didattica rivolta agli studenti, futuri progettisti industriali, interessati all'apprendimento della progettazione di prodotti per la comunicazione visiva e di prodotti industriali. Il principio della "cooperazione tra le discipline" è stato sempre una guida nel percorso di arricchimento e perfezionamento delle sue riflessioni in ambito pedagogico al fine di ottenere un migliore e sempre più efficace modello di insegnamento/apprendimento delle discipline. In uno dei suoi libri più recenti lui ha affermato che "[…] *L'interdisciplinarietà e la trasdisciplinarietà, non soltanto rispondono ad una esigenza sempre più impellente di cooperazione tra le discipline, ma sono anche espressione (e lo sono state sempre) di un'indeclinabile vocazione universale alla conoscenza*. […]". [9]
La sua straordinaria conoscenza e la sua profonda vivacità intellettuale nel presentare/affrontare un argomento di studio contribuivano al suo grande carisma comunicativo. In particolare era eccezionale la modalità con cui riusciva a traghettare il suo sapere agli studenti. Stupefacente era la sua capacità di offrire innumerevoli punti di vista riguardo un determinato argomento in modo da creare una cooperazione attiva di interscambio tra le discipline. L'effetto che ogni volta in aula si generava tra gli studenti, durante le sue lezioni, era un arricchimento multiplo di conoscenza, un continuo stimolo/flusso intellettuale, e il risultato era una "contaminazione" creativa e feconda del pensiero.
Il suo modo di insegnare aveva un approccio fortemente enciclopedico, un metodo didattico nuovo, importante e rivoluzionario e che è arrivato sino in Italia.
La preoccupazione quasi ossessiva di Tomás Maldonado è sempre stata quella di contribuire attivamente ad una visione totale della cultura, visione già presente tra i suoi obiettivi intellettuali di quando era un giovane artista argentino, fondatore del "movimento di Arte Concreta". Un progetto che lui stesso aveva definito, negli ultimi anni, "troppo ambizioso", ma che già all'epoca anticipava il suo vivo interesse per la trandisciplinarietà, secondo lui meglio definita con l'espressione "terza cultura", ovvero il tentativo di superare la dicotomia tra le scienze "hard" e quelle "soft". [10]
Dunque dal 1954, grazie ai contributi critici di Tomás Maldonado e di altri docenti invitati a insegnare alla scuola di Ulm, un nuovo metodo didattico-pedagogico stava nascendo a favore di un cambiamento che, in seguito, giungerà non solo nelle scuole di design e nelle scuole di arte applicata, ma anche nelle Accademie d'Arte, nelle Università e persino favorirà una certa influenza anche in altri ambiti e in altre istituzioni. Nel 1974 Kenneth Frampton, in una intervista, a tale proposito ha affermato che: "Le domande che l'Hoschushule fur Gestaltung si poneva una decina di anni fa ora vengono poste consapevolmente o inconsciamente, da ogni scuola di design e architettura, e la crisi dell'identità dell'Hoschushule è ormai divenuto un malessere universale." [11]
Nel giugno del 1967 Tomás Maldonado, definito il teorico dei principi fondamentali della HfG, lasciò la scuola.

5. L'influenza di Tomás Maldonado nella didattica

L'esperienza di Tomás Maldonado come artista studioso alla Academia Nacional de Bellas Artes di Buenos Aires dal 1939 al 1941 e in seguito la sua partecipazione al movimento dell'"Arte Concreto Invención" del quale fu fondatore, segnarono il suo percorso artistico che ebbe una trasformazione: da artista figurativo, i cui quadri erano caratterizzati da toni cupi e quasi uniformi (esperienza brevissima e iniziale), ad artista sperimentale dell'arte Concreta. La nuova dimensione artistica di Tomás Maldonado, che all'inizio sembrò avere contaminazioni derivate dal Costruttivismo e dalle avanguardie, si arricchì ben presto di nuove forme espressive. Le sue opere subirono un primo cambiamento, in particolare nella modalità di costruzione della struttura compositiva ottenuta dall'applicazione di un metodo scientifico e di un rigore matematico, principio base del Concretismo. La sfida di portare avanti le teorie fondate sull'approccio scientifico e la matematizzazione dell'arte fu per Tomás Maldonado molto significativa a tal punto che questo interesse orientò in seguito anche le sue scelte in merito ai contenuti della sua didattica: nuovi studi in ambito scientifico entrarono a far parte dei suoi approfondimenti culturali. [12] Nel 1988, in occasione della esposizione a Genova sulla HfG di Ulm, Tomás Maldonado scrisse: "[…] non è vero che l'impianto teorico di Ulm sia esclusivamente il risultato del nostro dibattito interno sul Bauhaus. Non solo: io sono convinto che, al di fuori di tale dibattito, ci sono state discipline e

correnti di pensiero che hanno esercitato una influenza per certi versi decisiva sul nostro modo di intendere la progettazione e il suo insegnamento. A questo proposito va ricordata la nostra sconfinata curiosità, in quegli anni, d fronte a tutto quanto era nuovo o sembrava esserlo. Una curiosità febbrile, avida, che privilegiava soprattutto alcune discipline allora in fase emergente: la cibernetica, la teoria dell'informazione, la teoria dei sistemi, la semiotica, l'ergonomia. Ma anche, e in misura non minore, altre discipline più consolidate come, ad esempio, la filosofia della scienza e la logica matematica. L'elemento trainante della nostra curiosità, dei nostri studi e del nostro travaglio teorico era costituito dalla nostra volontà di fornire una solida base metodologica al lavoro progettuale"[13]

6. I corsi di insegnamento e la metodologia di Tomás Maldonado.

Sin dai primi anni della fondazione della HfG e precisamente a partire dal 1954, Tomás Maldonado iniziò il suo ruolo di docente del Corso Fondamentale (Grundlhre). Insegnava agli studenti del primo anno una introduzione alla cultura visuale, infatti se si confrontano i piani di studi nei diversi anni è documentato che Tomás Maldonado era docente di Metodica Visiva al Corso Fondamentale e di Semiotica nelle Sezioni di Comunicazione visiva e Informazione. [14]

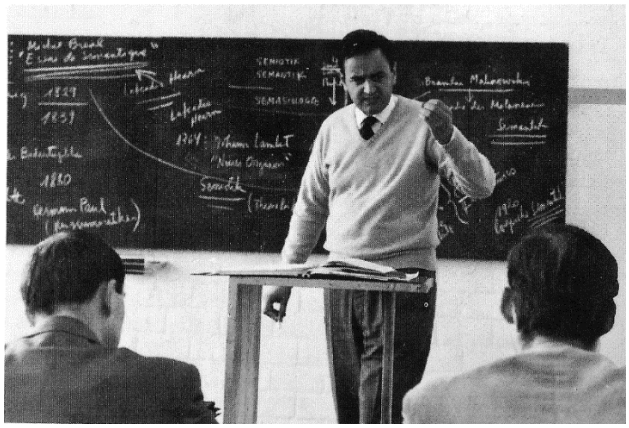


Fig. 1 - Tomás Maldonado durante una sua Lezione alla HfG di Ulm, , fonte: HfG Archive

L'interesse e la passione rigorosa di Tomás Maldonado nel voler innovare la didattica si tradusse ben presto in uno studio sistematico ed esteso anche in altri ambiti di ricerca al fine di mettere in valore le discipline da lui insegnate con una prospettiva transdisciplinare. Da questo principio fondamentale ebbe origine il suo pensiero per una didattica innovativa fondata sull'approccio analitico e sulla ricerca progettuale di metodologie basate sull'elaborazione scientifica e matematica dei dati. [15]
Nell'insegnamento della raffigurazione/rappresentazione Tomás Maldonado faceva notare che "[…] raffigurare non ha nulla a che vedere con la rappresentazione e perciò era importante insegnare a coloro che dovevano apprendere la rappresentazione una differente modalità […]." [16]
Dunque la sua attenzione pedagogica era focalizzata sull'educare lo sguardo, la percezione visiva. attraverso una ricerca fanatica del metodo.
Alle sue introduzioni teoriche facevano seguito esercitazioni analitiche, esercizi bidimensionali, esercizi tridimensionali e studi per la progettazione applicata nella realizzazione di immagini.
Gli esiti delle sue lezioni generavano, in particolare, le raffinate attività svolte con i suoi studenti per la progettazione e realizzazione di composizioni cromatiche derivate da regole matematiche sottostanti.
La tavola sinottica qui di seguito riportata è un documento prezioso (Fig. 2) che riassume la serie di esercitazioni che Tomás Maldonado faceva eseguire ai suoi studenti del primo anno: 0. spinsky dreiecke (triangoli spinsky),1. Peanofläshe (curva di Peano), 2. system weier strass, 3. schwarz als farbe, (il nero come colore), 4. symmetrie (simmetria), 5 genauigkeit-ungenau (accuratezza-inesattezza). [17]

Osservando gli esercizi che faceva svolgere ai suoi studenti durante il suo corso di Metodica visiva, al primo anno del Corso Fondamentale, è ben visibile l'approccio scientifico e matematico applicato all'insegnamento della cultura visuale.

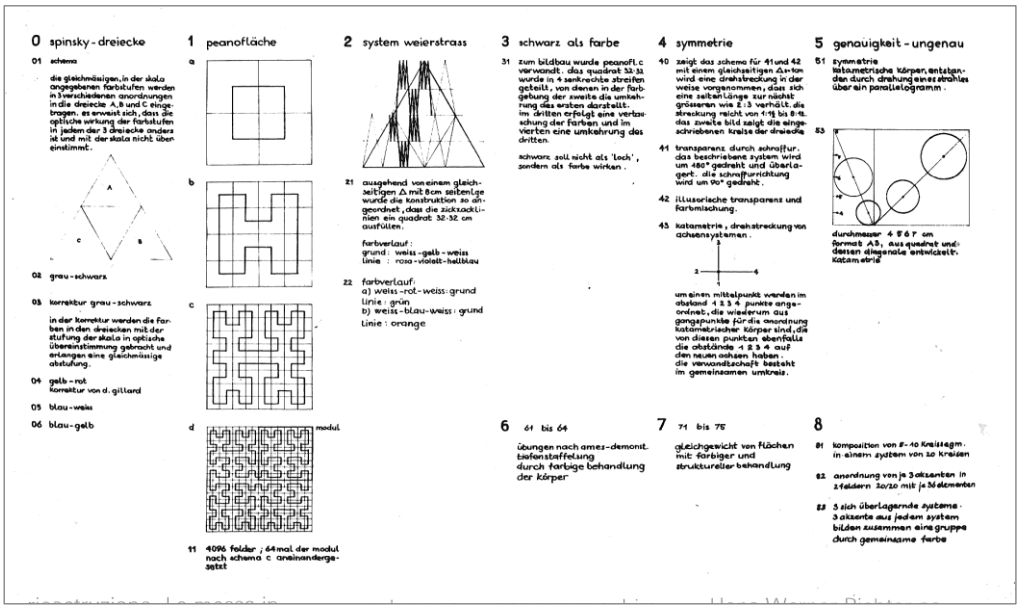


Fig. 2 - Tavola riassuntiva delle esercitazioni. Docente:Tomás Maldonado, Metodica visiva: 0. spinsky dreiecke ,1. peanofläshe, 2. system weier strass, 3. schwarz als farbe, Il nero come colore, 4. symmetrie (simmetrie), 5 genauigkeit-ungenau., fonte: HfG Archive

Il corso teorico sul colore alla HfG di Ulm, nei diversi anni, fu invece affidato quasi sempre a docenti a contratto i cui nomi qui di seguito si elencano: dal 1954 al 1955 Muller Aemilius fu docente a contratto per la disciplina "Teoria dei colori"; dal 1958 al 1961 Perrine Mervyn W. fu docente a contratto per la disciplina "Teoria della percezione" e dal 1967 al 1968 Seitz Fritz fu docente a contratto per la disciplina "Teoria dei colori". [18]

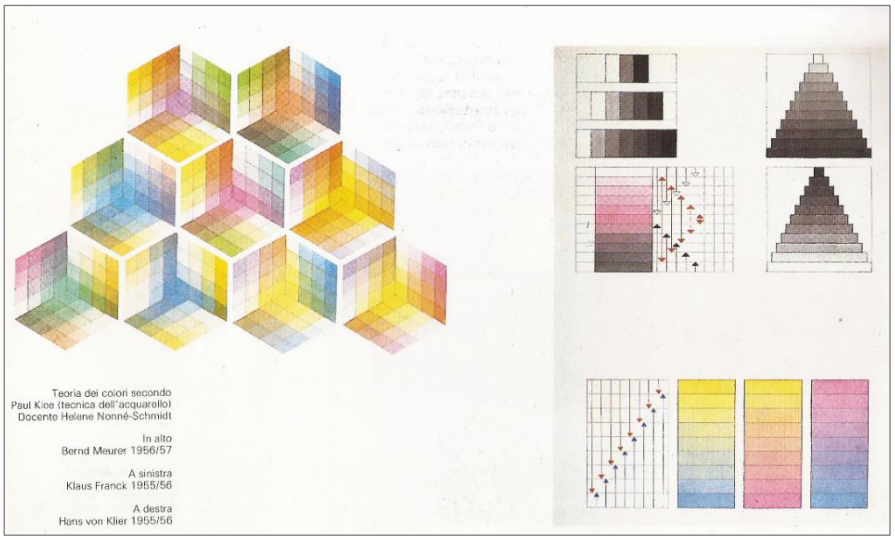


Fig. 3 - Tavola che rappresenta la teoria dei colori secondo Paul Klee tecnica dell'acquarello studenti: Bernd Meurer 1956/57, Klaus Franck 1955/56, Hans von Klier 1055/56

Per una maggiore documentazione si riportano alcune immagini relative a singoli esercizi realizzati dai suoi studenti, in riferimento alle esercitazioni ottenute attraverso l'applicazione della curva de matematico e logico e glottoteta italiano Giuseppe Peano.

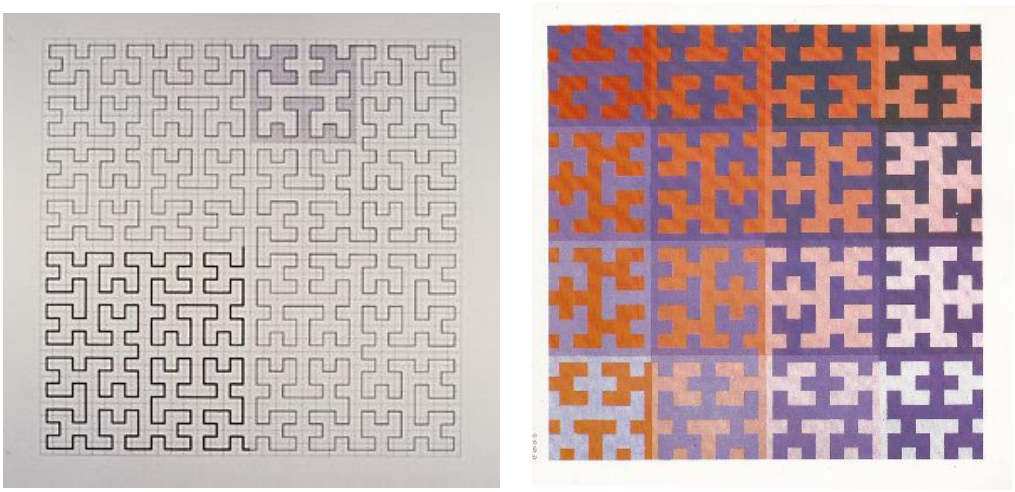


Fig. 4 - Esercitazione sulla superficie di Giuseppe Peano 1890, a. a. 1955-1956,
docente: Tomás Maldonado, studente: Dominique Gillard, fonte: HfG Archive

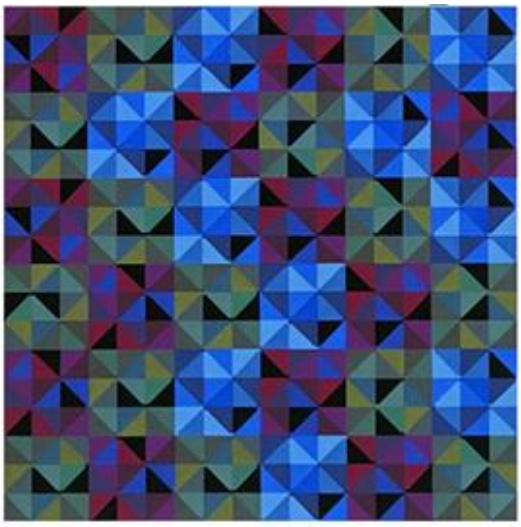


Fig. 5 - Superficie di Peano con nero come colore, a. a. 1956-1957,
docente: Tomás Maldonado, studente: Urs Beautler , fonte: HfG Archive

Conclusioni

Grazie alle numerose testimonianze, conservate presso l'archivio della HfG di Ulm, dei lavori degli studenti di Tomás Maldonado che frequentarono il corso di Metodica visiva, durante gli anni dei suoi insegnamenti alla HfG di Ulm, oggi si possono ammirare le preziose esercitazioni realizzate durante le sue lezioni dedicate al colore. Come è stato ampliamente descritto nel testo la sua metodologia di insegnamento al colore era fondata su un approccio scientifico, sistemico e metodico devoto al calcolo matematico e costantemente supportato da applicazioni della logica e studi analitici di messa in relazione degli elementi. Inoltre la didattica del colore a Ulm grazie ai contributi teorici di Tomás Maldonado era caratterizzata da un approccio interdisciplinare o meglio transdisciplinare costantemente guidata/sollecitata dalle contaminazioni derivanti da altre discipline. A tale proposito si ricordano, ad esempio, le complesse esercitazioni di immagini costruite attraverso l'applicazione di diverse forme di simmetria oppure quelle ottenute dall'applicazione delle formule matematiche o dalle geometrie di Giuseppe Peano.

Bibliografia

[1, 9,11] Maldonado T., *Arte e artefatti*, Feltrinelli, Milano, p. 29, 2010

[2, 3, 10, 13, 14,18] AAVV, *La scuola di Ulm Una nuova cultura del progetto 1953-1968*, catalogo della mostra di Genova, pp. 222, 280-282, 1988

[4] AAVV, *tomás. Una biografia ragionata a cura di Laura Escot*, SeniorserviceBooks, 25 aprile 2002. Cfr. Escot L., *Tomás Maldonado. Itinerario de un intelectual técnico*, Patrizia Rizzo Editora, Buenos Aires, 2007.

[5] Maldonado T., *Documento 1: Corso di base*, Il Verri, 43, pp. 25-32, giugno 2010

[6, 16] Hörmann G.e Martin Krampen M., *Intervista a Tomás Maldonado*, videointervista, Milano 2002

[7, 8] Maldonado T., *Ist das Bauhaus aktuell?* di pubblicato nella rivista della HfG di Ulm del 1964. Cfr anche il filmato relativo all'intervento di Tomás Maldonado, *Ist das Bauhaus Aktuell?* In occasione della Festakt zum 90. Gründungsjubiläum des Bauhauses Bauhaus-Universität, Weimar Germania, 1 aprile 2009

[12, 17] Neves I.C., Rocha, J. *The contribution of Tomás Maldonado to the scientific approach to design at the beginning of computational era: the case of the HFG of Ulm*. In: Future traditions: 1st eCAADe regional international workshop, University of Porto, Porto, 4–5, pp. 39–50. April 2013

[15] Leopold, C. (2013). *Precise Experiments: Relations between Mathematics, Philosophy and Design at Ulm School of Design*, Nexus Network Journal, 15(2), pp. 363-380, 2013