

MISURA DELLE PROPRIETA' SPETTROFOTOMETRICHE DI ALCUNI PANNELLI RESTAURATI DELLA VETRATA DI SAN DOMENICO A PERUGIA

Cinzia Buratti, Francesco Asdrubali, Rita Mariani

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale

SOMMARIO

La Chiesa di San Domenico in Perugia ospita nell'abside un'importante vetrata realizzata nel periodo rinascimentale; la vetrata è costituita da numerosi pannelli tenuti insieme da una struttura marmorea. Il complesso è attualmente in corso di restauro; i pannelli sono caratterizzati dalla presenza di tessere originali, risalenti al periodo rinascimentale, ovvero di tessere sostituite in successivi restauri nel corso dei secoli. Allo stato attuale sono stati restaurati ed esposti nella Chiesa tre pannelli, uno dei quali caratterizzato dalla presenza di tessere quasi esclusivamente originali, uno dalla presenza di tessere quasi esclusivamente sostituite e uno dalla presenza di metà tessere originali e metà sostituite.

Nel presente lavoro si è realizzato un sistema di misura delle proprietà spettrofotometriche delle diverse tessere vitree, al fine di valutare l'influenza dell'epoca cui esse risalgono sulle proprietà di trasmissione e riflessione.

1. INTRODUZIONE

L'influenza delle condizioni termoigrometriche cui le vetrate sono sottoposte nel corso dei secoli sul degrado e sulle proprietà spettrofotometriche del materiale vitreo variamente decorato è stata messa in evidenza in diversi studi condotti in precedenza (Gugliermetti *et al.*, 2001; Buratti e Rossi, 2002; Buratti, 2003).

Attualmente, presso il Laboratorio di Fisica Tecnica dell'Università di Perugia, sono in corso studi relativi alla grande vetrata ubicata nella Basilica di San Domenico a Perugia. La polifora absidale costituisce il fulcro visivo dell'edificio; la vetrata è datata 1411 e l'attribuzione è certa perché essa riporta i nomi degli autori, il frate domenicano Bartolomeo di Pietro e Mariotto di Nardo da Firenze. Le dimensioni massime sono 23 m di altezza e 8 m di larghezza; l'intero ciclo iconografico raffigura la glorificazione dell'Ordine Domenicano (fig. 1a).

Vari interventi e manomissioni hanno riguardato il complesso prima del restauro ottocentesco del Moretti (1867 – 1879), che costituisce l'intervento più significativo; dopo aver approntato dei lucidi dello stato di fatto, il Moretti eseguì il restauro con le metodologie del tempo, mirando alla restituzione di quella che doveva essere l'immagine originaria e dunque procedendo anche a sostituzioni totali di brani deteriorati o a manomissioni dell'esistente. Tuttavia il Moretti rese riconoscibili le parti completamente sostituite, grazie all'apposizione della propria firma, ed alcune di quelle integrate, realizzate con tecniche (quale quella degli smalti) non impiegate nel contesto originario. Dopo gli interventi morettiani il processo di

degrado procedette sia per cedimenti della struttura absidale, sia per continue infiltrazioni di acqua piovana (Abbozzo, 1995).

La vetrata è attualmente smontata dal finestrone ed i singoli pannelli sono imballati in idonee casse di legno in attesa del restauro, eseguito dallo Studio Forme di Roma.

Ad oggi si è provveduto al restauro di tre pannelli vitrei scelti a campione, per tipologia esecutiva e conservativa e collocati come indicato in fig. 1b.

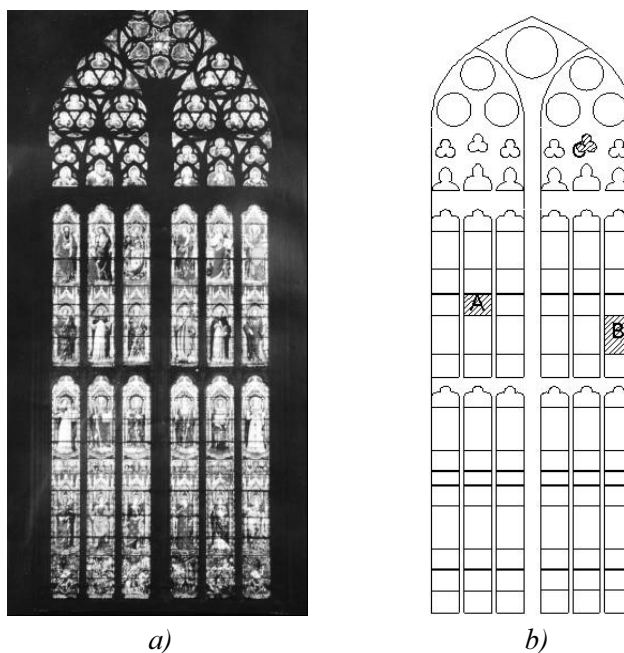


Fig. 1 – Vista d’insieme della vetrata (a) e collocazione dei pannelli restaurati (b), oggetto delle misure del presente lavoro.

Sui tre pannelli sono state effettuate le misure spettrofotometriche oggetto del presente lavoro, al fine di valutare l’influenza dell’epoca cui risalgono le singole tessere vitree sulle proprietà di trasmissione; il confronto è stato effettuato su tessere di uguale colore originali e di sostituzione ottocentesca e su tessere decorate con la tecnica della grisaglia, anch’esse originali e di sostituzione ottocentesca.

2. DESCRIZIONE DEI PANNELLI RESTAURATI

I tre pannelli restaurati, attualmente esposti all’interno della Basilica e oggetto delle misure spettrofotometriche effettuate nel presente lavoro, sono convenzionalmente indicati con A, B e C; essi rappresentano rispettivamente un’immagine cuspidata (fig. 2a), San Lorenzo (fig. 2c) e David Re (fig. 2f).

Precedenti indagini, effettuate ai fini del restauro, hanno permesso di distinguere le tessere originali da quelle di sostituzione ottocentesca (T.S.A. srl, 1999).

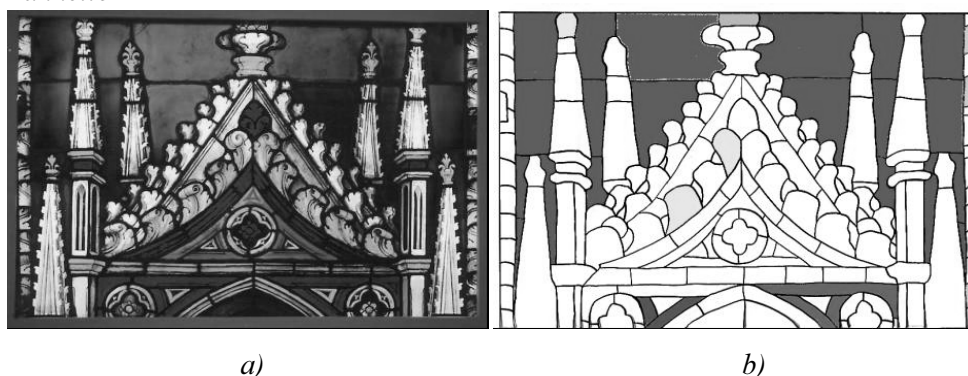
Il pannello A è caratterizzato dalla presenza di circa il 60% di vetri originali, sono considerate sostituzioni ottocentesche le tessere vitree dei fondi blu, alcuni vetri di bordura, due volute gialle, alcuni rossi e alcune guglie (fig.2b); nelle tessere originali sono stati rilevati elementi di corrosione ed i piombi non sono originali.

Il pannello B risulta di completo rifacimento ottocentesco, ad eccezione della punta superiore della palma del Martire (fig. 2d); il viso, l’aureola e le mani recano sul retro un trattamento di

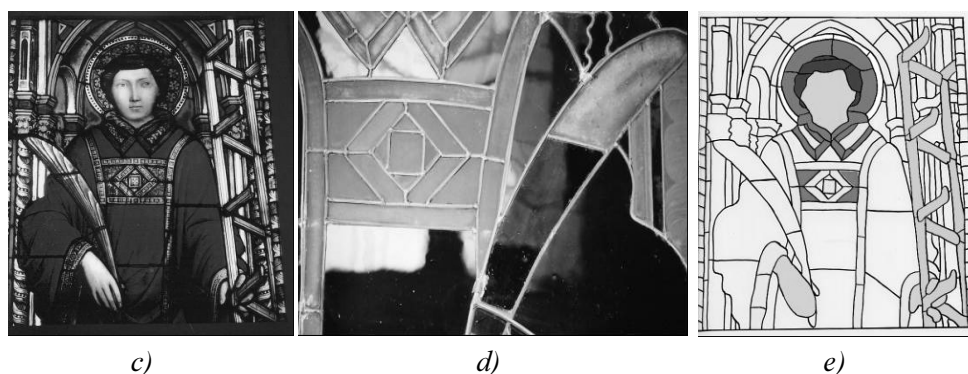
acidatura e/o sabbiatura, consistente nell'incisione della superficie del vetro con una sostanza abrasiva, non necessariamente sabbia, ma anche corindone, effettuato dal Moretti forse per migliorare l'effetto diffondente e omogeneizzare la trasmissione della luce, a vantaggio dell'effetto d'insieme (fig. 2e); tali tessere devono essere considerate ben distinte da alcune tessere originali in cui è presente un effetto analogo, dovuto alla corrosione naturale.

Il pannello C è caratterizzato dalla presenza di circa l'80% di vetri originali, che costituiscono soprattutto la figura di David Re e sono tessere di colore rosso e verde, mentre le tessere dei fondi blu sono di sostituzione ottocentesca (fig. 2g).

Pannello A



Pannello B



Pannello C

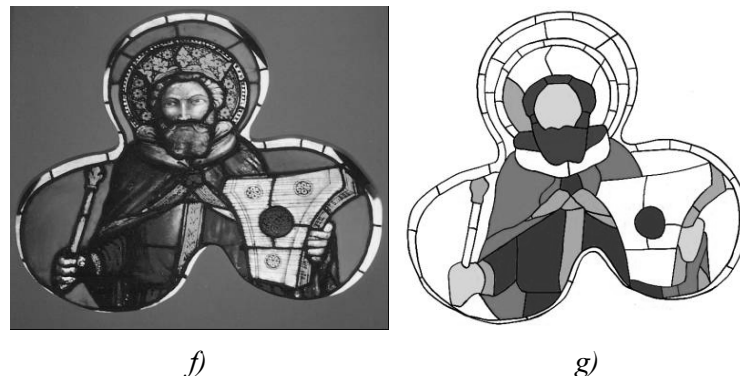


Fig. 2 – Pannelli impiegati per le misure spettrofotometriche: a) pannello A rappresentante un'immagine cuspidata; b) indicazione delle tessere di sostituzione ottocentesca nel pannello A; c) pannello B rappresentante S. Lorenzo; d) particolare della palma del Martire nel pannello B; e) indicazione delle tessere interessate da un trattamento di acidatura e/o sabbiatura nel pannello B; f) pannello C rappresentante David re; g) indicazione delle tessere ritenute originali nel pannello C.

3. STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI MISURA

I tre pannelli restaurati sono collocati in esposizione al pubblico in una cappella della Basilica, montati su un supporto di legno (fig. 3).

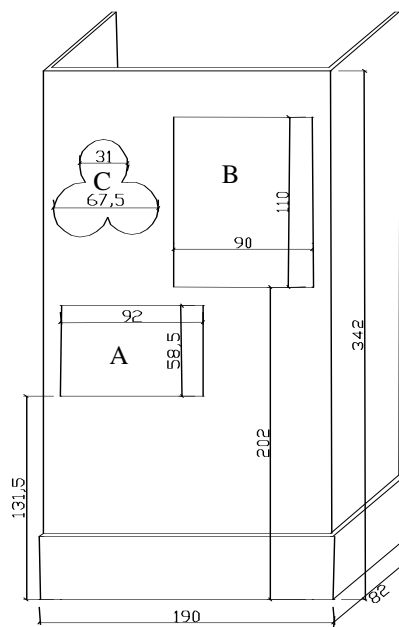


Fig. 3 – Rilievo del supporto su cui sono collocati i pannelli restaurati (quote in cm).

Le misure sono state effettuate mediante lo spettrofotometro portatile S2000, il cui principio di funzionamento è descritto in precedenti lavori (Buratti e Baldinelli, 2002).

La configurazione dello spettrofotometro per la realizzazione di misure di trasmissione prevede che il campione sia posizionato tra due lenti che, tramite delle fibre ottiche, sono rispettivamente collegate allo spettrofotometro e alla sorgente. Le lenti devono essere perfettamente allineate ed il fascio che fuoriesce dalla sorgente deve incidere perpendicolarmente il materiale da analizzare.

Il problema principale per eseguire le misure in situ è perciò quello di dover progettare e costruire un apposito supporto dove sia possibile alloggiare le lenti delle fibre ottiche, tenendo conto della presenza del supporto nel quale sono esposti i pannelli della vetrata.

Le caratteristiche del supporto di legno sono le seguenti:

- forma ad U (in pianta), con l'anima di 1,9 m e le ali di 0,82 m;
- altezza 3,4 m;
- leggerezza e scarsa stabilità del telaio, costituito da un truciolare dello spessore di 1,8 cm.

Gli elementi che hanno guidato la progettazione del telaio sono stati l'esigenza di effettuare misure di trasmissione più accurate possibile garantendo la possibilità di raggiungere tutte le tessere vitree, operando allo stesso tempo in sicurezza, evitando cioè la possibilità di danneggiare i pannelli della vetrata.

Inoltre, il supporto doveva essere trasportabile e quindi costituito da parti componibili, smontabile e rimontabile all'occorrenza.

Per realizzare un supporto che soddisfacesse il più possibile tutti i requisiti indicati si è adottata la soluzione riportata in fig. 4.

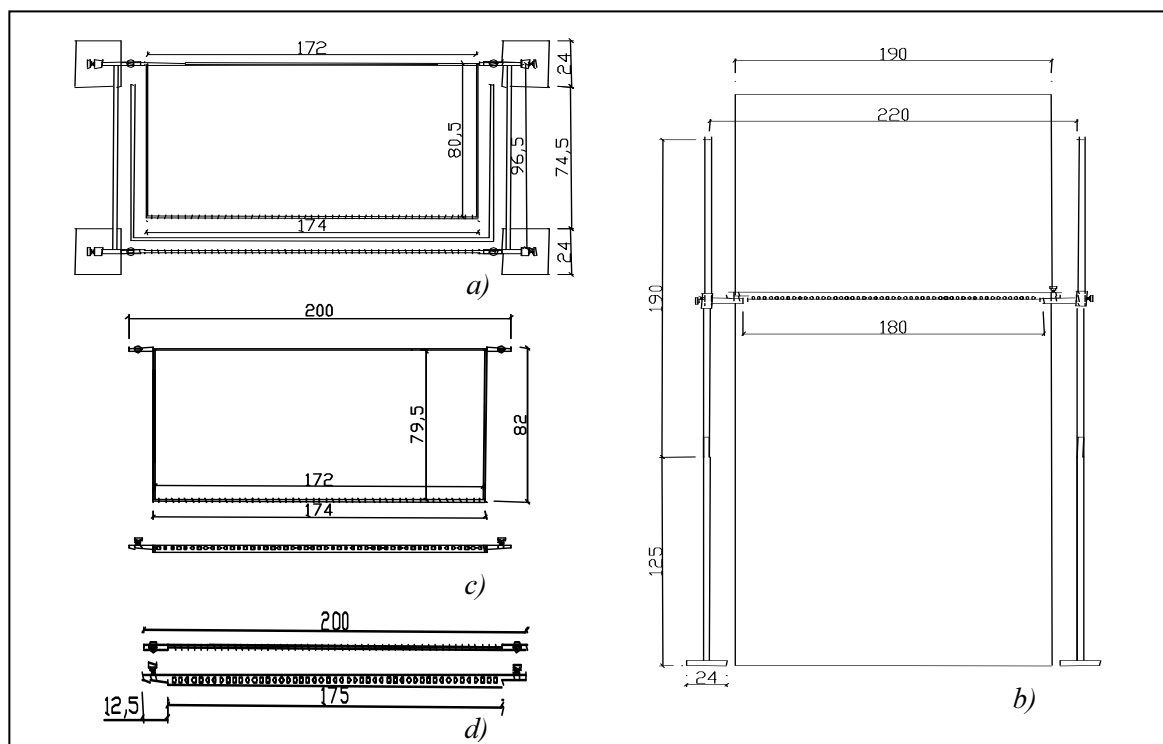


Fig. 4 – Accessorio costruito per le misure spettrofotometriche in situ: a) pianta; b) prospetto; c) pianta e prospetto dell'asta orizzontale da posizionare sul fronte dell'accessorio; d) pianta e prospetto dell'asta orizzontale da posizionare sul retro dell'accessorio (quote in cm).

La struttura è costituita da quattro montanti verticali identici, disposti ai lati del supporto contenente i pannelli della vetrata, e che fungono da sostegno per due aste orizzontali forate da disporre una sul fronte e una sul retro del pannello, ad una certa distanza da esso e sulle quali alloggiare le lenti dello strumento. Le aste possono traslare verticalmente e, per l'allineamento orizzontale dei fori, esse sono collegate ai bracci tramite dei fori asolati, in modo da permettere la traslazione orizzontale. I fori sulle aste sono realizzati con un interasse di 3,5 cm e sono filettati, per consentire l'avvitamento delle lenti.

L'asta orizzontale posteriore presenta una forma ad U e, per limitare l'inflessione verticale che avrebbe compromesso l'allineamento dei fori, è stata costruita in alluminio, mentre i montanti sono stati realizzati in tubolari di acciaio cavo; ciascuna colonna, alta complessivamente 3,5 m, è stata realizzata in due parti, componibili tra loro con un sistema ad incastro. Infine, durante l'esecuzione delle misure, la messa in piano delle aste orizzontali è stata controllata con l'uso di livelle.

4. RISULTATI

Le misure sui tre pannelli sono state effettuate in numerosi punti; i risultati sono esaminati in base al pannello di appartenenza ed al colore delle tessere.

4.1 Risultati delle misure relative al pannello A

In fig. 5 è disegnata la localizzazione dei punti di misura, numerati progressivamente, sulle tessere di colore giallo, rosso, verde chiaro, verde scuro, arancione e blu.

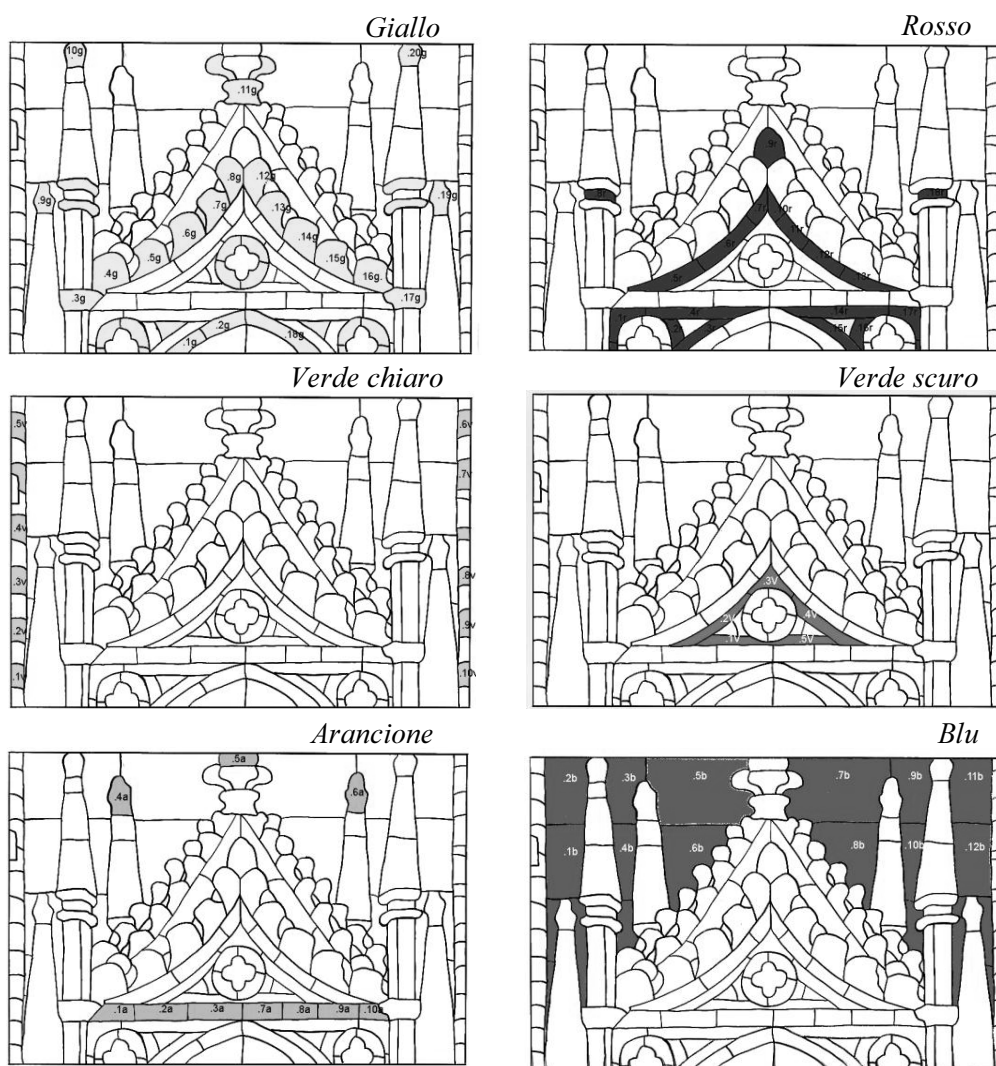


Fig. 5 – Localizzazione dei punti di misura sulle tessere di colore giallo, rosso, verde chiaro, verde scuro, arancione e blu del pannello A.

Per ogni punto è stato ottenuto l'andamento della trasmittanza al variare della lunghezza d'onda; per ciascun colore è stata effettuata la media dei valori ottenuti, laddove possibile, per le tessere quattrocentesche e per quelle ottocentesche.

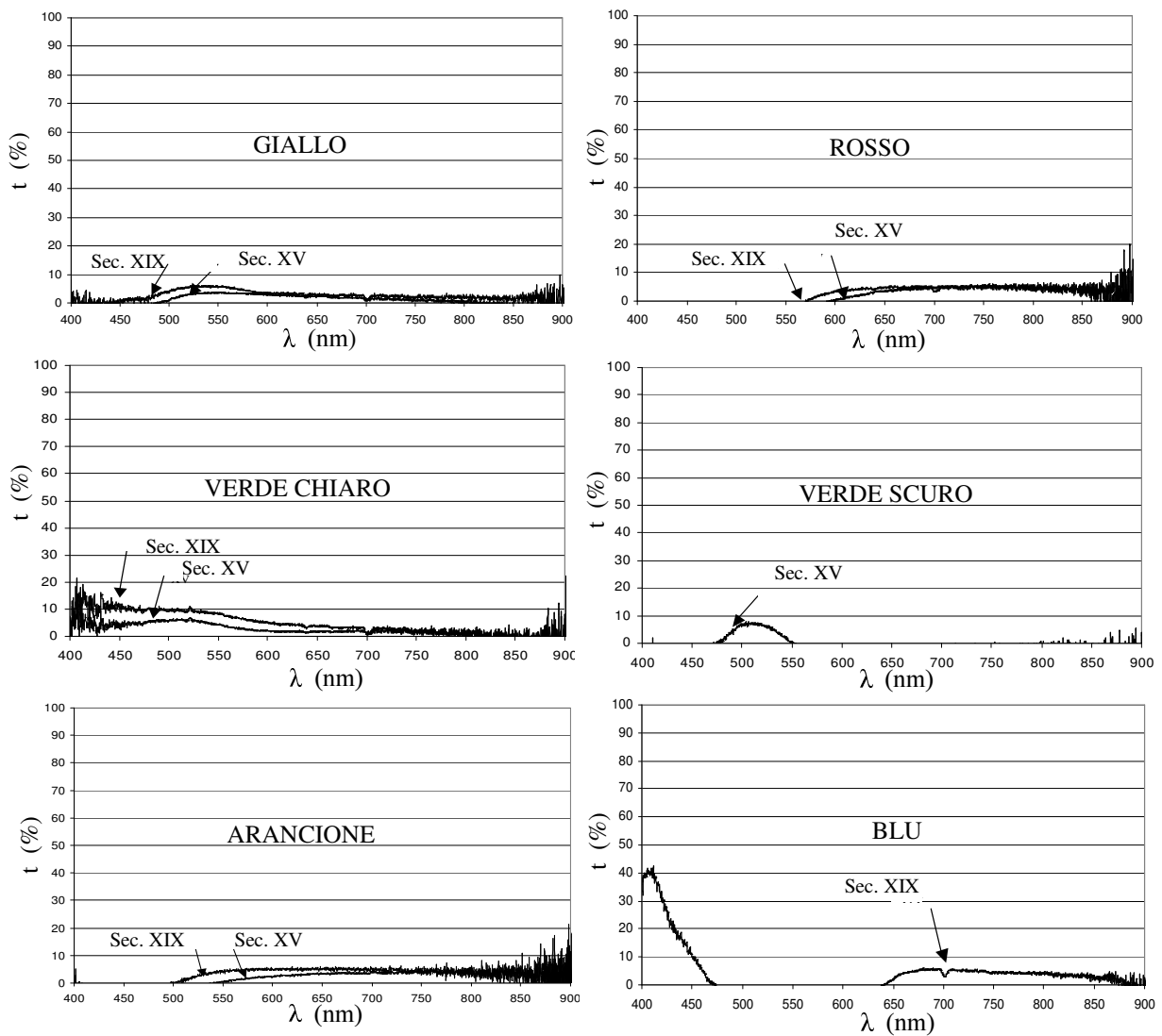


Fig. 6 – Trasmissanza media delle tessere del pannello A al variare della lunghezza d'onda, per i diversi colori

In base alla normativa EN 410/1988 è stato calcolato il fattore di trasmissione nel visibile τ_v ; nella tab. 1 sono riportati i valori medi di tale fattore relativi alle misure effettuate sulle tessere vitree dei vari colori.

Tab. 1 – Valore medio del fattore di trasmissione nel visibile τ_v delle tessere del pannello A.

	τ_v		Differenza XIX - XV	
	Secolo XIX	Secolo XV	Assoluta	%
Giallo	0,0397	0,0253	0,0144	57
Rosso	0,0087	0,0047	0,0040	85
Verde chiaro	0,0736	0,0403	0,0333	83
Verde scuro	-	0,0192	-	-
Arancione	0,0298	0,0151	0,0147	97
Blu	0,0031	-	-	-

4.2 Risultati delle misure relative al pannello B

In fig. 7a è disegnata la localizzazione dei punti di misura del pannello B relativi alla palma e alle altre tessere di colore verde (a), alle tessere decorate con la tecnica della grisaglia (b) ed alle tessere di altri colori (c): rosso e blu.

La punta superiore della palma è l'unica tessera originale presente nel pannello; l'andamento della trasmittanza media al variare della lunghezza d'onda viene confrontato con quello delle altre due tessere che formano la palma risalenti al 1800 e con quello delle altre tessere dello stesso colore, il verde.

The figure consists of three line drawings of a stained glass window panel, labeled a), b), and c). Drawing a) shows a central figure holding a palm frond, with several measurement points marked on the green areas. Drawing b) shows the same panel with measurement points marked on the areas decorated with a grid pattern (grisaglia). Drawing c) shows the panel with measurement points marked on the red and blue areas.

Fig. 7 – Localizzazione dei punti di misura utilizzati per eseguire il confronto tra le tessere verdi (a), le tessere dipinte con la tecnica della grisaglia (b) e le tessere rosse e blu (c).

In fig. 8 è riportato l'andamento della trasmittanza media delle tessere verdi della palma e di quelle verdi di bordura, di quelle dipinte a grisaglia e, per completezza, le misure sulle tessere rosse e blu.

The figure contains four line graphs showing the average transmittance (t in %) versus wavelength (λ in nm) for different stained glass tesserae. The top-left graph is titled 'PALMA e VERDI' and shows three curves: 'Sec. XIX' (peaking at ~15% at 500 nm), 'Sec. XV' (peaking at ~10% at 550 nm), and 'Verde Sec. XIX' (peaking at ~10% at 650 nm). The top-right graph is titled 'GRISAGLIA' and shows a single curve 'Sec. XIX' peaking at ~10% at 700 nm. The bottom-left graph is titled 'BLU' and shows a curve 'Sec. XIX' that starts at ~40% at 400 nm and drops to near 0% by 500 nm. The bottom-right graph is titled 'ROSSO' and shows a curve 'Sec. XIX' peaking at ~10% at 600 nm. All graphs have a y-axis from 0 to 100 and an x-axis from 400 to 900 nm.

Fig. 8 – Trasmittanza media delle tessere del pannello B al variare della lunghezza d'onda.

Nella tab. 2 sono riportati i risultati relativi al calcolo del coefficiente di trasmissione nel visibile per i diversi colori delle tessere del pannello B.

Tab. 2 - Valore medio del fattore di trasmissione nel visibile τ_v delle tessere del pannello B.

	τ_v		Differenza XIX - XV	
	Secolo XIX	Secolo XV	Assoluta	%
Verde scuro	0,0237	0,0322	- 0,0085	- 26
Verde chiaro	0,0713	-	-	-
Rosso	0,0135	-	-	-
Blu	0,0032	-	-	-
Grisaglia	0,0218	-	-	-

4.3 Risultati delle misure relative al pannello C

Analogamente a quanto fatto per i pannelli A e B, si riportano di seguito la localizzazione dei punti di misura (fig. 9) ed i valori di trasmittanza media al variare della lunghezza d'onda per le tessere di diverso colore e per quelle dipinte con la tecnica della grisaglia (fig. 10) del pannello C.

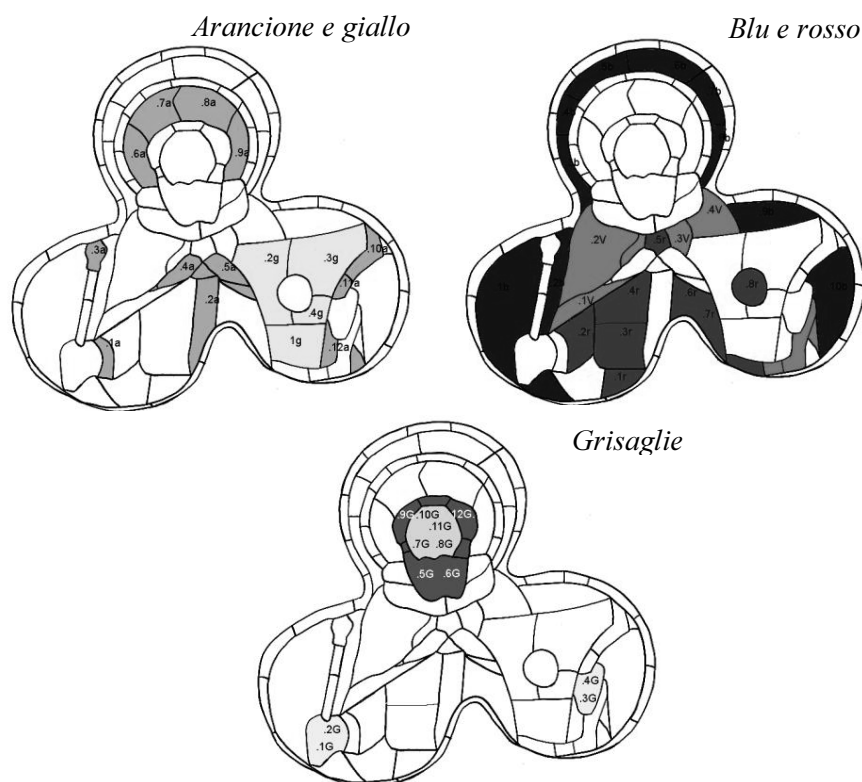


Fig. 9 – Localizzazione dei punti di misura relativi al pannello C.

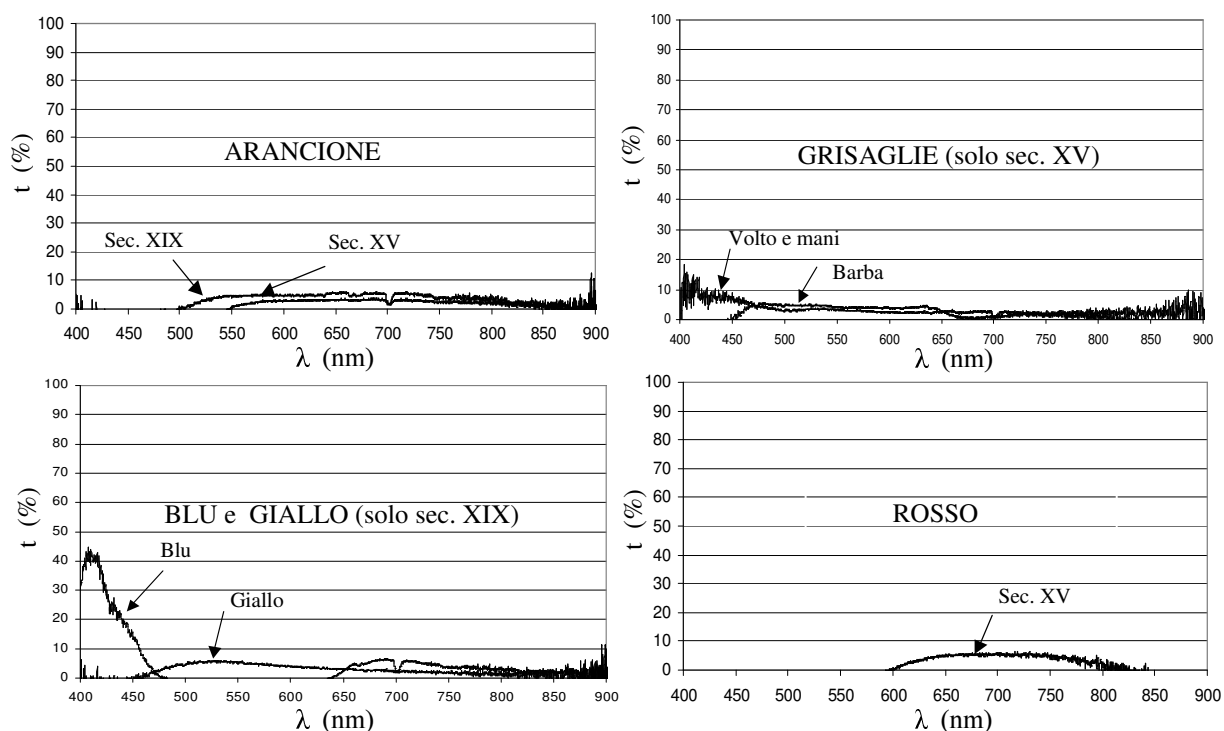


Fig. 10 – Trasmittanza media delle tessere del pannello C al variare della lunghezza d’onda.

Nella tab. 3 sono riportati i valori medi del fattore di trasmissione nel visibile relativi alle misure effettuate sui campioni dei vari colori del pannello C.

Tab. 3 - Valore medio del fattore di trasmissione nel visibile τ_v delle tessere del pannello C.

	τ_v		Differenza XIX - XV	
	Secolo XIX	Secolo XV	Assoluta	%
Giallo	0,0467	-	-	-
Arancione	0,0349	0,0136	0,0213	157
Rosso	-	0,0028	-	-
Blu	0,0030	-	-	-
Grisaglie mani	-	0,0315	-	-
Grisaglie volto	-	0,0390	-	-
Grisaglie barba	-	0,0360	-	-

5. ANALISI DEI RISULTATI

Dall’analisi in termini assoluti delle curve medie di trasmittanza dei tre pannelli si evince che:

- i valori di trasmissione luminosa al variare della lunghezza d’onda sono quasi sempre inferiori al 7 - 8%; valori fino al 12 - 15% sono raggiunti solo dalle tessere di colore verde chiaro, nelle lunghezze d’onda comprese tra 400 nm e 450 nm. Fra i vari colori, le tessere blu sono quelle che, in un range di lunghezze d’onda compreso tra 410 nm e 420 nm, presentano la trasmissione più elevata, intorno al 40%, pur essendo più selettive delle altre;
- le tessere caratterizzate dal valore più elevato del coefficiente di trasmissione nel visibile sono di colore verde chiaro ($\tau_v=0.07$ per le tessere del Sec. XIX e $\tau_v=0.04$ per le tessere del Sec. XV); le tessere caratterizzate dai valori più bassi del coefficiente di trasmissione nel visibile sono quelle ottocentesche di colore blu ($\tau_v=0.003$) e quelle quattrocentesche di colore rosso ($\tau_v=0.005$);

- i campioni sono molto selettivi nelle lunghezze d'onda in cui essi sono colorati; ciò è vero soprattutto per i colori scuri (blu, rosso e verde scuro).

Dall'analisi in termini relativi si evince invece quanto segue:

- la trasmittanza media dei vetri di sostituzione ottocentesca è maggiore di quella dei vetri originali: le differenze, in termini del fattore di trasmissione nel visibile τ_v , sono comprese nel range 57% - 97% per i campioni del pannello A, e sono dell'ordine del 157% per i campioni del pannello C di colore arancione (unico colore del quale esistono tessere sia quattrocentesche che ottocentesche). Fanno eccezione le tessere ottocentesche di colore verde scuro del pannello B che, paragonate con quelle quattrocentesche dello stesso colore, rivelano una trasmissione inferiore del 26% ed i campioni decorati con la tecnica della grisaglia; la trasmissione luminosa delle tessere ottocentesche risulta inferiore a quella delle tessere quattrocentesche in un range di valori compreso tra il 31% ed il 44%;

- il confronto fra tessere quattrocentesche e ottocentesche appartenenti a pannelli diversi conferma che le differenze percentuali del coefficiente di trasmissione nel visibile sono comprese entro gli stessi range riscontrati nel confronto all'interno di uno stesso pannello; pertanto la diversa collocazione dei pannelli nell'ambito del complesso della vetrata non ha influito sulle proprietà spettrofotometriche.

6. CONCLUSIONI

Si è condotta un'approfondita analisi spettrofotometrica in situ sulle tessere vitree di tre pannelli della vetrata della Basilica di San Domenico a Perugia, recentemente restaurati ed esposti nella chiesa; i pannelli esaminati sono in parte costituiti da tessere originali risalenti al sec. XV, in parte da tessere sostituite nel corso di un restauro ottocentesco.

L'analisi dei risultati evidenzia che i fenomeni di degrado chimico – fisico cui nel tempo questi delicati manufatti sono stati sottoposti ed il conseguente invecchiamento hanno alterato le proprietà di trasmissione spettrale; in particolare si ha, in media, una trasmissione delle tessere quattrocentesche inferiore del 44% rispetto a quella delle tessere ottocentesche. Si può pertanto concludere che gli effetti di degrado legati al passare del tempo comportano un incremento delle proprietà di trasmissione dei vetri. Le tessere di colore verde scuro del pannello B costituiscono un'eccezione, insieme alle tessere dipinte con la tecnica della grisaglia; per le prime il dato può essere dovuto alle disomogeneità di colore nelle tessere, infatti la curva stessa di trasmissione luminosa assomiglia più a quella dei campioni di colore verde chiaro che a quella dei campioni verde scuro (vedi fig. 8). Per le seconde si può ipotizzare che i fenomeni di degrado chimico – fisico, danneggiando il sottile strato di grisaglia e determinandone il parziale distacco dal substrato, possano aver causato l'aumento della trasmissione luminosa. Tale risultato è in accordo con quanto già ottenuto in precedenti lavori (Gugliermetti *et al.*, 2001; Buratti e Rossi, 2002; Buratti, 2003).

7. ELENCO DEI SIMBOLI

t = coefficiente di trasmissione (%);

λ = lunghezza d'onda (nm);

τ_v = fattore di trasmissione nel visibile.

8. RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Dott. Massimo Pica per la preziosa collaborazione fornita nell'effettuazione delle misure in situ.

Bibliografia

Abbozzo F. (1995): "Mariotto di Nardo e Bartolomeo di Pietro: storia e conservazione della vetrata absidale di S. Domenico 1411", Il complesso di S. Domenico a Perugia, Perugia 19 – 21 ottobre 1995, p. 63.

T.S.A. srl – Tecnologie Scientifiche Applicate – Diagnostica per il restauro artistico e monumentale (1999): "Studio chimico su frammenti di vetro prelevati dalla vetrata absidale della chiesa di S. Domenico – Perugia", Padova 10 dicembre 1999.

Buratti C., Baldinelli G. (2002): "Indagini spettrofotometriche sulle proprietà di trasparenza e riflessione delle vetrate antiche decorate con tecniche superficiali", Convegno Internazionale AIDI Luce come Innovazione, Perugia 2 – 4 dicembre 2002.

Gugliermetti F., Buratti C., Ortica S. (2001): "Indagini spettrofotometriche per la valutazione dell'invecchiamento di vetrate artistiche", Congresso Nazionale AIDI Luce come Innovazione, Perugia dicembre 2001.

Buratti C., Rossi F. (2002): "Misura delle proprietà spettrofotometriche di campioni di vetro nuovi e invecchiati per il restauro di vetrate artistiche", 56° Congresso Nazionale ATI, Pisa settembre 2002.

Buratti C. (2003): "Aging influence on the thermal and optical properties of artistic glasses: experimental data and comparison", The 6th ASME – JSME Thermal Engineering Joint Conference, Hawaii, 16 – 20 marzo 2003.

ABSTRACT

This study deals with light transmission spectrophotometric measurements on three restored panels of the S. Domenico apsidal glass window in Perugia.

The panels are exposed in a church chapel and they are mounted on a wooden support that is 3,4 metres high. The measurements were carried out employing a portable spectrophotometer S2000. It was necessary to design and to build a suitable mounting to set the instrument lenses. The measurement points were chosen over some original XV century tesserae and on tesserae substituted during a restoration in 1800. The results are grouped according to the colour, to evaluate the possible influence of the tessera's age on the transmission properties.

Results showed that the glass aging modifies the transmission properties: the transmission coefficient of several XV century tesserae diminishes, while the transmission coefficient of the tesserae painted with the grisaille technique increases with respect to the XIX century tesserae.