

L CODICE DANTESCO “PHILLIPPS 9589”: INDAGINE SULLO STATO DI CONSERVAZIONE E MONITORAGGIO MICROCLIMATICO DELL’AMBIENTE DI COLLOCAZIONE

THE DANTESSQUE CODE, “PHILLIPPS 9589” STUDY ON THE STATE OF CONSERVATION AND MICROCLIMATIC MONITORING OF THE PRESERVATION ENVIRONMENT

Salvatore Lorusso, Mariangela Vandini, Chiara Matteucci

Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali
Alma Mater Studiorum Università di Bologna (sede di Ravenna)

1. Introduzione

La presente ricerca ha come oggetto la valutazione dei parametri microclimatici relativi al Codice dantesco catalogato presso la Biblioteca del Centro Dantesco dei Frati Minori Conventuali di Ravenna come *Manoscritto n. 2* (fig. 1). Lo studio è stato condotto nell’ambito di un accordo di collaborazione fra il Centro Dantesco e il Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali dell’Alma Mater Studiorum Università di Bologna (sede di Ravenna).

Tale Codice è noto alla comunità scientifica internazionale con la sigla “Phillipps 9589” e deve la sua notorietà al fatto non solo di essere l’unico palinsesto dantesco, ma

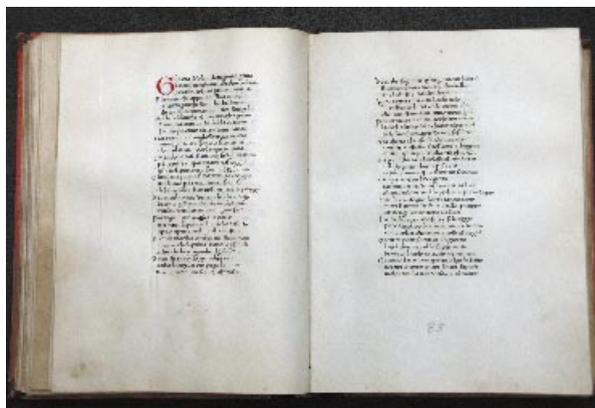


Figura 1. Il Codice dantesco “Phillipps 9589”.

anche di conservare, nella *scriptio superior*, uno tra i testimoni più antichi di quel ramo della tradizione manoscritta della *Commedia* di Dante chiamata "tradizione ?", la cosiddetta "antica vulgata".

Il presente lavoro si pone come completamento di una più ampia ricerca, condotta in maniera parallela dal punto di vista storico-artistico e diagnostico-materico e relativa alla descrizione analitica del codice, alla caratterizzazione dei materiali e alla valutazione dello stato di conservazione [1]. In relazione agli aspetti di carattere storico-artistico, lo studio ha riguardato le tecniche esecutive per la realizzazione del manufatto nell'ambito di quelle in uso per i manoscritti miniati medievali, con l'effettuazione – ad un tempo – della caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costituenti.

In particolare, in questa nota si intende evidenziare che il manufatto, ancorché in uno stato di conservazione complessivamente buono, presenta alcune zone che hanno subito l'azione dei fattori microclimatici dell'ambiente in cui esso è collocato. Tali zone, scelte opportunamente e riconducibili alle diverse parti – sia di supporto che di materiale scrittorio – componenti del manufatto, sono ritenute emblematiche per rappresentare l'azione di alterazione-degradazione. Vengono, quindi, mostrati i risultati ottenuti con l'impiego di alcune tecniche diagnostiche allo scopo di valutare l'entità del degrado [2-6].

A tale risultanza analitica fa seguito l'indagine relativa al monitoraggio microclimatico con la rilevazione dei dati termoigrometrici dell'ambiente di collocazione del codice. È così possibile, mediante lo studio del sistema: manufatto-ambiente, pervenire ad una valutazione oggettiva e affidabile della situazione e della condizione indagate, per modo che, individuate le cause, si possa in maniera corretta intervenire previamente con l'obiettivo di tutelare il prezioso bene culturale [7-11].

2. Indagine sullo stato di conservazione

I principali fenomeni di alterazione riscontrabili nel manufatto sono riconducibili al supporto pergamenaceo, agli inchiostri, alle dorature, alle lettere colorate, e alla presenza della *scriptio inferior* nelle Cantiche dell'Inferno e del Paradiso. I risultati riportati di seguito sono stati ottenuti mediante l'impiego di alcune tecniche diagnostiche.

2.1. Il supporto

Nel manoscritto sono presenti due tipologie di pergamena, che già in origine dovevano avere un aspetto assai diverso. Infatti, le parti dedicate all'Inferno e al Paradiso sono costituite da un materiale pergamenaceo più scuro e giallo, probabilmente ottenuto da pelli di vitello, la qual cosa presuppone se non l'utilizzo di pelli derivanti da animali di spe-

cie diverse rispetto a quelle impiegate per il Purgatorio, quantomeno una diversa tipologia di lavorazione. La pergamena, nel caso dell'Inferno e del Paradiso, mostra oltre ad un ingiallimento spiccato, anche alcune evidenti manifestazioni di degrado, quali assottigliamenti e macchie (fig. 2). L'ingiallimento della pergamena può essere imputabile sia ad una lavorazione più grossolana, sia alle caratteristiche dell'animale da cui derivava la pelle. Infatti, per ottenere un buon risultato estetico, il materiale grezzo doveva subire numerosi trattamenti, ma il risultato finale era altresì influenzato dalle caratteristiche del pelo e dall'età dell'animale.

Il supporto del Purgatorio risulta più chiaro e uniforme, sia come colore che come spessore (fig. 3).

Riguardo alle due differenti tipologie dei supporti si possono formulare due diverse ipotesi. È possibile che fin dall'inizio si fosse usata una diversa qualità di pergamena per le tre Cantiche: in questo caso però si dovrebbe considerare quantomeno insolita tale eventualità, trattandosi di un codice che dovrebbe mostrare una certa continuità.

Un'altra ipotesi è che delle tre cantiche, forse rilegate separatamente, quella del Purgatorio sia andata perduta o distrutta dopo poco tempo e quindi sostituita da un altro testo, di differente supporto e scrittura. A tale proposito, va ricordato che anche i copisti sono sicuramente diversi.

2.2. Inchiostri metallo-gallici

La spettrometria di fluorescenza di Raggi X (sistema portatile Electronic Industry Support – 30 kV, 0,5 mA), applicata agli inchiostri neri di tutte e tre le Cantiche, ha permesso di individuare la presenza di ferro (Fe) e rame (Cu): si tratterebbe dunque di inchio-



Figura 2. Inferno, prima carta della Cantica; sono visibili incipit, rubrica, lettera filigranata e stemma gentilizio.

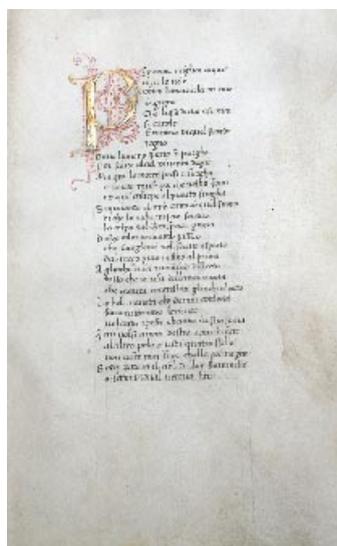


Figura 3. Purgatorio, prima carta della Cantica in cui è visibile la lettera filigranata.

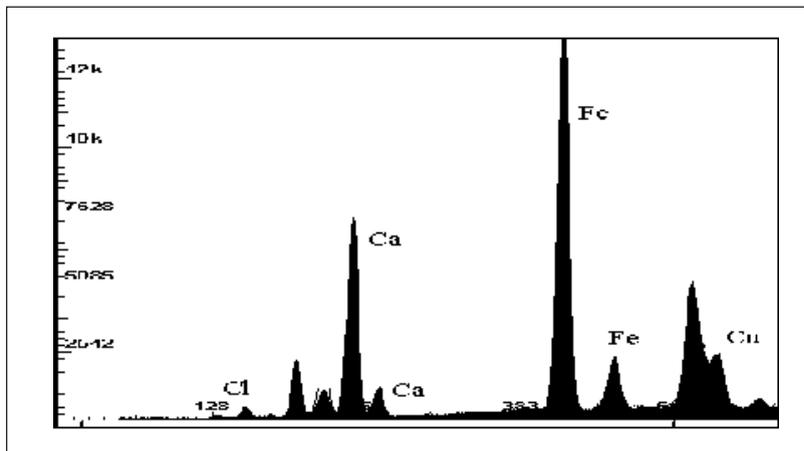


Figura 4. Spettro di fluorescenza dell'inchiostro nero.

stri metallo-gallici. La presenza dei due elementi fa supporre che sia stata adoperata una miscela di solfato di ferro e solfato di rame (fig. 4). Alcune carte sono interessate da fenomeni di degrado come, ad esempio, assottigliamenti e vere e proprie lacune (fig. 5).

La pergamena è molto ingiallita e, in coincidenza della porzione contenente la scrittura, il testo risulta illeggibile e fortemente inscurito, presentando, per alcune parole, vere e proprie perforazioni del supporto. La reattività degli inchiostri metallo-gallici nei confronti del supporto è in rapporto alla composizione e alla proporzione degli ingredienti, mentre la pergamena, trattata con calce, almeno in origine possiede una basicità residua sulla superficie che la protegge dall'attacco di inchiostri acidi. Considerando che la per-



Figura 5. Paradiso, carte 238 verso e 239 recto, degrado causato dall'attacco di inchiostri acidi.

gamena interessata da questo tipo di degrado è più sottile rispetto ad altre, è possibile ipotizzare che l'azione dell'acqua abbia favorito un duplice effetto: da una parte la diminuzione della quantità di calce nella pergamena, dall'altra, idratando l'inchiostro, l'attivazione dell'acido presente.

2.3. La doratura

La doratura a guazzo è stata adoperata per la realizzazione delle lettere filigranate, della croce dello stemma gentilizio e delle decorazioni floreali che lo circondano. Dalle indagini condotte con il videomicroscopio ad analisi di immagine (Olympus PV-10 con obiettivo zoom ad ingrandimenti variabili da 50x a 200x), si può supporre che la tecnica impiegata sia quella della doratura *a guazzo*: la foglia d'oro veniva applicata su una preparazione a bolo – argilla di colore rosso, macinata finemente, stemperata con albume d'uovo ed applicata a pennello – e successivamente levigata e lucidata mediante una operazione detta di *brunitura*. Le indagini al videomicroscopio hanno evidenziato lacune, sia nella foglia, che nella preparazione a bolo (fig. 6). In particolare, la decorazione floreale evidenzia una perdita quasi totale dell'originaria doratura e preparazione, presentando solo in alcuni punti il bolo e residui della foglia.



Figura 6. Particolare della lacuna nella doratura (videomicroscopio ad analisi di immagine, 200x).

Le indagini hanno messo in evidenza un altro tipo di doratura, quella a conchiglia, impiegata per la realizzazione di rifiniture e di decorazioni di piccole dimensioni: l'oro in polvere veniva finemente tritato ed applicato con tempere acquose e steso come un normale pigmento (fig. 7).



Figura 7. Particolare della doratura a conchiglia dell'ala del putto (videomicroscopio ad analisi di immagine, 70x).

2.4. Capollettera a colore

Un altro aspetto preso in considerazione è relativo alle lettere semplici, rea-



Figura 8. Ripresa di un particolare del film pittorico (videomicroscopio ad analisi di immagine 200x).

lizzate all'inizio di ogni canto con due diversi pigmenti. Ad una prima indagine si sono identificate diverse tipologie dell'aspetto del film pittorico:

a) *Lettere azzurre*

Le lettere di colorazione azzurra sono apparentemente uguali in tutte e tre le Cantiche: il colore si presenta di una tonalità scura e opaca.

b) *Lettere rosse*

Le lettere rosse si presentano in due tipologie: film molto coprente e lucido e film coprente e opaco. Le immagini ottenute hanno evidenziato la diversa consistenza dal film. Le lettere realizzate con colore rosso e all'apparenza più lucide presentano uno strato pittorico più spesso e uniforme (fig. 8).

In base ai risultati della spettroscopia di fluorescenza di raggi X, sono stati individuati i pigmenti utilizzati: in particolare, cinabro per il rosso e azzurrite per l'azzurro. L'aspetto differente del film pittorico è probabilmente dovuto sia ad una diversa consistenza del pigmento sia all'utilizzo di leganti diversi.

2.5. *Scriptio Inferior*

Un sistema di indagine multispettrale per l'acquisizione di immagini (Multispectral Imaging MuSIS MS, lunghezze d'onda dall'infrarosso all'ultravioletto) è stato impiegato per evidenziare la *scriptio inferior* di alcune zone palinseste del codice (figg. 9 e 10).

Infatti, le parti del Codice dedicate all'Inferno e al Paradiso presentano numerose tracce di *scriptio inferior* e, in coincidenza della porzione di pergamena in cui si trova il

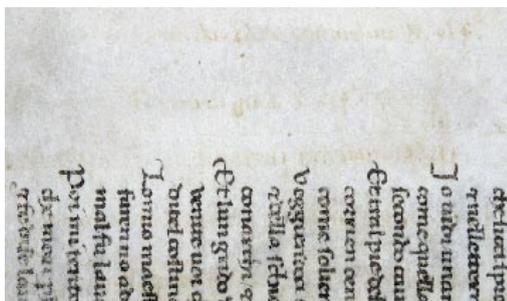


Figura 9. Inferno, carta 27 verso: tracce della *scriptio inferior*, immagine nel visibile.

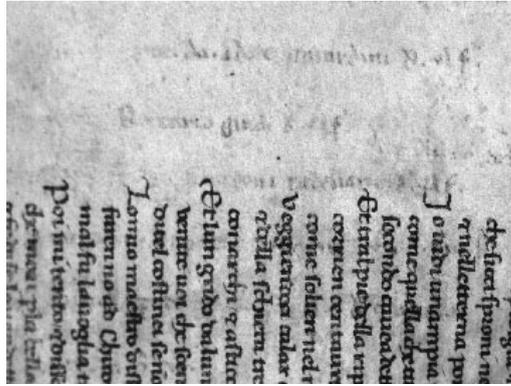


Figura 10. Inferno, carta 27 verso: scriptio inferior (370 nm in UV).

testo eliminato, il supporto risulta molto più trasparente, a causa della rasura meccanica: il probabile utilizzo di uno strumento meccanico ha portato all'assottigliamento del supporto, provocando una diminuzione dello spessore e una maggiore trasparenza del supporto pergameneo.

Come evidenziato nelle figg. 9 e 10, è possibile rendere più leggibile ciò che a occhio nudo risulta solo una leggera traccia. In particolare, le lunghezze d'onda che forniscono i risultati migliori sono quelle nella zona dell'ultravioletto.

3. Monitoraggio microclimatico

I parametri microclimatici, in particolare quelli termoigrometrici, condizionano il benessere dei materiali costituenti i beni culturali: nel caso specifico essi possono rappresentare un indice di rischio particolarmente elevato per il materiale pergameneo di cui è costituito il codice oggetto di questa indagine. Per questo risulta di fondamentale importanza controllare nel tempo gli andamenti termoigrometrici e le corrispondenti escursioni giornaliere, allo scopo di valutare se le condizioni microclimatiche sono rispondenti a quanto stabilito dalla normativa UNI 10829 del 1999 (tab. 1).

Il monitoraggio nell'arco di tempo di un anno solare a partire dal 16 maggio 2002 sino al 28 aprile 2003, ha avuto lo scopo di:

- registrare i dati microclimatici mediante l'impiego di termoigrometri elettronici che hanno la possibilità di memorizzazione interna e trasferimento dei dati al computer;
- elaborare i dati suddetti allo scopo di esaminare gli andamenti giornalieri e nell'intero periodo di misura;
- confrontare i dati di temperatura e umidità relativa con i limiti termoigrometrici specifici per pergamena e miniatura, come individuati dalla Normativa UNI 10829;

Tabella 1. Limiti termoigrometrici secondo la Norma UNI 10829 del 1999.

Materiali costituenti la collezione	T °C	Δ T °C	UR %	Δ UR %
<i>a) materiali/oggetti di natura organica</i>				
Carta, carta Carta, cartapesta, lavori artistici in carta, veline tappezzeria in carta collezioni filateliche, manoscritti, papiri, stampe, materiali in cellulosa	18-22	1,5	40-55	6
Tessuti, velari, tendaggi, tappeti, tappezzeria in stoffa, arazzi, seta, costumi, abiti, paramenti religiosi, materiali in fibra naturale, sisal, juta	19-24	1,5	30-50	6
Cere, cere anatomiche	< 18	N. R.	N.R.	N.R.
Erbari e collezioni botaniche	21-23	1,5	40-60	2
Collezioni entomologiche	19-24	1,5	40-60	6
Animali e organi anatomici conservati in naftalina	15-25		N.R.	N.R.
Animali e organi anatomici essiccati, mummie	21-23	1,5	20-35	
Pellicce, piume, animali e oggetti impagliati	4-10	1,5	30-50	5
Acquarelli, disegni, pastelli	19-24	1,5	45-60	2
Collezioni etnografiche, maschere, cuoio, indumenti in cuoio	19-24	1,5	45-60	6
Dipinti su tela, pitture a olio su tela e canovaccio, tempere, guazzi	19-24	1,5	40-55	6
Documenti e materiale d'archivio	13-18		50-60	
Libri preziosi, libri rilegati in pelle, rilegatura in pelle, pergamena, miniature	19-24	1,5	45-55	6
Lacche, mobili intarsiati, decorati e laccati	19-24	1,5	50-60	2
Sculture policrome in legno, legno dipinto, pitture su legno, icone, pendole in legno, strumenti musicali in legno	19-24	1,5	50-60	2
Sculture in legno non dipinte, oggetti in vimini, pannelli in legno o corteccia	19-24	1,5	45-60	2
<i>b) materiali/oggetti di natura inorganica</i>				
Porcellane ceramiche, gres, terracotta, tegole non da scavo e da scavo demineralizzate	N. R.		N. R.	10
Pietre, rocce, minerali, meteoriti (porosi) stabili	19-24		40-60	6
Mosaici di pietre, pietre, rocce	15-25		20-60	10
Minerali, meteoriti (non porosi) fossili e collezioni di pietre				
Metalli, metalli levigati, leghe metalliche, argenti, armature, armi, bronzi, monete, oggetti in rame, stagno, ferro, acciaio, piombo, peltri	N. R.		< 50	
Metalli con siti di corrosione attivi	N. R.		< 40	
Ori	N.R.		N.R.	
Gesso	21-23	1,5	45-55	2
Vetri instabili, iridescenti, sensibili, mosaici di vetro sensibili	20-24	1,5	40-45	

(segue)

Tabella 1. Limiti termoigrometrici secondo la Norma UNI 10829 del 1999 (seguito).

Materiali costituenti la collezione	T °C	Δ T °C	UR %	Δ UR %
<i>c) oggetti misti</i>				
Pitture murali, affreschi, sinopie (staccate)	10-24		55-65	
Pitture murali: a secco (staccate)	10-24		50-65	
Avori, nidi, uova, corna, collezioni malacologiche, coralli	19-24	1,5	40-60	6
Dischi fonografici	10-21		40-55	2
Fibre sintetiche	19-24		40-60	
Film, fotografie a colori	0-15		30-45	
Film, fotografie in bianco e nero	10-15		30-45	
Nastri magnetici (esclusi nastri per computer e videotape)	10-15		40-60	
Oggetti di materiali organici provenienti da zone di scavo umide (prima del trattamento)	19-24		In aria satura	
Materie plastiche	19-24		30-50	
<i>N.R. = non rilevante</i>				

- analizzare le escursioni giornaliere di temperatura e di umidità relativa e confrontarle con i valori indicati dalla stessa Normativa UNI;
- ricercare e stabilire possibili relazioni fra gli andamenti dei parametri microclimatici e le modalità di gestione degli ambienti.

A tal fine sono stati effettuati rilievi di temperatura e umidità per periodi di 10-15 giorni, posizionando un termoigrometro sopra la custodia del manoscritto e all'interno della cassaforte collocata nei locali della Biblioteca del Centro Dantesco in cui è custodito il codice Phillipps 9589.

Sono stati raccolti dati ad intervalli di 1 ora: gli andamenti e le considerazioni corrispondenti sono riportati di seguito.

3.1. Rilevamenti

Per maggiore chiarezza, i dati sono stati ripartiti nelle quattro stagioni. Gli andamenti corrispondenti sono riportati nei grafici in riferimento alle fasce di benessere del materiale pergamenaceo.

A. Campagna primaverile 2002

Sono state effettuate misure termoigrometriche nel periodo dal 16/05/2002 al 31/05/2002 (figg. 11-14).

B. Campagna estiva 2002

Sono state effettuate misure termoigrometriche in tre diversi periodi.

- periodo dal 09/07/2002 al 19/07/2002 (figg. 15-18);
- periodo dal 09/08/2002 al 20/08/2002 (figg. 19-22);
- periodo dal 9/09/2002 al 20/09/2002 (figg. 23-26).

C. Campagna autunnale 2002

Sono state effettuate misure termoigrometriche in tre diversi periodi:

- periodo dal 9/10/2002 al 20/10/2002 (figg. 27-30);
- periodo dal 9/11/2002 al 20/11/2002 (figg. 31-34);
- periodo dal 7/12/2002 al 18/12/2002 (figg. 35-38).

D. Campagna invernale 2003

Sono state effettuate misure termoigrometriche in due diversi periodi:

- periodo dal 9/01/2003 al 20/01/2003 (figg. 39-42);
- periodo dal 7/02/2003 al 18/02/2003 (figg. 43-46).

E. Campagna primaverile 2003

Sono state effettuate misure termoigrometriche in due diversi periodi:

- periodo dal 15/03/2003 al 24/03/2003 (figg. 47-50);
- periodo dal 18/04/2003 al 28/04/2003 (figg. 51-54).

3.2. Discussione dei risultati

I dati rilevati nell'intero periodo annuale sono stati suddivisi in campagne relative alle quattro stagioni, a partire dalla primavera 2002. I risultati ottenuti sono discussi di seguito secondo il medesimo schema.

Campagna primaverile

- Periodo: 16-31 maggio 2002.

I valori di temperatura si mantengono sempre entro i limiti consentiti, pur toccando valori vicini al massimo indicato (24°C), soprattutto negli ultimi giorni del mese (dal 26 al 31) (fig. 11).

I valori di umidità relativa sono uguali o di poco superiori al limite massimo consentito, assestandosi mediamente tra il 55-55,5% (fig. 11).

I valori che si riferiscono agli stati psicrometrici, in parte al di dentro e in parte al di fuori della fascia di benessere, evidenziano quanto sottolineato in precedenza (fig. 12).

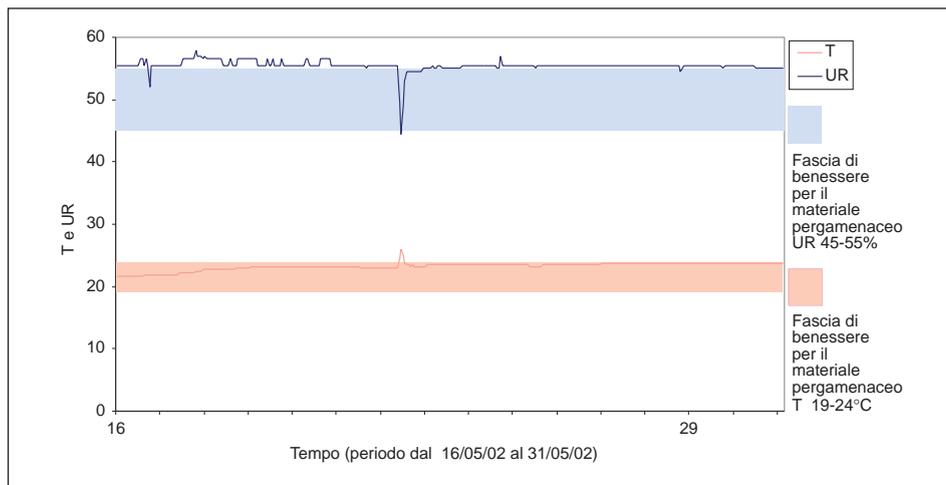


Figura 11. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per materiale pergamenaceo.

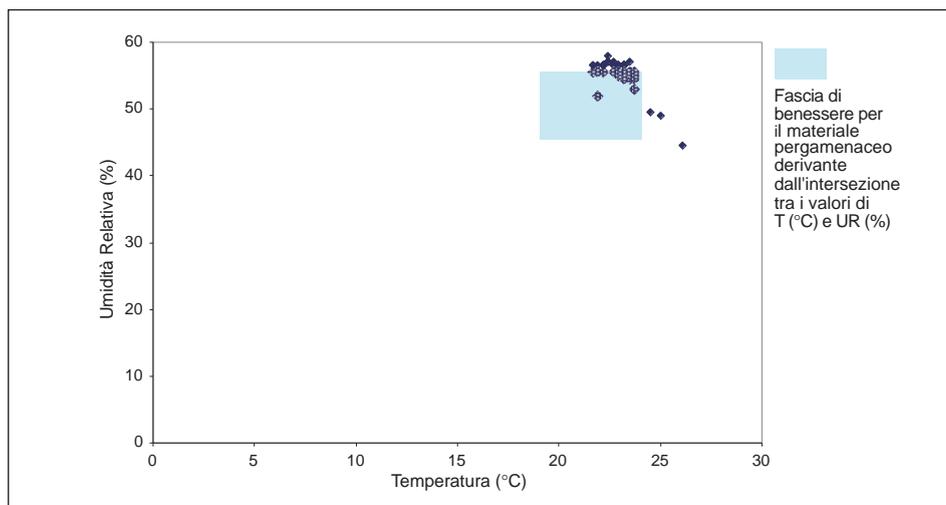


Figura 12. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 16/05/2002 al 31/05/2002.

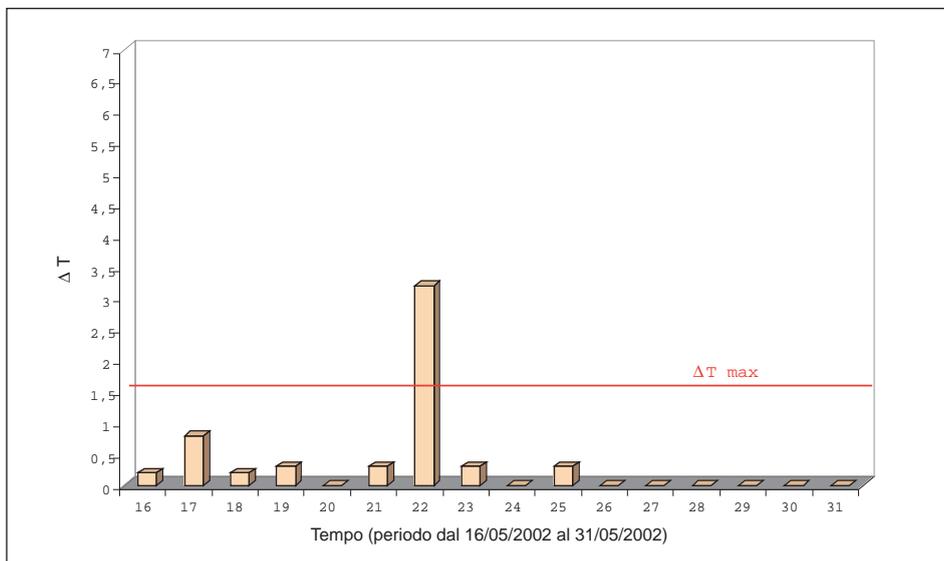


Figura 13. Escursione giornaliera di Temperatura in confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

Si registrano minime variazioni di temperatura (nell'ordine di 0-0,8°C) ad eccezione del giorno 22 in cui, tra le 9 e le 11, si registra una variazione pari a 3,2°C, probabilmente dovuta allo spostamento del manufatto dall'interno della cassaforte alla sala di lettura della Biblioteca per consentirne la visione (fig. 13).

Ad eccezione del giorno 22, l'escursione media di temperatura è sempre al di sotto di 1,5°C, limite massimo consigliato per i materiali pergamenacei (fig. 13).

Le variazioni giornaliere di umidità relativa sono ben al di sotto del 6% massimo consigliato, salvo il 22 maggio, giorno in cui si rileva una variazione pari all'11% (fig. 14).

Campagna estiva 2002

► 1° Periodo: 9-19 luglio 2002.

Si riscontrano valori di temperatura sempre al di sopra del limite massimo indicato di 24°C (fig. 15).

I valori di umidità relativa possono sostanzialmente considerarsi accettabili, pur presentando alcuni picchi al di sotto del limite minimo consigliato del 45% (fig. 15). I valori relativi agli stati psicrometrici sono decisamente al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 16).

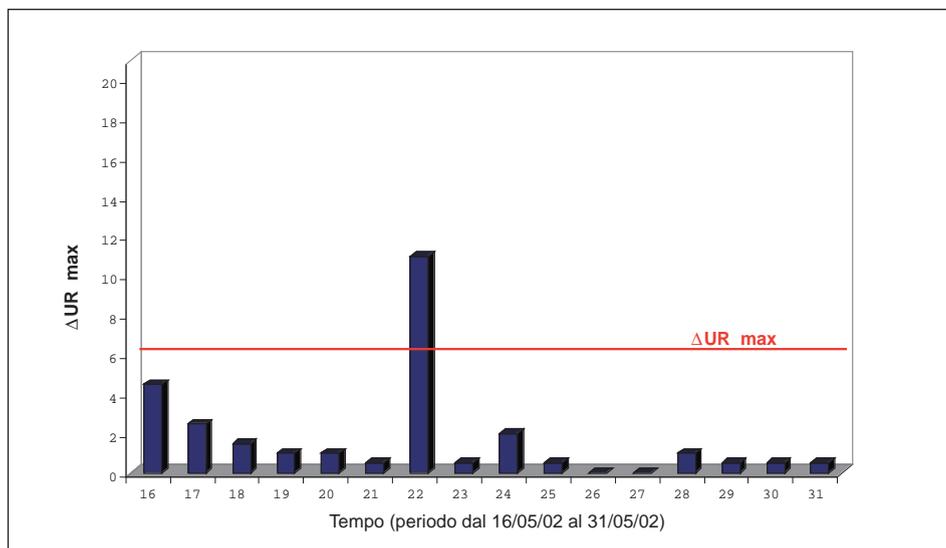


Figura 14. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con l'escursione massima consentita (6%).

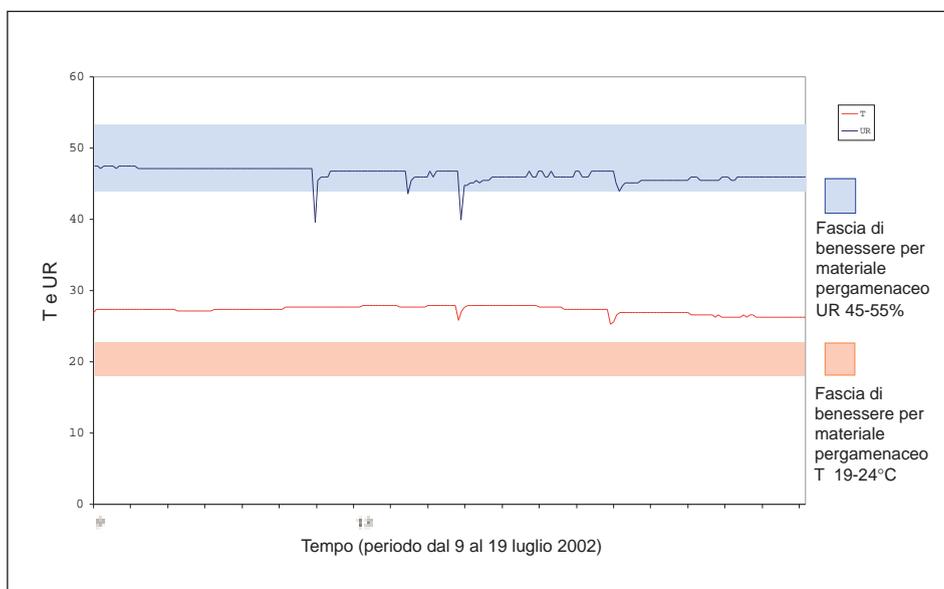


Figura 15. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per materiale pergamenaceo.

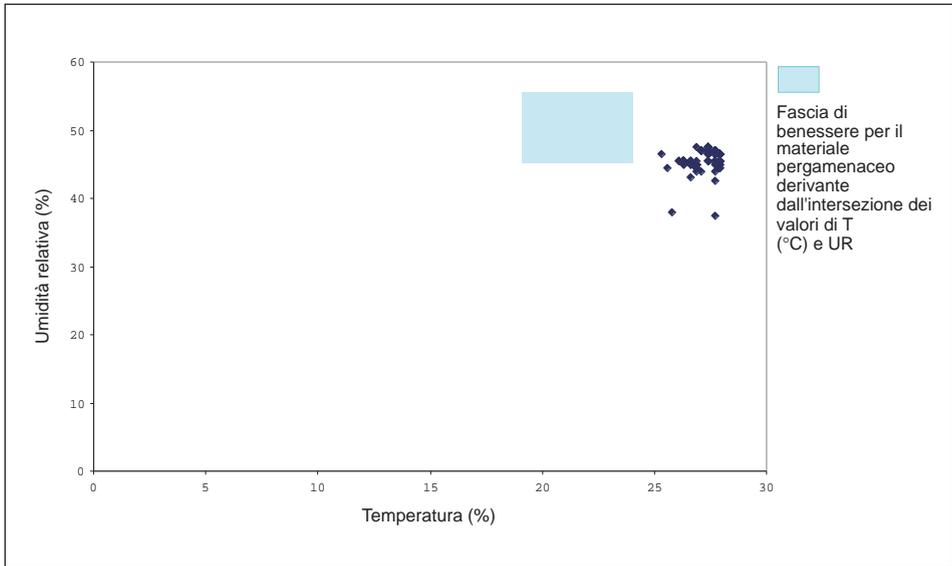


Figura 16. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/07/2002 al 19/07/2002.

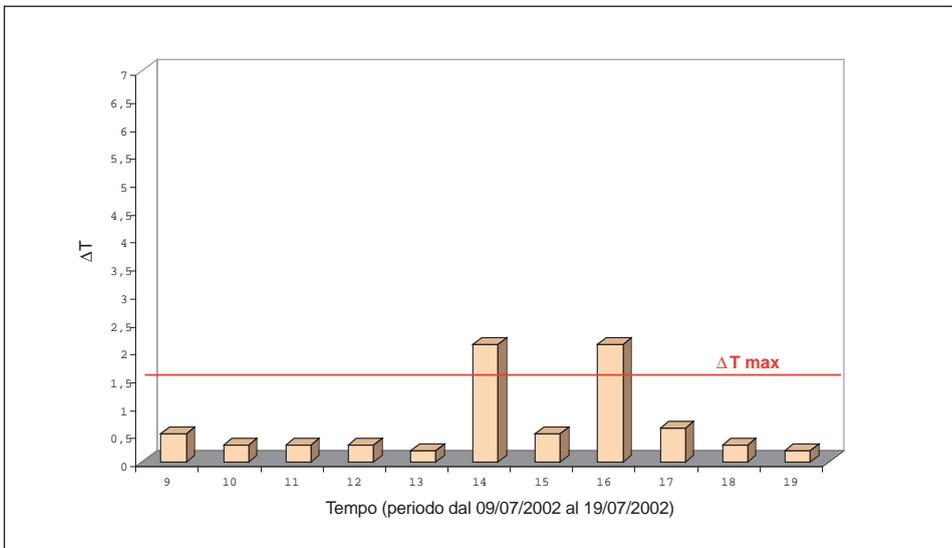


Figura 17. Escursione giornaliera di Temperatura in confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

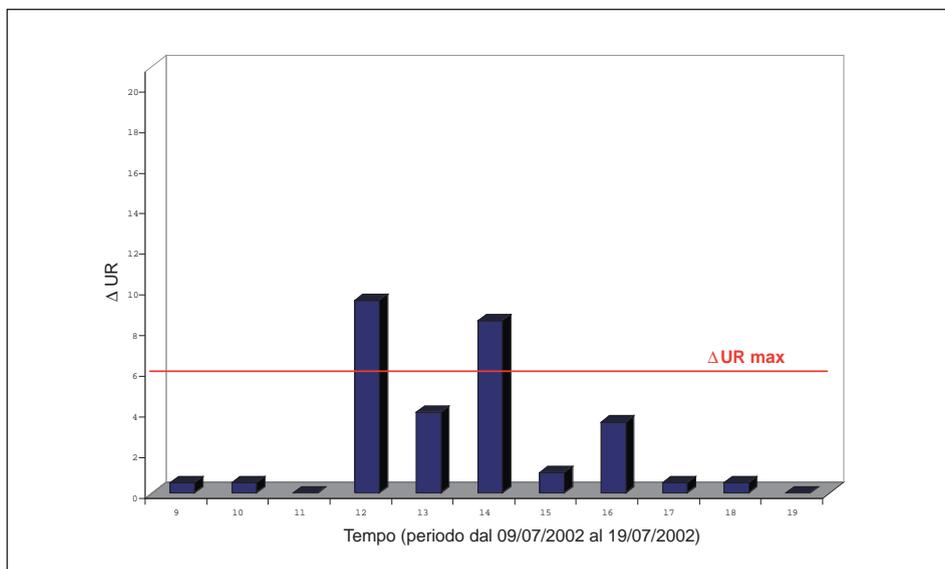


Figura 18. Escursione giornaliera di Umidità Relativa in confronto con la massima escursione consentita (6%).

L'escursione giornaliera di temperatura è sempre inferiore al valore massimo di 1,5°C, a parte i giorni 14 e 16 nei quali l'entità arriva a 2,1°C (fig. 17).

La variazione di umidità relativa supera il 6% nei giorni 12 e 14 (fig. 18).

➤ 2° Periodo: 9-20 agosto 2002

I valori di temperatura sono sempre al di sopra del limite massimo di 24°C indicato per il materiale pergameneo (fig. 19).

I valori di umidità relativa possono considerarsi accettabili, sebbene molto vicini al limite minimo del 45% (fig. 19).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 20).

La temperatura si mantiene per tutto il mese sui 27°C e le variazioni giornaliere sono sempre al di sotto del 1,5°C (fig. 21).

Nel periodo preso in esame si riscontrano variazioni di umidità relativa sempre inferiori al 6%, assestandosi mediamente intorno al 1,5% (fig. 22).

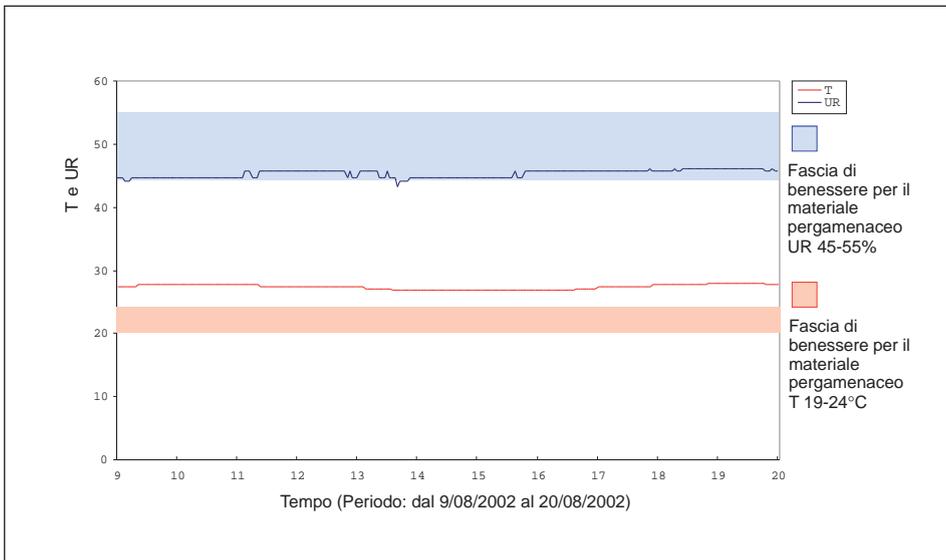


Figura 19. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

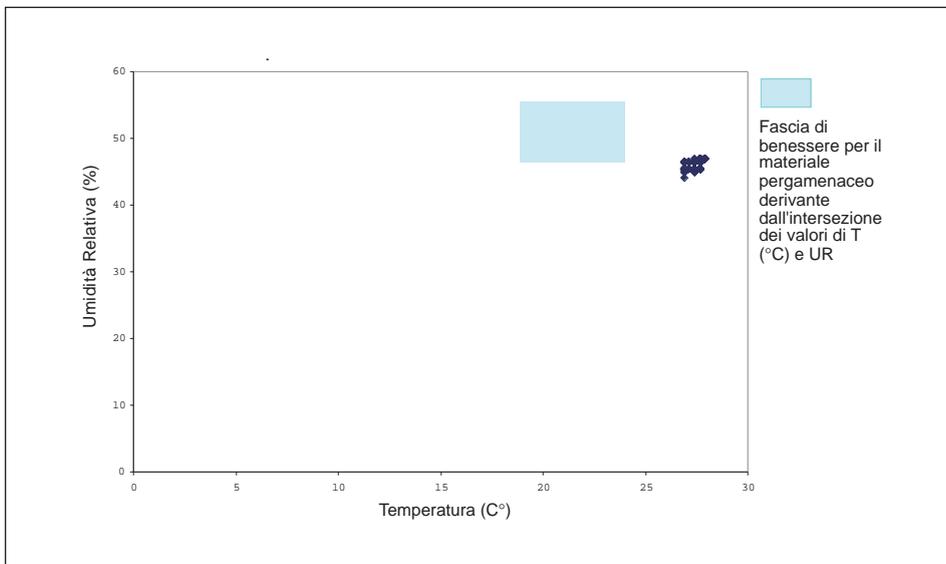


Figura 20. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/08/2002 al 20/08/2002.

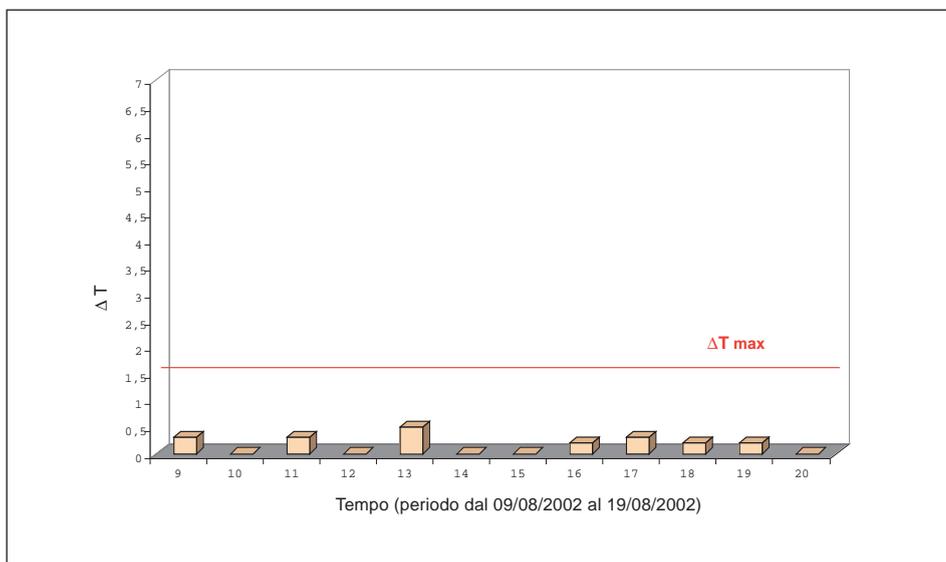


Figura 21. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

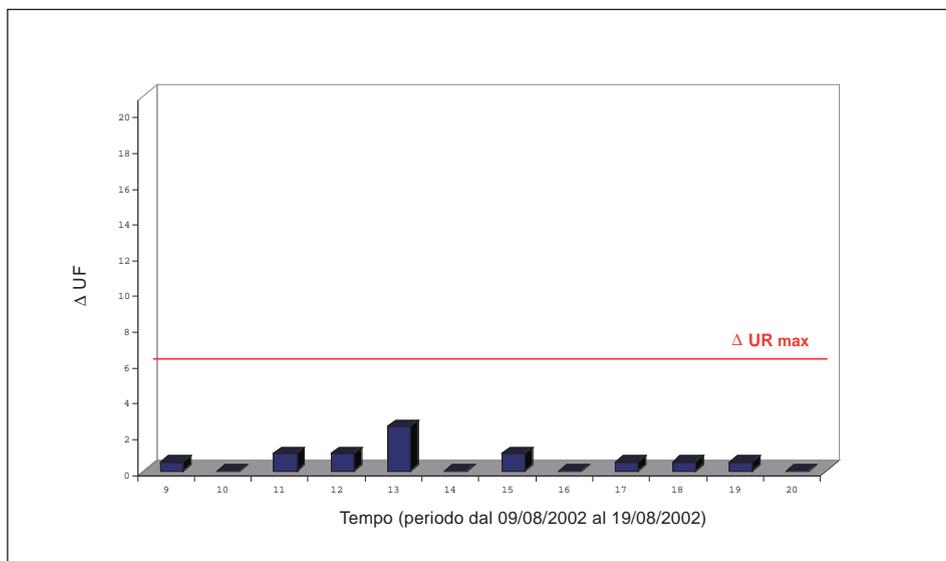


Figura 22. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

► 3° Periodo: 9-20 settembre 2002

I valori di temperatura registrati mostrano una generale tendenza alla diminuzione correlata al raffreddamento climatico tipico della stagione (fig. 23).

Tali valori si mantengono all'interno della fascia di benessere consigliata di 19-24°C sei giorni su undici, mentre superano di 0,2-0,5°C il limite massimo consentito di 24°C dal 9 al 13 (fig. 23).

L'umidità relativa si stabilizza tra 48-50%, entro i valori consigliati (fig. 23).

I valori che si riferiscono agli stati psicrometrici, in parte al di dentro e in parte al di fuori della fascia di benessere, evidenziano quanto sottolineato in precedenza (fig. 24).

L'escursione giornaliera di temperatura (fig. 25) e umidità relativa (fig. 26) è sempre entro le fasce di benessere indicate.

Campagna autunnale 2002

► 1° Periodo: 9-20 ottobre 2002.

I valori di temperatura tendono alla diminuzione seguendo l'andamento generale di raffreddamento del clima tipico del periodo, stabilizzandosi intorno ai 19°C per tutto il mese (fig. 27).

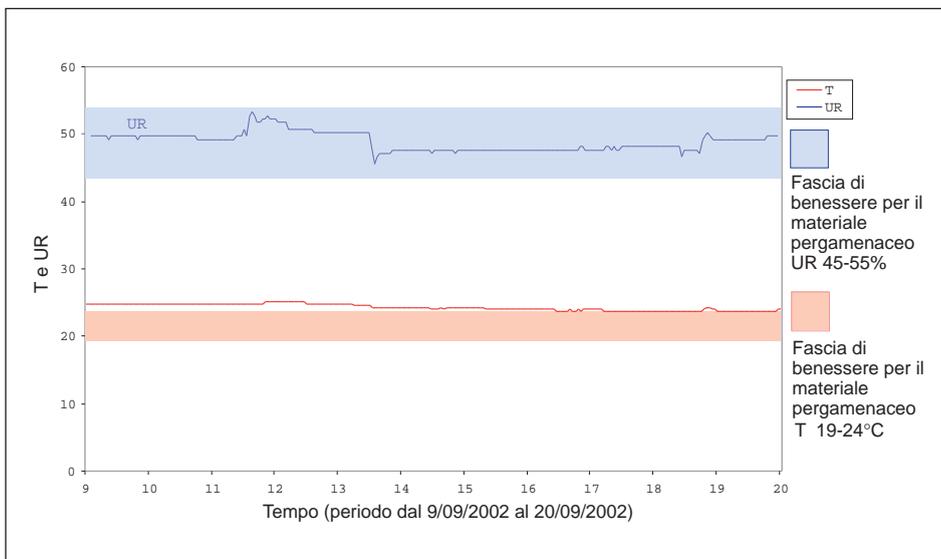


Figura 23. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

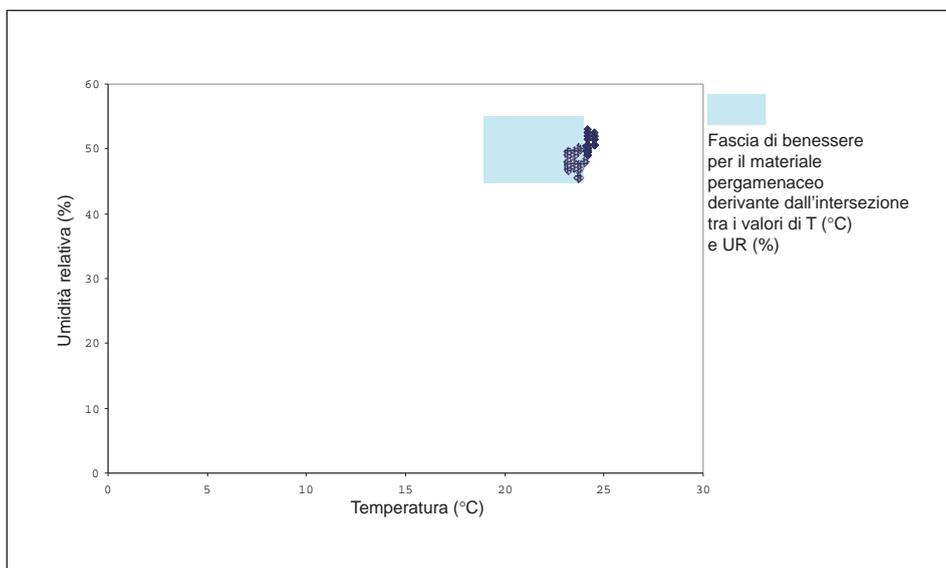


Figura 24. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/09/2002 al 20/09/2002.

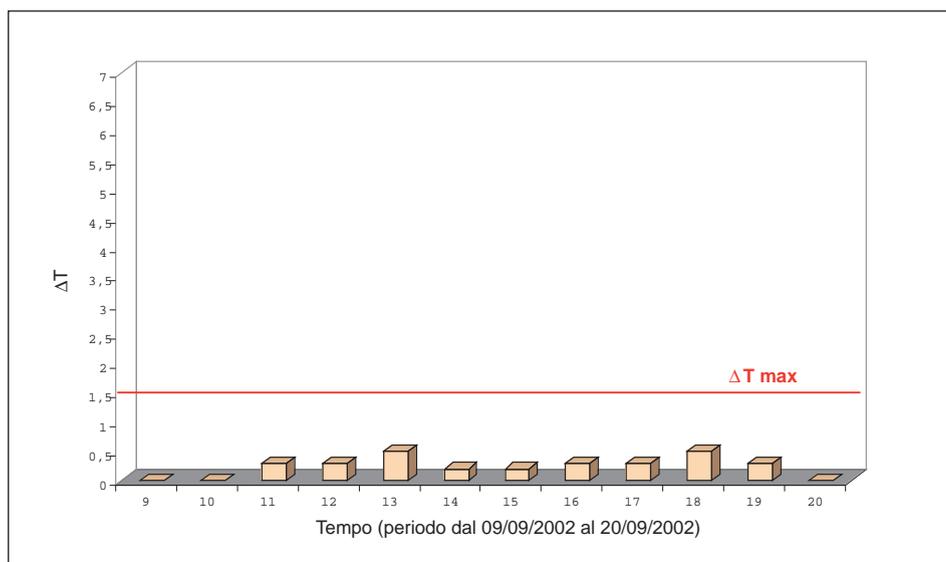


Figura 25. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione stabilita (1,5°C).

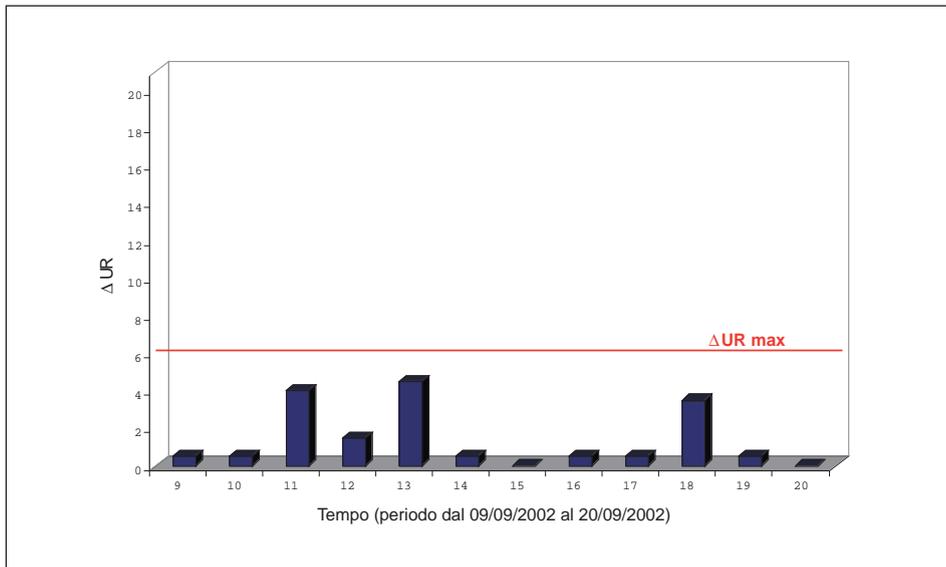


Figura 26. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

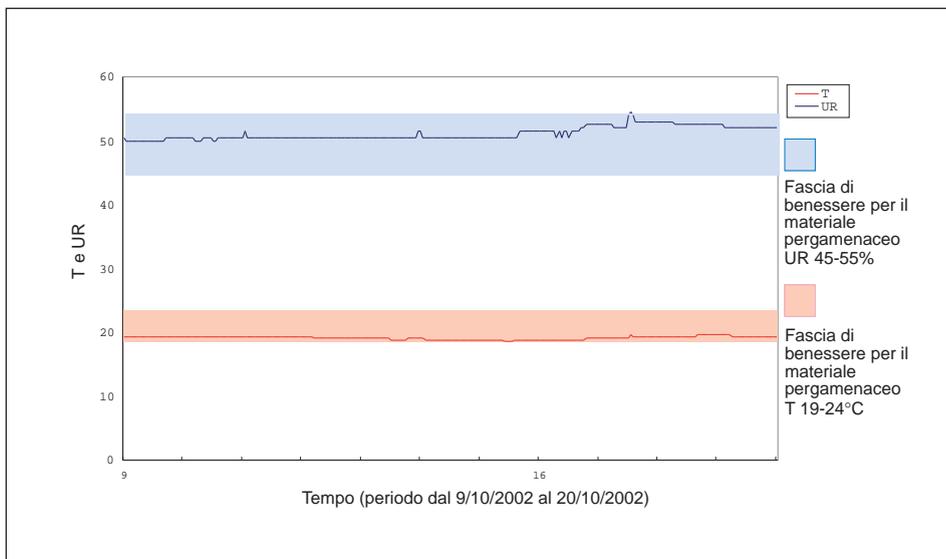


Figura 27. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

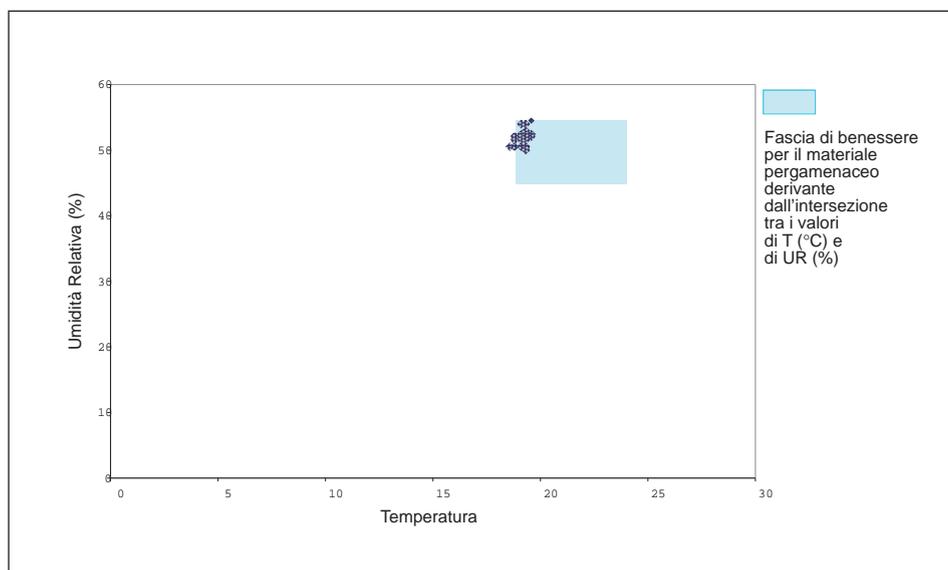


Figura 28. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergameneo. Periodo dal 9/10/2002 al 20/10/2002.

I valori si mantengono vicino al limite minimo consigliato di 19°C superandolo, seppur di poco (18,6°C), in tre giorni (dal 14 al 16) sugli undici presi in esame (fig. 27).

I valori di umidità relativa registrati si presentano sempre entro la fascia di benessere (45-55%), mentre la variazione giornaliera non supera mai il 6% consigliato (fig. 27)

I valori che si riferiscono agli stati psicrometrici sono in gran parte all'interno della fascia di benessere consigliata (fig. 28).

L'escursione giornaliera di temperatura è sempre al di sotto di 1,5°C, limite massimo consentito (fig. 29) e l'escursione giornaliera di umidità relativa è sempre al di sotto del limite massimo consentito (fig. 30).

► 2° Periodo: 9-20 novembre 2002.

La temperatura diminuisce ulteriormente, raggiungendo valori sempre inferiori al limite minimo indicato di 19°C, salvo l'ultimo giorno di novembre in cui si assesta sui 19°C circa (fig. 31).

L'umidità relativa rientra nei limiti consigliati tra 45-55% (fig. 31).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono per la maggior parte al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 32).

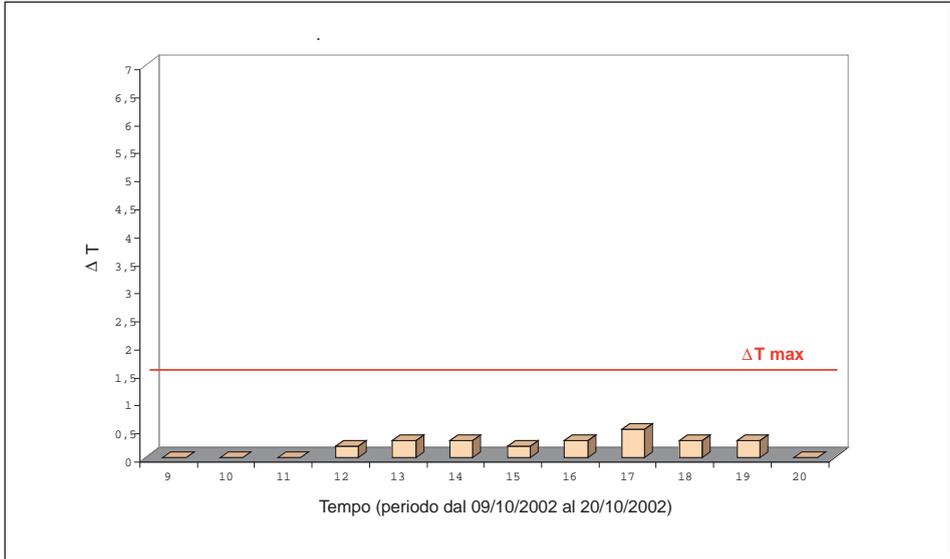


Figura 29. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

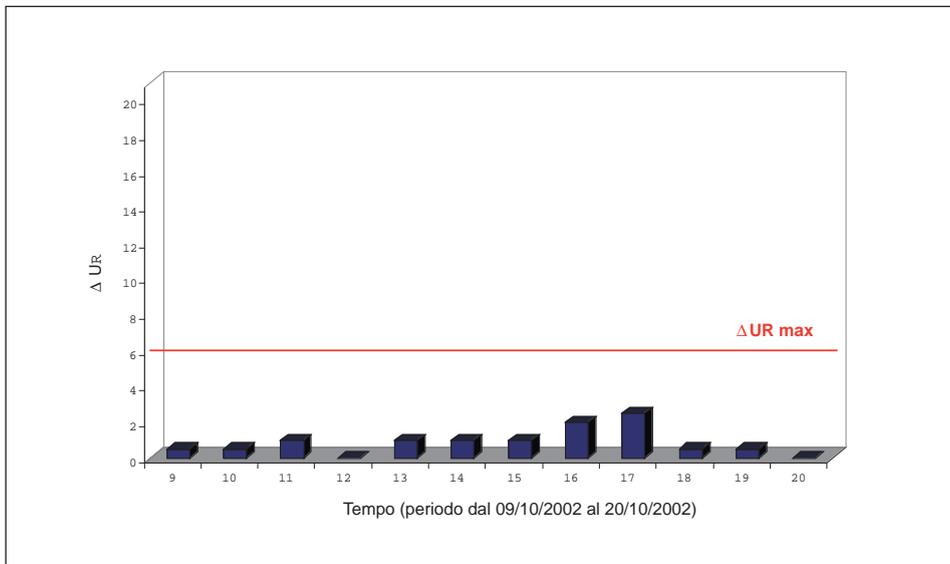


Figura 30. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

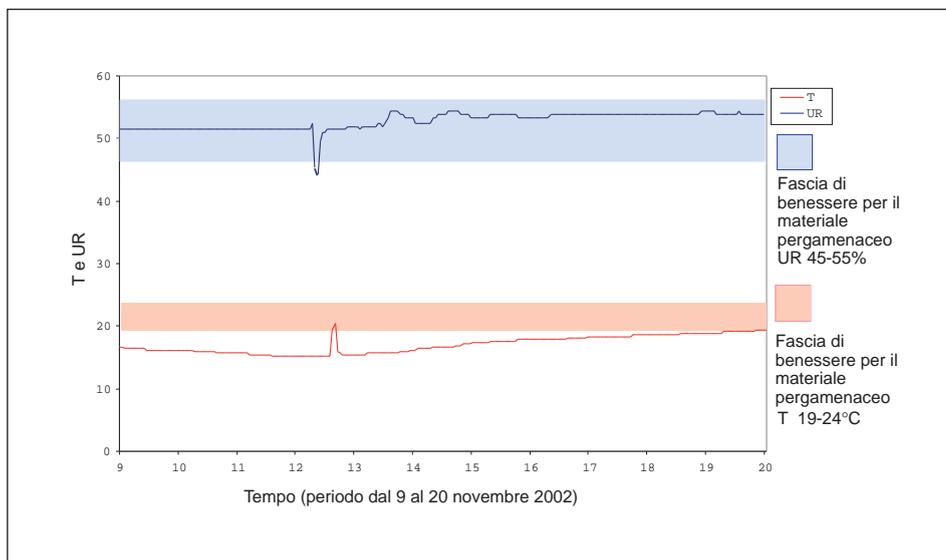


Figura 31. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

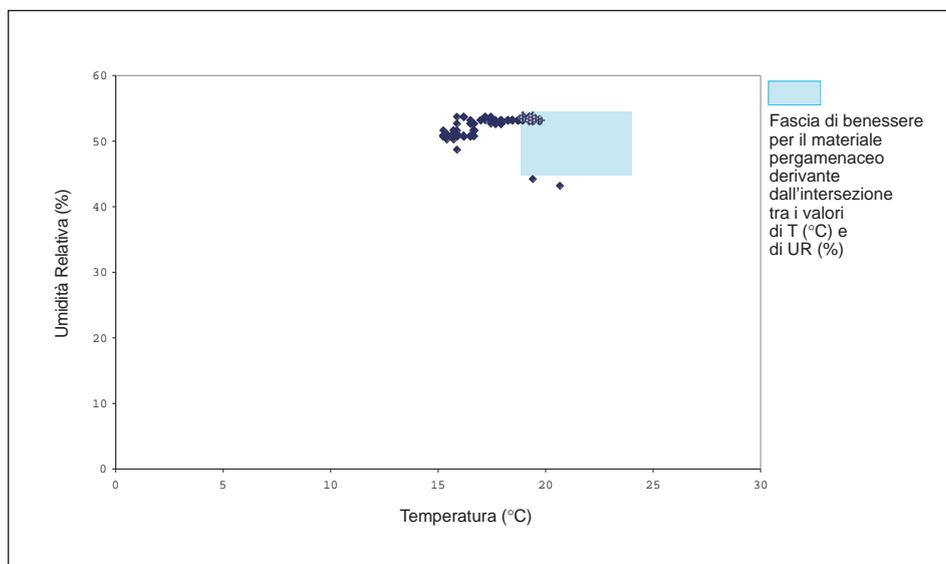


Figura 32. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/11/2002 al 20/11/2002.

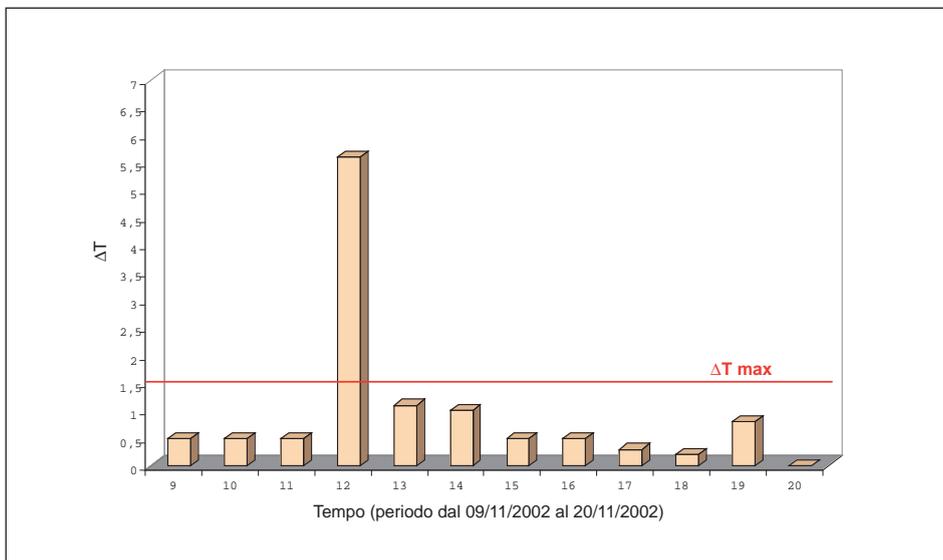


Figura 33. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

L'escursione giornaliera di temperatura (fig. 33) e umidità relativa (fig. 34) si presenta entro le fasce di benessere, salvo il giorno 12 in cui si registra un aumento di temperatura pari a 5,6°C e una differenza di umidità relativa di 8,5% contro i limiti massimi di variazione consentiti dalla normativa, di 1,5°C e 6%.

► 3° Periodo: 7-18 dicembre 2002.

Nel 3° periodo, i valori di temperatura registrati diminuiscono seguendo l'andamento climatico generale stagionale, risultando sempre al di sotto del limite minimo di 19°C (fig. 35).

L'umidità relativa rientra, salvo due picchi nei giorni 10 e 11, nei valori consigliati di 45-55% (fig. 35).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 36).

L'escursione giornaliera di temperatura è sempre entro il limite massimo consentito di 1,5°C, salvo il giorno 11 in cui si registra una variazione di 2,8°C (fig. 37) e a cui corrisponde una differenza di umidità relativa di 20,5%, superando di molto il limite massimo consentito del 6% (fig. 38).

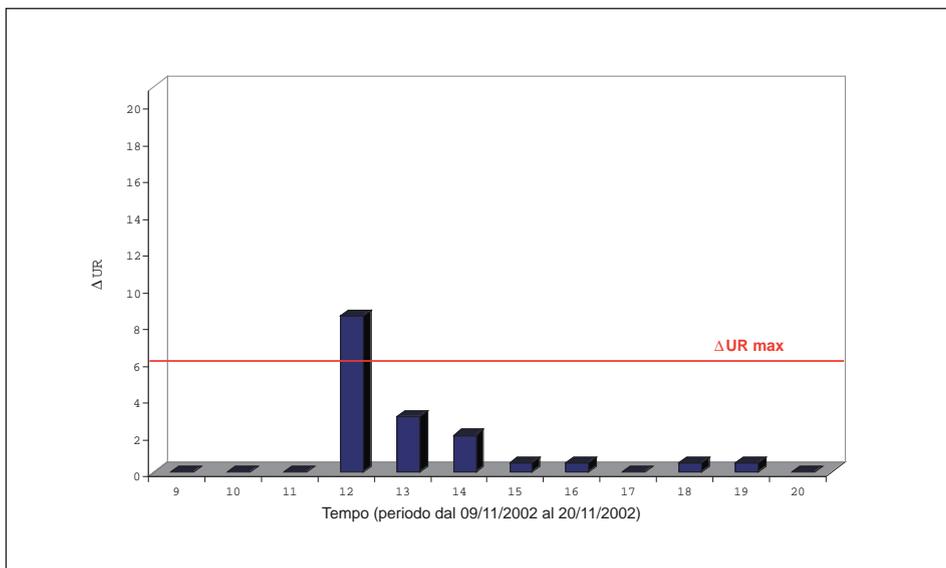


Figura 34. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

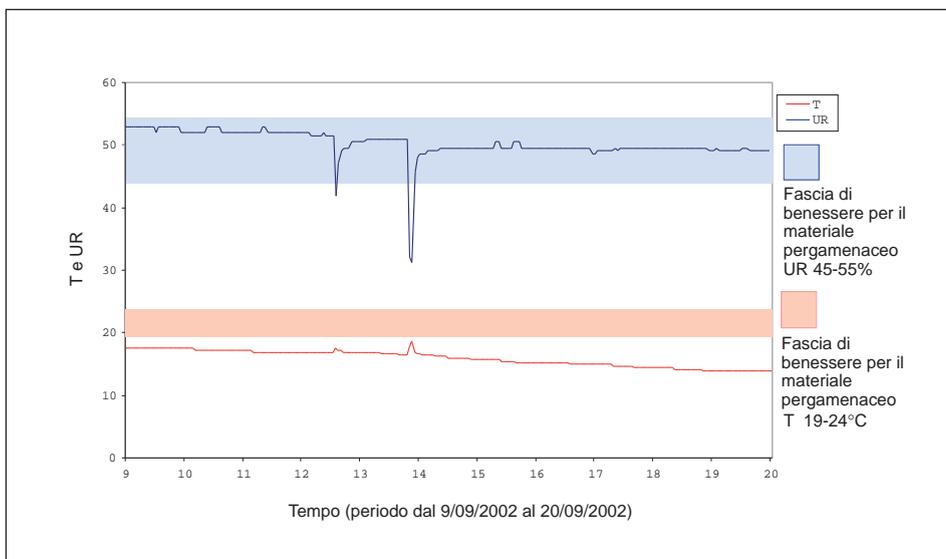


Figura 35. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

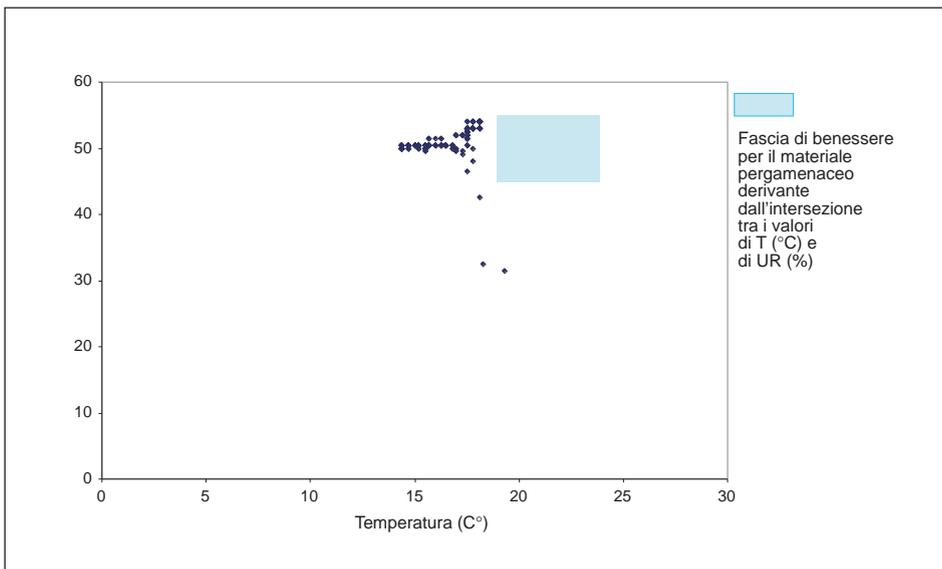


Figura 36. Stati psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 07/12/2002 al 18/12/2002.

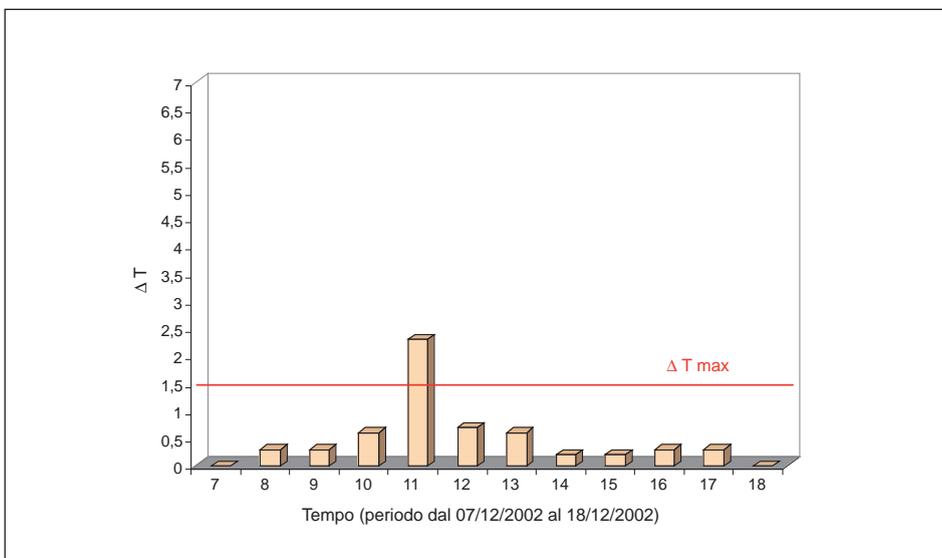


Figura 37. Escursione giornaliera di Temperatura a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

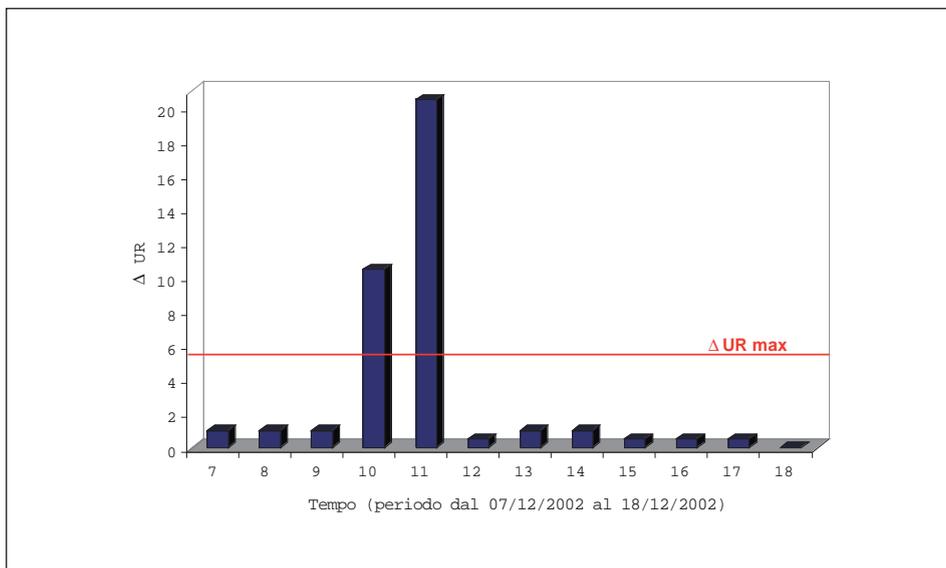


Figura 38. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

Nei restanti giorni del mese la variazione di umidità relativa ha un'entità che rientra nei parametri consigliati, ad eccezione del giorno 10 in cui si registra una variazione pari all'11% (fig. 38).

Campagna invernale 2003

► 1° Periodo: 9-20 gennaio 2003.

In questo periodo la temperatura è sempre inferiore ai 19°C, limite minimo consentito per il materiale pergamenaceo (fig. 39).

I valori di umidità relativa registrati rientrano nella fascia di benessere indicata (45-55% UR), salvo nei giorni 15 e 16 in cui raggiungono valori pari al 30,5% (fig. 39).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 40).

L'escursione giornaliera di temperatura supera il limite massimo consentito di 1,5 °C il 15 e il 16 gennaio, toccando rispettivamente i 6,2°C e 6,4°C (fig. 41).

La variazione di umidità relativa supera di molto il valore massimo consigliato del 6% il 15 gennaio (21%) e il 16 (17,5%) (fig. 42).

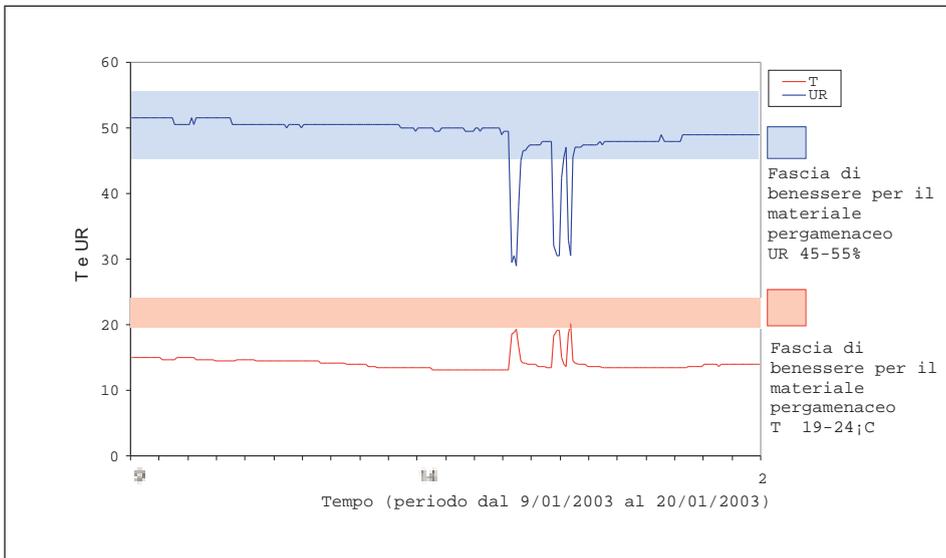


Figura 39. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

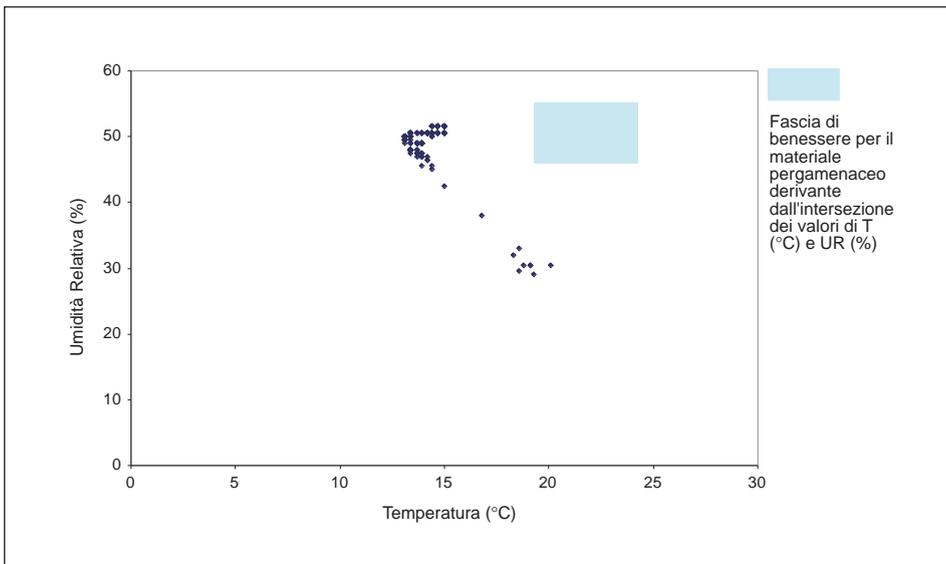


Figura 40. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/08/2002 al 20/08/2002.

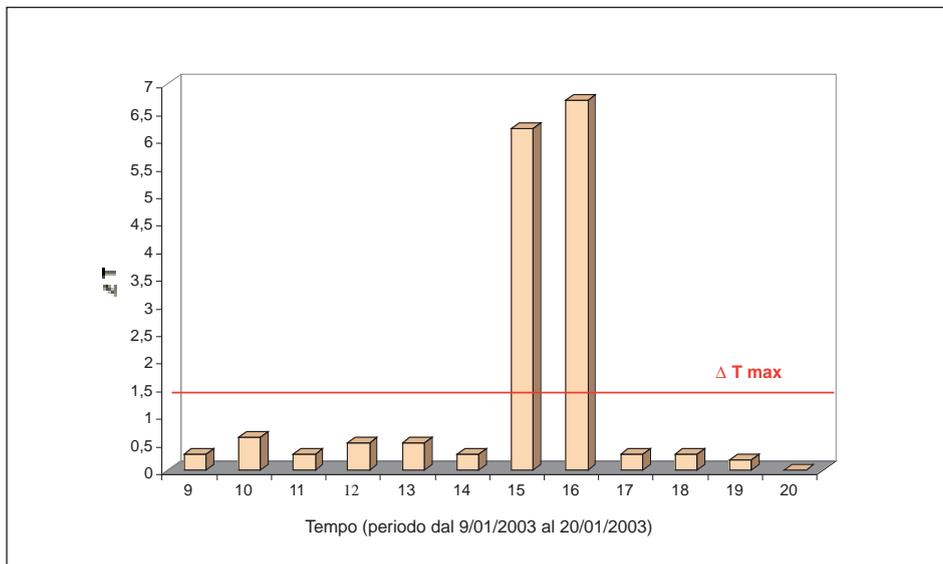


Figura 41. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 9/08/2002 al 20/08/2002.

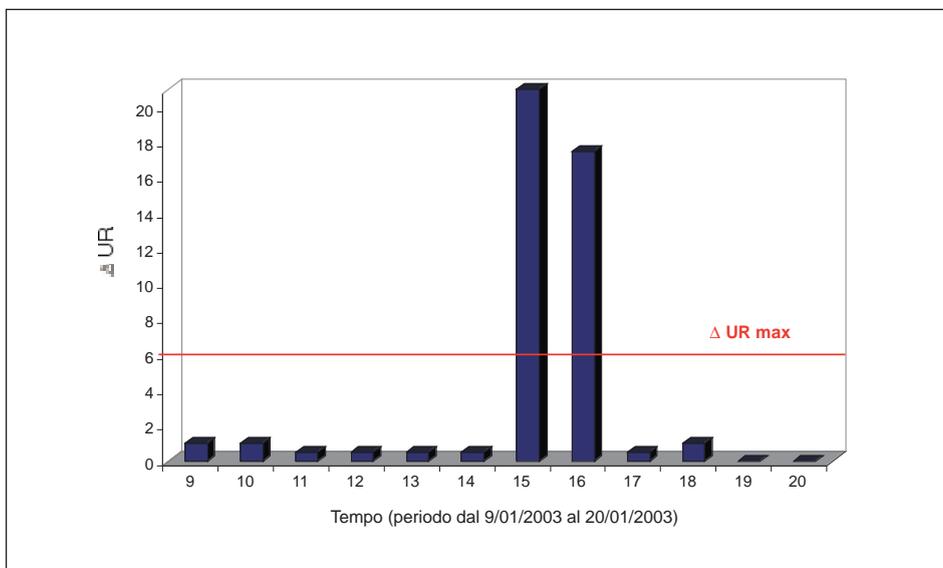


Figura 42. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

► 2° Periodo: 7-18 febbraio 2003

I valori di temperatura registrati in questo periodo sono al di sotto del limite inferiore di 19°C indicato dalla Normativa, ad eccezione del giorno 11, in cui si raggiungono i 20,9°C, e del giorno 12, in cui si sfiorano i 20,6°C (fig. 43).

I valori di umidità relativa sono al limite inferiore della fascia di benessere di 45-55% fino all'11 febbraio, giorno a partire dal quale si registrano valori al di sotto del minimo consentito (fig. 43).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono decisamente al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 44).

L'escursione giornaliera di temperatura supera 1,5°C, variazione massima consentita, i giorni 7, 11, 12, 13, 17 (fig. 45), negli stessi giorni cioè in cui l'umidità relativa oltrepassa il 6% (fig. 46).

È molto probabile che in queste giornate le variazioni di umidità relativa e temperatura siano relazionate all'esposizione del codice al pubblico.

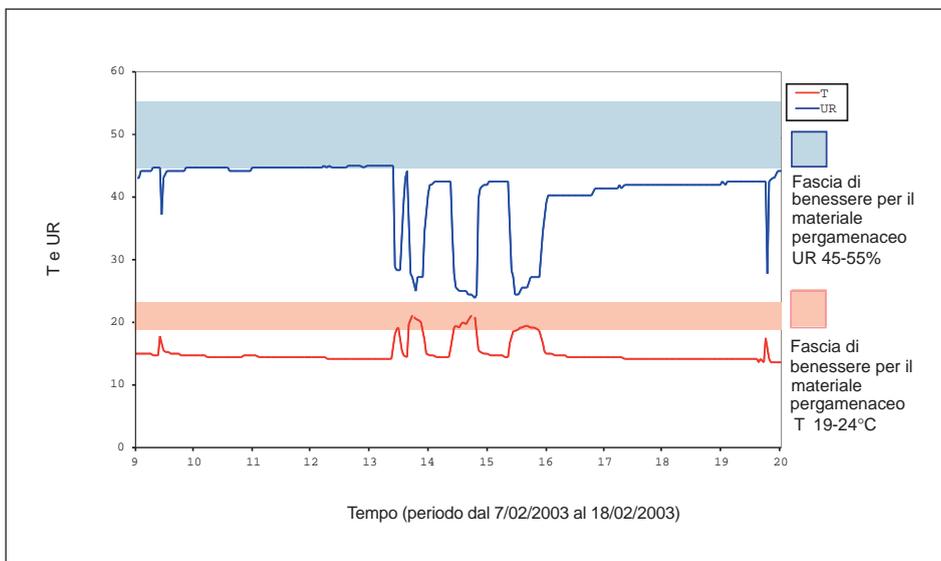


Figura 43. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per il materiale pergamenaceo.

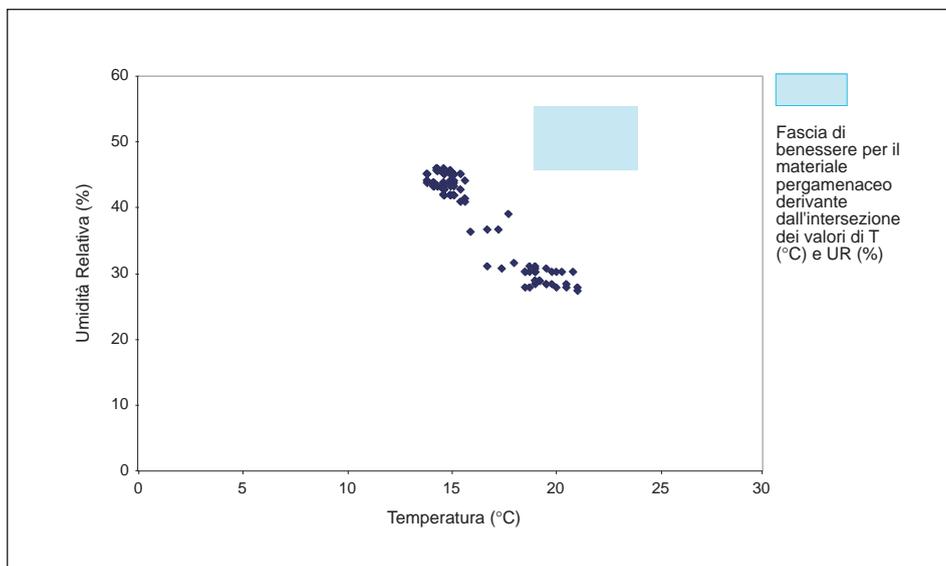


Figura 44. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 7/02/2003 al 18/02/2003.

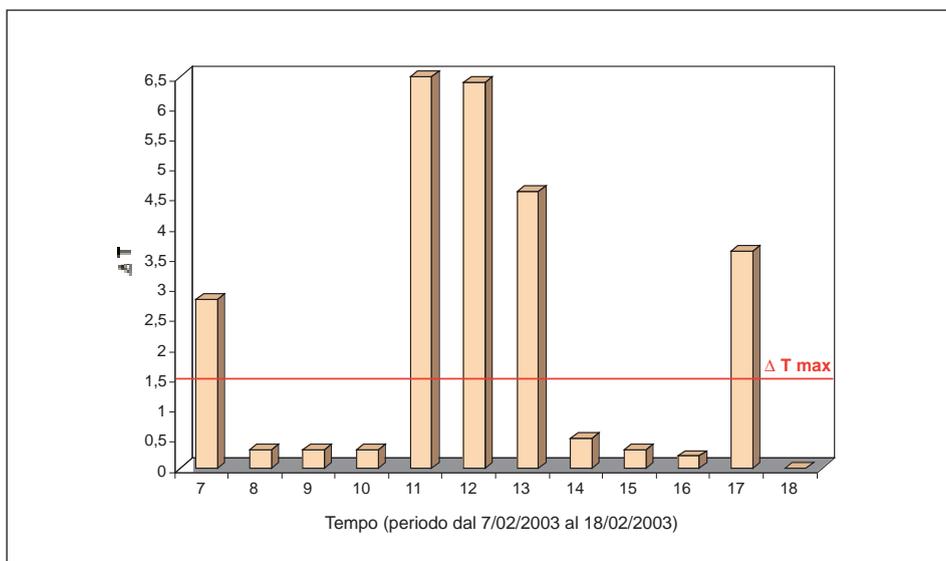


Figura 45. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

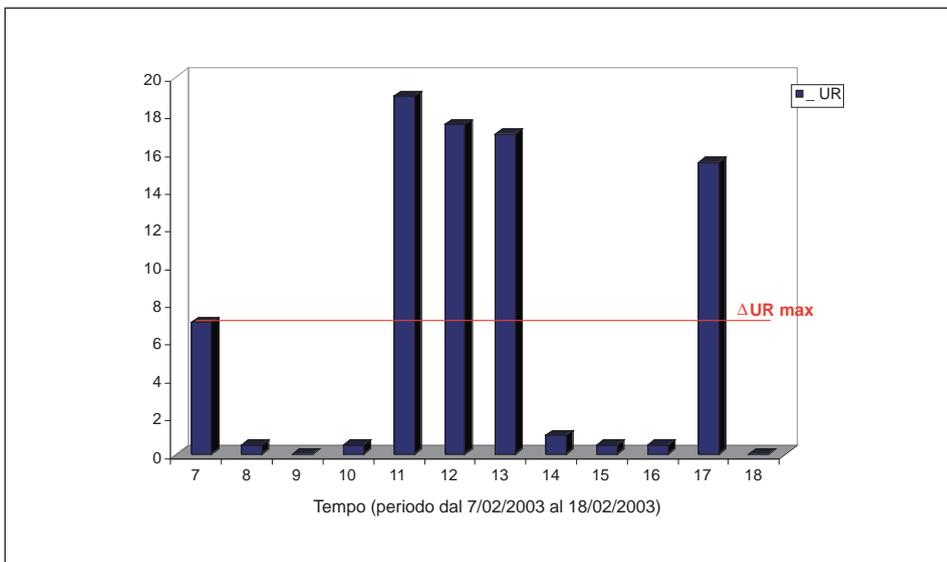


Figura 46. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6°C).

Campagna primaverile 2003

➤ 1° Periodo: 15-24 marzo 2003.

Durante questo periodo i valori di temperatura sono sempre al di sotto del limite inferiore consigliato di 19°C (fig. 47).

Anche i valori di umidità relativa risultano inferiori al valore minimo indicato, assestandosi su un valore di 43% (fig. 47).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 48).

L'escursione giornaliera di temperatura (fig. 49) e umidità relativa (fig. 50) non supera mai i parametri consentiti per il materiale pergamenaceo.

➤ 2° Periodo: 18-28 aprile 2003

I valori di temperatura registrati mostrano un generale tendenza all'aumento correlata al riscaldamento climatico tipico della stagione e si mantengono entro la fascia di benessere (fig. 51).

I valori relativi agli stati psicrometrici sono, solo in parte, appena al di fuori dell'area consigliata per la fascia di benessere (fig. 52).

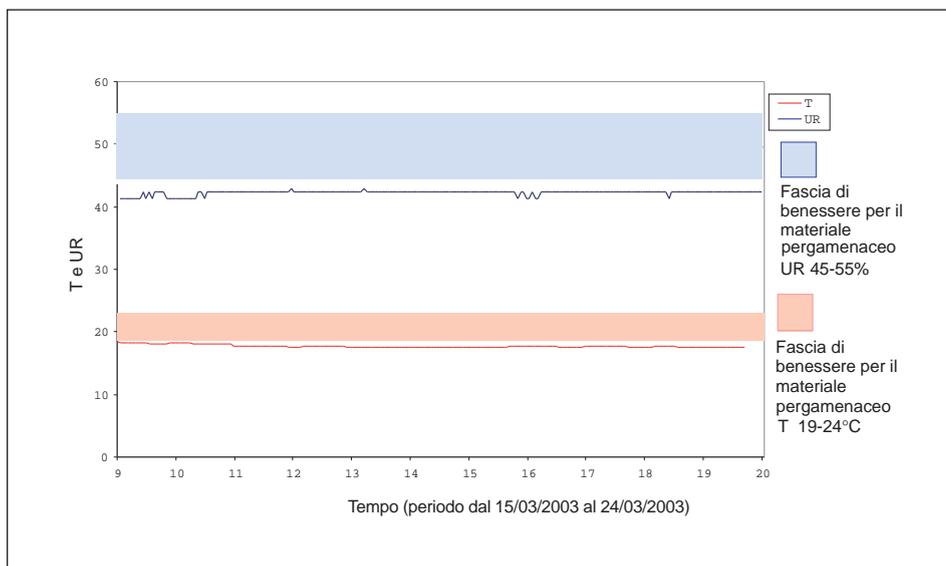


Figura 47. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per materiale pergamenaceo.

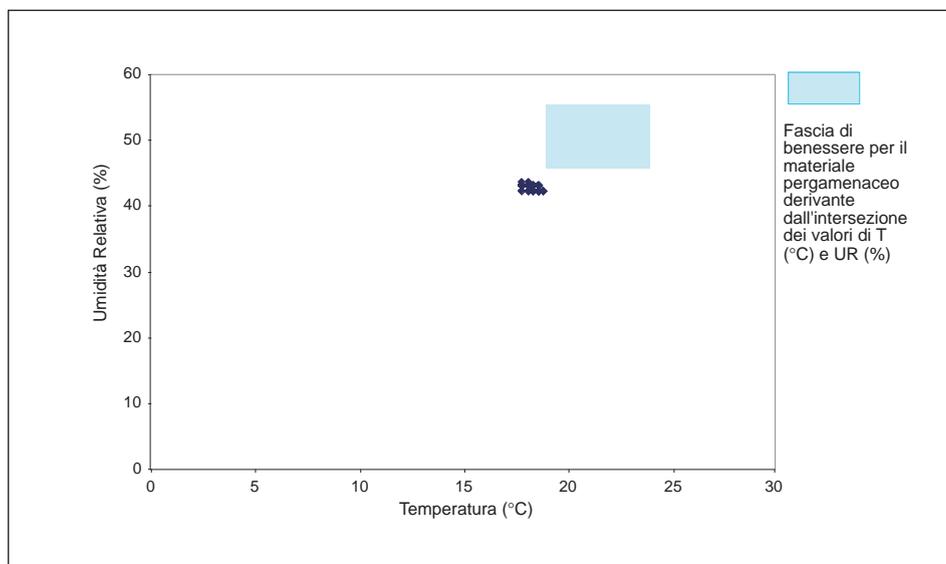


Figura 48. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 15/03/2003 al 24/03/2003.

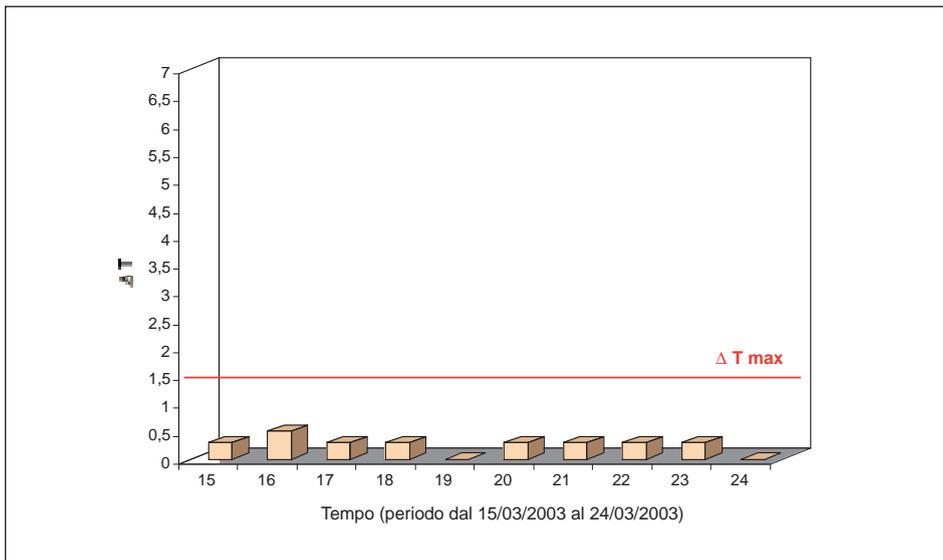


Figura 49. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

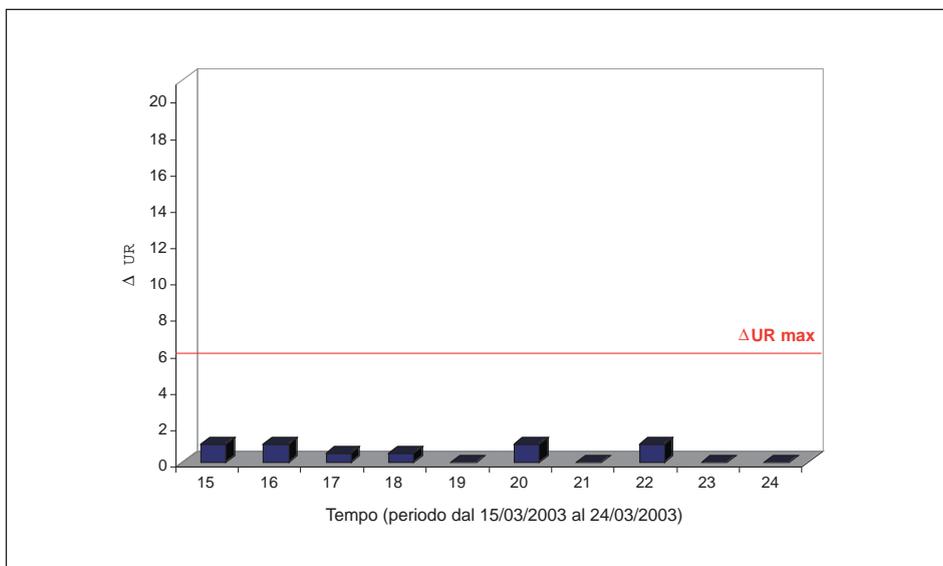


Figura 50. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

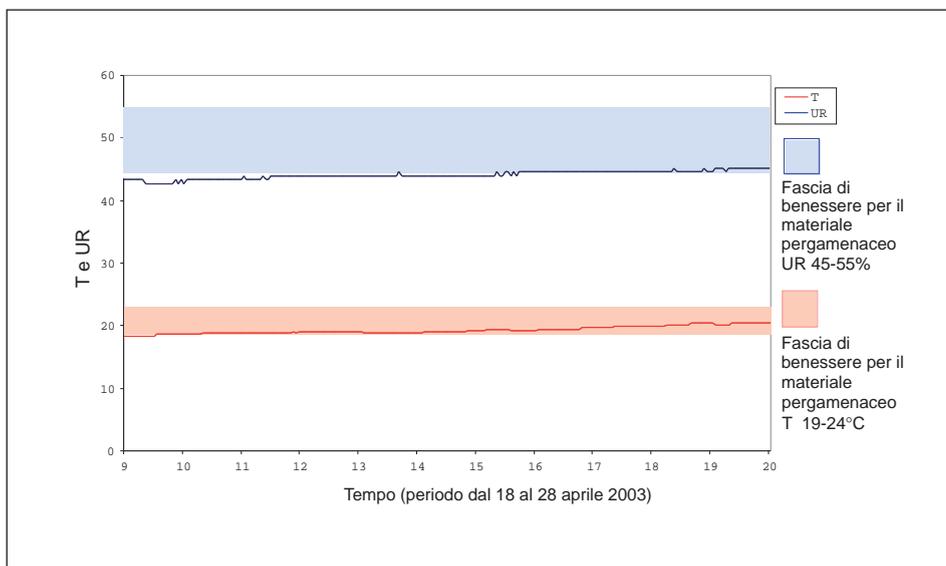


Figura 51. Andamenti di Temperatura e Umidità Relativa e corrispondenti fasce di benessere per materiale pergamenaceo.

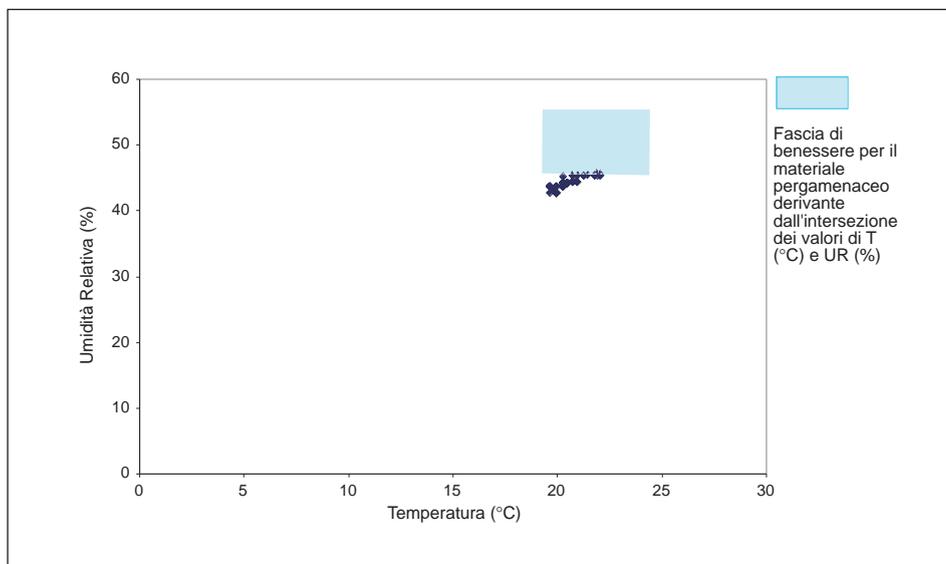


Figura 52. Stati Psicrometrici e fascia di benessere per il materiale pergamenaceo. Periodo dal 18/04/2003 al 28/04/2003.

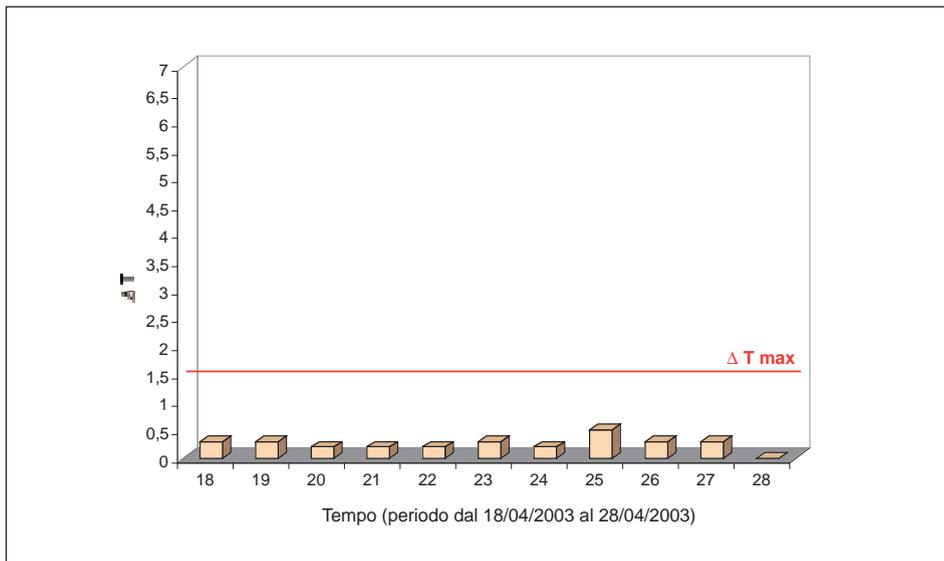


Figura 53. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (1,5°C).

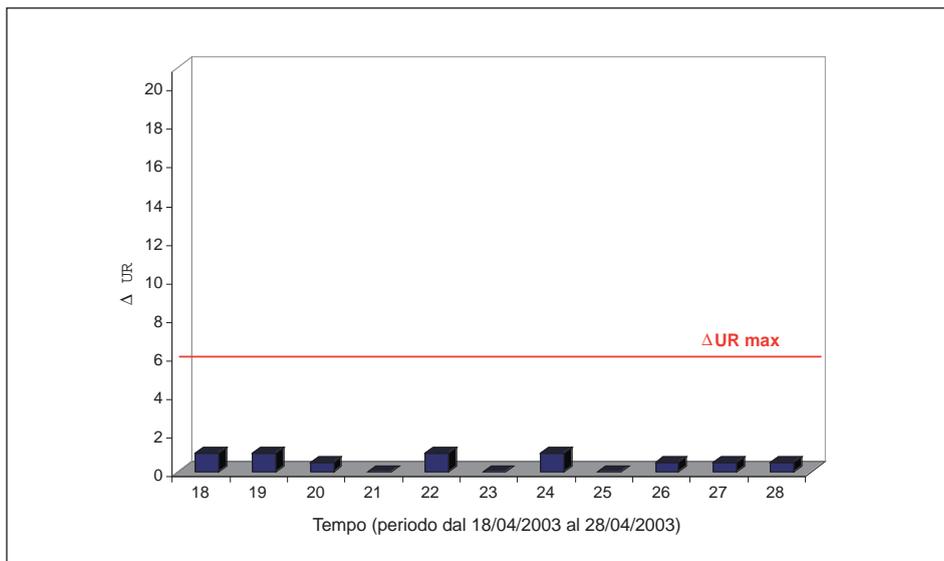


Figura 54. Escursione giornaliera di Umidità Relativa a confronto con la massima escursione consentita (6%).

I valori di umidità relativa sono al di sotto del limite minimo indicato, ad eccezione della seconda parte del mese in cui si stabilizzano sul 45% (fig. 51).

Nel periodo preso in esame si riscontrano variazioni giornaliere di temperatura (fig. 53) e di umidità relativa (fig. 54) sempre inferiori ad 1,5°C e al 6% rispettivamente.

4. Conclusioni

In conclusione, è possibile affermare che lo studio e le ricerche condotte sul Codice dantesco con palinsesto, noto alla comunità scientifica con la sigla *Phillipps 9589*, hanno permesso di fornire importanti indicazioni relative alla conservazione di un'opera di indiscutibile valore, unica nel suo genere.

Le metodologie di indagine diagnostica sono risultate particolarmente utili per mettere in evidenza le zone danneggiate, creando una documentazione su supporto digitale che permette uno studio accurato, finalizzato all'individuazione delle cause del degrado e all'eventuale intervento di restauro. In particolare, l'utilizzo del videomicroscopio ad analisi d'immagine ha permesso, grazie alla possibilità di ingrandire notevolmente le porzioni indagate, di acquisire informazioni sul manufatto, riguardanti non solo il suo stato di conservazione, ma anche aspetti storici e tecnici. La tecnica di indagine multispettrale ha contribuito, d'altra parte, alla lettura ed all'interpretazione della *scriptio inferior*. La spettroscopia di fluorescenza di raggi X ha consentito l'identificazione di elementi chimici la cui presenza, interpretata attraverso le informazioni ricavate dalle fonti storico-artistiche, ha portato alla individuazione di pigmenti, di inchiostri e dei tipi di doratura.

I risultati ottenuti dalle indagini sull'ambiente di conservazione denotano condizioni microclimatiche inadatte ad una corretta conservazione del manufatto, come chiaramente evidenziato dai diagrammi relativi agli stati psicrometrici dei diversi periodi. In particolare, l'ambiente in cui è collocato il manoscritto – una cassaforte ermeticamente chiusa da cui il manufatto viene estratto a richiesta di studiosi per consultazione ed analisi - presenta un buon grado di isolamento dall'ambiente esterno. Ciò è evidente dalla scarsa entità delle escursioni giornaliere di temperatura ed umidità, che superano i valori indicati in occasione, presumibilmente, dei prelievi del documento dalla cassaforte.

Nonostante le buone condizioni di isolamento dell'ambiente di collocazione del manufatto, esso risente delle escursioni stagionali esterne dei valori termogrometrici. Così, nelle stagioni più miti, come autunno e primavera, i valori termogrometrici rimangono quasi costantemente all'interno delle fasce di benessere, mentre quando le condizioni esterne sono più estreme, cioè in inverno ed in estate, i valori di temperatura ed umidità non si presentano idonei alla conservazione del manoscritto pergameneo.

Ringraziamenti

Si desidera rivolgere un sentito ringraziamento al Direttore del Centro Dantesco Frà Maurizio Bazzoni per la collaborazione in disponibilità e competenza fornite durante l'intero svolgimento della ricerca.

Bibliografia

- [1] LORUSSO S. 2004 luglio, *Sulla conoscenza dei supporti materici e sullo stato di conservazione del Codice Dantesco Phillipps 9589*, Relazione relativa al contratto di collaborazione fra il Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali – Alma Mater Studiorum Università di Bologna (sede di Ravenna) ed il Centro Dantesco dei Frati Minori Conventuali di Ravenna.
- [2] LORUSSO S. 2002, *La diagnostica per il controllo del sistema manufatto-ambiente*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [3] LORUSSO S. 2001, *Le metodologie scientifiche per lo studio dei beni culturali*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [4] LORUSSO S. 1995, *La contaminazione ambientale ed il degrado dei materiali di interesse storico-artistico*, Roma, Bulzoni Editore.
- [5] LORUSSO S., PRESTILEO F., GENTILE M.T., NATALI A. 2003, *Aspetti storici e indagini diagnostiche dei codici delle cronache veneziane inedite*, Atti della Conferenza Nazionale sulle Prove non Distruttive. Monitoraggio Diagnostica, 10° Congresso Nazionale, Ravenna, 2-4 aprile.
- [6] CARILE A., NANETTI A., LORUSSO S., PRESTILEO F., GENTILE M.T., NATALI A. 2003, *L'histoire et le diagnostic des manuscrits inedits de Ravenne et Venise (VIe-XIXe s.)*, Archéométrié, Bordeaux, Pessac, Talence, 16-19 avril.
- [7] LORUSSO S. 2001, *L'ambiente di conservazione dei beni culturali*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [8] MARABELLI M., LORUSSO S. 1992, *Microclima e inquinamento negli ambienti museali*, Biblioteche Oggi, 5, 535-544.
- [9] LORUSSO S., GENOVA M., MAZZEO R. 1996, *Il controllo dell'aria negli ambienti confinati musei e biblioteche*, L'Ambiente, 4, 37-40.
- [10] LORUSSO S., PRESTILEO F., MONCADA LO GIUDICE G. 2000, *Il controllo dell'ambiente per la conservazione dei beni di interesse storico-artistico: alcuni casi di studio. Nota 1: ambienti confinati*, Scienza e Tecnica, 361, 1-4.

[11] LORUSSO S., NATALI A. 2002, *La conservazione dei documenti grafici: alcune considerazioni sui parametri climatici secondo la normativa vigente*, Scienza e Tecnica, 383, 2-7.

Riassunto

La presente ricerca ha come oggetto di studio il Codice Dantesco catalogato presso la Biblioteca del Centro Dantesco dei Frati Minori Conventuali di Ravenna come Manoscritto n. 2 e noto alla comunità scientifica internazionale con la sigla "Phillipps 9589".

In particolare lo studio del Codice ha riguardato gli aspetti di carattere storico-artistico, diagnostico-materico e ambientale, in riferimento alla descrizione analitica e alle tecniche esecutive, alla caratterizzazione dei materiali costituenti e alla valutazione dello stato di conservazione anche in relazione ai parametri microclimatici del suo ambiente di collocazione. A tal riguardo sono state impiegate tecniche diagnostiche che hanno permesso di evidenziare la "scriptio inferior" nonché zone di alterazione-degradazione: ci si prefigge l'intento di creare quindi una documentazione su supporto digitale finalizzata all'individuazione delle cause di degrado e all'eventuale intervento di restauro. Il monitoraggio microclimatico ha infine completato lo studio del sistema: manufatto-ambiente, pervenendo ad una valutazione oggettiva e affidabile della attuale situazione e condizione.

Summary

This research deals with the Dante Code, catalogued at the Library of the Dante Centre of the "Fratelli Minori Conventuali" of Ravenna such as manuscript n. 2 and known to the international scientific community with the code: "Phillipps 9589".

In detail, the study of the Code has taken into consideration the historical-artistic, diagnostic-material and environmental aspects, with reference to the analytics description and to the executive techniques, to the characterization of the constituent materials and to the evaluation of the restoration state in relation to the microclimatic parameters of its environmental collocation. According to this, some diagnostic techniques have been carried out in order to highlight the "scriptio inferior" and to create alteration and degradation areas, therefore the aim of creating a documentation based on a digital support has been expressed, with the purpose of finding out the causes of decay and of a possible work of restoration.

At last, the microclimatic monitoring has completed the analysis of the manuscript-environment system, coming at a reliable and objective evaluation of the current situation and condition.

Résumé

La recherche présente a comme objet d'étude le Code Dantesque catalogué à la Bibliothèque du Centre Dantesque des Frères Mineurs Conventuels de Ravenne comme Manuscrit n. 2 et connu par la communauté scientifique internationale avec le sigle "Phillipps 9589".

En particulier, l'étude du Code a concerné les aspects de caractère historico-artistique, diagnostico-matériel et du milieu, avec référence à la description analytique et aux techniques d'exécution, à la caractérisation des matériaux constitutants et à l'évaluation de l'état de conservation même en relation aux paramètres microclimatiques de son milieu de collocazione. A cet égard ont été employées des techniques diagnostiques qui ont permis de mettre en évidence "scriptio inferior" ainsi que des zones d'altération-dégradation: on se préfixe, donc, le but de créer une documentation sur support numérique finalisée à la localisation des causes de dégradation et à l'éventuelle intervention de restauration. Le monitoring microclimatique a finalement complété l'étude du système: ouvrage-milieu, parvenant à une évaluation objective et fiable de la situation et condition actuelles.

Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Analyse hat als Studienobjekt einen Kodex von Dante Alighieri. Dieser Manuskript befindet sich in der Bibliothek vom Centro Dantesco dei Frati Minori Conventuali von Ravenna und wurde dort als Schrift N. 2 geordnet. Die Welt der Wissenschaft kennt ihn aber als "Phillipps 9589".

Die Studie dieses Kodex wurde auf seine kunsthistorische, diagnosen-materialischen und umfeldbedingten Aspekte gerichtet, die sich auf seine analytische Beschreibung und Verfassungstechnik basieren. Die hier einbegriffenen Materialien und den Erhaltungszustand wurden auch in Anspruch genommen und mit den mikroklimatischen Parametern des Aufstellungsumfeldes des Dokumentes in Verbindung gestellt.

Es wurde hier deswegen eine Diagnosentechnik verwendet, wodurch den "Scripto Inferior" und Teile mit Verfallen- bzw. Degradationserscheinungen wiedererkannt werden konnten.

Zu dieser Hinsicht wird hier vorgeschlagen eine EDV-Dokumentation zu verarbeiten, die zur Wiedererkennung von Verfallensursachen und zur Gestaltung von eventuellen Restaurationsmaßnahmen gezielt ist.

Die mikroklimatische Beobachtung hat dann die Analyse dieses Systems vollendet: Nach der Versammlung von materialisch- und umfeldgerichteten Daten entstand eine sachliche und verlässliche Forschung der heutigen Bedingung und Zustand vom Kodex.

Resumen

Este estudio tiene como objeto el Códice de Dante catalogado en la Biblioteca del Centro Dantesco del Convento de los Frailes menores de Rávena como Manuscrito n. 2, conocido por la comunidad científica internacional con la notación "Phillipps 9589".

En particular, el estudio del Código se ha centrado en los aspectos de carácter histórico-artístico, diagnóstico-matérico y medio-ambiental, en relación con la descripción analítica y las técnicas de realización, la caracterización de los materiales que lo componen y la evaluación del estado de conservación también en relación con los parámetros microclimáticos del lugar en que se conserva. Para ello se han empleado técnicas de diagnóstico que han permitido sacar a la luz la scriptio inferior, así como zonas de alteración-degradación: el esfuerzo que se plantea es crear una documentación sobre soporte digital que apunta a localizar las causas de degradación y las posibilidades de restauración. Por último, el estudio se completa con la monitorización del microclima: objeto manufacturado-medio ambiente, llevando a una evaluación objetiva y fiable de la situación y condiciones actuales.

Резюме

Целью этого исследования является изучение рукописи Данте, хранящейся в библиотеке Центра Данте, которым управляют монахи (frati Minori Conventuali) Равенны. Эта рукопись, зашифрованная как манускрипт №2, известна научной международной общественности под кодом «Phillipps 9589».

В частности, изучение рукописи включало в себя художественно-исторические, диагностические и материальные аспекты. Было проведено аналитическое исследование того, как была написана рукопись, исследованы составляющие рукописи материалы, оценена степень сохранности, с учетом микроклиматических параметров места ее нахождения. С этой целью были использованы диагностические методы, позволившие выявить «scriptio inferior», а также зоны порчи и разрушения. Становится целью, таким образом, создание документов на CD для выявления причин разрушения рукописи и проведения реставрационных работ. Микроклиматический мониторинг завершил изучение рукописи с позиции: производство – окружающая среда, позволив получить объективную и достоверную оценку сегодняшнего состояния этого документа.