



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TOR VERGATA
FACOLTA' DI LETTERE E FILOSOFIA

*Corso di Dottorato di ricerca in Scienze bibliografiche, archivistiche, documentarie e
per la conservazione e restauro di libri e documenti
XXIV ciclo*

La fisica del degrado librario e archivistico: scambi d'acqua e d'energia

Fulvio Mercuri

28 maggio 2009 - ore 9:30

1. Il degrado
2. Scambi d'acqua e d'energia
3. Gli effetti
4. L'impatto diagnostico
5. Conclusioni (IFLA)

1. Il degrado

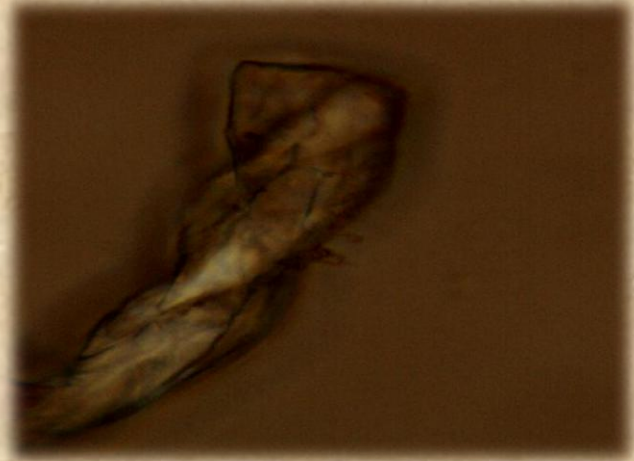
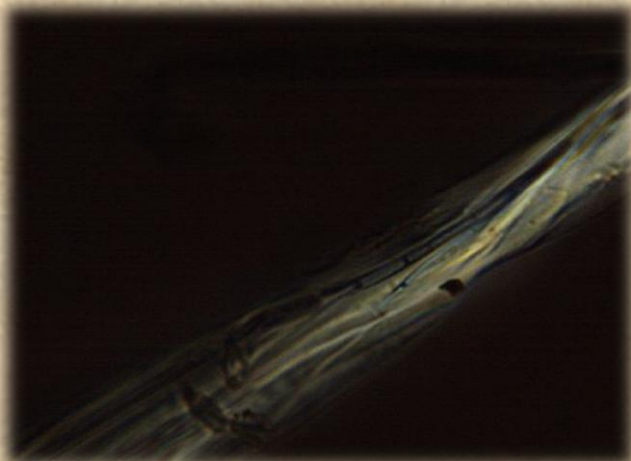
non solo

- alterazioni macroscopiche percepibili per via visuale o tattile



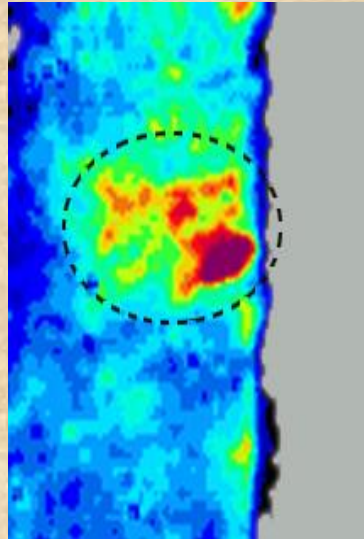
ma anche

- qualsiasi alterazione irreversibile microstrutturale o molecolare dei materiali

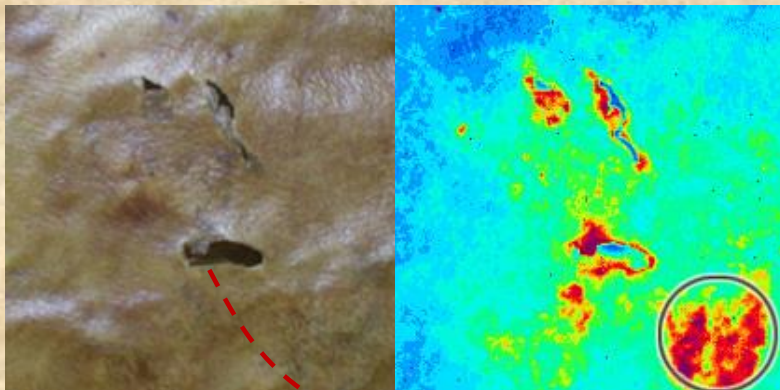


microscopia in luce polarizzata

Analisi scientifica del degrado



termografia



valutazione oggettiva
strumentale dell'integrità
dei materiali



microscopia elettronica

La dinamica del degrado

naturale (invecchiamento)

accelerata / anomala (patologia)

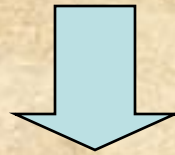
INHOUD.		GENOMEN BES.	
		Dagteekening.	
26 februari 1908.		26 febr.	Op te leg
2			
zekingen met de h-		4 april	Op l
en met de Belgische			

Imaging iperspettrale

INHOUD.		GENOMEN BES.	
		Dagteekening.	
26 februari 1908.		26 febr.	Op te leg
2			
zekingen met de h-		4 april	Op l
en met de Belgische			

Note

- Deterioramento: processo sempre attivo
- Velocità di deterioramento: ambiente, fruizione, ...



Prevenzione: azione continua per rallentare il degrado

Le cause del degrado

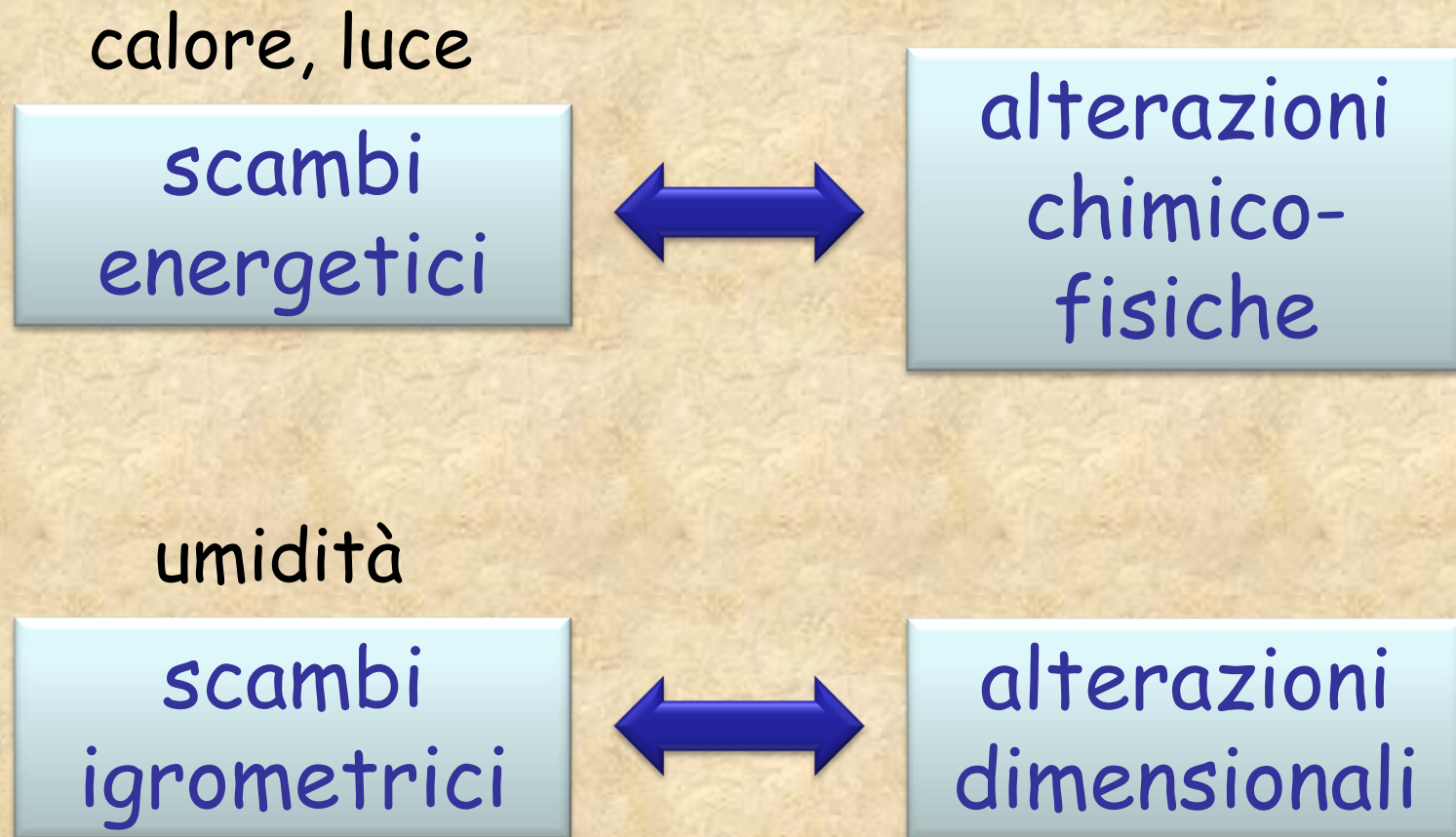
- chimiche
- biologiche
- fisiche tra queste: scambi d'acqua e d'energia



sempre attivi
per interazione con l'ambiente!

NOTA: manufatto-ambiente = sistema unico

2. Scambi d'acqua e d'energia



Fattori di scambio igro-energetico

- stato termico (temperatura T)
- luce (energia $\mathcal{E}$, illuminamento E , ultravioletto UV)
- umidità (umidità relativa UR , contenuto d'acqua U_{CA})

Parametri fisici

- termici

temperatura T ($^{\circ}\text{C}$)

- radiativi

energia $\mathcal{E}$ (J)

illuminamento E (lx)

ultravioletto UV ($\mu\text{W}/\text{lm}$)

- igrometrici

umidità relativa UR (%)

contenuto d'acqua U_{CA} (%)

Nota: I parametri fisici non sono *cause di degrado* !

Attivazione del degrado

Energia scambiata	>	Energia di attivazione
(luce, calore)		(sensibilità del materiale)

Velocità di deterioramento

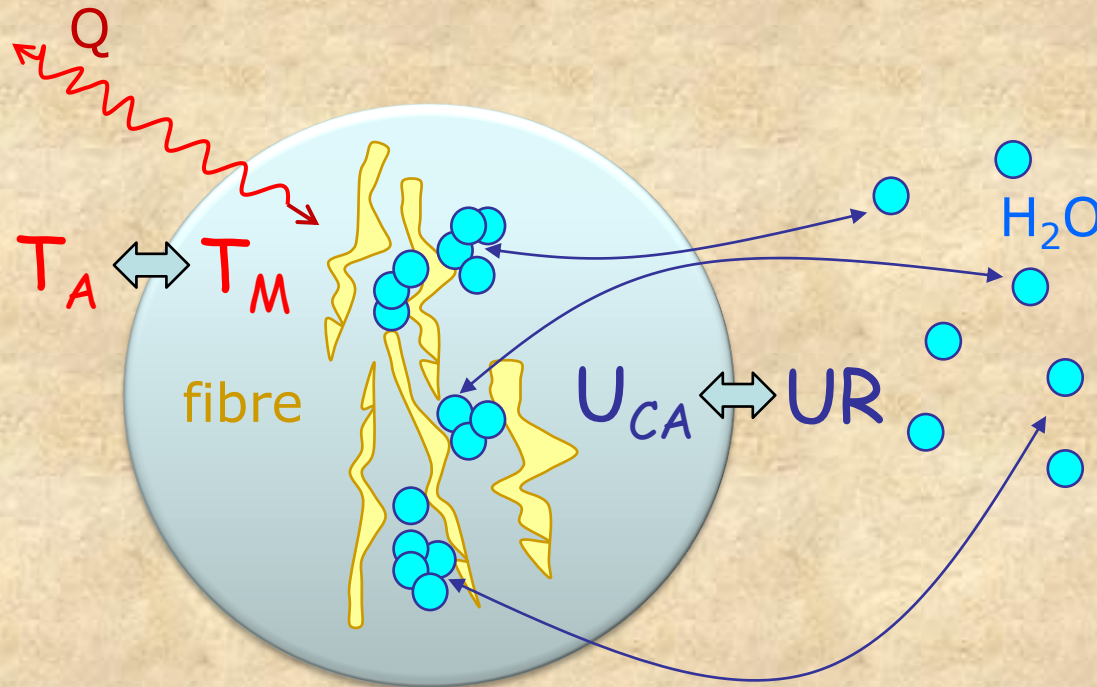
(effetto degli scambi termici e dell'umidità)



es.: **carta** (energia di attivazione: 80 kJ/mol)

Temperature °C	Relative Humidity (%)				
	25	30	40	50	75
60	28.00	33.00	44.00	55.00	83.00
55	17.00	21.00	28.00	35.00	52.00
50	11.00	13.00	17.00	22.00	33.00
45	6.60	8.00	11.00	13.00	20.00
40	4.00	4.80	6.40	8.00	12.00
35	2.40	2.90	3.80	4.80	7.10
30	1.40	1.70	2.20	2.80	4.20
25	0.80	0.90	1.30	1.60	2.40
21	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50
20	0.45	0.53	0.71	0.89	1.30
18.3	0.37	0.44	0.58	0.73	1.10
15	0.25	0.29	0.39	0.49	0.74
10	0.13	0.16	0.21	0.26	0.39
5	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21
0	-	-	-	0.07	-
-18	-	-	-	0.005	-

Equilibrio igrotermico



NOTA: equilibrio dinamico → scambi sempre attivi !
(invecchiamento naturale)

Energia luminosa

Nota: Energia del fotone: $E \sim 1/\lambda$

1. quantità di luce

2. tipo di luce (λ)



degrado

Fruizione: energia utile e non

QUANTITA'

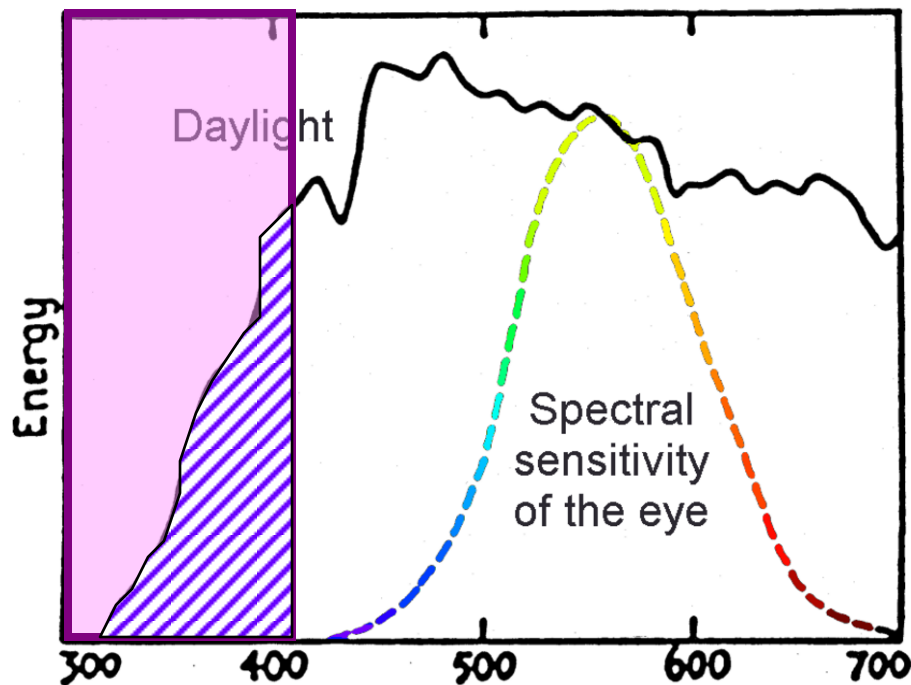
- Illuminamento

$E \text{ [lx]}$

QUALITA'

- Componente ultravioletta

$UV \text{ [}\mu\text{W/lm]}$



Luce naturale (da evitare)

Wavelength nm	Relative damage arbitrary scale
546	1
436	22
405	60
389	90
365	135

Thus, damage to paper by exposure to light could be reduced to a low level by the use of a filter that excludes wavelengths shorter than about 415 nm.

Radiazioni UV



deterioramento 100
volte superiore a quello
con luce gialla!





Sinergia fototermica

quale temperatura nella teca?

Temperature °C	Relative Humidity (%)				
	25	30	40	50	75
60	28.00	33.00	44.00	55.00	83.00
55	17.00	21.00	28.00	35.00	52.00
50	11.00	13.00	17.00	22.00	33.00
45	6.60	8.00	11.00	13.00	20.00
40	4.00	4.80	6.40	8.00	12.00
35	2.40	2.90	3.80	4.80	7.10
30	1.40	1.70	2.20	2.80	4.20
25	0.80	0.90	1.30	1.60	2.40
21	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50
20	0.45	0.53	0.71	0.89	1.30
18.3	0.37	0.44	0.58	0.73	1.10
15	0.25	0.29	0.39	0.49	0.74
10	0.13	0.16	0.21	0.26	0.39
5	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21
0	-	-	-	0.07	-
-18	-	-	-	0.005	-

Nella teca: $T = 60^{\circ}\text{C}$



deterioramento 55
volte superiore a
quello naturale !



3. *Gli effetti*

Alterazioni cromatiche

Luce (calore/umidità) → sbiadimento, ingiallimento...

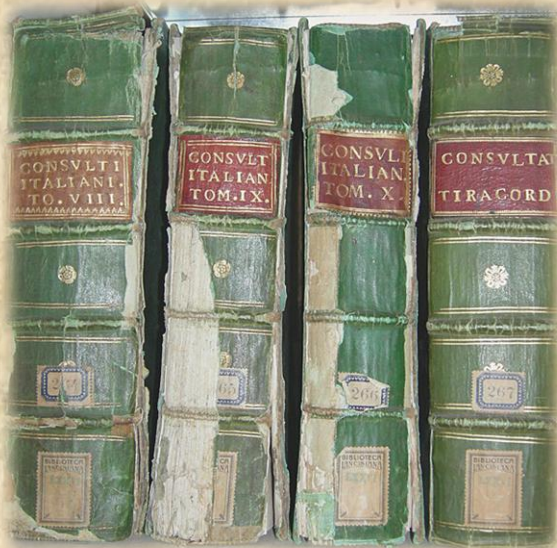


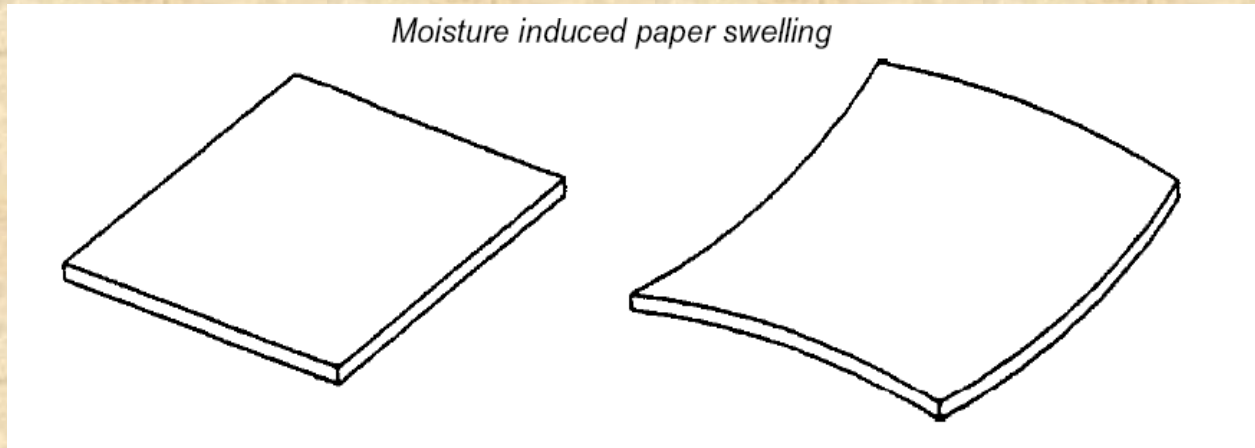
FIG. 1. Some of the faded specimens. The rectangular areas are unexposed. The three square areas on each specimen have been exposed to 7.8, 36 and 91 million lux hours of light from Atlas "Northlight" fluorescent tubes. In all the dycings illustrated here the palest area has received the greatest light dose. The GS difference between exposed and unexposed dye is written on the unexposed part.



Variazioni dimensionali (igroespansività)

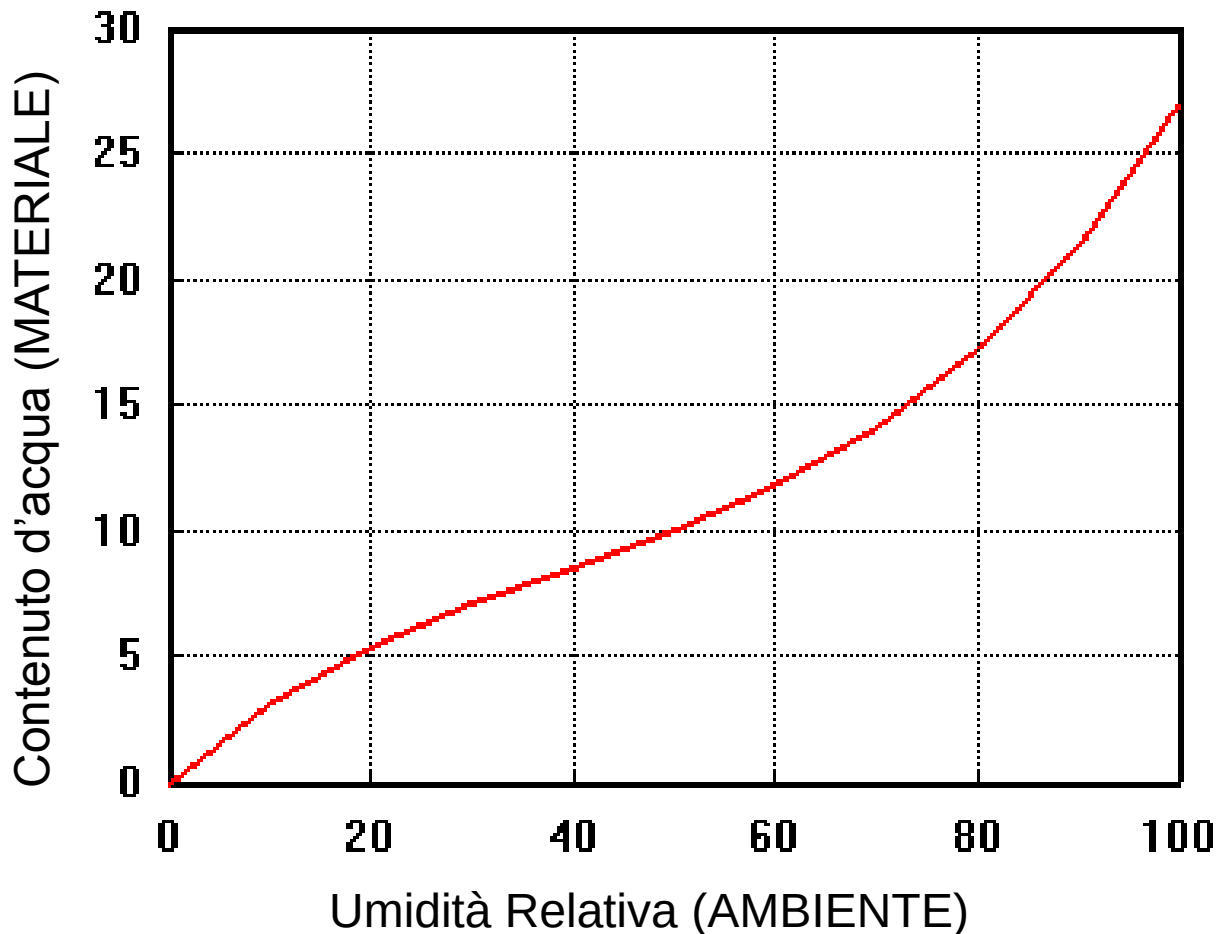
Acqua (luce/calore) → alterazioni dimensionali e geometriche...

Esempio: **legno, carta, pergamena**

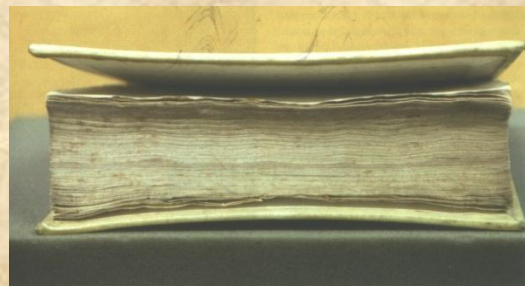
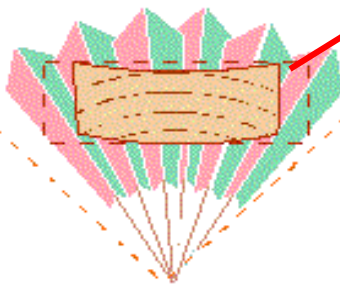
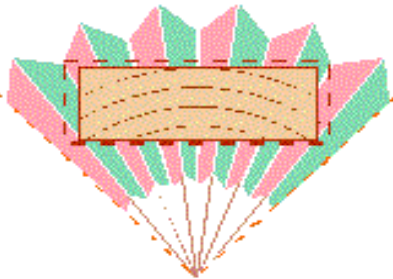
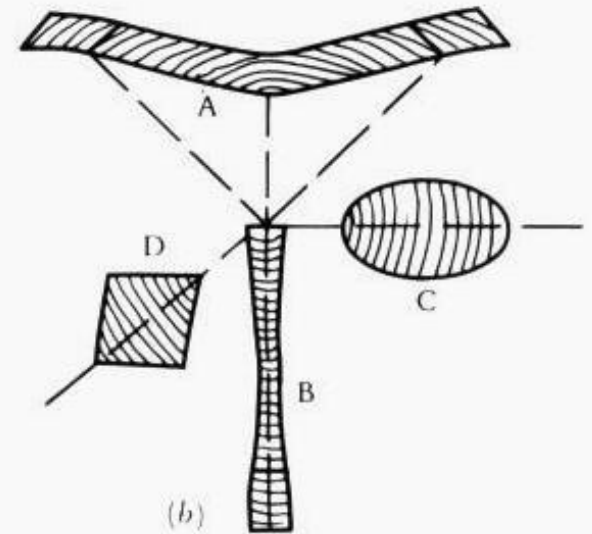
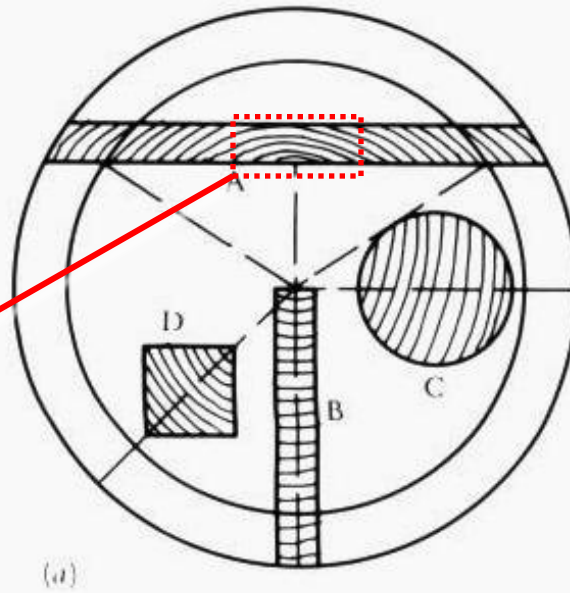


Contenuto d'acqua e umidità relativa

$$\Delta UR \rightarrow \Delta U_{CA} \rightarrow \Delta L$$



legno

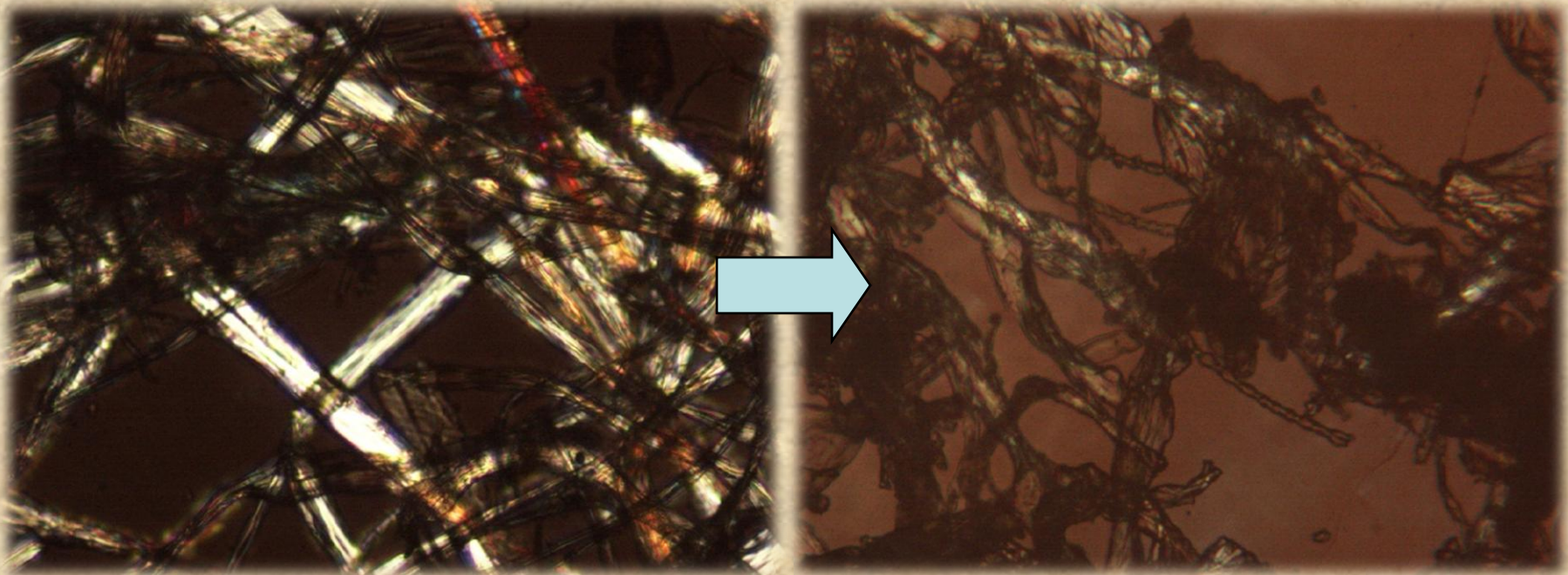


Analogie con altri sistemi
DISOMOGENEI
(assemblati → libro)

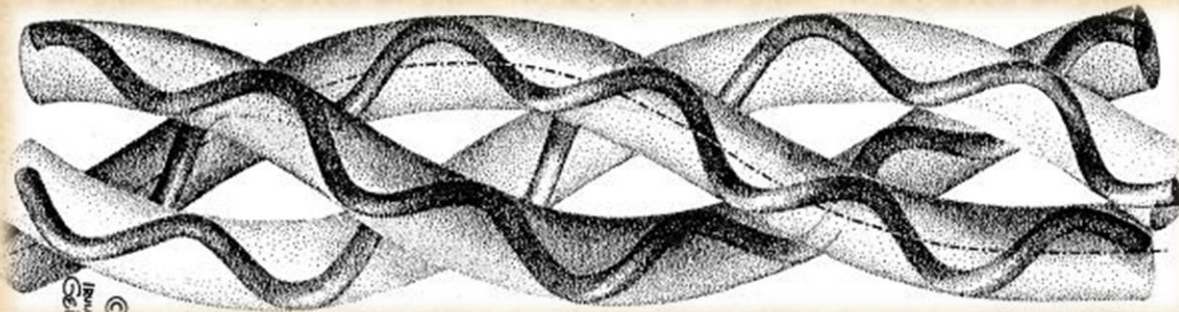
Alterazioni microstrutturali (denaturazione)

Acqua e calore → alterazioni delle proprietà fisico-chimiche

Esempio: la pergamena

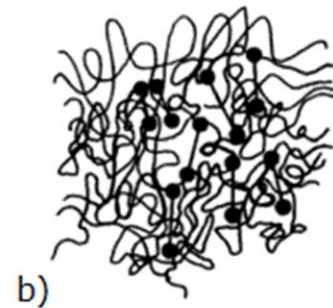
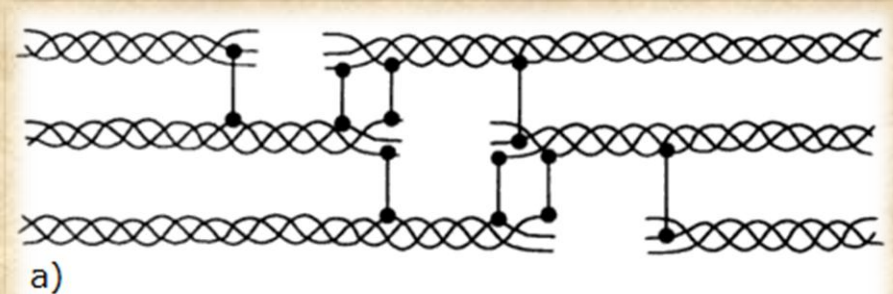


Denaturazione della pergamina



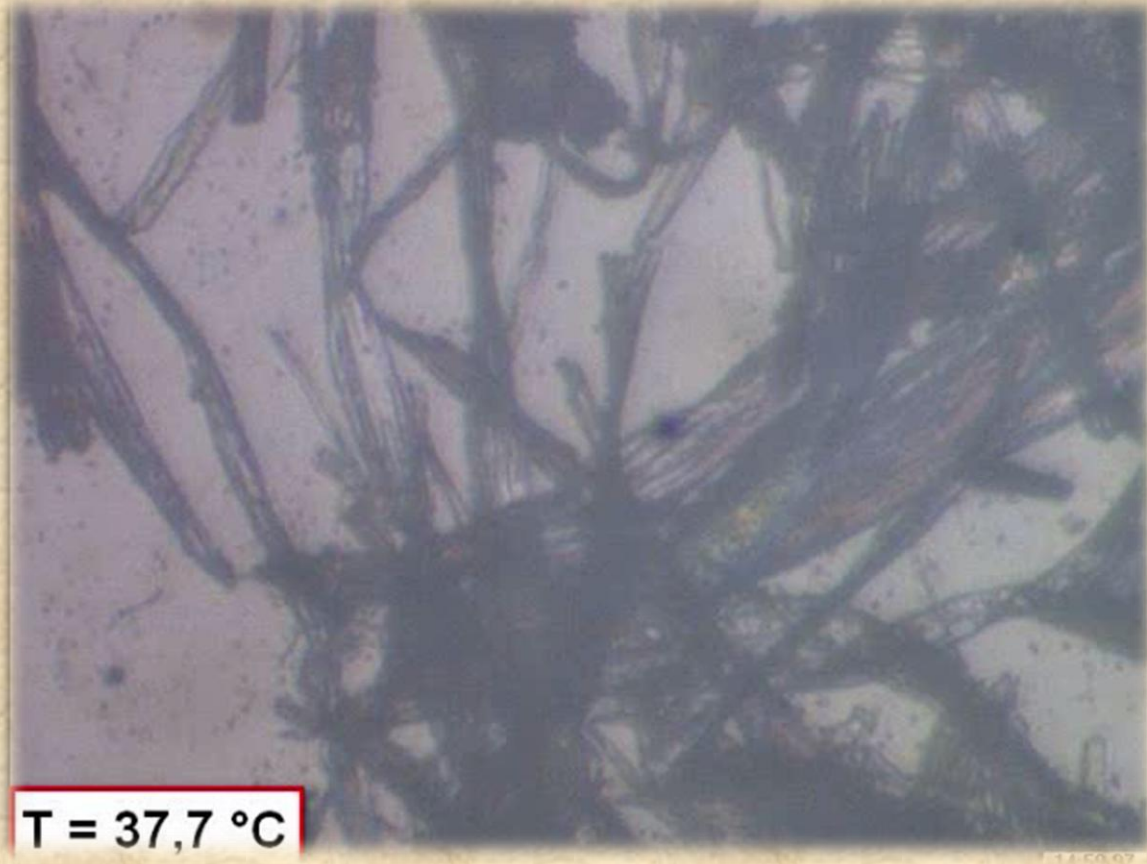
collagene

fibrilla

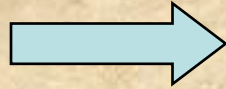
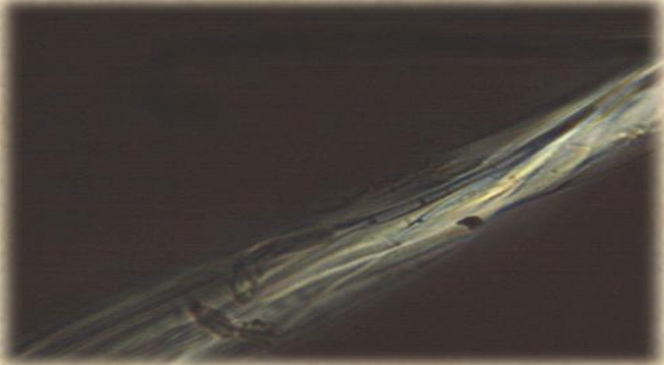


gel

Shrinkage idrotermico



Micro e macro effetti



La catena foto-termo-igrometrica

Luce ON/OFF $\rightarrow \Delta T \rightarrow \Delta UR$

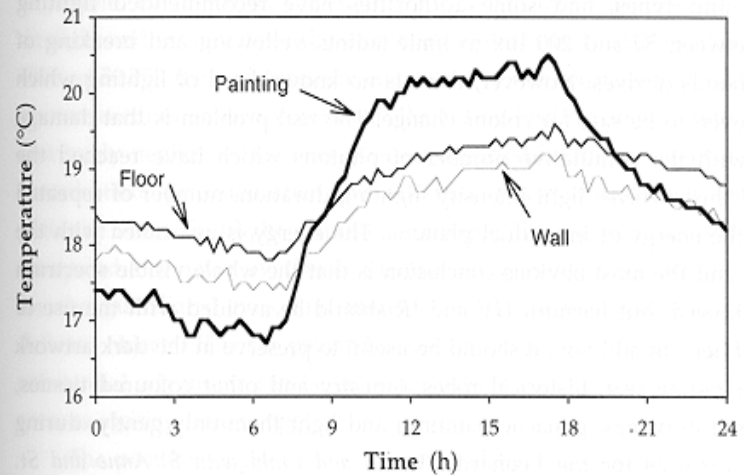


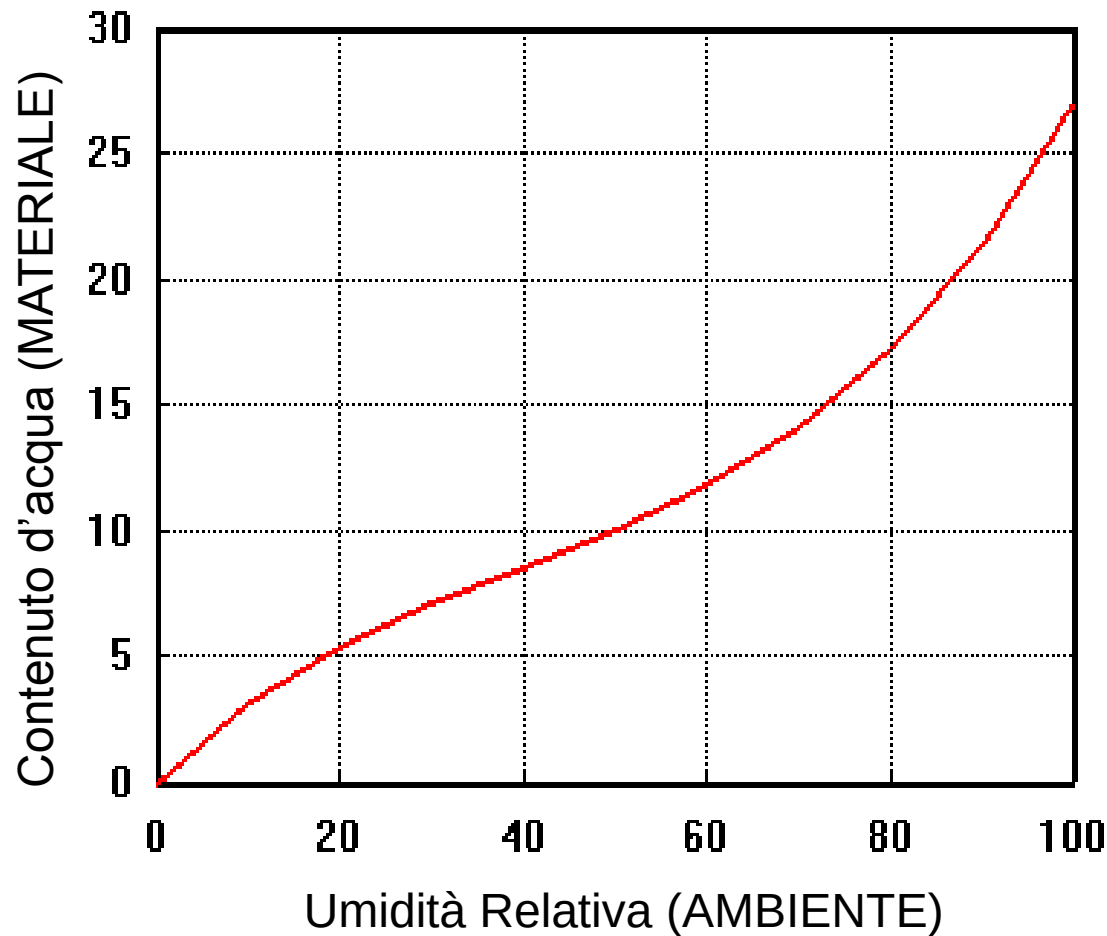
Fig.4.6 Heating of the panel painting the *Madonna d'Ognissanti* by Giotto (Uffizi Gallery, Florence) compared with the wall and floor temperature. The 3 February 1993.



Uffizi: sala di
Giotto, Madonna
d'Ognissanti

Cicli giornalieri di stress

$\Delta UR \rightarrow \Delta U_{CA} \rightarrow \Delta L$ (millimetri!)

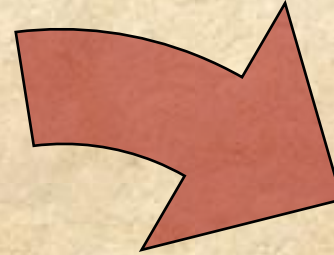


Effetti dello stress ciclico

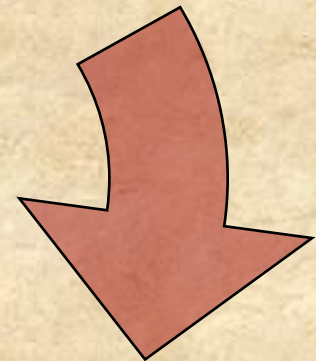
Esempio: le crettature



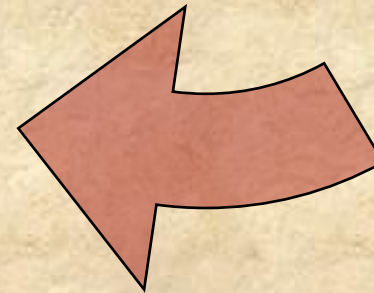
Energia luminosa



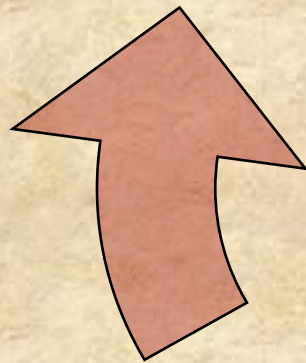
Energia termica



Contenuto d'acqua



Energia meccanica



Danno strutturale

4. L'impatto diagnostico

- tecniche distruttive → prelievo
- tecniche invasive → sollecitazioni termo-igrometriche
- grado d'invasività → entità degli scambi indotti

5. Conclusioni (IFLA)

Effetti della temperatura

Le reazioni chimiche aumentano nei materiali organici con l'aumento dell'umidità e della temperatura. Mentre l'umidità può catalizzare le reazioni chimiche, l'aumento della temperatura ne accelererà la velocità.

- Si è frequentemente constatato che ogni 10°C di aumento della temperatura, la velocità di reazioni di degradazione chimica in materiali tradizionali di biblioteca e di archivio, come carta e libri, raddoppia. Viceversa, ogni 10°C di diminuzione, la velocità si dimezza.
- Il caldo accompagnato da bassa umidità relativa porterà eventualmente all'inaridimento e all'infragilimento di certi materiali: pelle, pergamena, velino, carta, adesivi, etichette adesive su cassette audio e video, etc.
- Il caldo accompagnato da umidità relativa elevata favorisce lo sviluppo di muffe e crea un ambiente propizio per animali infestanti e insetti.
- Il freddo (temperatura inferiore a 10°C) accompagnato da elevata umidità relativa e scarsa circolazione d'aria determinerà umidità ed eventuale sviluppo di muffe.

INTERNATIONAL FEDERATION
CORE PROGRAMME

COUNCIL ON LIBRARIES

**PRINCIPI DELL'IFLA
PER LA CURA E IL TRATTAMENTO
DEI MATERIALI DI BIBLIOTECA**

Temperatura

Effetti dell'umidità relativa

Le sostanze organiche sono igroscopiche. Acquistano e perdono acqua in concomitanza con l'aumento e la diminuzione dell'umidità relativa. Di conseguenza i materiali si espandono e si contraggono come crescono e calano i livelli di umidità.

- Una umidità relativa compresa tra il 55 e il 65% rende minimo il danno meccanico dal momento che i materiali conservano la loro flessibilità.
- Una umidità relativa costantemente al di sopra del 65% può provocare sia nel materiale librario tradizionale che in quello moderno un ammorbidimento delle colle con perdita della loro forza adesiva.
- Al di sopra del 70% di umidità relativa gli attacchi biologici sono seriamente probabili anche a bassa temperatura. In zone con scarsa circolazione d'aria l'umidità relativa non dovrebbe superare il 60%; inoltre, anche quando c'è una buona ventilazione, l'umidità relativa non dovrebbe superare il 65% allo scopo di evitare lo sviluppo di muffe.
- Una umidità relativa bassa (inferiore al 40%) riduce al minimo le alterazioni chimiche, ma può provocare restringimento, irrigidimento, rottura e infragilimento dei materiali.

INTERNATIONAL FEDERATION
CORE PROGRAM

COUNCIL ON LIBRARY AND INFORMATION RESOURCES

PRINCIPI DELL'IFLA PER LA CURA E IL TRATTAMENTO DEI MATERIALI DI BIBLIOTECA

Umidità Relativa

Variazioni di T e UR

INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS

CORE PROGRAMME ON PRESERVATION AND CONSERVATION

COUNCIL ON LIBRARY AND INFORMATION RESOURCES

PRINCIPI DELL'IFLA PER LA CURA E IL TRATTAMENTO DEI MATERIALI DI BIBLIOTECA

Effetti delle oscillazioni di temperatura e umidità relativa

Si devono evitare soprattutto forti oscillazioni o variazioni cicliche di temperatura e umidità relativa che provocano maggiori danni rispetto a valori costantemente elevati.

- Come si è detto, se il contenuto di acqua di un determinato ambiente è stabile, un repentino abbassamento di temperatura provocherà un altrettanto rapido aumento nell'umidità relativa, con conseguente condensazione, possibile insorgenza di muffa e altri problemi legati all'eccesso di umidità.
- Lievi modificazioni sul lungo periodo producono un minimo stress sui materiali che sono liberi di espandersi e restringersi.

Luce

- Qualunque forma di esposizione alla luce o ad altre radiazioni elettromagnetiche contribuisce al degrado
- La pericolosità delle radiazioni aumenta al diminuire della loro lunghezza d'onda
- La pericolosità aumenta in concorso con altri fattori
- La luce naturale dovrebbe essere evitata
- Lo spettro delle radiazioni incidenti deve essere noto ed eventualmente filtrato.