

Progettazione per il Restauro – Lez 7



Lorenzo Appolonia

Direzione ricerca e progetti cofinanziati

Piazza Narbonne, 3

I-11100 Aosta

349 29 34 004

mail: lorenzo.appolonia@unito.it

Skype: [lorenzo.appolonia](https://www.skype.com/people/lorenzo.appolonia)

Realtà e preconcetti



- **Variazioni di temperatura**
 - Dove interagiscono?
 - Quali sono i problemi?
- **Variazioni di umidità**
 - Su quali materiali è importante?
- **Irraggiamento**
 - Su cosa può agire?
 - Luce o ombre?
- **Inquinamento**
 - La pioggia è acida?

Impariamo a leggere

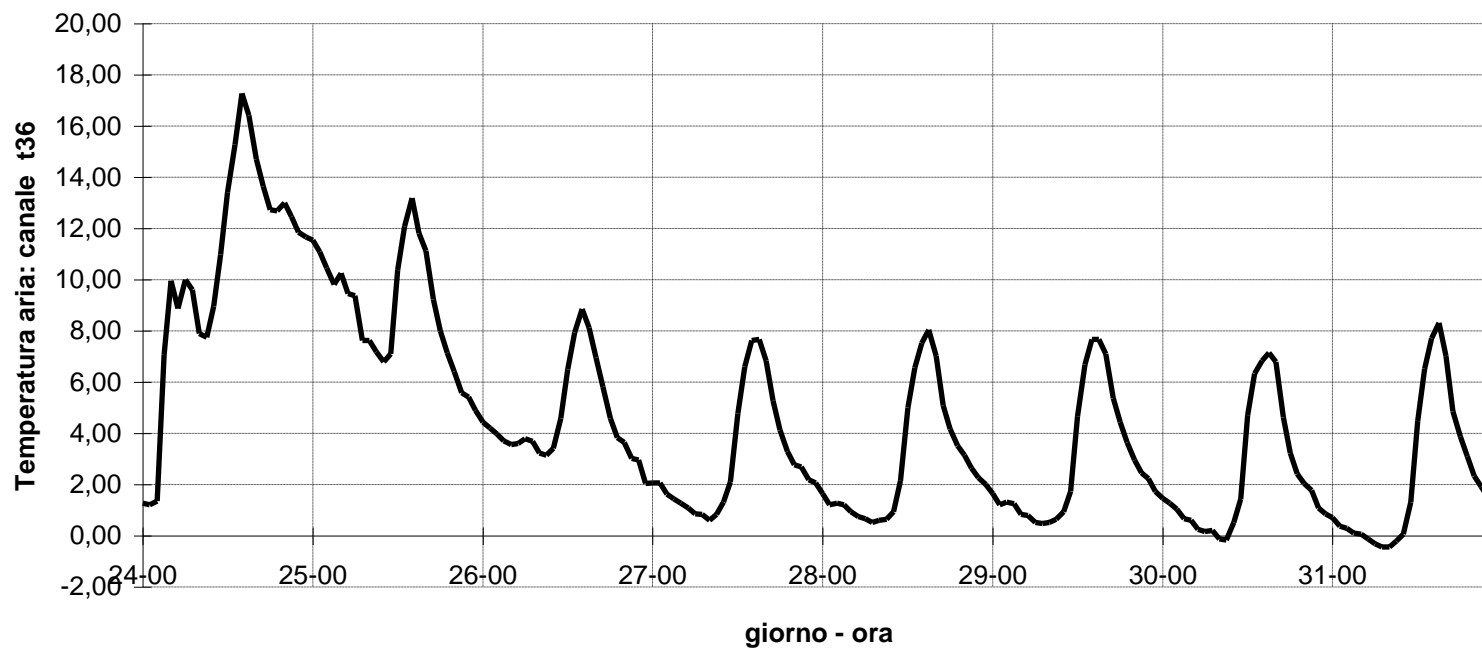


- Le analisi devono avere un legame con la fase di progettazionerisposte alle domande
- Legare la conoscenza al comportamento può non essere facile ma possibile
- Dall'ambiente dobbiamo aspettarci informazioni utili per il progetto, soprattutto per il comportamento dei materiali originali e al loro modo di rispondere a ogni azione che prevedo di effettuare.
- Ma parliamo di clima....per cominciare!

Andamento delle temperature dell'aria in una settimana di dicembre



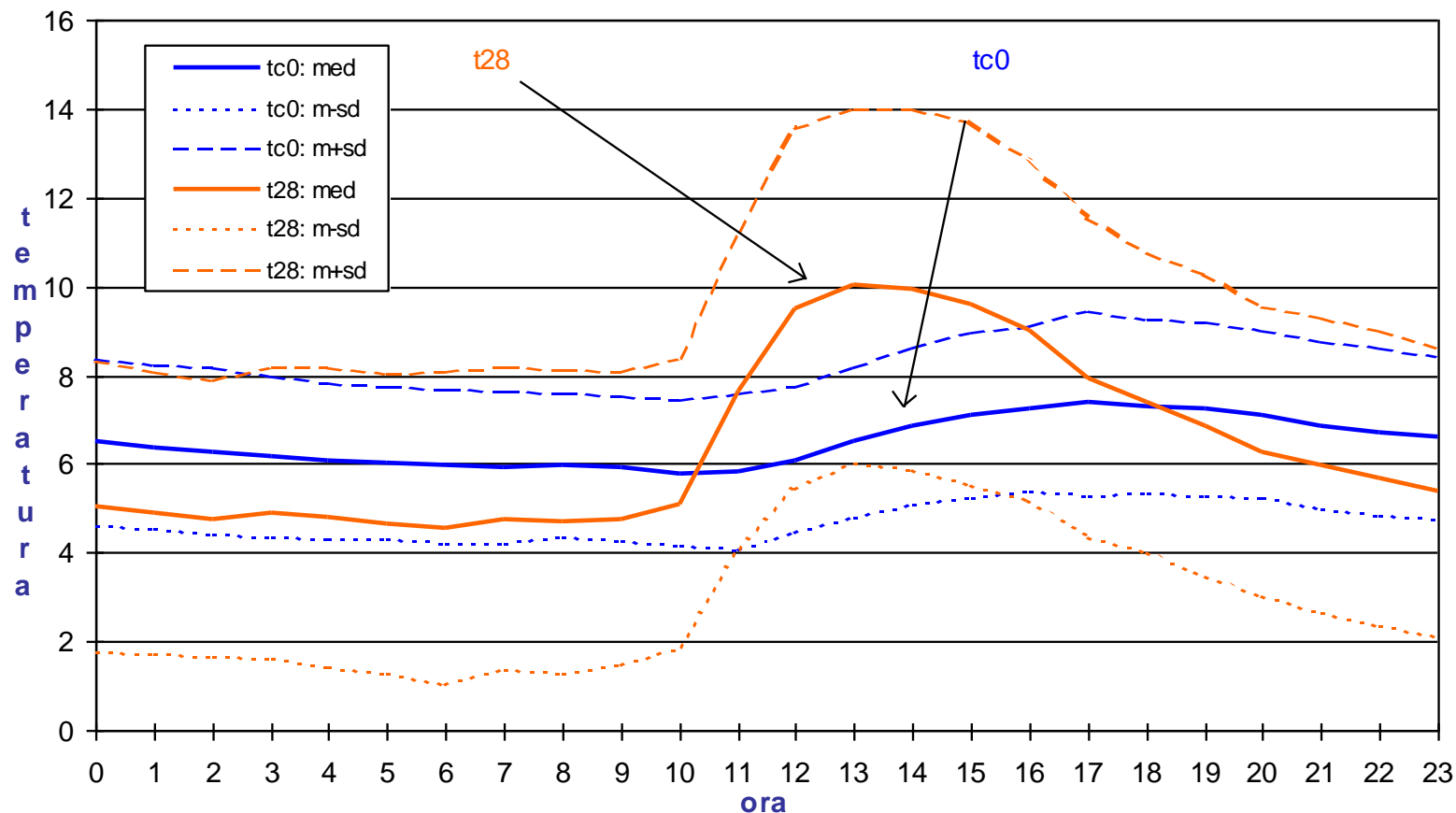
dic88 da: 24-0 a: 31-23



Confronto fra temperature ambiente e a contatto e valutazione delle temperature di rugiada



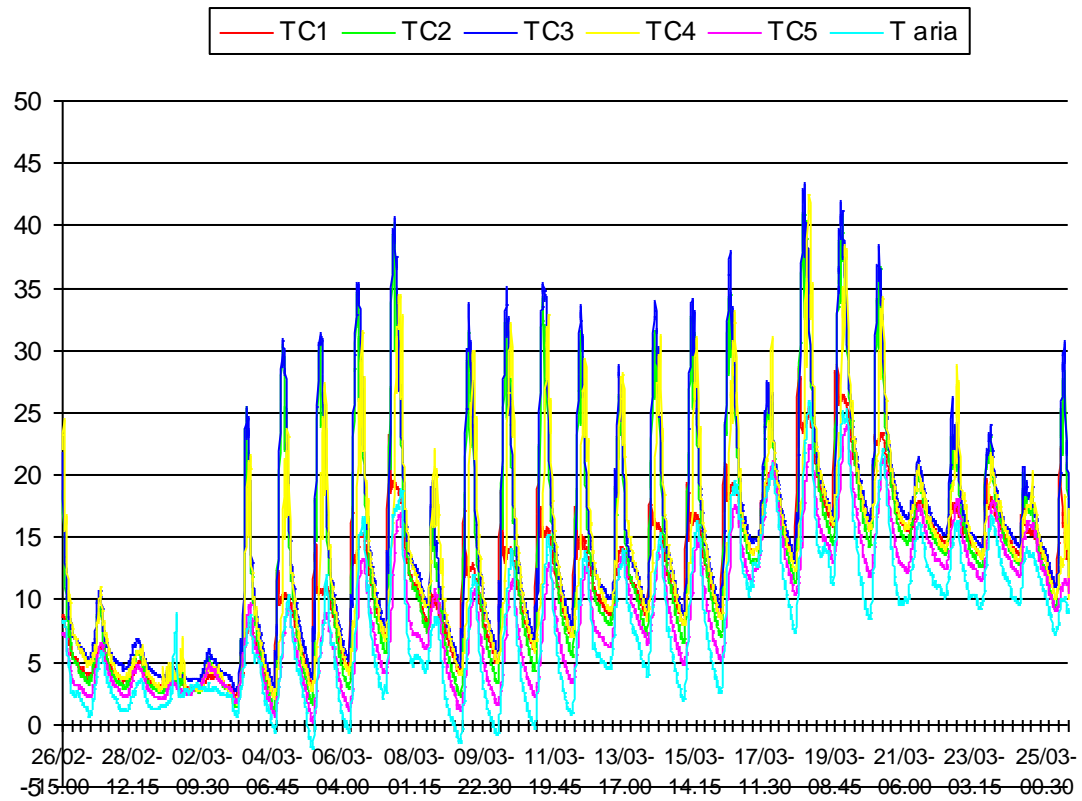
canali t0 e t28: dicembre 1988
valori medi orari +/- st. dev.



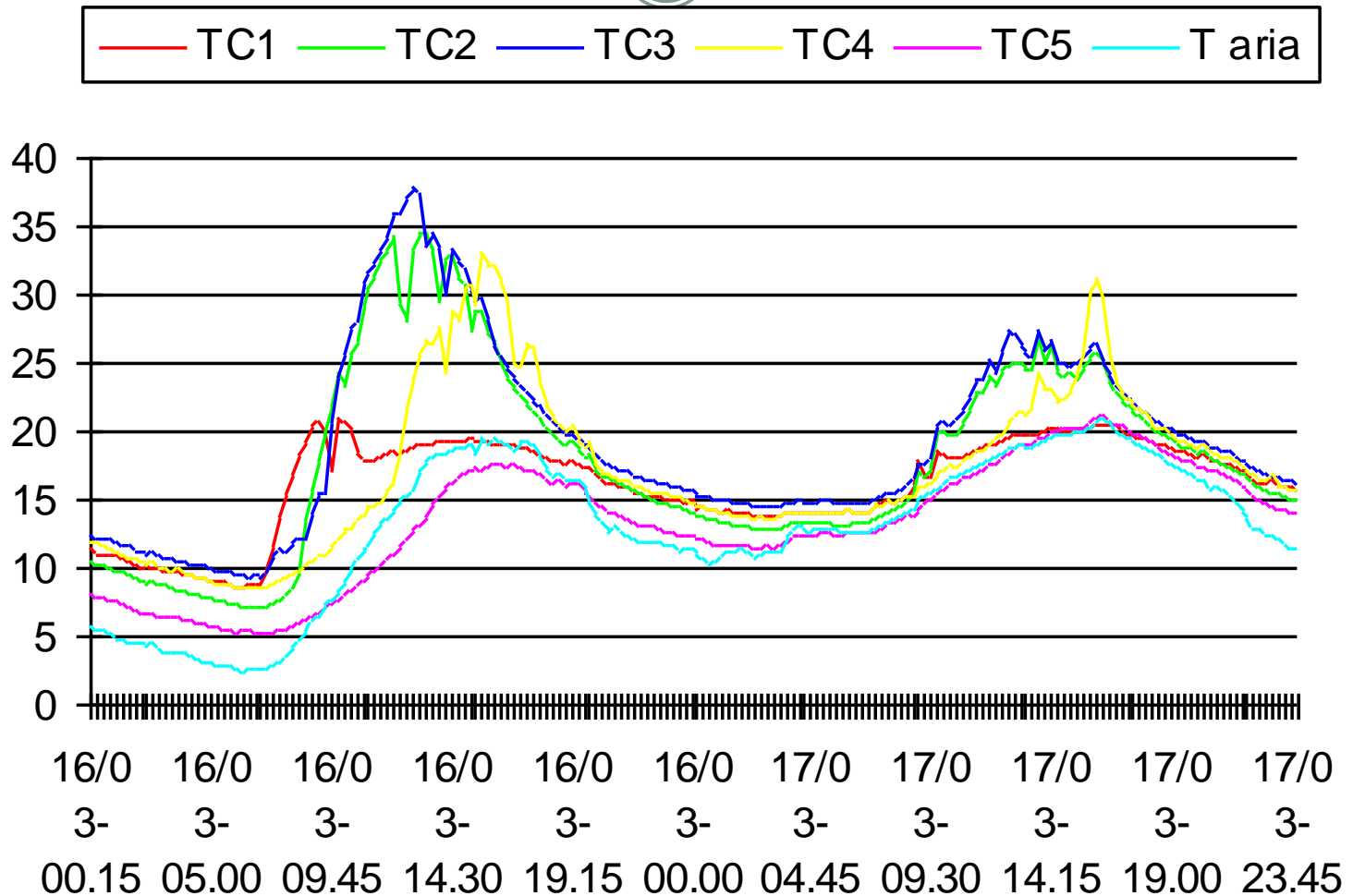
Una verifica dopo riflessione



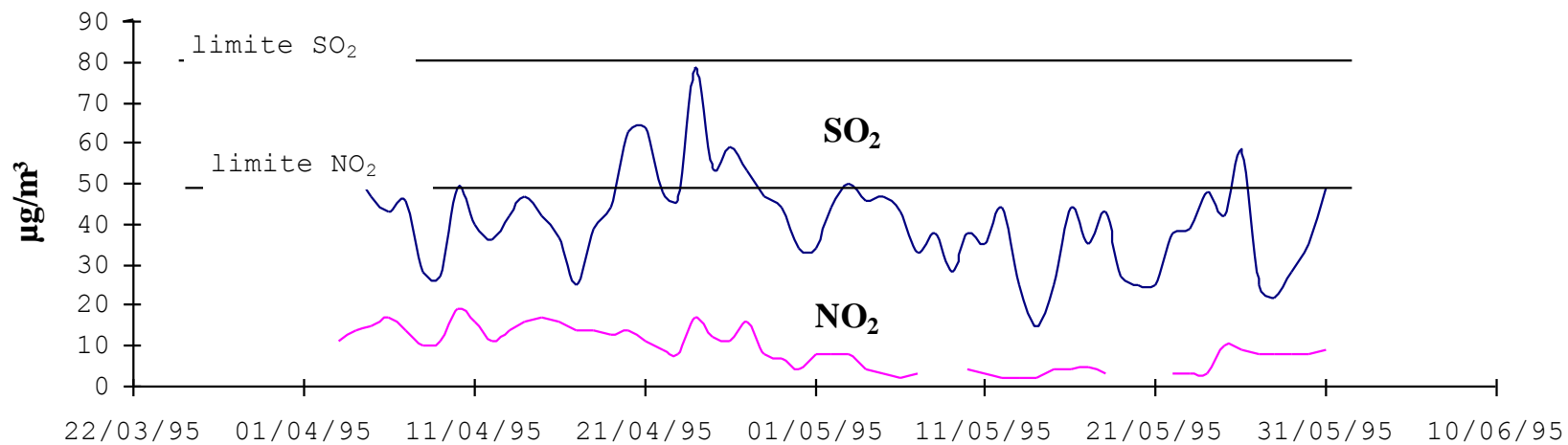
Campagna del marzo '93



Marzo '93, due giorni tipo



Per capire l'inquinamento



Come conosciamo le tipologie di alterazione tramite i prodotti di neoformazione



- Cosa campionare e perché!
- Porsi la questione di cosa cerco e di cosa mi serve
 - Si trova solo quello che si cerca
- Le alterazioni in funzione di che?
- Le domande a seguito delle analisi o le analisi a seguito delle domande!
- Il campionamento, non invasivo o invasivo, ha sempre necessità di un tema e di un obiettivo

Le analisitanto per fare



teatro romano - determinazione semiquantitativa dell'analisi diffrattometrica campionamento ICR												
sigla	Calcite	Gesso	Quarzo	Plagiocla	Clorit	mica	weddel	whevel	niter	natriun	thenardit	amorfo
1	+	++	+	±	±	±	-	-	-	-	-	-
2	+++	+	++	+	±	+	-	-	-	-	-	-
3	-	++	±	±	±	++	-	-	-	-	-	-
4	-	++	+	+	±	+	-	-	-	-	-	-
5	+	++	+	+	±	+	-	-	-	-	-	-
6	++	+	+++	±	+	+	-	-	-	-	-	-
9	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+++	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	++	-	++	+	+	+	-	-	-	-	-	-
14	+++	-	+++	++	+	++	-	-	-	-	-	-
17	-	±	±	±	±	±	-	-	+++	-	-	-
18	-	+	+++	++	-	+++	-	-	-	-	-	-
19	+	+	++	+	++	++	-	-	-	-	-	+++
20	++	+	±	±	±	++	-	-	-	-	-	-
21a	+++	±	-	-	-	-	±	±	-	-	-	-
21b	++	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	++
22	++	±	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
23	+++		++	+	+	++	-	-	-	-	-	-
24	-	++	-	±	-	-	++	-	-	-	-	++
25	+++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	++	±	+++	++	+	+	-	+	-	-	-	-

Contenuto di Sali solubili



Teatro romano - analisi Sali solubili campionamento ICR - in meivalenti

sigla	peso camp. mg	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	cat/an	Ca/SO4	NO3/K+Na
1	97,4	0,04	0,04	-	4,60	0,01	0,02	0,08	-	46,9	0	1,00
2	29,1	0,12	0,03	-	8,60	0,11	0,25	-	-	35,4	0	0,00
3	95,4	0,13	0,11	-	3,35	0,04	0,16	1,91	11,20	0,27	0,30	7,96
4	98,0	0,15	0,15	0,04	3,03	0,06	0,28	2,04	15,70	0,19	0,19	6,80
5	98,6	0,13	0,09	0,04	4,41	0,03	0,13	0,80	-	5,05	0	3,64
6	93,6	0,71	-	0,06	3,01	0,27	1,10	6,21	10,20	0,23	0,30	8,75
7	95,6	0,68	0,30	0,02	1,52	0,17	0,80	4,20	0,92	0,45	1,65	4,29
13	96,3	0,01	-	-	1,24	0,03	0,10	-	0,26	3,56	4,77	0,00
14	94,5	0,02	0,31	3,50	1,21	0,03	0,18	-	0,38	9,05	3,18	0,00
17	97,6	0,38	7,07	-	2,45	0,03	0,47	-	11,30	0,84	0,22	0,00
18	96,6	0,52	0,38	0,02	1,06	0,07	0,94	2,29	3,19	0,32	0,33	2,54
19	93,8	0,84	0,66	0,02	4,47	0,13	1,82	6,45	-	0,74	0	4,30
21A	47,5	0,08	0,05	0,06	4,61	0,05	0,08	-	2,57	1,83	1,79	0,00
21B	40,0	0,09	0,03	0,12	4,10	0,04	0,13	0,88	2,06	1,43	1,99	7,33
22	98,3	0,04	0,01	-	3,75	0,02	0,02	-	0,75	4,96	5,00	0,00
24	98,1	0,07	0,07	0,03	3,26	0,03	0,06	0,24	11,10	0,30	0,29	1,71
25	3,4	0,97	0,21	-	32,60	0,24	0,09	-	19,10	1,77	1,71	0,00
26	56,6	0,02	0,02	-	3,28	0,06	0,11	-	0,88	3,41	3,73	0,00

Una verifica dopo riflessione



Le analisiper rispondere e fare



Teatro romano - analisi XRD della presenza di da terra fino all'architravae arcata dell'ingresso ovest												
sigla	Calcite	Gesso	Quarzo	Plagiocla	Clorit	mica	weddel	whevel	niter	natriun	thenardit	amorfo
CF01	++	+	+	+	+	+	±	-	++	-	-	-
CF02	+	+	++	+	+	+	-	-	-	-	-	-
CF03	++	+	++	++	+	++	-	-	-	-	-	-
CF04	++	+	++	+	+	+	±	-	-	-	-	-
CF05	±	++	++	+	+	+	+	-	-	-	-	-
CF06	+	++	++	+	+	++	-	-	-	-	-	-
CF07	±	++	++	+	++	++	±	-	-	-	-	-
CF08	±	++	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
CF09	++	+	++	+	+	+	±	-	-	-	-	-
CF10	+	+	++	+	+	+	±	-	-	-	-	-
CF11	++	+	++	+	+	+	+	-	-	-	-	-
CF12	+	+	++	+	+	+	±	-	-	-	-	-

I sali e il loro rapporto



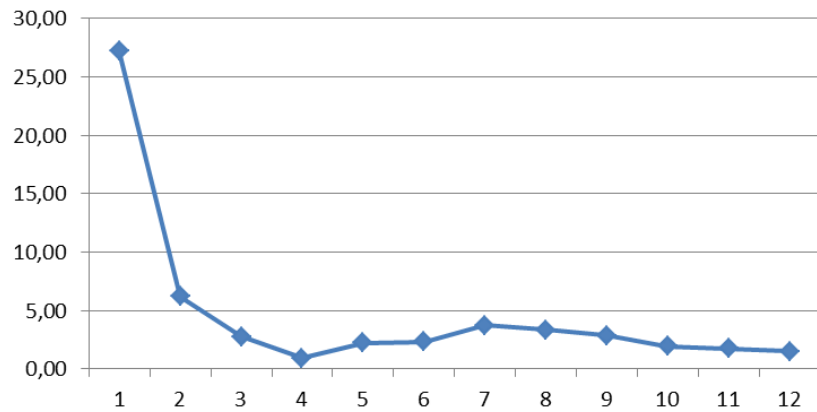
Teatro romano - analisi sali da terra fino all'architrave arcata dell'ingresso ovest - in mequivalenti

sigla	peso camp. mg	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	cat/an	Ca/SO4	NO3/K	NO3/K+Na
CF01	106,5	0,03	14,30	0,32	2,89	0,08	0,08	27,20	6,97	0,51	0,41	1,90	1,90
CF02	105,7	0,22	2,89	0,06	5,87	0,14	0,31	6,21	14,9	0,43	0,39	2,15	2,00
CF03	109,1	0,22	1,73	0,73	1,95	0,05	0,23	2,76	5,20	0,57	0,38	1,60	1,42
CF04	101,0	0,27	0,35	0,32	2,91	0,07	0,41	0,94	7,33	0,45	0,40	2,69	1,52
CF05	113,9	0,40	0,45	0,04	5,79	0,12	0,91	2,25	24,4	0,25	0,24	5,00	2,65
CF06	100,2	0,35	0,48	0,08	5,04	0,13	0,98	2,35	15,8	0,32	0,32	4,90	2,83
CF07	114,7	0,45	0,59	-	9,33	0,10	1,28	3,71	27,1	0,33	0,34	6,29	3,57
CF08	107,9	0,53	0,59	-	7,85	0,14	1,31	3,33	23,1	0,33	0,34	5,64	2,97
CF09	103,5	0,41	0,48	-	8,96	0,10	1,16	2,88	13,0	0,58	0,69	6,00	3,24
CF10	104,5	0,33	0,32	-	7,23	0,12	0,99	1,92	22,9	0,31	0,32	6,00	2,95
CF11	104,4	0,46	0,33	-	5,93	0,10	0,86	1,73	11,5	0,48	0,52	5,24	2,19
CF12	103,6	0,28	0,28	-	5,16	0,10	0,73	1,50	9,81	0,48	0,53	5,36	2,68

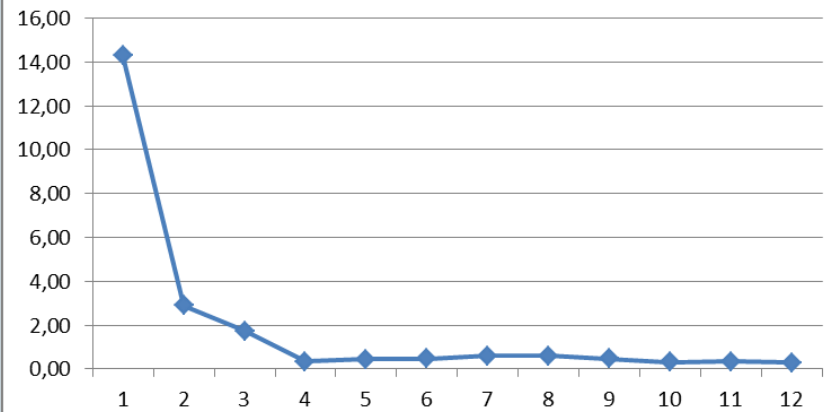
interpretazione



NO₃⁻



K⁺

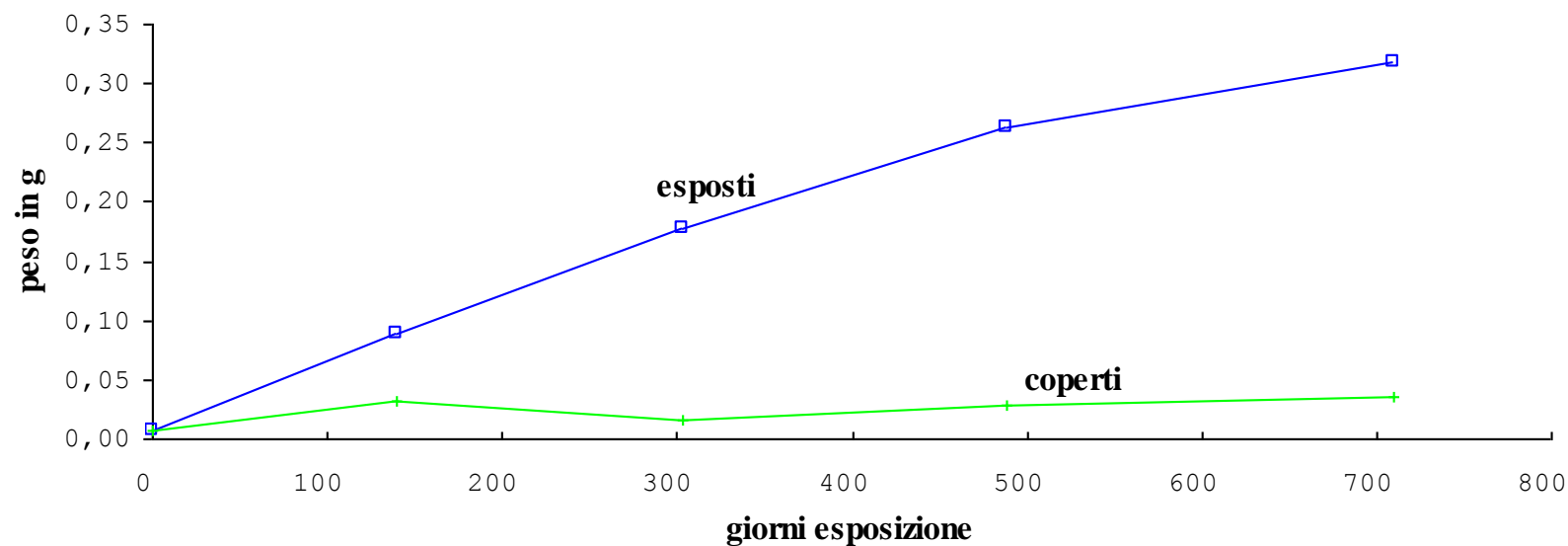


Se mi pongo una domanda devo trovare il modo di avere una risposta oggettiva

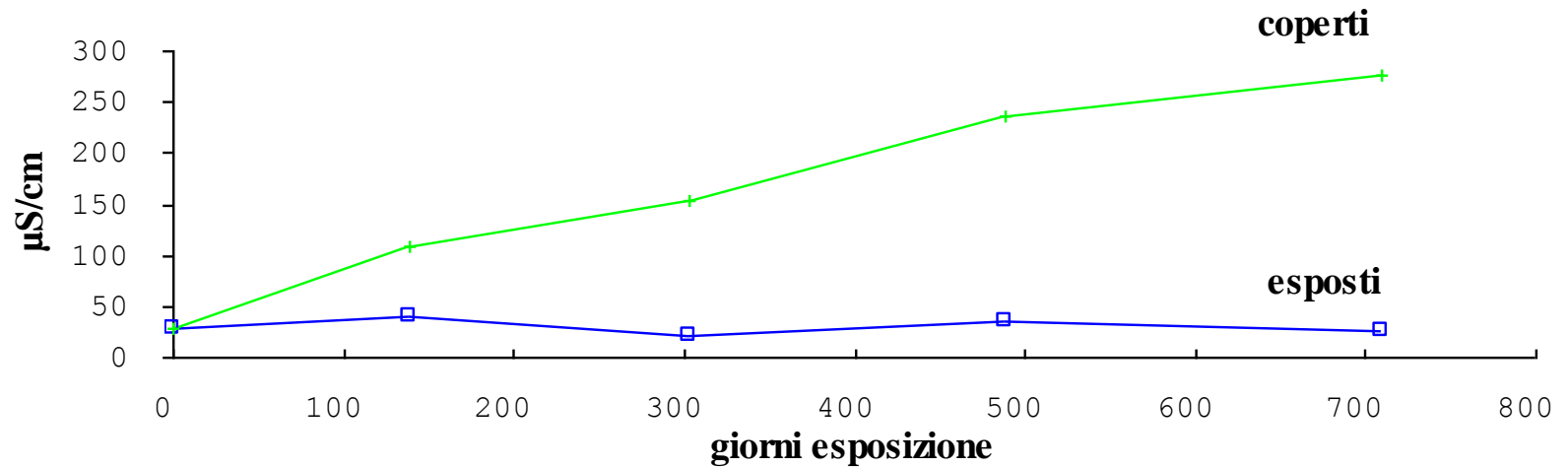


- È l'ambiente il fattore scatenante o ci sono altri parametri
- La teoria e la realtà
 - In alcuni casi la comprensione di un fenomeno richiede tempi lunghi per una risposta
 - I parametri di laboratorio non sono relazionati alla realtà del soggetto
 - Si può ipotizzare o si può aspettare per fare le misure necessarie

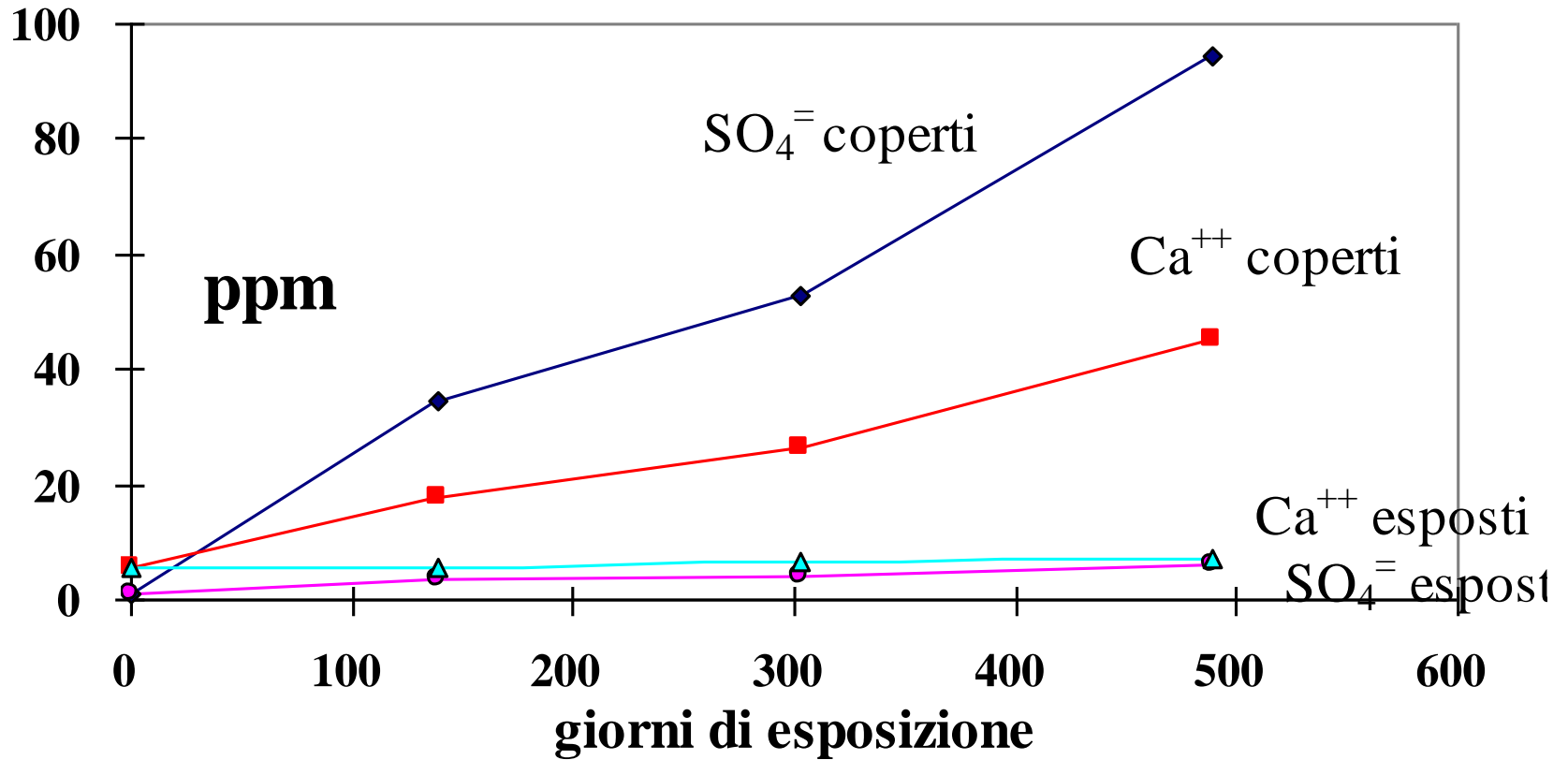
Valutazione dell'aggressività ambientale perdita in peso



Valutazione dell'aggressività ambientale conducibilità



Valutazione dell'aggressività ambientale contenuto di sali

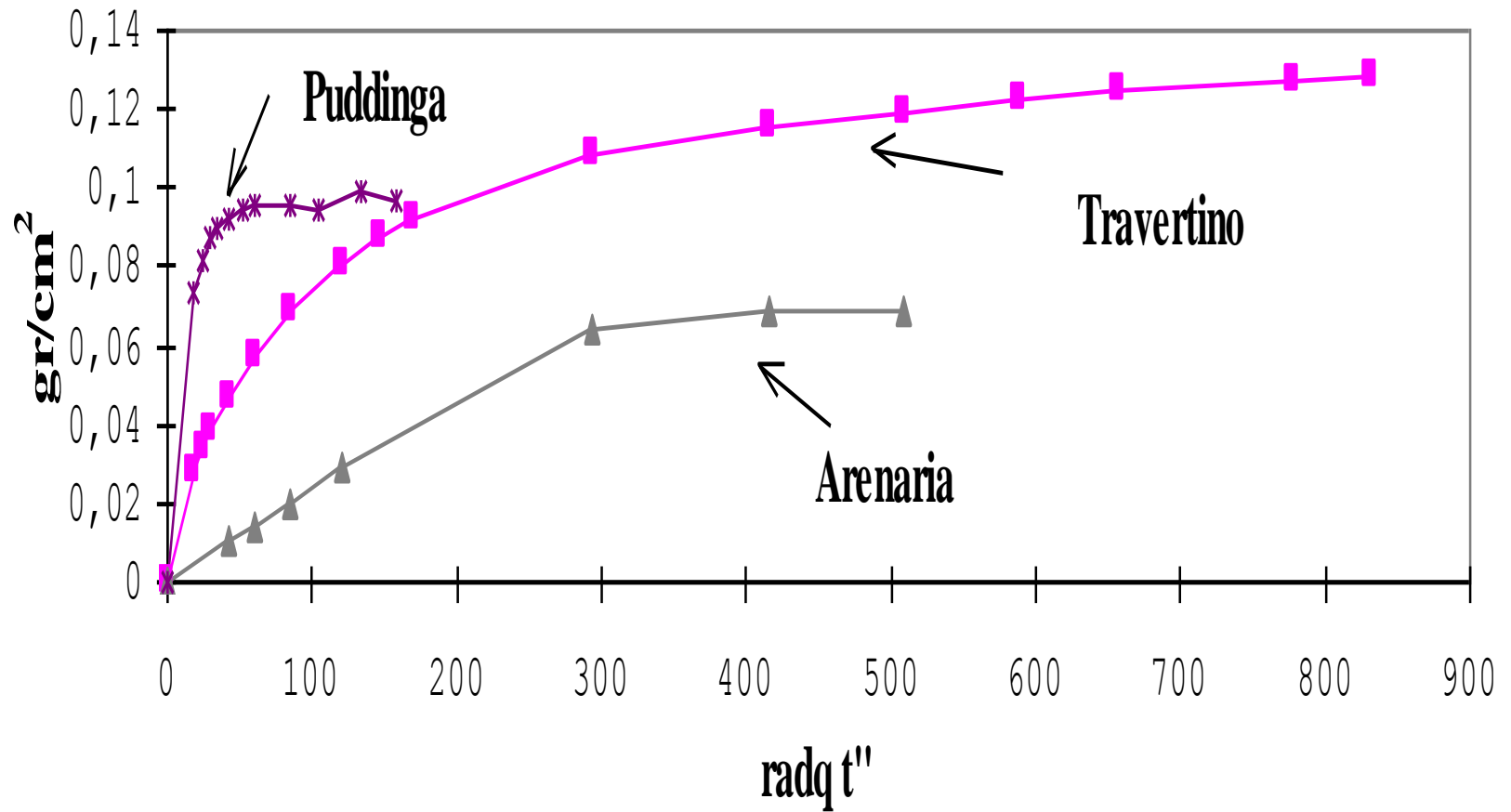


Dove può reagire ciò che interagisce?



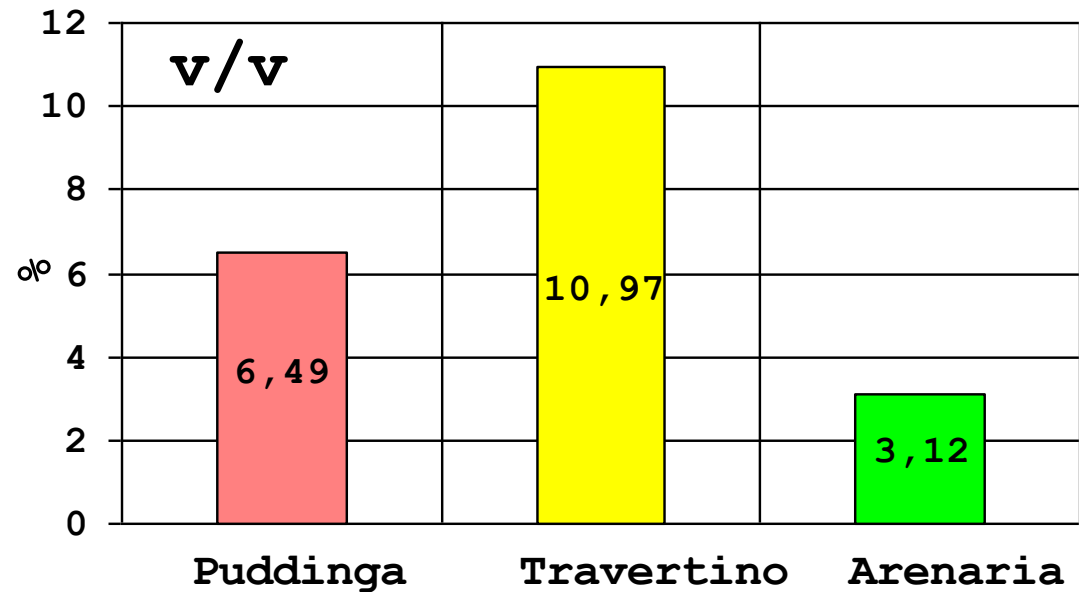
- La porosità e la sua relazione con l'ambiente
- I metodi di misura della porosità
 - In laboratorio
 - In situ
- Ma dove va realmente l'acqua o il vapore?
 - Il sapere va cercato

L'assorbimento d'acqua



Porosimetria Aperta

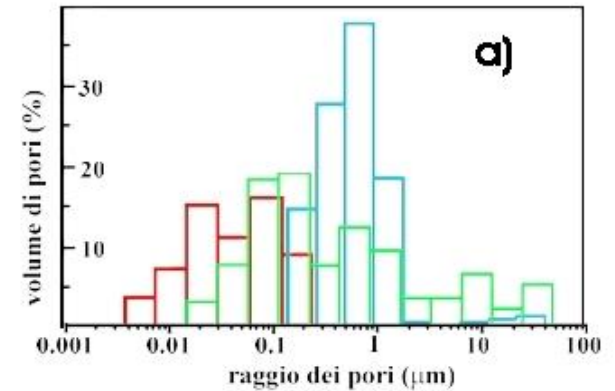
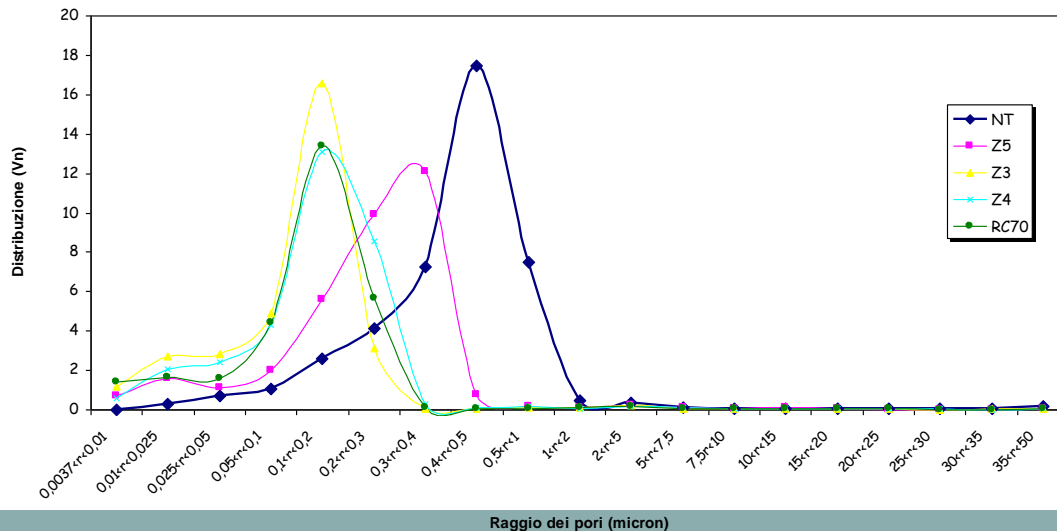
- Principio
- metodo
- vantaggi
- svantaggi



I risultati con la Porosimetria a Mercurio

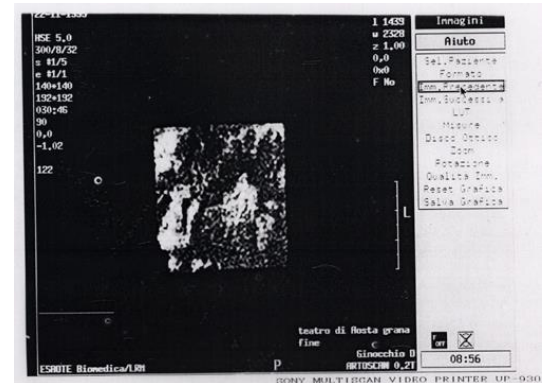
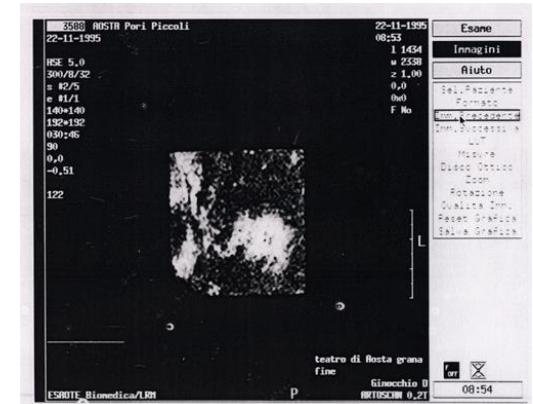
- Analisi fatta su campioni diversi da quelli originari

Distribuzione porosimetrica Mattone



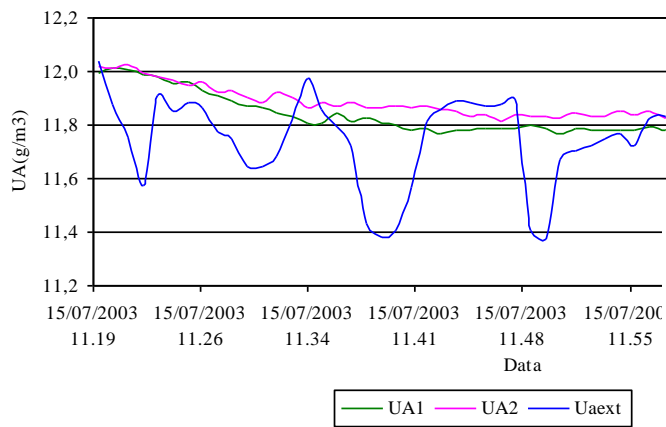
I risultati con l'NMR

- Tomografia
- Rilassometria

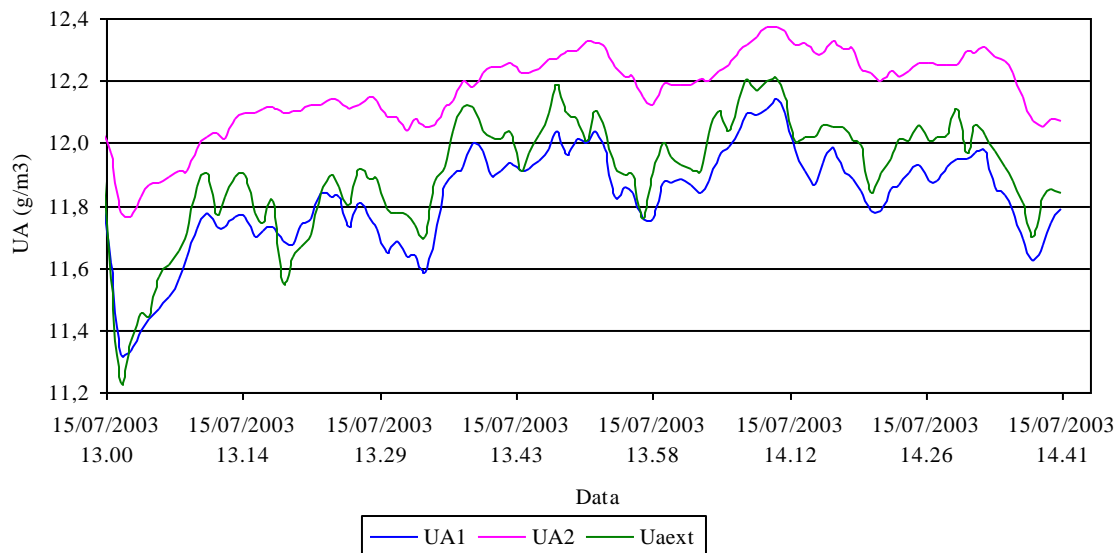


La traspirazione da parte del monumento – vapor Flux, un metodo di valutazione

Punto 1 - Travertino



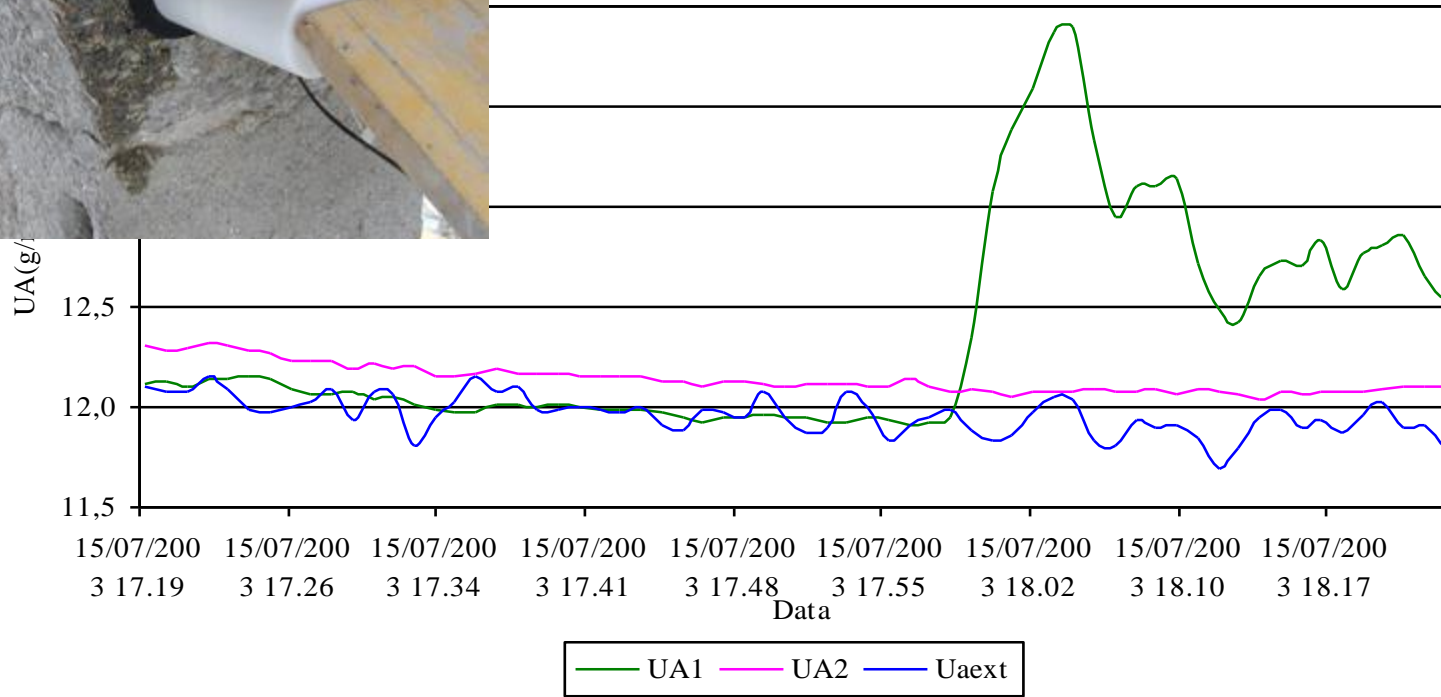
Punto 2 - Puddinga



La verifica del sistema



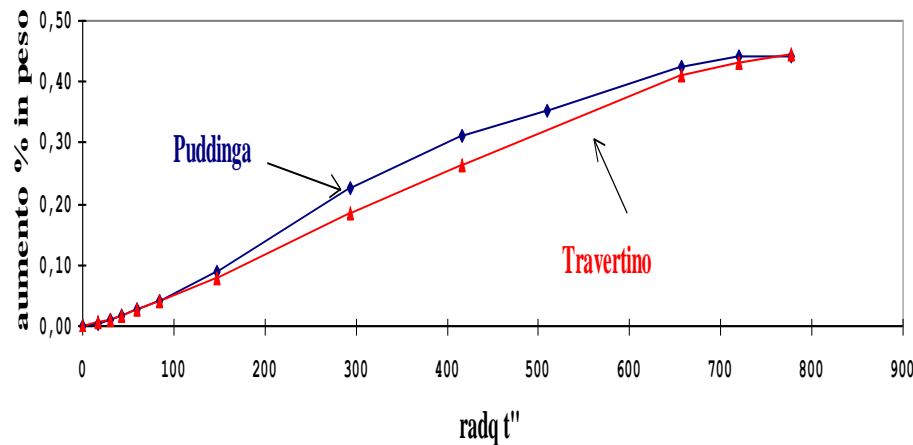
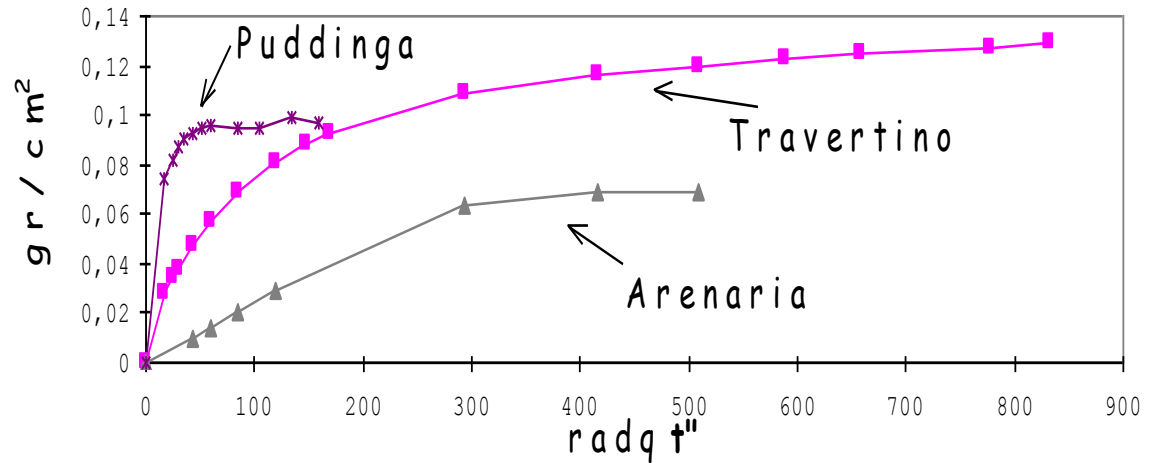
Punto 5 - Puddinga



L'assorbimento capillare e l'assorbimento del vapore



- La velocità di assorbimento
- la quantità dell'assorbito



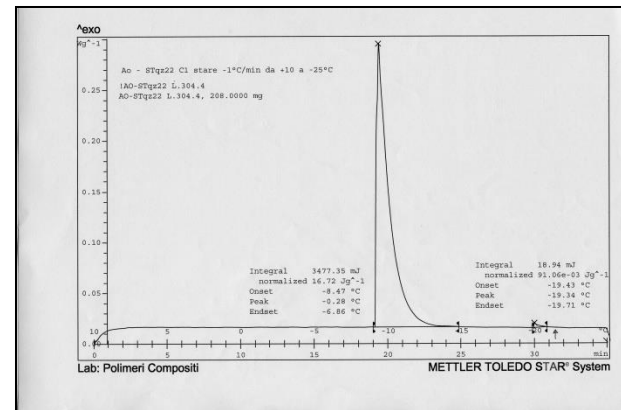
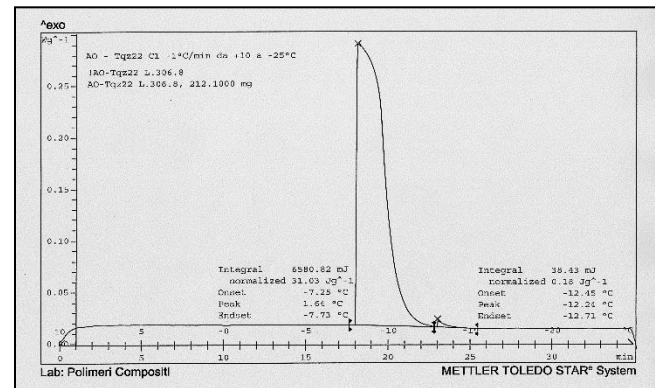
Conoscere il comportamento del materiale e le sue relazioni con i temi ambientali



- L'aerosol gassoso
 - Il cloro nei luoghi marini...solo lì?
- Gelività
 - problema reale o no?
 - ✦ come pensate di recuperare questo dato?
 - ✦ Da una domanda può nascere una idea per misurare la realtà

L'influenza dell'acqua il gelo

- Il principio
- la porosità interviene nella formazione del ghiaccio
- l'aggiunta di consolidante modifica il comportamento?
- relazione con la porosità a Mercurio



La gelività

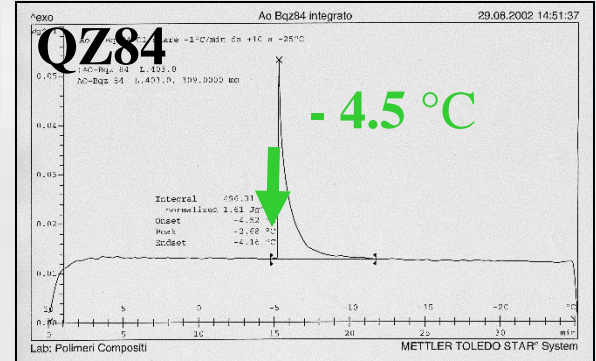
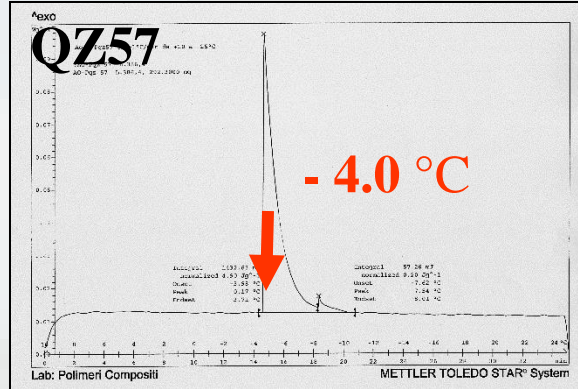
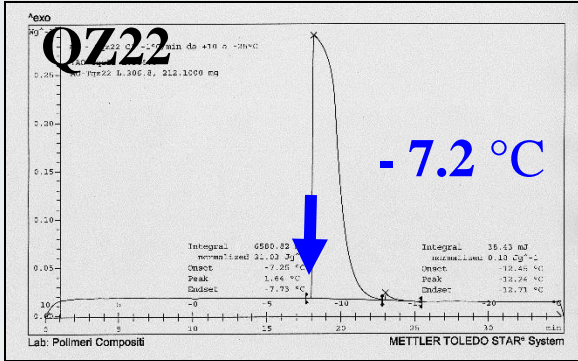
• ΔT (°C)	r_c (nm)
• -0,1	1000
• -1	100
• -2	60
• -6	20
• -8	15
• -12	10
• -20	6
• -30	4
• -60	2
• -118	1

Cooling Transition before Consolidation

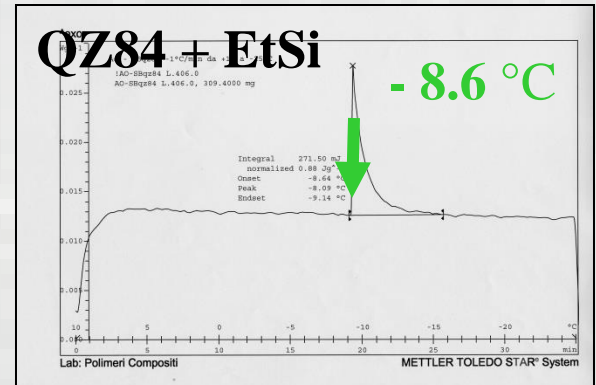
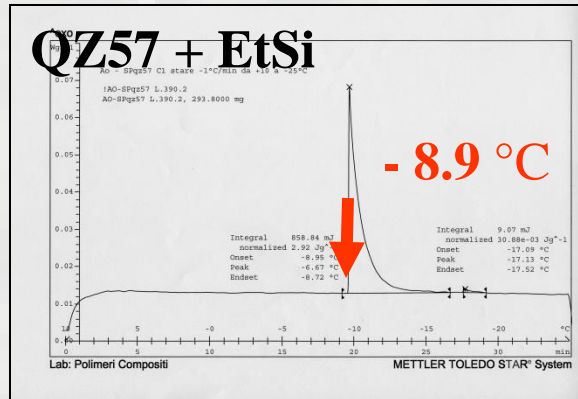
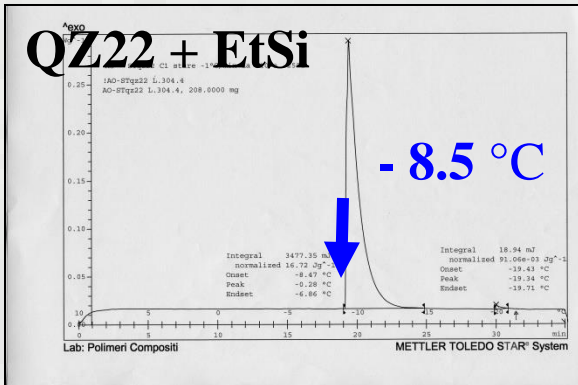
travertino

“puddinga of the Dora Baltea”

bardiglio marble of Aymavilles



and after Consolidation



Il progetto



- **la pulitura**
 - metodi a secco
- **il consolidamento**
 - le aree interessate
- **la protezione**
 - gestione dell'acqua
 - effetto dei trattamenti

Ma.....



- **Pulire è necessario e in che modo?**
 - Rischi della pulitura
 - Sapere prima il risultato di poi
- **Consolidare è necessario?**
 - Concetti di consolidamento
 - ✦ Reversibilità è un concetto adatto al consolidamento?
- **Protezione è necessaria?**
 - Proteggere da che e da che cosa?
 - Risultati di un intervento di protezione

L'esempio di pulitura



Il monumento il Priorato di San Orso in Aosta



Le fonti storiche



- Monumento della fine del XV° secolo dovuto a Giorgio di Challant, “Cronica Sancti Ursi”
- Unico esempio di cotto in Aosta, sullo stile piemontese e lombardo, influenza storica, spostamento capitale
 - problema delle tecniche non tipiche del territorio
 - verifica dei materiali e del loro impiego
- Restaurato nel 1913 da Berteia su progetto di De Andrade

I fatti più recenti

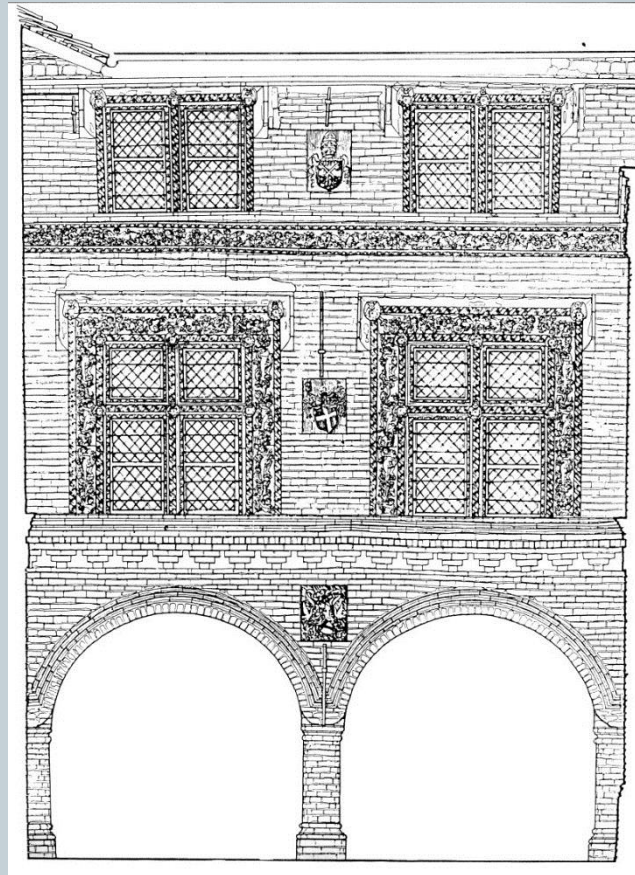


A seguito dell'intervento del Berteia vengono modificati gli accessi e ripristinati i loggiati

Negli anni '70 viene iniziato un intervento subito interrotto a causa di evidenti danni apportati alla superficie da parte del restauratore

Negli anni '80 si comincia a parlare dell'intervento di restauro e si parte con la fase diagnostica

Il rilievo



Il degrado e la mappatura



- Alveolizzazione
- Bolle (subefflorescenza)
- Deposito superficiale
- Efflorescenza
- Erosione
- Fratturazione e Fessurazione
- Polverizzazione
- Scagliatura
- Crescita biologica

Alcuni esempi di degrado



L'alterazione dei materiali dell'architettura



Il progetto di diagnosi



L'analisi dell'ambiente (esposizione a nord e l'effetto del vento)

Conoscere

- venti
- caratteristiche
- loro posizione
- studi



I metodi analitici



Clima

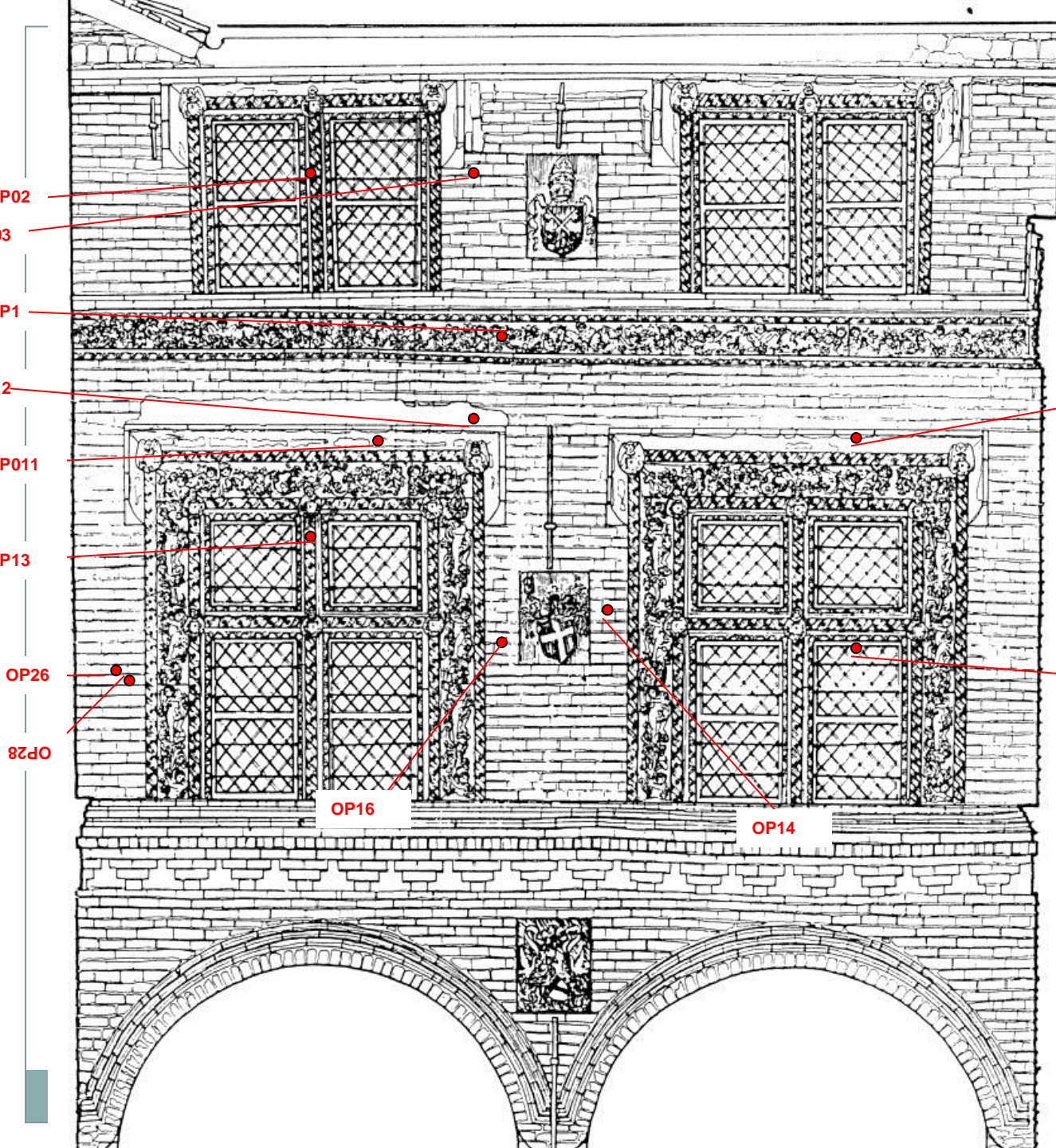
- Temperatura e Umidità relativa
- Direzione e intensità del vento

Prodotti di degrado e composizione generale dei materiali

- Cromatografia ionica
- Spettrofotometria infrarossa in trasformata di Fourier
- Diffrazione di raggi X

Policromie (pigmenti e leganti)

- Videomicroscopio portatile
- Sezioni lucide o stratigrafiche



P02

P03

P1

2

P011

P13

OP26

OP28

OP16

OP14

OP10

OP15

Posizionamento dei campioni e scelte di campionamento

I risultati e le prime scelte

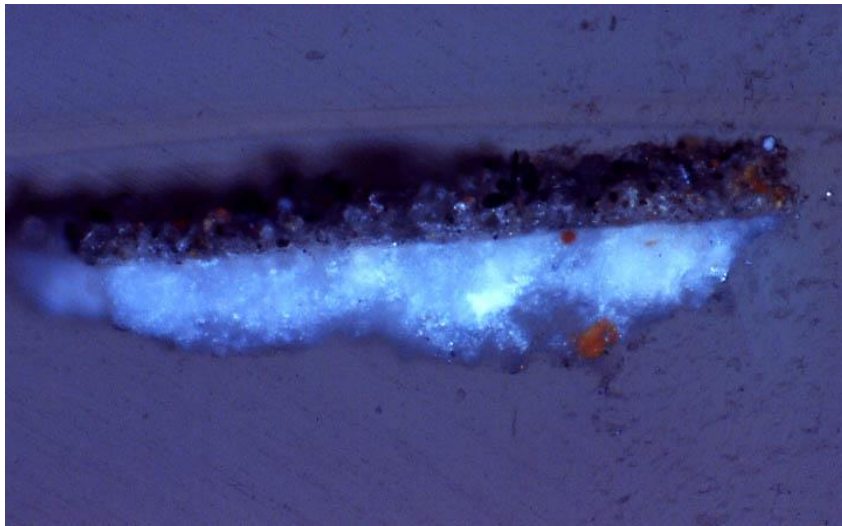


- ❑ presenza di uno scialbo o strato di coloritura a base di gesso
 - ❑ origine del gesso
- ❑ presenza di residui di colore
- ❑ presenza di strati sovrapposti
- ❑ presenza di malte

Il supporto a base di gesso si presentava alquanto fragile e delicato

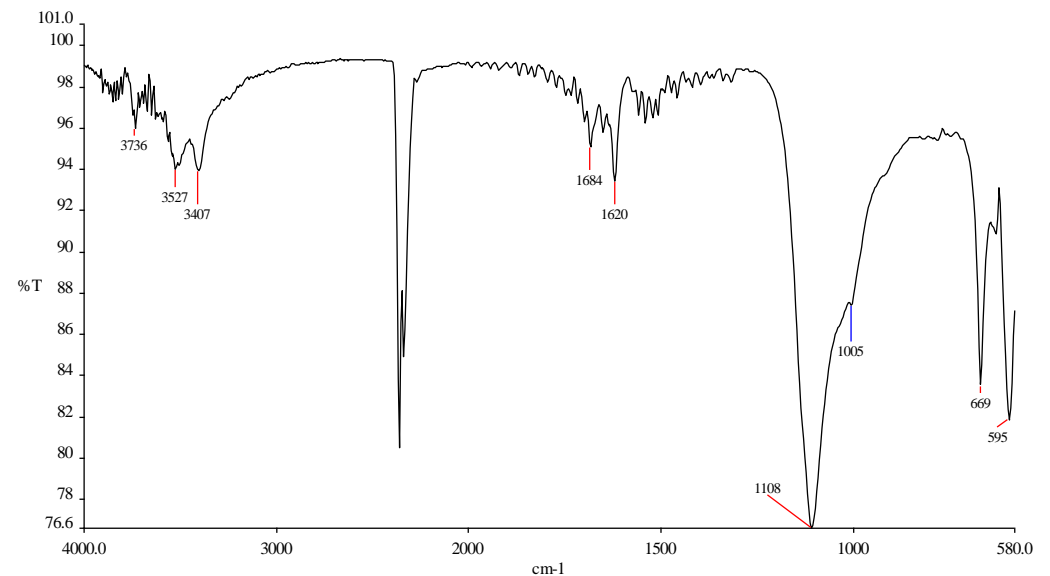
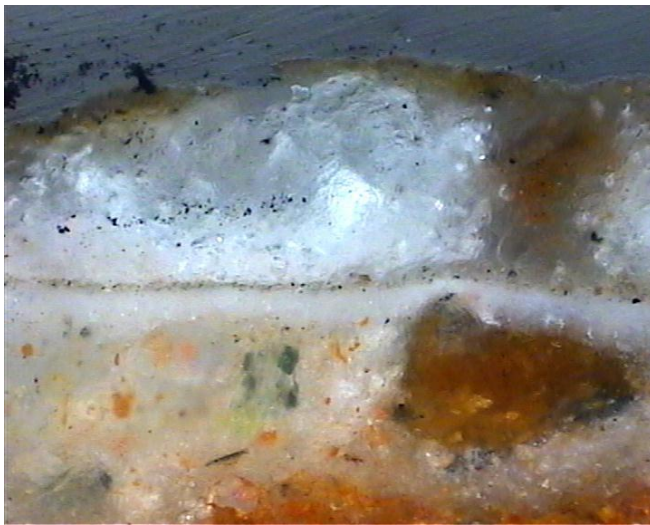
Scelta dei metodi di pulitura da mettere a confronto Identificazione delle metodologie di analisi per la verifica

Le analisi per la conoscenza



Sezione lucida o stratigrafica di uno strato di colore bianco a base di gesso e lo strato di sporco del deposito superficiale

Lo strato di superficie

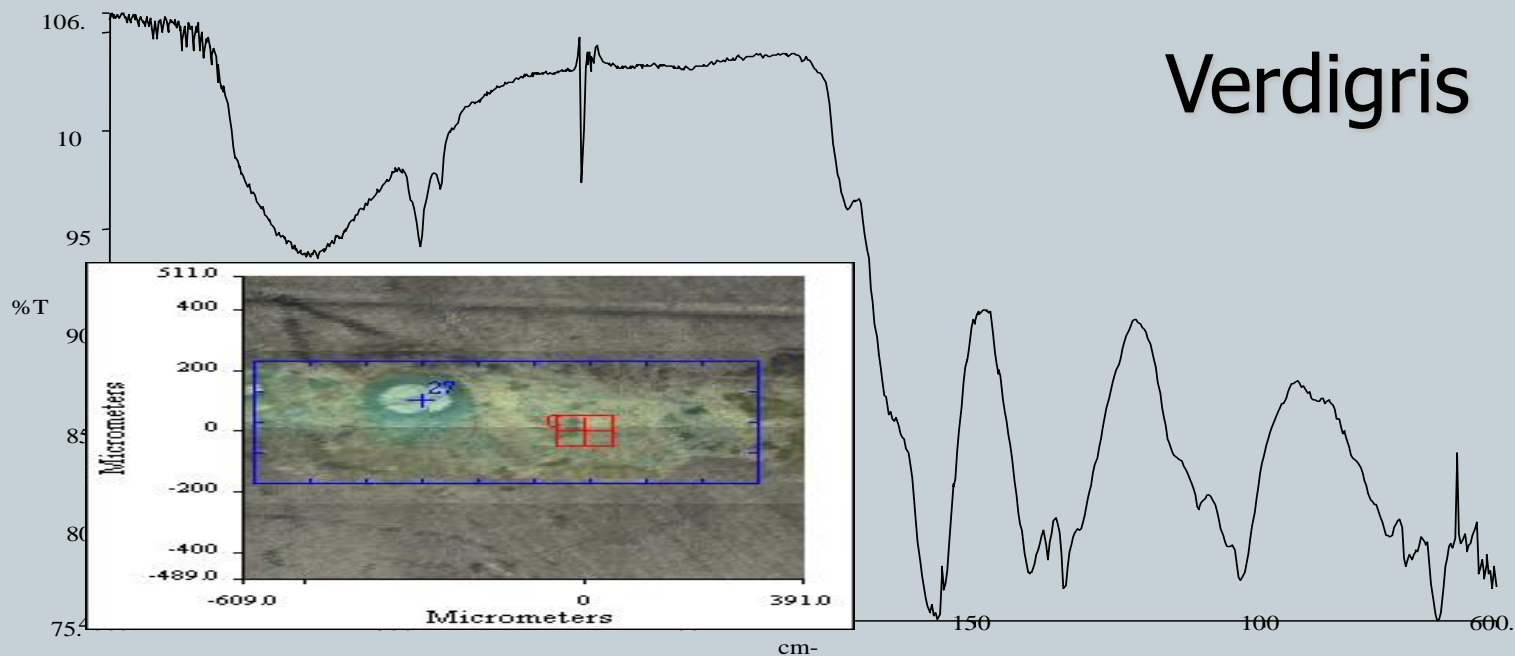


Frammento di malta originale ricoperto da scialbo gessoso e Spettro FTIR con micro ATR per l'individuazione del gesso

Analisi delle policromie e verifiche di composizione



Verdigris



L'identificazione dei pigmenti può avere necessità di verifiche, in questo caso la presenza del verdigris è confermata dall'analisi FTIR con micro ATR

Le problematiche di intervento



⌘ Pulitura

- ☒ Verifica dei metodi e della sostenibilità da parte dei supporti alla loro azione
 - ☒ Predisposizione di un progetto di valutazione

⌘ Consolidamento e protezione

- ☒ Necessità
 - ☒ Progettazione della verifica del comportamento su supporti simili e dell'efficacia del trattamento stesso

La pulitura



- ***Perché pulirlo***
- ***Dove pulire e cosa rimuovere***
- ***L'oggetto può tollerare la pulitura***
- ***Quale può essere l'effetto della pulitura***
- ***Come pulirlo***
- ***Come assicurarsi della qualità della pulitura: il controllo***

Come scegliere per la pulitura?



⌘ Prove dirette di pulitura

⌘ Programma di valutazione

☑ Cosa si vuole misurare

☒ La rimozione dello sporco

☒ L'integrità della superficie e la salvaguardia della patina

Prima fase analitica: identificazione del tipo di sporco



- ***Depositi inorganici***
 - *Calcarei*
 - *Silicei*
 - *Ossalati*
 - *Perché non i solfati?*
- ***Depositi organici***
 - *Grassi*
 - *Proteici*
- ***Depositi biologici***

La pulitura: i metodi e le scelte



⌘ Umido

- ☑ Soluzioni acquose (molta acqua) – NO
- ☑ Solventi – non idonee al tipo di sporco
- ☑ Resine scambio ioniche – SI cationiche forti

⌘ A secco

- ☑ Bisturi o altri abrasivi di superficie – NO
- ☑ Microsabbatrice – SI con vari abrasivi
- ☑ Laser – SI con vari Laser

A fronte della presenza di sporco che fare?



- Pulire sì, no, perché?
- Identificazione delle tecniche note o possibili
- Verifica del tipo di azione svolto
- Conoscenza del grado di interazione tra il metodo di pulitura e la superficie (o l'oggetto) da pulire
- Verifica delle possibilità di controllo del trattamento
- Diagnostica specifica o progettazione di un piano di ricerca

Le prime esperienze con il LASER i rischi



La scelta dei metodi di controllo: un'idea da verificare



- La variazione del colore
 - prima e dopo le prove e sulla stessa superficie
 - ✦ Lo sporco è più scuro

- ⌘ Le sezioni stratigrafiche o lucide
 - ☑ Nei punti di demarcazione fra sporco e pulito

- ⌘ La microscopia in cantiere
 - ☑ Verifica dell'omogeneità superficiale

La scelta dei metodi di verifica: un'idea da verificare



- La variazione del colore
 - prima e dopo le prove e sulla stessa superficie
 - ✦ Lo sporco è più scuro

- ⌘ Le sezioni stratigrafiche o lucide
 - ☑ Nei punti di demarcazione fra sporco e pulito
- ⌘ La microscopia in cantiere
 - ☑ Verifica dell'omogeneità superficiale



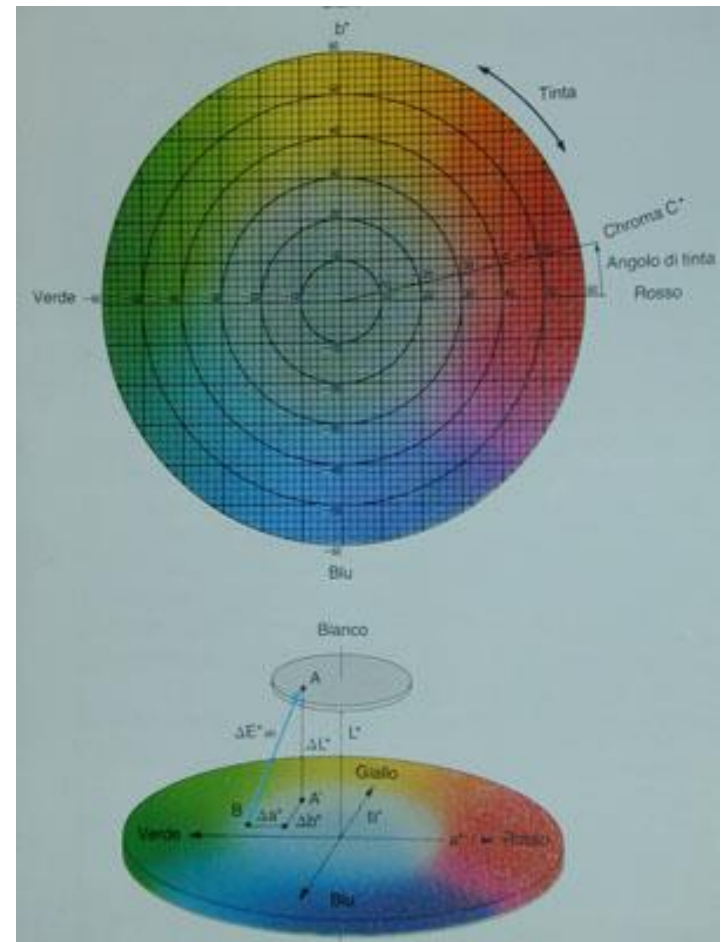
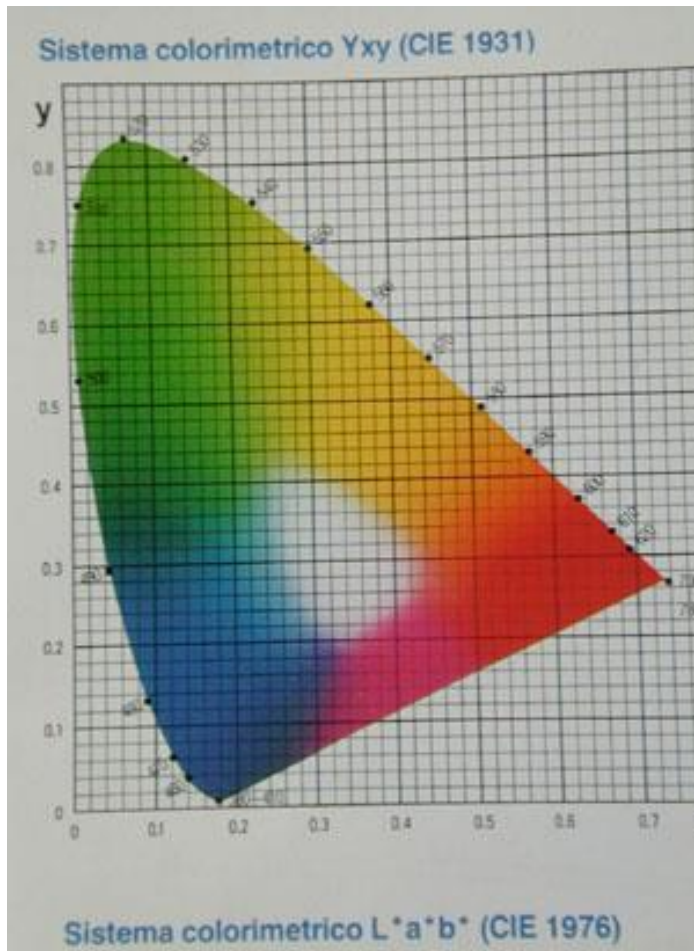
La colorimetrica

⌘ TEORIA DEL COLORE

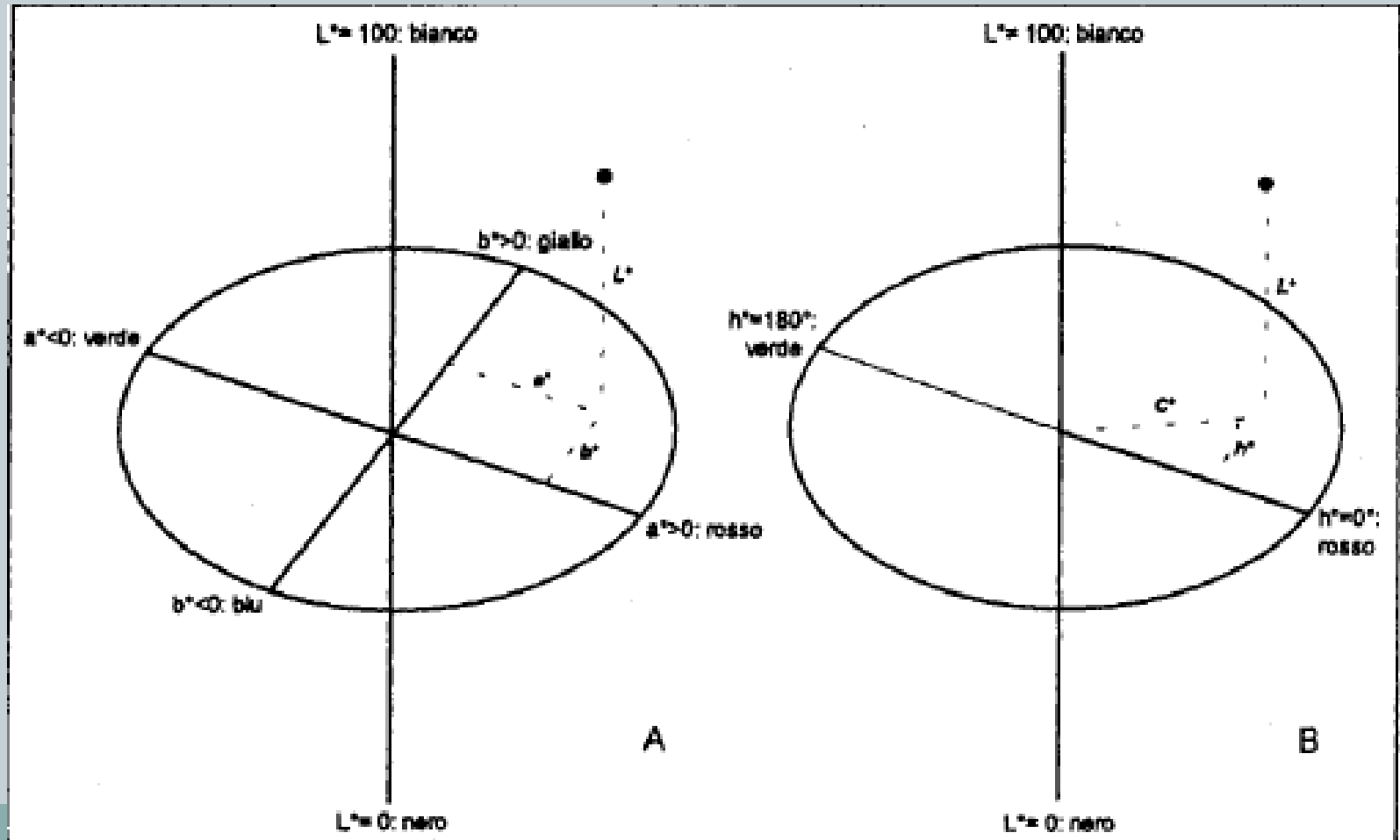
⌘ LE CARTE MUNSEL

La percezione e la realtà

Il metodo CIE $L^*a^*b^*$



Esempio di variazione nello spazio



Il metodo e gli



La verifica con la microscopia portatile

Le prove e i risultati laser



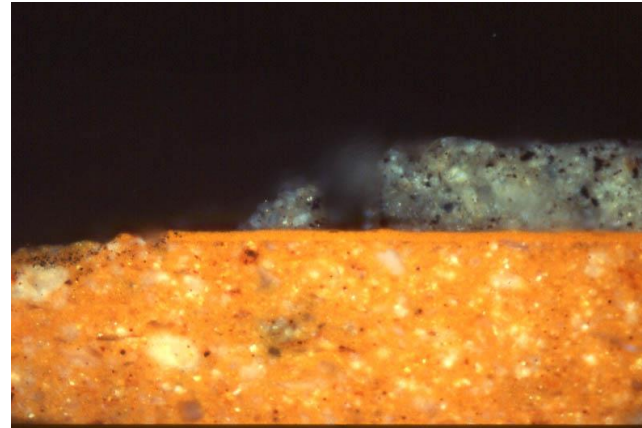
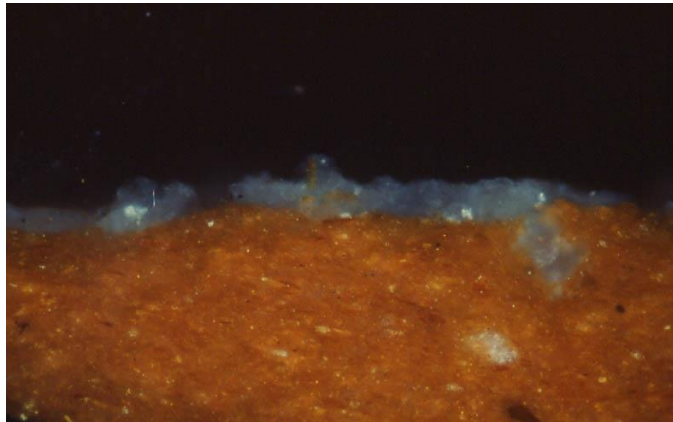
Microsabbatrice con silice



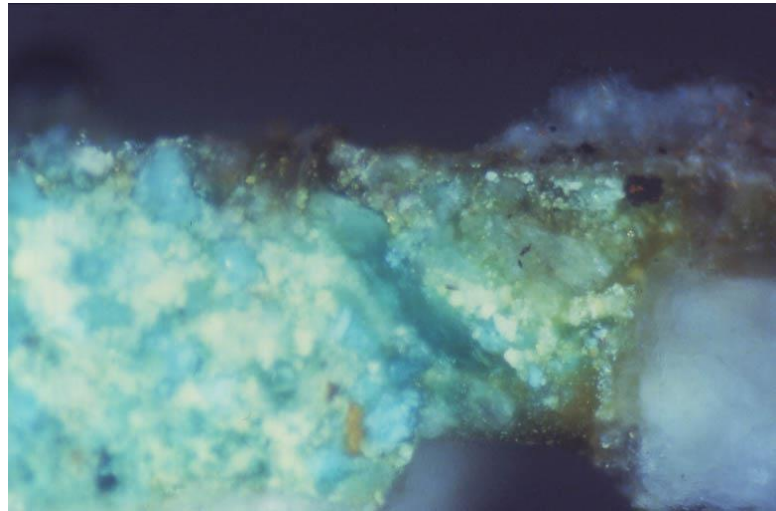
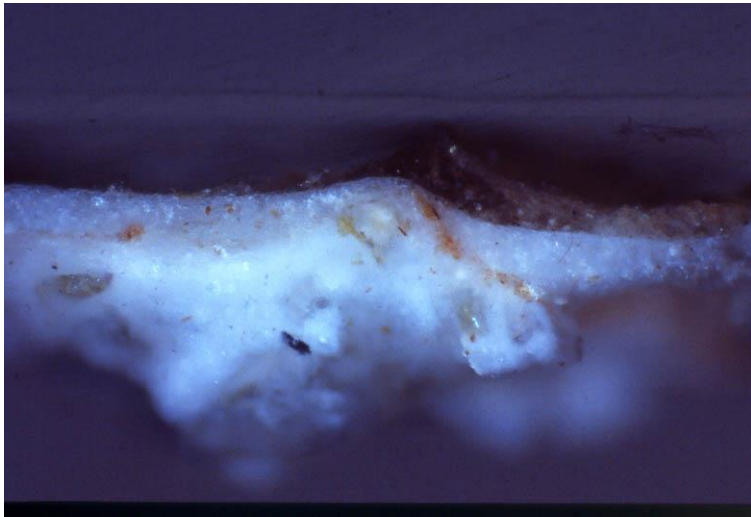
Resine scambio ioniche



Le sezioni

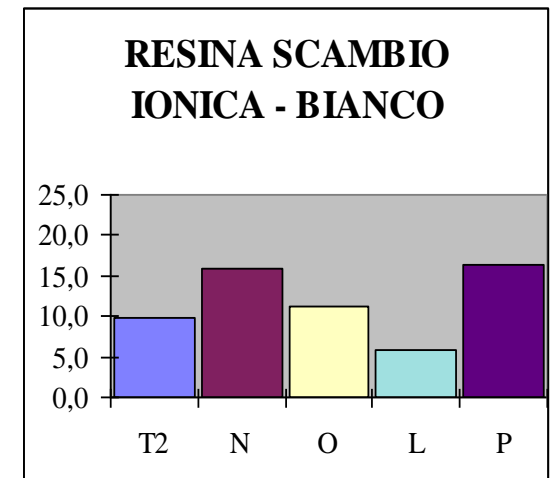
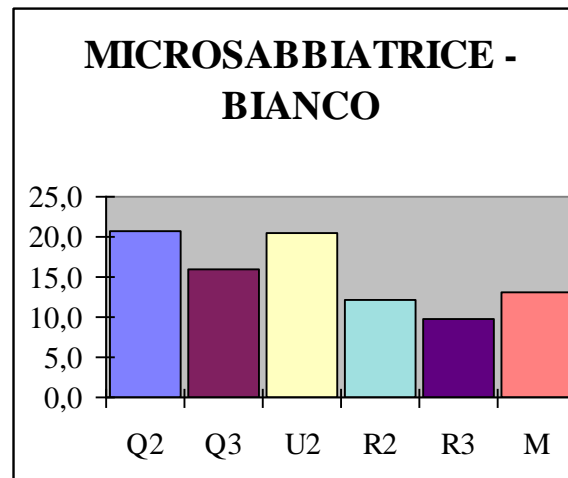
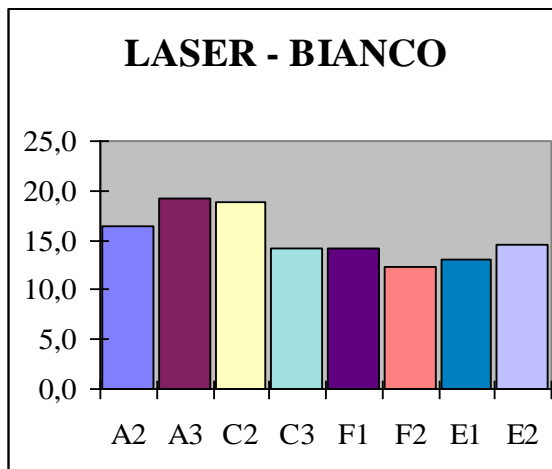


Pulitura sul gesso e sulle cromie

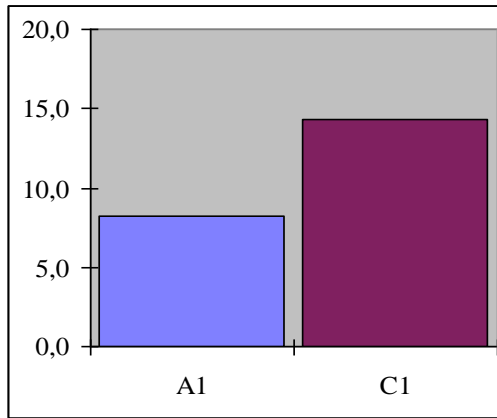


La misura del colore prima e dopo la pulitura - il ΔE

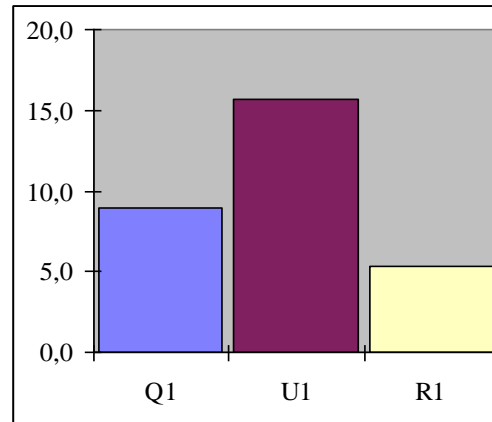
$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$



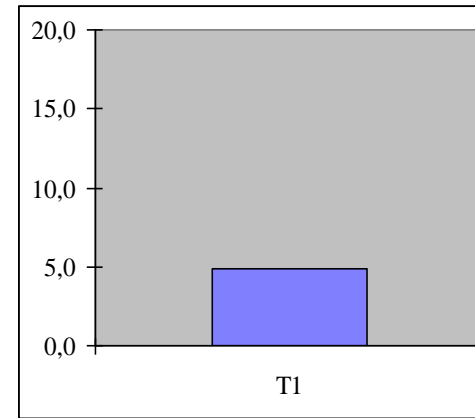
ΔE sul rosso



laser

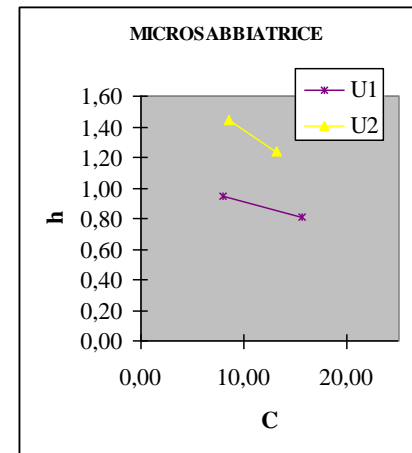
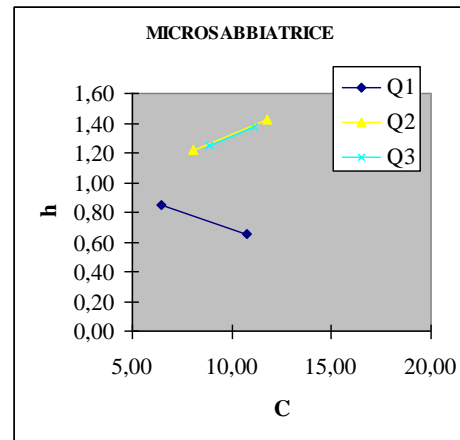
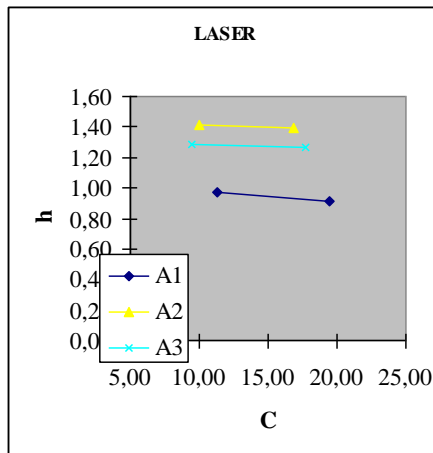


microsabbiat.



resine

C* h° su bianco e rosso



L'aspetto



Alcuni esempi



laser

micros

resine

Il lavoro ultimato



La ricostruzione ipotetica

