



Università degli Studi di Urbino
Comune di Senigallia

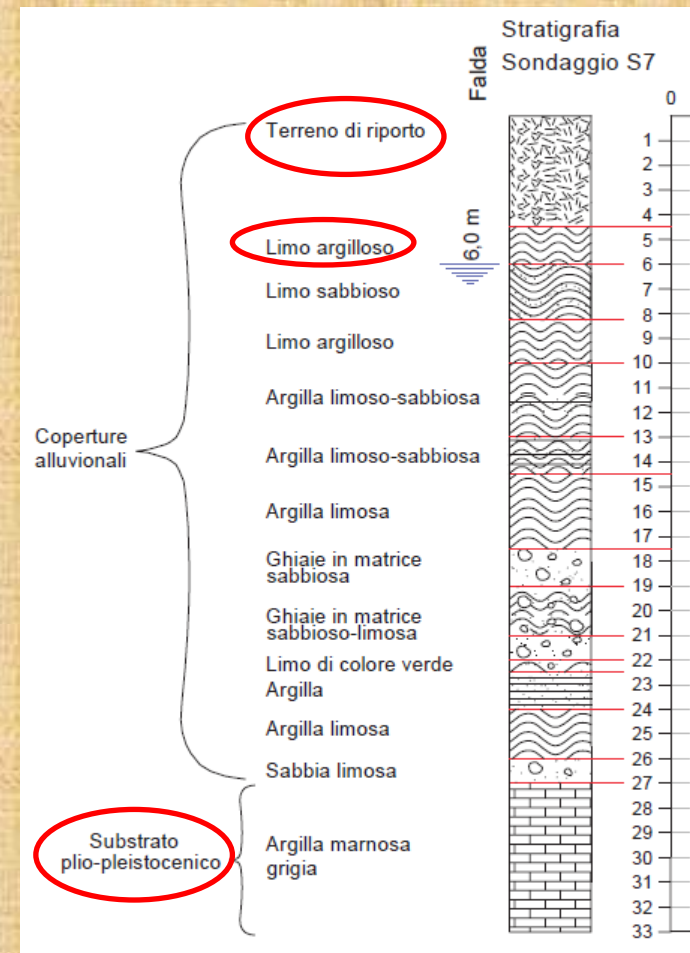
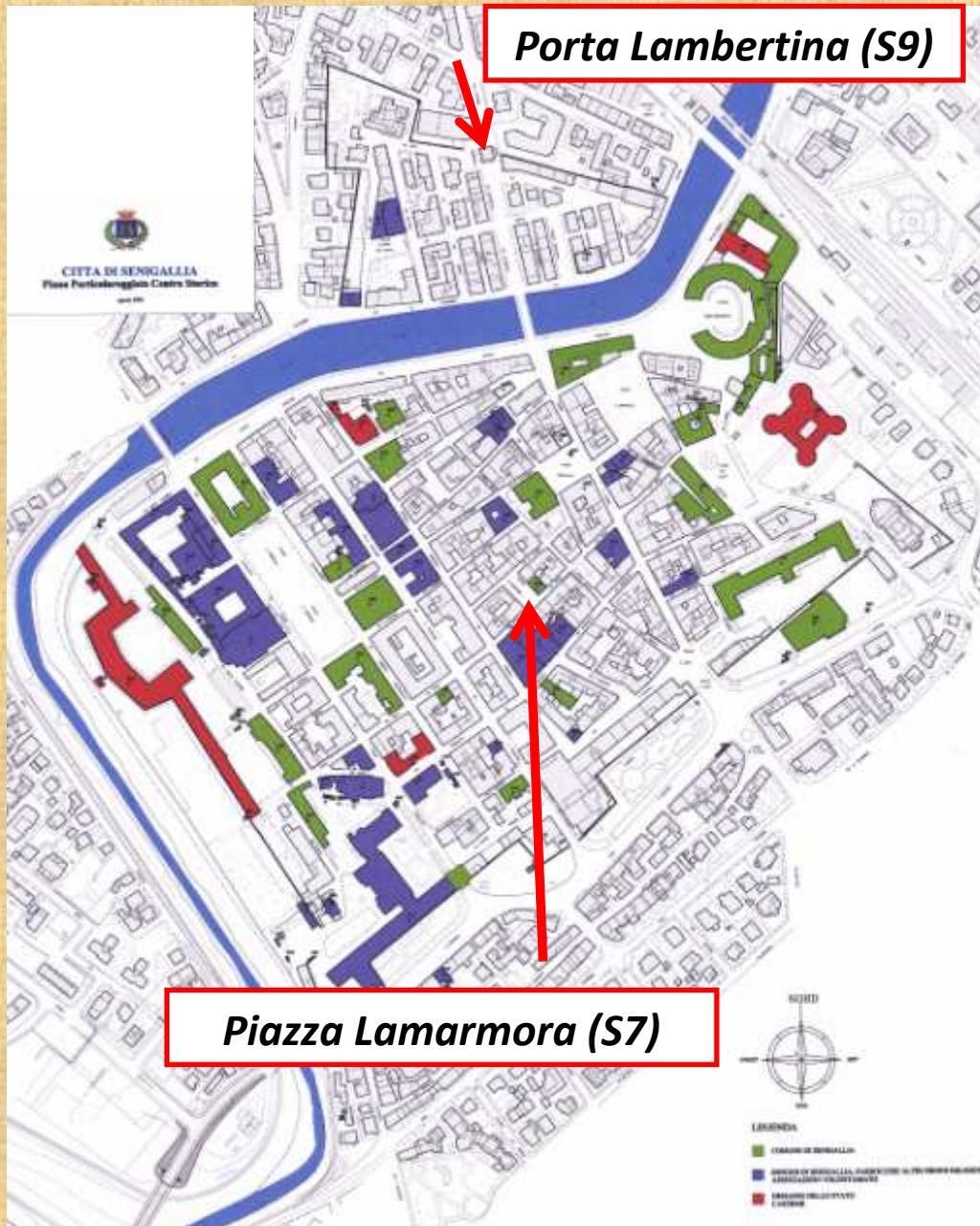


PIANO DI CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL SISTEMA DELLE MURA DELLA CITTÀ DI SENIGALLIA

Studi geologico-tecnici per la caratterizzazione
materica e cronologica dei corpi di fabbrica
diacroni, definizione del comportamento dei
substrati fondali e tecniche di restauro
conservativo

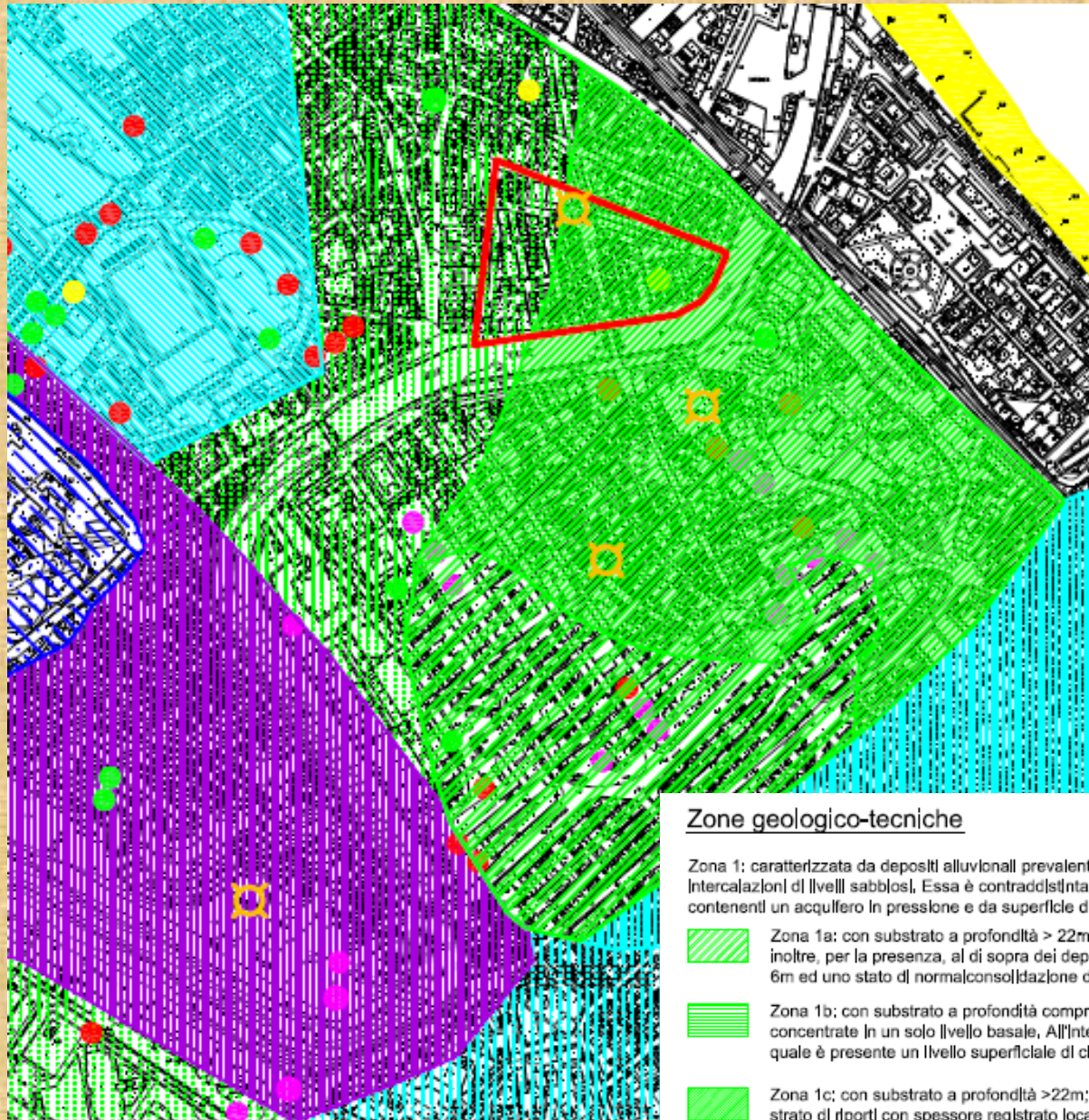
A Cura di:

Valentina Lampieri (rilievi e analisi); Francesco Veneri e Paolo Busdraghi (coordinamento ed elaborazione)







Stratigrafia presso piazza Lamarmora

Stratigrafia e geotecnica nell'area del centro storico



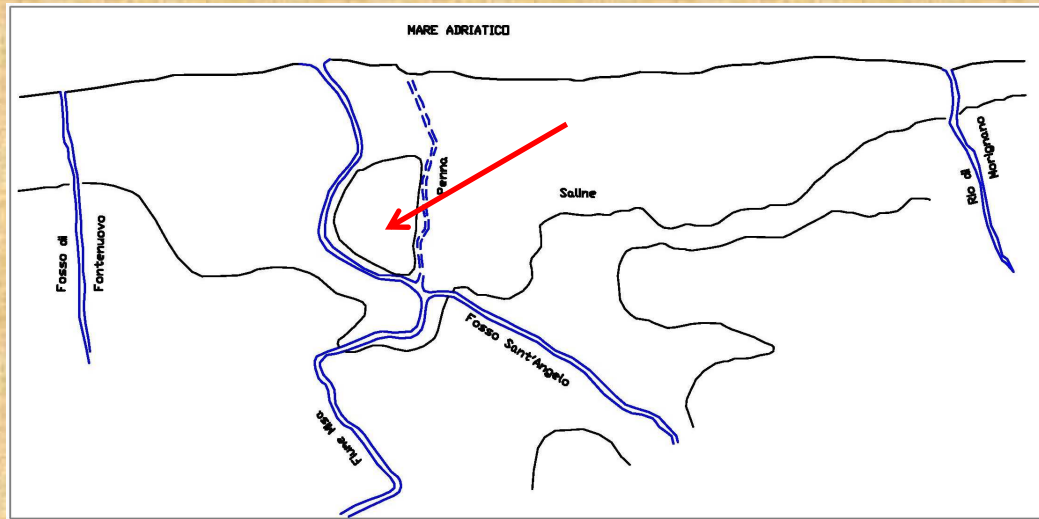
Zone geologico-tecniche

Zona 1: caratterizzata da depositi alluvionali prevalentemente limosi (CL "argille a bassa plasticità) con sottili e discontinue intercalazioni di livelli sabbiosi. Essa è contraddistinta alla base dei depositi alluvionali da due o un livello di ghiaie addensate contenenti un acquifero in pressione e da superficie di contatto con il sottostante bedrock geologico concava verso l'alto

-  Zona 1a: con substrato a profondità > 22m e con percentuale di ghiaie nei depositi alluvionali > 30 %. Essa si caratterizza, inoltre, per la presenza, al di sopra dei depositi alluvionali, di uno strato di riporti con spessore registrato localmente fino a 6m ed uno stato di normalconsolidazione dei limi sottostanti
-  Zona 1b: con substrato a profondità comprese tra i 16 ed i 22m e percentuale di ghiaie nei depositi alluvionali >30 % concentrate in un solo livello basale. All'interno di tale zona è stato delimitato un settore (delimitato da una linea rossa) nel quale è presente un livello superficiale di circa 4m di ghiaie, immediatamente sottostante ai riporti ed a tale unità ascrivibile
-  Zona 1c: con substrato a profondità >22m; essa si caratterizza per la presenza, al di sopra dei depositi alluvionali, di uno strato di riporti con spessore registrato localmente fino a 6m ed uno stato di normalconsolidazione dei limi sottostanti
-  Zona 1d: con substrato a profondità comprese tra i 18 ed i 20m

Considerazioni sulla geologia del sito

- Presenza di terreni soffici.
- Falda prossima al piano campagna.
- Terreni di riporto (come indicato da studi di microzonazione sismica).



- *Lo spessore dei terreni di riporto nell'area del centro storico si presenta molto variabile (con una media di 3 m), tuttavia gli spessori maggiori, pari a circa 6 m, si misurano procedendo da Foro Annonario sia verso l'ansa del Fiume Misa sia verso Porta Lambertina (Borgo Pace).*
- *L'area caratterizzata da tali terreni, corrisponde all'area del centro storico compresa tra l'attuale corso del F. Misa ed il vecchio corso del Torrente Penna, tombato in epoca storica ed in corrispondenza del quale oggi si trova Viale IV Novembre.*

Corsi d'acqua in epoca storica (da Giarrizzo, 1963, modificata).

Ricognizione fotografica

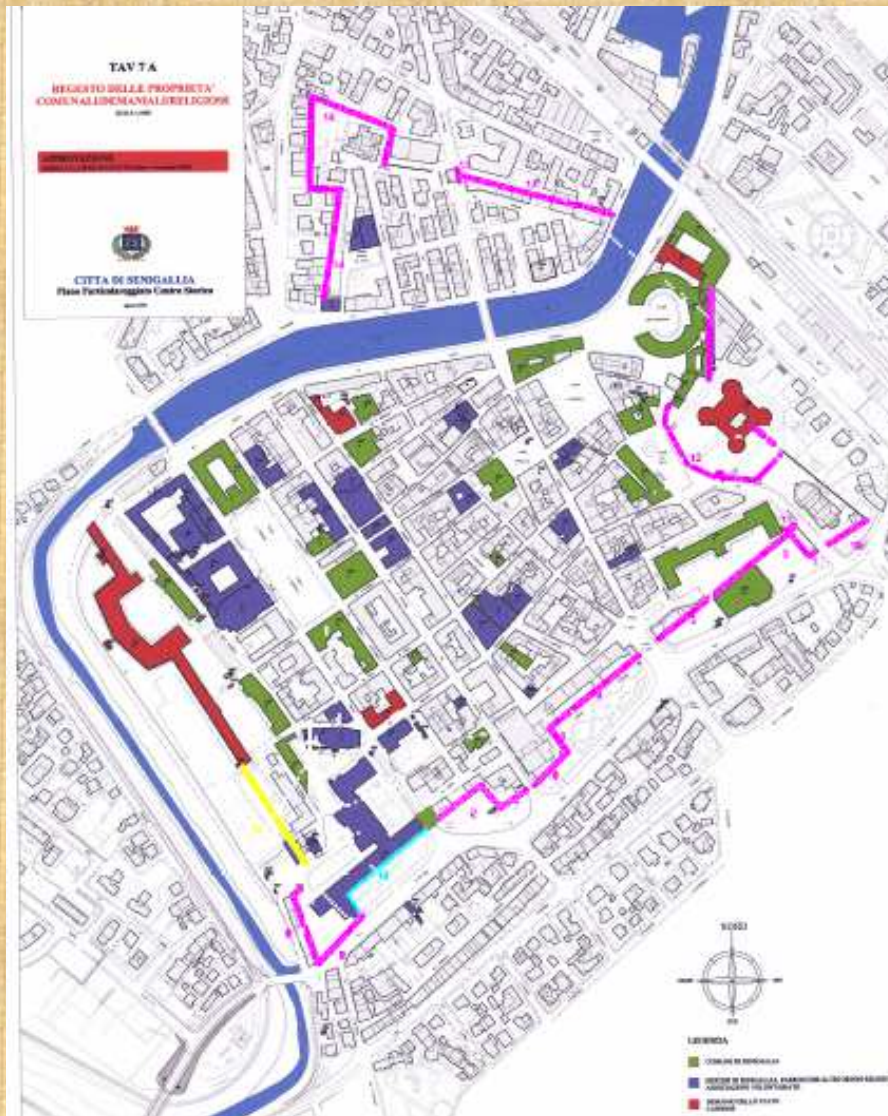
Mura '500



Mura '700



Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni



Suddivisione Mura in tratti con
misurazione della loro estensione.

Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni



P1



P2



P3



P4



P5



P6



P7



P8



P9



P10



P11



P12



P13



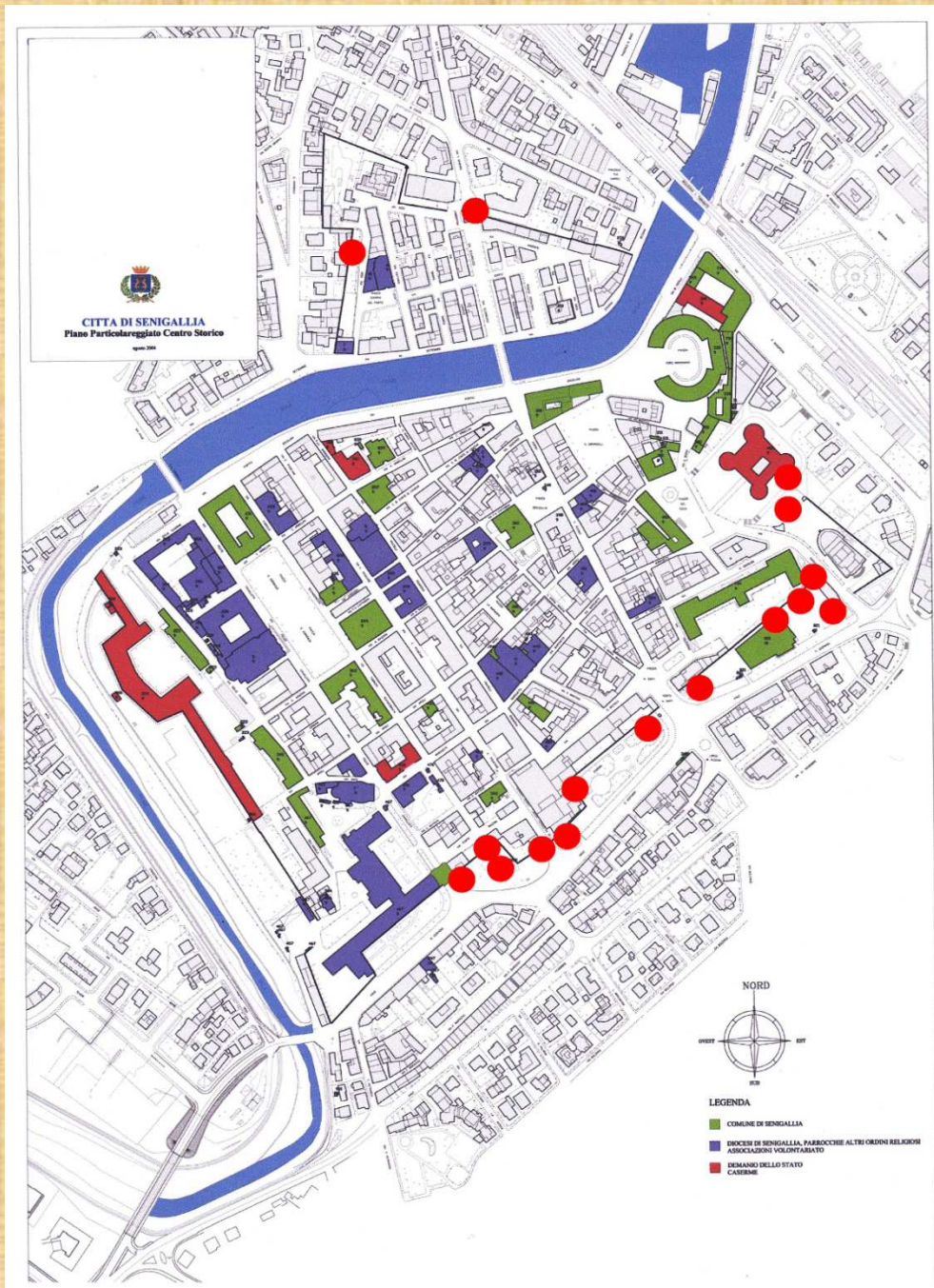
P14



P15

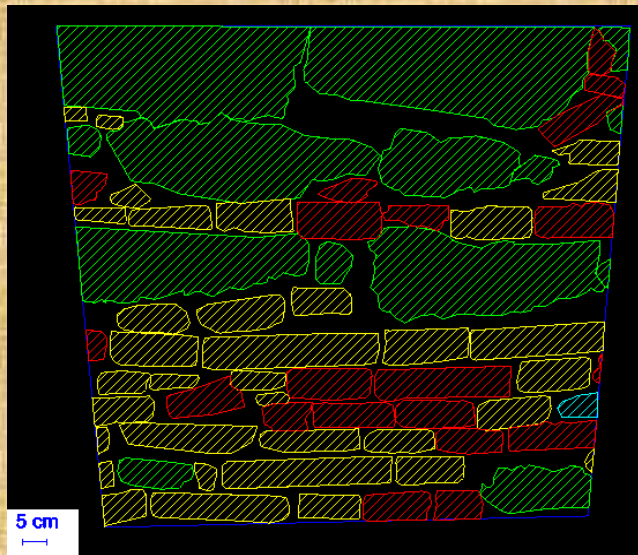
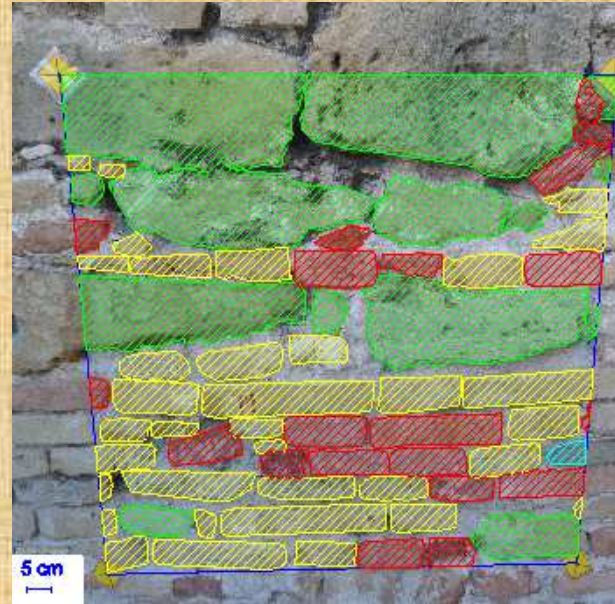


P16

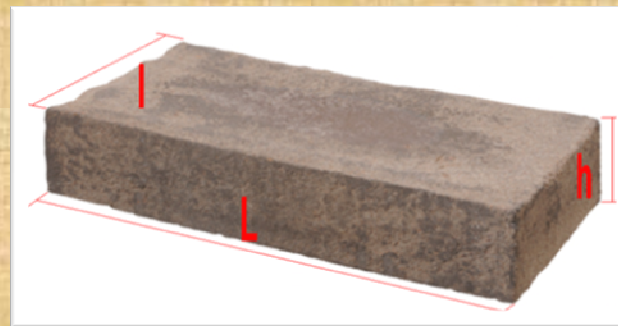
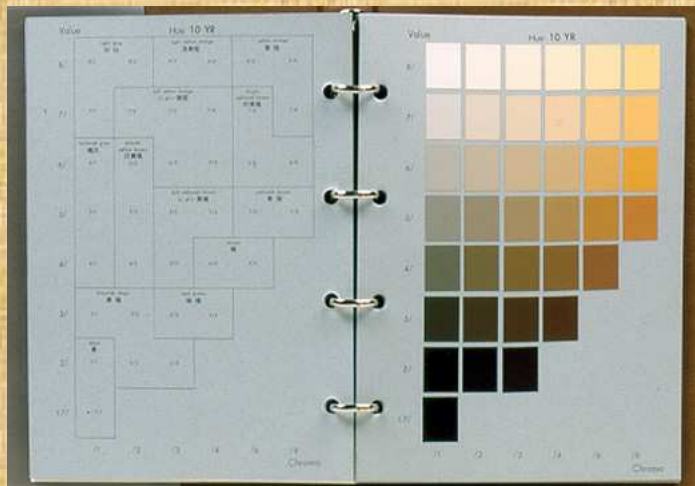


Ubicazione stazioni di campionamento

Tratti campione



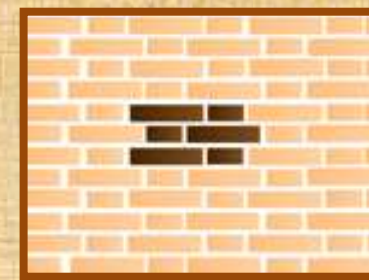
- Descrizione colorazioni principali (tavole Munsell) e misura delle dimensioni di laterizi, pietre (ove presenti) e dello spessore dei giunti (verticali e orizzontali)



- Prelievo **malte** strutturali e/o di riempimento dei giunti (elemento di debolezza)



- Valutazione dello stato di conservazione delle Mura e descrizione delle tessiture



Le malte rappresentano l'elemento di debolezza dell'intera struttura muraria: fungono da legante, ma sono anche gli elementi più facilmente alterabili.



Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: caratteristiche principali emerse dallo studio



Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: caratteristiche principali emerse dallo studio

- Dimensioni laterizi omogenee e con poche differenze tra '500 e '700 (i valori sono espressi in cm):
 - Laterizio del '500: L=30,6; h=5,5; l=14,2; Giunti h=1,6; Giunti v=1,2
 - Laterizio del '700: L=31,4; h=4,7; l=15,2; Giunti h=1,1; Giunti v=0,9
- Colorazioni predominanti per i laterizi: giallo (10YR7/4-*Very pale brown*) e rosso (10R5/6 & 2.5YR5/6-*Red*); mura settecentesche con maggior numero di laterizi gialli
- Tessitura predominante del paramento: Gotica
- Stato di conservazione mura: **Scadente** - si evidenzia una spinta decarbonatazione delle malte di connessione, con evoluzione del degrado aggravato dagli inquinanti emessi dal traffico veicolare e dagli *spray* marini, con perdita di coerenza della muratura, che si manifesta anche in set di fratture anche persistenti e secanti che favoriscono le infiltrazioni delle acque meteoriche; sia sulle discontinuità sia sui prodotti di alterazione si impostano piante infestanti, erbacee e arbustive, raramente arboree.

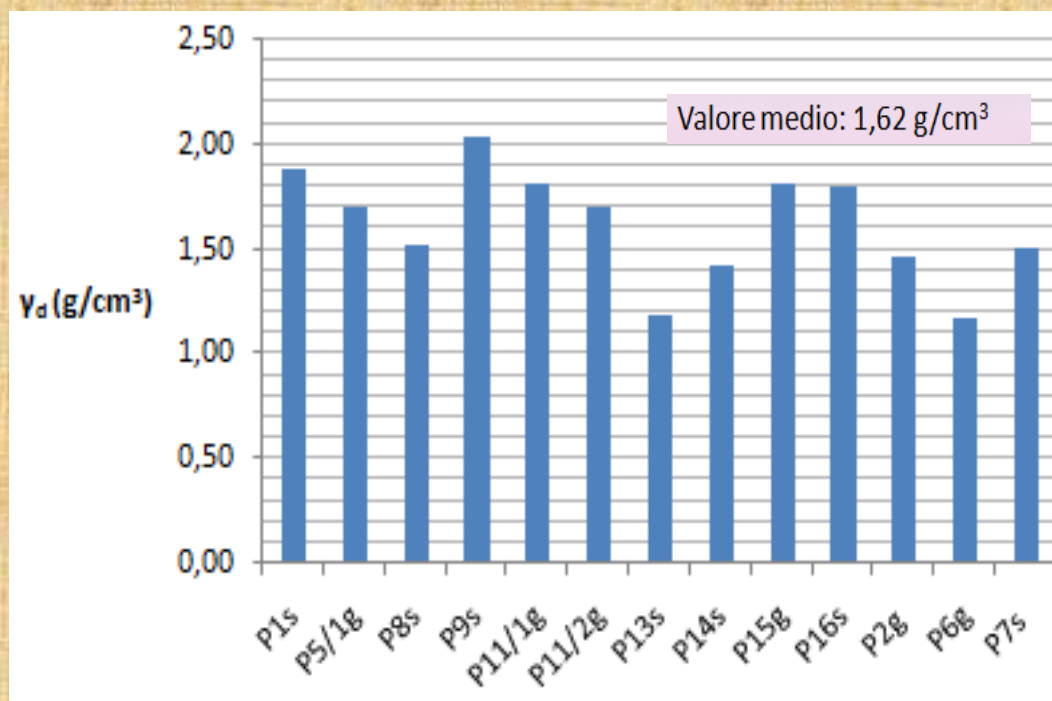
Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: analisi di laboratorio sulle malte

Valutazione parametri fisici da cui emerge la debolezza delle malte

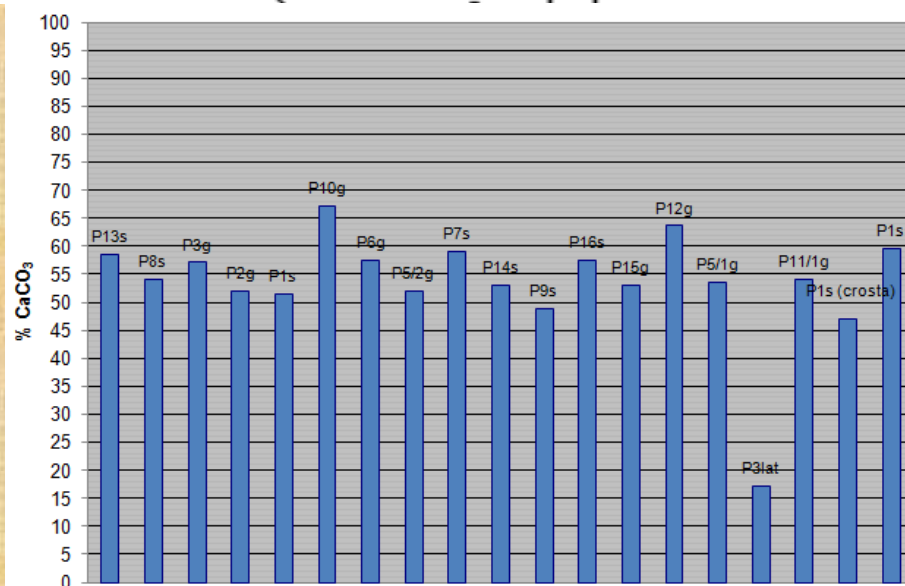
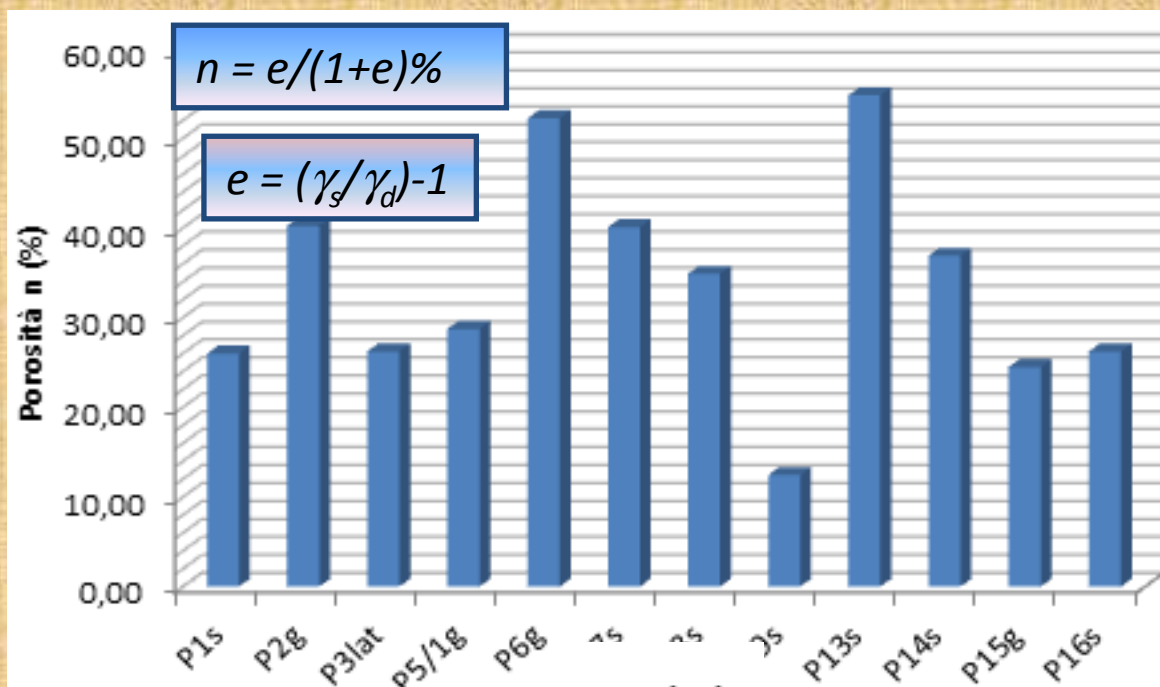
Camp.	T (°C)	Pp (g)	Pp+H ₂ O (g)	Pc (g)	Pp+Pc+PH ₂ O (g)	γ^s (g/cm ³)
P1s	20	54,06	172,32	24,84	186,94	2,43
P16s	17,6	54,03	172,33	25,06	187,14	2,44
P13s	17,6	54,03	172,33	25,46	188,02	2,61
P8s	17,6	54,03	172,33	25,17	186,77	2,35

Peso specifico reale (γ_s)

*Peso specifico apparente o
peso di volume (γ_d)*



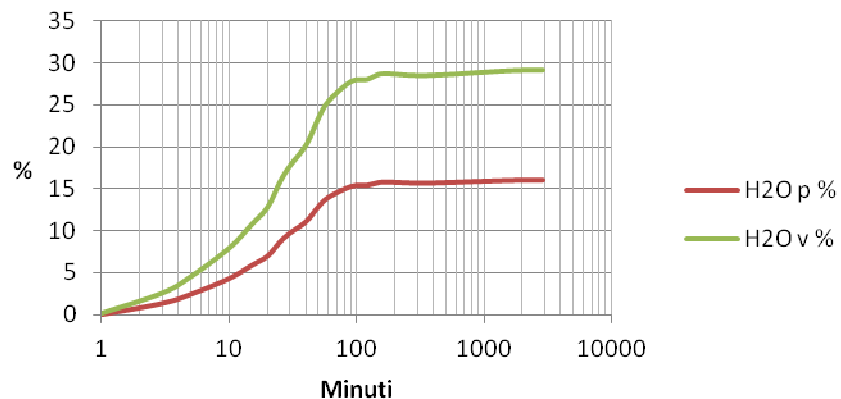
Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: analisi di laboratorio delle malte



Campione	P (kN)	I _{s(50)} (Mpa)	Su=24*I _{s(50)} (Mpa)
P1s	1,9	0,66	15,74
P2g	0,05	0,19	4,49
P5/1 _g	0,2	0,41	9,89
P6 _g	1,1	3,45	82,86
P7 _s a	0,4	0,59	14,05
P7 _s b	0,1	0,26	6,16
P8 _s	1,4	1,69	40,60
P9 _s a	0,9	1,54	36,91
P9 _s b	0,15	0,34	8,17
P11/1g	0,05	0,10	2,36
P11/2g	1,9	1,46	35,01
P13s	0,3	0,35	8,40
P14s	1,45	0,53	12,66
P15g	0,7	0,61	14,70
P16s	0,55	0,50	12,11

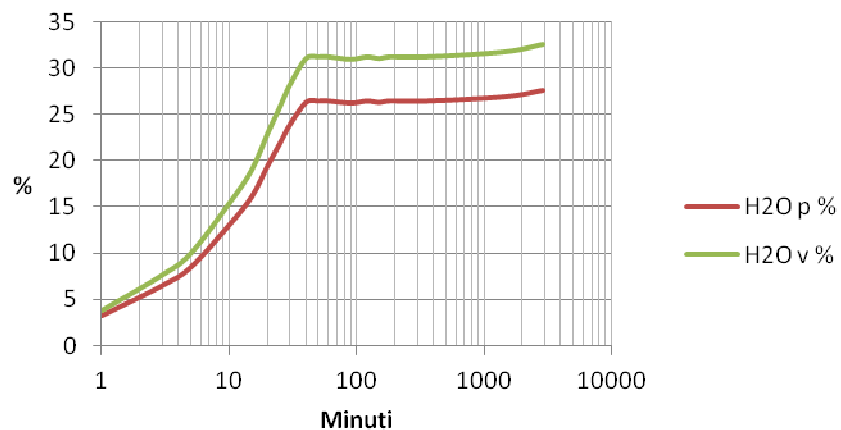
Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: analisi di laboratorio delle malte

Campione P15g

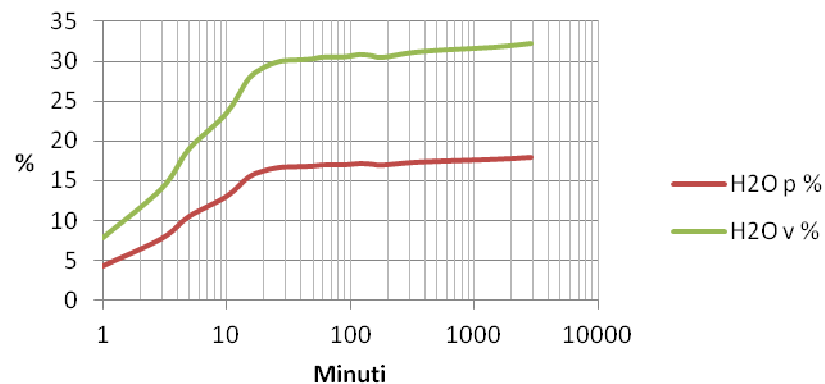


Determinazione della quantità d'acqua assorbita per unità di superficie, in funzione del tempo, a pressione e temperatura ambiente, da un campione avente la superficie di base in contatto con acqua tramite apposite carte da filtro.

Campione P13s

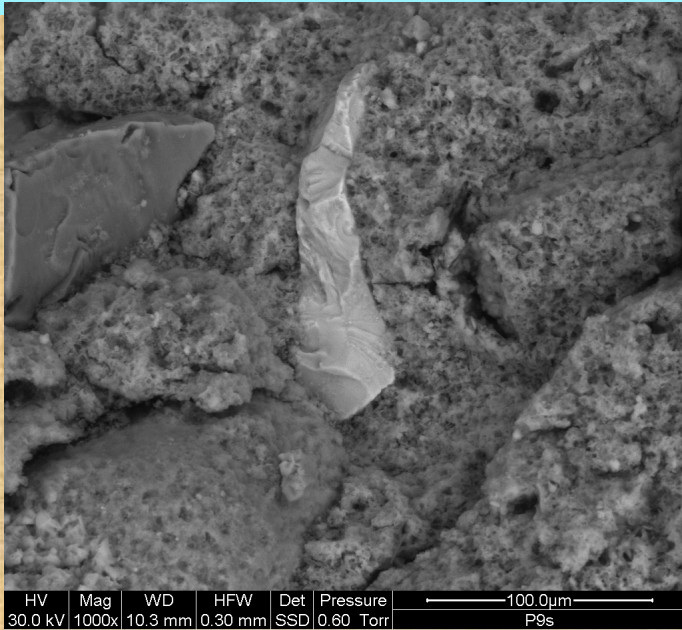
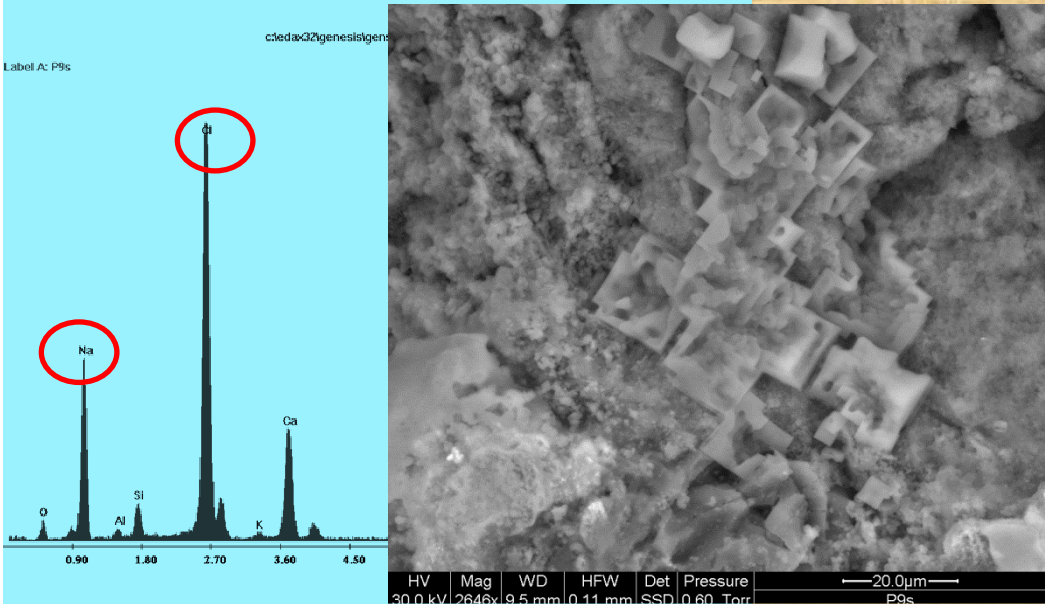
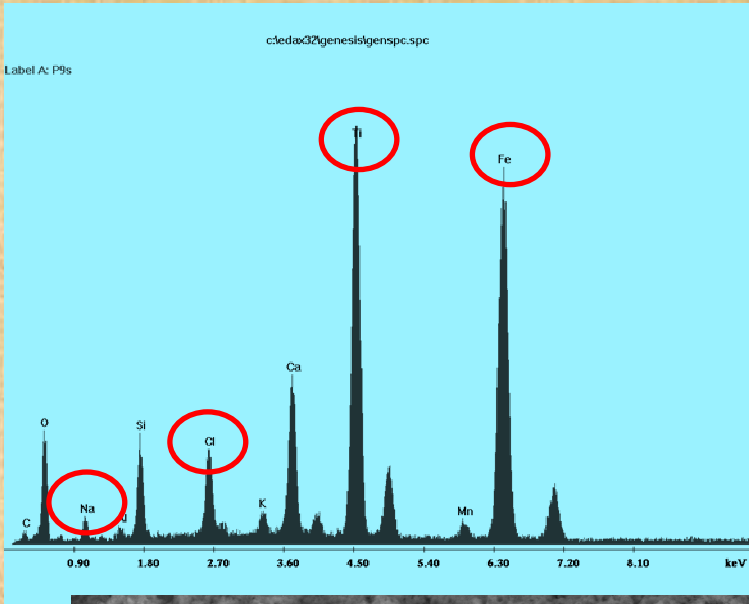
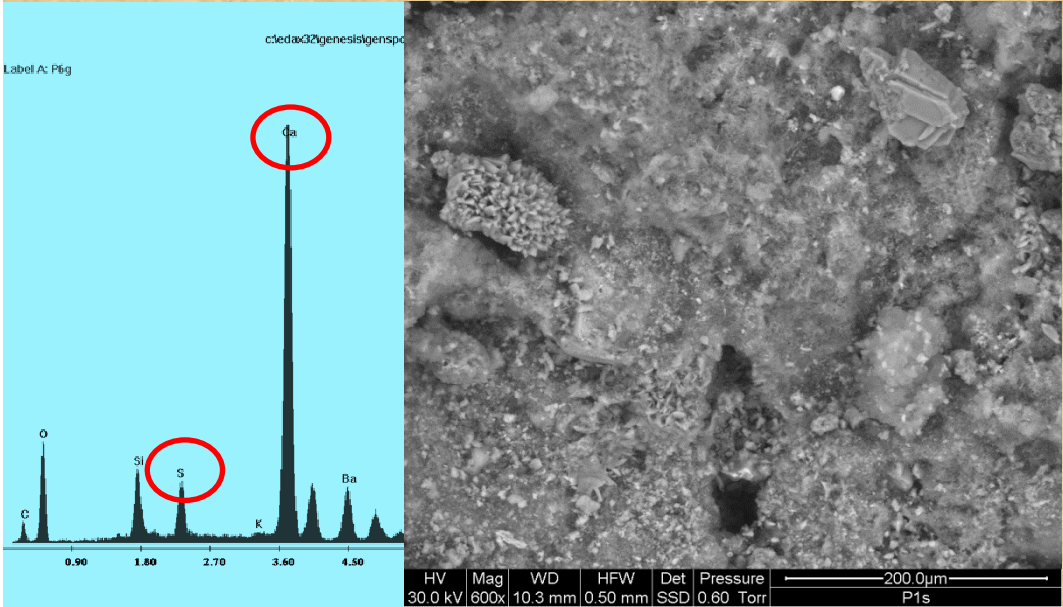


Campione P3lat

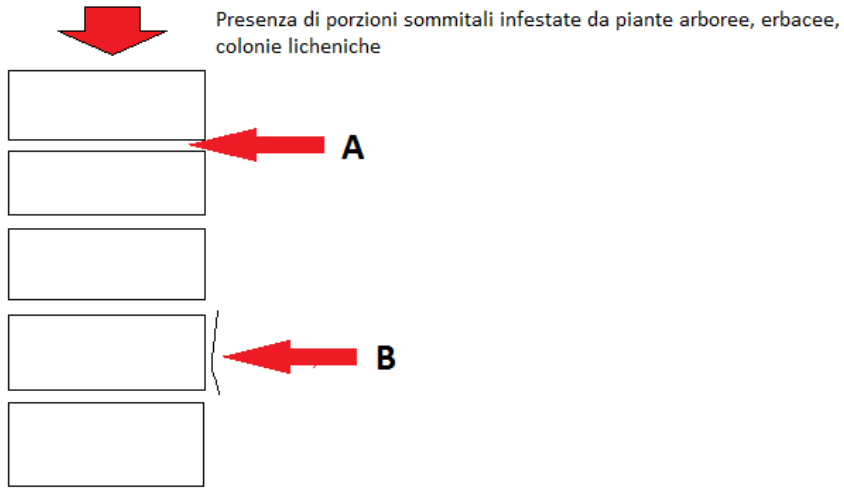


Assorbimento capillare

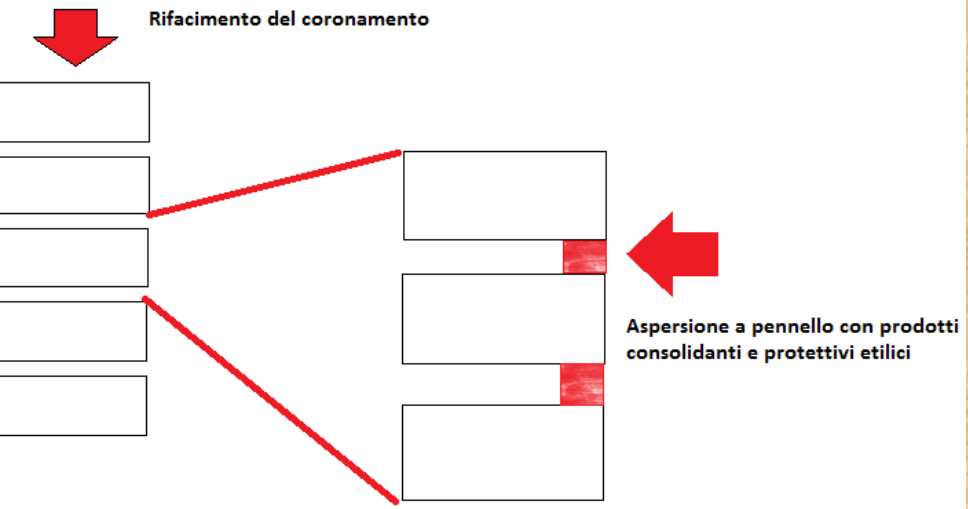
Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: analisi di laboratorio delle malte



Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: restauro conservativo



- A - Integrazione giunti (malte tipo “Lafarge” e “romana”)
- B - Consolidamento e protezione superficiale dalle croste nere, legate principalmente al traffico veicolare e alla presenza di NaCl



Caratterizzazione materica e cronologica dei corpi di fabbrica diacroni: restauro conservativo

Pulitura, integrazione, consolidamento, protezione superficiale

Si procede alle fasi A e B previa pulitura, disinfestazione e lavaggio

Consolidamento con esteri dell'anidride silicica

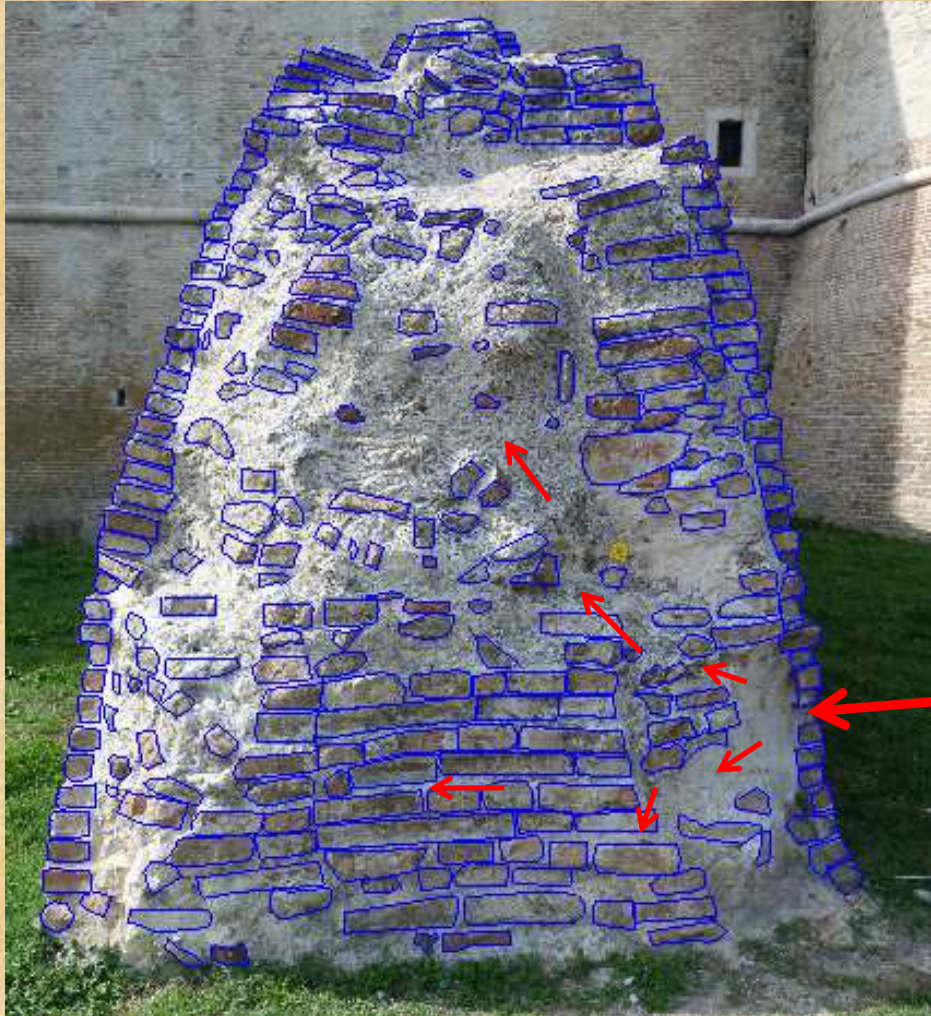
- ✓ LATERIZI= da 4 a 8-9 Kg/m²
- ✓ BIOCALCARENITE= da 3 a 5 Kg/m²
- ✓ MALTE ANTICHE (giunti aperti)= 8-9 Kg/m²

Protezione superficiale (silani)

Riduzione media assorbimento H₂O tra 91,1-92,8%

- ✓ LATERIZI= 300-400 g/m²
- ✓ BIOCALCARENITE= 300-500 g/m²
- ✓ MALTE MODERNE D'INTEGRAZIONE= 300-500 g/m²

Sezione della muratura: sacco



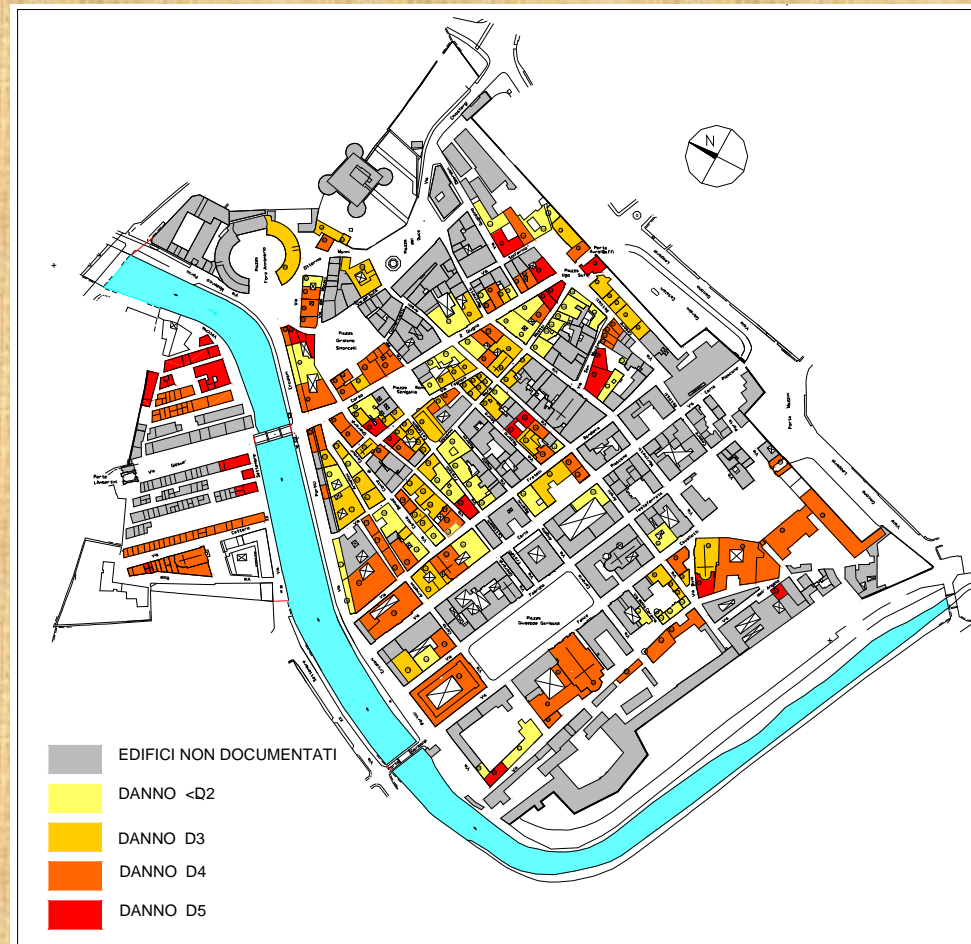
Inserimento tramite pompaggio di calce tipo "Lafarge" e calce tipo "romana"

Perché gli interventi di restauro siano efficaci occorrerà considerare anche la sismicità dell'area.

Il sisma del 1930 e la vulnerabilità sismica

8.5 gradi MCS e Magnitudo 5.9

Danni prodotti entro un raggio di 15-20 km



Perché restaurare

- Incremento in peso dei paramenti in seguito a eventi piovosi oggi sempre più intensi (tropicalizzazione).
- Elevata porosità e rapido assorbimento di acqua per capillarità come evidenziato dalle esperienze di laboratorio (incremento in peso diventa un grande problema soprattutto in caso di scuotimento).
- Presenza di edifici costruiti sopra le Mura.
- Qualità scadente dei terreni fondali (limi argillosi); fondazioni presumibilmente poste sotto i materiali di riporto (necessità di ulteriori indagini).
- Area soggetta in passato a fenomeni sismici importanti.
- Falda prossima al piano campagna (amplificazioni sismiche).



Urgenza di un restauro strutturale oltre che estetico