

OSPEDALE VITTORIO EMANUELE – CATANIA

ANALISI CHIMICO FISICHE

RELAZIONE

Si riportano di seguito i risultati delle indagini eseguite sui materiali lapidei naturali ed artificiali impiegati nella muratura esterna del Padiglione S. Marco- Ospedale Vitt. Emanuele di Catania. Scopo delle indagini è quello di definire le caratteristiche composizionali e strutturali di detti materiali e il loro stato di conservazione.

La campionatura, ha preso in esame un campione di pietra e quattro campioni di malta, sui quali sono state effettuate le seguenti indagini:

- analisi chimica degli elementi maggiori
- analisi mineralogico - petrografica
- determinazione del contenuto in carbonati
- dosaggio dei sali idrosolubili totali e analisi chimica quantitativa degli anioni dei cationi

METODOLOGIE ANALITICHE

Le indagini mineralogico – petrografiche sono state eseguite mediante osservazioni al microscopio polarizzatore, su sezioni sottili, ed analisi per diffrazione a raggi X su polveri. Per la descrizione dei caratteri strutturali e tessiturali delle malte si è fatto riferimento alle raccomandazioni Normal 12\83 (Aggregati Artificiali di Clasti e Matrice Legante non Argillosa: Schema di Descrizione). La percentuale volumetrica di inerte e la porosità sono state determinate mediante stima visiva con tavole di comparazione mentre la granulometria dei clasti è stata stimata con l'ausilio di un micrometro ottico. Le analisi diffrattometriche sono state eseguite adottando le seguenti condizioni sperimentali (diffrattometro Rigaku D MAXIII C, a goniometro orizzontale, con monocromatore a grafite): Radiazione Cu K α , a 40 KV e 20 mA, velocità di scansione 2° 2 θ /min, passo di campionamento del rivelatore 0,04°.

Per quanto riguarda le analisi chimiche, si è proceduto dapprima alla solubilizzazione della frazione carbonatica mediante attacco con acido cloridrico diluito (1:7). Sulla soluzione così ottenuta, sono stati determinati gli elementi Ca, Mg e Fe, mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS). Sul una frazione del residuo

insolubile è stata determinata la percentuale in peso di silice per differenza di pesata dopo l'attacco con acido fluoridrico e acido perclorico. Il residuo rimasto è stato fuso con potassio piro-solfato e portato a volume per le ulteriori determinazioni: Al complessometrica, Ti e Fe colorimetrica, Na e K in spettrofotometria di fiamma determinazioni: Al complessometrica, Ti e Fe colorimetrica, Na e K in spettrofotometria di fiamma

La determinazione del contenuto in carbonati è stata effettuata mediante calcimetria (NorMal 32/89).

Infine la valutazione del contenuto in sali solubili totali è stata effettuata mediante misure di conduttività, applicando le procedure analitiche riportate nelle raccomandazioni Normal 13/83 (Dosaggio dei sali solubili). Inoltre, sull'estratto acquoso, è stata inoltre eseguita l'analisi chimica degli ioni adottando le seguenti tecniche analitiche: spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS) per la determinazione dei cationi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+); cromatografia liquida (HPLC) per la determinazione degli anioni (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-).

ESPOSIZIONE DEI RISULTATI

Di seguito si espongono i risultati delle indagini eseguite sui singoli campioni.

Campione 1 (pietra)

Descrizione Macroscopica

Il campione è costituito da un frammento di pietra (calcarenite) che all'osservazione macroscopica presenta una grana fine, abbastanza uniforme, e un colore d'insieme bianco - giallastro.

Descrizione microscopica

All'osservazione microscopica la roccia mostra una tessitura omogenea ed isotropa data dalla presenza di granuli calcarei, di forma sferica o subsferica (ooliti), di dimensioni comprese tra 0,1 e 2 mm, con valore medio intorno a 0,5 mm. La matrice carbonatica a grana molto fine. Il cemento intergranulare è costituito da calcite spatica.

Pellicola di alterazione

La pellicola superficiale ha uno spessore di circa 0.2 mm ed è costituita principalmente da un aggregato eterogranulare di gesso, ma sono anche abbondanti i granuli carboniosi e le particelle di *fly ash* provenienti dell'atmosfera urbana, inquinata a causa del traffico autoveicolare.

Analisi diffrattometrica

L'analisi ha evidenziato la presenza nel campione di calcite e gesso. Come evidenziato nella indagine al microscopio, la calcite è il componente primario della roccia.

Il gesso costituisce un minerale secondario dovuto alla alterazione (solfatazione) della compagine carbonatica.

Analisi porosimetrica

I valori relativi alla distribuzione dimensionale del raggio dei pori sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1 – Distribuzione percentuale del volume dei pori in funzione del raggio

Intervallo diametro dei pori (micron)	Volume relativo (%)
200 – 160	0,00
160 – 120	0,15
120 – 80	1,60
80 – 20	22,40
20 – 16	7,80
16 – 12	10,30
12 – 8	14,00
8 – 4	22,90
4 – 1,6	11,70
1,6 – 1	3,90

Il valore di porosità totale è pari a 23,70 %, il peso di volume 1,90 g/cm³. La distribuzione porosimetrica è caratterizzata dalla presenza di una bimodalità con una moda principale intorno ai 10 micron ed una moda secondaria intorno a 0,3 micron.

Analisi chimica dei sali solubili

Il contenuto in sali solubili presenti nel campione di pietra è stato valutato attraverso misure di conduttività, secondo le procedure riportate nelle raccomandazioni Normal 13/83 mediante cromatografia liquida (HPLC).

I risultati della determinazione dei sali idrosolubili sono riportati in Tabella 2

Tabella 2 – Percentuali di sali solubili presenti nel campione

	%
Cl ⁻	0,60
SO ₄ ²⁻	0,40
NO ₃ ³⁻	0,15

Campione 1 (malta)

Descrizione macroscopica

Il campione è costituito da alcuni frammenti di malta dimensioni intorno a 2,5 cm³.

L'aspetto è caratterizzato dalla presenza di frammenti litici vulcanici, di colore da bruno - rossastro a rosso mattone, immersi in una matrice legante rosa pallido. L'aspetto dimensionale dei clasti, varia da arenaceo molto grossolano a conglomeratico fine. La coesione della malta è scarsa, il campione infatti risulta piuttosto friabile.

Descrizione microscopica

La composizione dell'aggregato è costituito da frammenti subangolosi di lava basaltica, a vario grado di alterazione e bollosità. I clasti hanno dimensioni molto variabili (da alcuni decimi di millimetro ad oltre 1 cm). La classe granulometrica maggiormente rappresentata è quella arenaceo molto – grossolana (1 – 2 mm). La matrice legante, è costituita da calcite micritica derivante dalla carbonatazione di calce.

Il rapporto volumetrico tra i clasti e la matrice legante è circa 3:1

In questo campione si notano numerose fessure nella matrice legante.

Analisi chimica degli elementi maggiori

L'analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione è riportata in tabella 3.

Tabella 3 - Analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione
(valori espressi in % in peso)

SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	P₂O₅	Fe₂O₃	MgO	MnO	CaO	Na₂O	K₂O	LOI
25,40	0,80	11,30	0,20	5,55	2,20	0,15	20,80	11,40	1,80	20,60

Calcimetrica

Il contenuto percentuale in carbonati, determinato mediante calcimetria, risulta pari a 30%.

Analisi chimica dei sali solubili

Il contenuto in sali solubili totali presenti nel campione in esame, valutato mediante misure di conduttività, è pari a 110,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'analisi chimica dei sali solubili presenti nel campione rivela un elevato contenuto di nitrati e di cloruri (Tabella 4).

Tabella 4 – Analisi chimica dei sali solubili

	Na⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Cl⁻	SO₄²⁻	NO₃⁻
%	0,01	0,52	1,20	0,10	3,34	0,22	6,40

Campione 2 (malta)

Descrizione macroscopica

Il campione è costituito da alcuni frammenti di malta di dimensioni intorno a 2,5 cm³. All'osservazione macroscopica la malta mostra una colorazione d'insieme grigio – rosato data dalla presenza di clasti litici di colore bruno e rosso mattone immersi in una matrice legante di tonalità rosa. L'aspetto dimensionale dei clasti varia da arenaceo molto - grossolano a conglomeratico medio – fine con dimensione massima di 20 mm. La coesione della malta è scarsa, il campione infatti risulta friabile.

Descrizione microscopica

L'aggregato è costituito da frammenti subangolosi di lava basaltica di dimensioni molto eterogenee. L'intervallo granulometrico maggiormente rappresentato è quello compreso tra le classi microconglomeratica e conglomeratica - fine (2 – 8 mm).

I clasti lavici mostrano una struttura porfirica definita da fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno, olivina e ossidi opachi, immersi in una pasta di fondo da micro a criptocristallina, costituita dagli stessi minerali. Meno frequentemente si notano frammenti di lava a struttura prevalentemente vetrosa. I granuli lavici presentano inoltre un variabile grado di ossidazione, che si riflette in una colorazione d'insieme rossa più o meno accentuata, e una bollosità in alcuni da poco sviluppata ad accentuata fino ad assumere un aspetto scoriaceo.

La matrice legante è costituita da calcite derivante dalla carbonatazione di calce aerea. Essa presenta una tessitura micritica e una struttura grumosa.

Il rapporto volumetrico tra l'aggregato e la matrice legante risulta all'incirca pari a 3:1.

La percentuale di pori risolubili all'osservazione microscopica (diametro > 0,1 mm), è di circa 10%. I pori, localizzati nella matrice legante, hanno forma irregolare e dimensioni varie, con un massimo di 1 mm. Si riscontra inoltre la presenza di numerose fessure sia nel legante che lungo il contorno dei clasti.

Analisi diffrattometrica

L'analisi ha evidenziato la presenza nel campione di calcite e feldspato (plagioclasio) come fasi mineralogiche predominanti, insieme a subordinate quantità di pirosseno e olivina. La presenza di calcite è da ricondurre al legante impiegato nella malta che, come d'altra parte evidenziato anche nell'indagine in sezione sottile, è a base di calce aerea.

Analisi chimica degli elementi maggiori

L'analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione è riportata in tabella 5.

Tabella 5 - Analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione
(valori espressi in % in peso)

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
33,15	1,15	12,90	0,70	7,30	1,65	0,12	19,15	2,40	1,39	15,19

Calcimetria

Il contenuto percentuale in carbonati, determinato mediante calcimetria, risulta pari a 29%.

Analisi chimica dei sali solubili

Il contenuto in sali solubili totali presenti nel campione in esame, valutato mediante misure di conduttività, è pari a 50,40 µS/cm.

L'analisi chimica dei sali solubili presenti nel campione è riportata nella Tabella 6.

Tabella 6 – Analisi chimica dei sali solubili

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
%	0,02	0,14	0,73	0,06	0,78	0,02	1,19

Campione 3 (malta)

Descrizione macroscopica

Il campione è costituito da alcuni frammenti di malta di dimensioni intorno a 2 cm³. All'osservazione macroscopica la malta mostra una colorazione d'insieme grigio – rosato data dalla presenza di clasti litici di colore bruno e rosso mattone immersi in una matrice legante di tonalità rosa. L'aspetto dimensionale dei clasti varia da arenaceo molto - grossolano a conglomeratico medio – fine con dimensione massima di 20 mm. La coesione della malta è scarsa, il campione infatti risulta friabile.

Descrizione microscopica

L'aggregato è costituito da frammenti subangolosi di lava basaltica di dimensioni molto eterogenee. L'intervallo granulometrico maggiormente rappresentato è quello compreso tra le classi microconglomeratica e conglomeratica - fine (2 – 8 mm).

I clasti lavici mostrano una struttura porfirica definita da fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno, olivina e ossidi opachi, immersi in una pasta di fondo da micro a criptocristallina, costituita dagli stessi minerali. Meno frequentemente si notano frammenti di lava a struttura prevalentemente vetrosa. I granuli lavici presentano inoltre un variabile grado di ossidazione, che si riflette in una colorazione d'insieme rossa più o meno accentuata, e una bollosità in alcuni da poco sviluppata ad accentuata fino ad assumere un aspetto scoriaceo.

La matrice legante è costituita da calcite derivante dalla carbonatazione di calce aerea. Essa presenta una tessitura micritica e una struttura grumosa.

Il rapporto volumetrico tra l'aggregato e la matrice legante risulta all'incirca pari a 3:1.

La percentuale di pori risolvibili all'osservazione microscopica (diametro > 0,1 mm), è di circa 10%. I pori, localizzati nella matrice legante, hanno forma irregolare e dimensioni varie, con un massimo di 1 mm. Si riscontra inoltre la presenza di numerose fessure sia nel legante che lungo il contorno dei clasti.

Analisi diffrattometrica

L'analisi ha evidenziato la presenza nel campione di calcite e feldspato (plagioclasio) come fasi mineralogiche predominanti, insieme a subordinate quantità di pirosseno e olivina. La presenza di calcite è da ricondurre al legante impiegato nella malta che, come d'altra parte evidenziato anche nell'indagine in sezione sottile, è a base di calce aerea.

Analisi chimica degli elementi maggiori

L'analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione è riportata in tabella 7.

Tabella 7 - Analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione
(valori espressi in % in peso)

SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	P₂O₅	Fe₂O₃	MgO	MnO	CaO	Na₂O	K₂O	LOI
35,54	1,30	12,60	0,42	7,70	1,70	0,15	20,20	2,30	1,50	14,20

Calcimetria

Il contenuto percentuale in carbonati, determinato mediante calcimetria, risulta pari a 30%.

Analisi chimica dei sali solubili

Il contenuto in sali solubili totali presenti nel campione in esame, valutato mediante misure di conduttività, è pari a 52,30 µS/cm.

L'analisi chimica dei sali solubili presenti nel campione è riportata nella Tabella 8.

Tabella 8 – Analisi chimica dei sali solubili

	Na⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Cl⁻	SO₄²⁻	NO₃⁻
%	0,02	0,12	0,60	0,08	0,97	0,02	1,30

Campione 4 (malta)

Descrizione macroscopica

Il campione è costituito da alcuni frammenti di malta di dimensioni intorno a 3 cm³. All'osservazione macroscopica la malta mostra una colorazione d'insieme grigio – rosato data dalla presenza di clasti litici di colore bruno e rosso mattone immersi in una matrice legante di tonalità rosa. L'aspetto dimensionale dei clasti varia da arenaceo molto - grossolano a conglomeratico medio – fine con dimensione massima di 20 mm. La coesione della malta è scarsa, il campione infatti risulta friabile.

Descrizione microscopica

L'aggregato è costituito da frammenti subangolosi di lava basaltica di dimensioni molto eterogenee. L'intervallo granulometrico maggiormente rappresentato è quello compreso tra le classi microconglomeratica e conglomeratica - fine (2 – 8 mm).

I clasti lavici mostrano una struttura porfirica definita da fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno, olivina e ossidi opachi, immersi in una pasta di fondo da micro a criptocristallina, costituita dagli stessi minerali. Meno frequentemente si notano frammenti di lava a struttura prevalentemente vetrosa. I granuli lavici presentano inoltre un variabile grado di ossidazione, che si riflette in una colorazione d'insieme rossa più o meno accentuata, e una bollosità in alcuni da poco sviluppata ad accentuata fino ad assumere un aspetto scoriaceo.

La matrice legante è costituita da calcite derivante dalla carbonatazione di calce aerea. Essa presenta una tessitura micritica e una struttura grumosa.

Il rapporto volumetrico tra l'aggregato e la matrice legante risulta all'incirca pari a 3:1.

La percentuale di pori risolvibili all'osservazione microscopica (diametro > 0,1 mm), è di circa 10%. I pori, localizzati nella matrice legante, hanno forma irregolare e dimensioni varie, con un massimo di 1 mm. Si riscontra inoltre la presenza di numerose fessure sia nel legante che lungo il contorno dei clasti.

Analisi diffrattometrica

L'analisi ha evidenziato la presenza nel campione di calcite e feldspato (plagioclasio) come fasi mineralogiche predominanti, insieme a subordinate quantità di pirosseno e olivina. La presenza di calcite è da ricondurre al legante impiegato nella malta che, come d'altra parte evidenziato anche nell'indagine in sezione sottile, è a base di calce aerea.

Analisi chimica degli elementi maggiori

L'analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione è riportata in tabella 9.

Tabella 9 - Analisi chimica degli elementi maggiori presenti nel campione
(valori espressi in % in peso)

SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	P₂O₅	Fe₂O₃	MgO	MnO	CaO	Na₂O	K₂O	LOI
31,00	1,20	12,30	0,25	6,40	0,60	1,20	18,00	4,20	2,30	10,12

Calcimetria

Il contenuto percentuale in carbonati, determinato mediante calcimetria, risulta pari a 30%.

Analisi chimica dei sali solubili

Il contenuto in sali solubili totali presenti nel campione in esame, valutato mediante misure di conduttività, è pari a 50,20 µS/cm.

L'analisi chimica dei sali solubili presenti nel campione è riportata nella Tabella 10.

Tabella 10 – Analisi chimica dei sali solubili

	Na⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Cl⁻	SO₄²⁻	NO₃⁻
%	0,015	0,17	0,50	0,10	1,34	0,15	2,44

Considerazioni relative alla composizione delle malte

I risultati delle indagini mineralogiche, petrografiche e chimiche, rivelano per i due campioni di malta analizzati analoghe caratteristiche composizionali e strutturali. Si tratta di una malta confezionata con inerte naturale di natura vulcanica a granulometria assortita, con dimensioni dei clasti variabili dalla classe della sabbia fine a quella della ghiaia medio – fine. La matrice legante è costituita da calcite derivante dalla carbonatazione di calce. Il rapporto tra i clasti e la matrice legante, valutato in base alle osservazioni microscopiche e alla determinazione dei carbonati mediante calcimetria risulta all'incirca pari a 3:1.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Campione 1 - lapideo



Campione 1 – malta



Campione 2 - malta



Campione 3 – malta



Campione 4 - malta