

ANALISI CHIMICO – FISICA DELLE MALTE

1. Premessa
 - 1.1 Campionamento
2. Risultati analitici
 - 2.1 Analisi termogravimetriche (TG-DTA)
 - 2.2 Determinazione delle specie ioniche solubili
 - 2.3 Analisi petrografia al microscopio ottico polarizzatore
3. Sintesi dei risultati

1. PREMESSA

Il presente allegato riferisce sui risultati delle indagini, eseguite su sei campioni di malta, prelevati presso un edificio storico appartenente all'area molisana.

1.1 Campionamento

I campioni, prelevati durante la campagna di indagini, sono stati identificati come segue.

- PM – 1/0
- PM – 2/0
- PM – 3/0
- PM – 4/0
- PM – 5/+3
- PM – 6/-3.

Sui campioni sono state eseguite le seguenti indagini:

- Analisi termogravimetrica TG-DTA
- Determinazione delle specie ioniche
- Analisi petrografica a luce trasmessa polarizzata.

2. RISULTATI ANALITICI

2.1 Analisi termogravimetrica (TG-DTA)

L'analisi termogravimetrica misura le variazioni di peso del campione al crescere della temperatura, nell'intervallo tra 20°C e 1000°C e fornisce informazioni sulla stabilità termica dei composti che costituiscono il campione nello stesso intervallo termico. I risultati sono rappresentati sui diagrammi termogravimetrici, riportati nelle figure 4÷5.

Campione	umidità [%]	gesso [%]	H2O da sil. idrati [%]	acqua da Ca (OH)2	Quarzo	KNO3 [%]	Mg(OH)2 [%]	MgCO3 [%]	CaCO3 [%]	Residuo
PM1-0	0.86	0.49	5.18	0.00	+	0.28	2.23	1.26	33.81	46.23
PM2-0	1.32	0.27	3.94	0.00	+	0.60	1.62	1.19	56.85	27.72
PM3-0	4.48	1.84	6.36	0.00	+	1.12	1.29	1.28	28.45	44.85
PM4-0	0.41	0.40	4.41	0.00	+	0.13	1.52	1.03	50.80	33.48
PM5-3	1.27	0.00	4.89	0.00	+	0.37	2.01	1.11	61.10	20.82
PM6-3	1.52	0.00	3.46	0.00	+	0.19	0.97	0.59	45.46	41.77

Tabella 1: risultati delle analisi termogravimetriche

Attraverso i termogrammi è possibile valutare il numero e la natura degli eventi termici, la temperatura alla quale avvengono, la loro entità e se gli eventi sono endotermici o esotermici. La comparazione con curve campione, fornisce notizie semi-quantitative sulla natura chimica delle molecole coinvolte dall'evento termico. Nella tabella 1 sono riassunti i risultati analitici.

Dall'esame dei termogrammi delle malte emerge quanto segue:

- Il contenuto di umidità varia da 0.41% (PM4-0) a 4.48% (PM3-0), con un valore medio di 1.64%.
- Il contenuto di acqua da silicati idrati di calcio (argilla) varia da 3.46% (PM6-3) a 6.36% (PM3-0), con un valore medio di 4.88%.
- Il contenuto di carbonato di calcio varia da 28.45% (PM3-0) a 61.10% (PM5-3), con un valore medio di 16.08%.
- Il residuo varia da 20.82% (PM5-3) a 46.23% (PM1-0), con un valore medio di 35.77%.
- Il gesso è presente varia da 0.0% (PM5-3 e PM6-3) a 1.84% (PM3-0), con un valore medio di 0.50%.
- I carbonati idrati di magnesio variano da 1.56% (PM6-3) a 6.50% (PM1-0), con un valore medio di 2.69%.
- In tutti i campioni si osserva la presenza di nitrato di potassio.
- Nei campioni PM1-0 e PM3-0 si osserva la presenza di nitrato di calcio

2.2 Determinazione delle specie ioniche solubili

Per la dissoluzione dei sali solubili contenuti nelle pietre si è fatto riferimento alla Raccomandazione UNI-NORMAL 13/83. Il dosaggio delle specie ioniche ricercate è effettuato con l'analisi strumentale in cromatografia ionica.

Con questa tecnica è stato esaminato il campione 3P-AM, i cui risultati sono riportati nella tabella 2.

Campione	F- [%]	Cl- [%]	NO ₂ - [%]	NO ₃ = [%]	SO ₄ = [%]	PO ₄ ≡ [%]	Ω [μS]
PM1-0	<0.001	0.868	<0.001	4.204	0.155	<0.001	169
PM2-0	<0.001	0.368	<0.001	2.689	0.140	<0.001	129
PM3-0	<0.001	1.417	<0.001	4.146	0.962	<0.001	199
PM4-0	<0.001	0.164	<0.001	0.105	0.159	<0.001	75
PM5-3	<0.001	0.323	<0.001	2.384	0.074	<0.001	160
PM6-3	<0.001	0.156	<0.001	0.109	0.077	<0.001	50

Campione	Na+ [%]	K+ [%]	Ca++ [%]	Mg++ [%]
PM1-0	0.322	0.500	1.435	0.088
PM2-0	0.124	0.276	1.302	0.044
PM3-0	0.666	0.523	1.436	0.051
PM4-0	0.082	0.100	0.922	0.053
PM5-3	0.143	0.357	1.597	0.007
PM6-3	0.105	0.238	0.490	0.036

Tabella 2: Determinazione delle specie ioniche solubili

Dall'analisi si determinano i seguenti Valori:

- Il contenuto totale di sali solubili varia da un minimo di 1.211% (PM6-3) ad un massimo di 9.201% (PM3-0), con un valore medio di 4.899%.
- Ioni fluoro, nitrito e fosfato assenti.
- Ione cloro varia da un minimo di 0.156% (PM6-3) ad un massimo di 1.417% (PM3-0), con un valore medio di 0.549%.
- Ione nitrato, che è l'anione maggiormente presente, varia da un minimo di 0.105% (PM4-0) ad un massimo di 4.204% (PM1-0), con un valore medio di 2.273%.
- Ione solfato varia da un minimo di 0.074% (PM5-3) ad un massimo di 0.962% (PM3-0), con un valore medio di 0.261%.
- Ione sodio varia da un minimo di 0.082% (PM4-0) ad un massimo di 0.666% (PM3-0), con un valore medio di 0.240%.
- Ione potassio varia da un minimo di 0.100% (PM4-0) ad un massimo di 0.523% (PM3-0), con un valore medio di 0.332%.

- Ione calcio, che è il catione maggiormente presente, varia da un minimo di 0.490% (PM6-3) ad un massimo di 1.597% (PM5-3), con un valore medio di 1.197%.
- Ione magnesio varia da un minimo di 0.007% (PM5-3) ad un massimo di 0.088% (PM1-0), con un valore medio di 0.047%.
- La conduttività varia da un minimo di 50 μ S (PM6-3) ad un massimo di 199 μ S (PM3-0), con un valore medio di 130 μ S.

2.3 Analisi petrografica al microscopio ottico polarizzatore

Le analisi sono state eseguite secondo la norma UNI-Normal 12/83, su sezioni sottili preparate secondo la norma UNI-Normal 14/83.

Di seguito sono riportate nel dettaglio le più interessanti osservazioni effettuate mediante il microscopio ottico polarizzatore a luce trasmessa sui campioni, mentre le schede riassuntive sono riportate alle figure 7÷12.

Campione PM1-0 (figura 7)

Malta a granulometria arenacea molto grossolana, con media densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme marrone con macchie brune a Nicol incrociati e beige con macchie grigio scuro a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione silico-carbonatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Calcari micritici, bioclastiti. Subordinate arenarie. Rare siltiti.

Il legante è carbonatico a tessitura microsparitica e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è alterata. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 4÷10 mm, molto alterati. Si osserva la ricristallizzazione della calcite della massa di fondo. Evidenti segni di dilavamento.

La porosità è alta, rappresentata da vuoti reniformi e da numerose fratture aperte.

Condizioni di conservazione: molto alterate.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

Campione PM2-0 (figura 8)

Malta a granulometria arenacea media, con bassa densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme grigio-beige a Nicol incrociati e grigio a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione silico-carbonatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Calcari micritici, bioclastiti. Subordinate arenarie. Rare frammenti di una malta precedente.

Il legante è carbonatico a tessitura micritica e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è mediocre. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 1÷3 mm, alterati. Si osserva la parziale ricristallizzazione della calcite della massa di fondo.

La porosità è media, rappresentata da vuoti lobati e da fratture aperte.

Condizioni di conservazione: alterate.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

Campione PM3-0 (figura 9)

Malta a granulometria arenacea media, con media densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme grigio-beige con aloni grigio scuro a Nicol incrociati e grigio con aloni grigio scuro a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione eminentemente silicatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Subordinati calcari micritici, bioclastiti. Rare arenarie. Rari frammenti di laterizio.

Il legante è carbonatico a tessitura micritica e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è mediocre. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 1÷3 mm, alterati. Si osserva la parziale ricristallizzazione della calcite della massa di fondo.

La porosità è media, rappresentata da vuoti lobati e da fratture aperte.

Condizioni di conservazione: alterate.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

Campione PM4-0 (figura 10)

Malta a granulometria arenacea media, con bassa densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme grigio-beige a Nicol incrociati e beige a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione eminentemente carbonatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Subordinati calcari micritici, bioclastiti.

Il legante è carbonatico a tessitura micritica e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è mediocre. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 1÷3 mm, parzialmente alterati. Si osserva la parziale ricristallizzazione della calcite della massa di fondo.

La porosità è media, rappresentata da vuoti lobati e da rare fratture aperte.

Condizioni di conservazione: discrete.

Malta simile a PM2-0.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

Campione PM5-3 (figura 11)

Malta a granulometria arenacea media, con bassa densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme grigio-beige a Nicol incrociati e grigio a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione silico-carbonatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Calcarei micritici, bioclastiti. Subordinate arenarie. Rare frammenti di una malta precedente.

Il legante è carbonatico a tessitura micritica e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è mediocre. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 1÷12 mm, parzialmente alterati. Si osserva la parziale ricristallizzazione della calcite della massa di fondo.

La porosità è media, rappresentata da vuoti lobati e da fratture aperte.

Condizioni di conservazione: discrete.

Campione simile al precedente.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

Campione PM6-3 (figura 12)

Malta a granulometria arenacea media, con bassa densità e distribuzione disomogenea dell'aggregato. Colore d'insieme grigio-beige a Nicol incrociati e grigio a Nicol paralleli.

L'aggregato, formato da granuli ad alta sfericità subangolosi, a composizione silico-carbonatica, è di provenienza fluviale. Si riconoscono gneiss, frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli di plagioclasio, lamelle di biotite. Calcarei micritici, bioclastiti. Rare siltiti.

Il legante è carbonatico a tessitura microspartita e struttura disomogenea. L'adesione ai granuli è alterata. Sono presenti numerosi grumi di argilla e noduli di calce di diam. 2÷6 mm, molto alterati. Si osserva la ricristallizzazione della calcite della massa di fondo, particolare nelle fratture.

La porosità è alta, rappresentata da vuoti reniformi e da numerose fratture aperte.

Condizioni di conservazione: molto alterate.

La malta può essere classificata come MALTA DI CALCE IMPURA.

3. SINTESI DEI RISULTATI

Le analisi condotte sui sei campioni di malta portano a determinare alcune similitudini, talvolta molto significative, in particolare tra le malte PM2-0, PM4-0 e PM5-3.

Questo gruppo di campioni rappresenta una malta a granulometria arenacea media, disomogenea e con aggregato in quantità da bassa a media. La sabbia di fiume, legata con della calce aerea mediamente magnesiaca, è molto ricca di argilla, visibile in grumi scuri nella matrice, che talvolta si addensano in nubi. L'uso di una sabbia mal lavata e la presenza di noduli di calce talvolta centimetrici denunciano una lavorazione poco accurata.

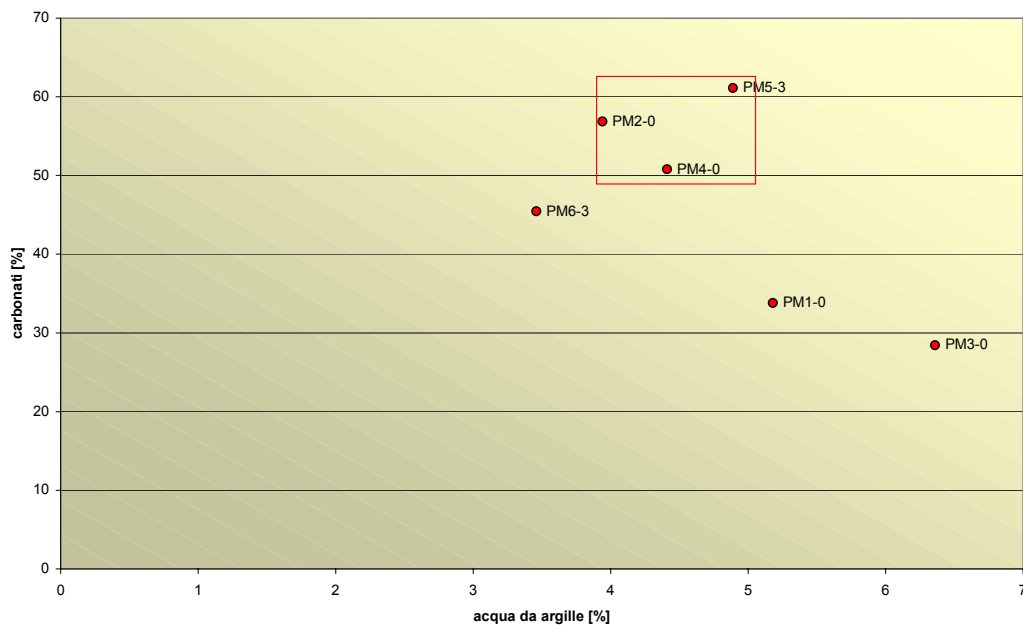


Diagramma 1: carbonati Vs. acqua da argille

Nel diagramma 1, in cui si correlano i carbonati con l'acqua da argille, si osserva come i tre campioni citati si radunano in un'unica area. Si osserva, inoltre, che il campione PM6-3 si colloca in una zona relativamente prossima a quella del gruppo precedente. Nel diagramma 2, in cui si

correlano i carbonati ed il residuo, si osserva che i tre campioni citati si allineano perfettamente e che PM6-3 è posto sul proseguimento dello stesso allineamento. S'ipotizza, pertanto, che il campione PM6-3 appartenga allo stesso gruppo di malte, dal quale si discosta solo per il grave stato di degrado in cui versa.

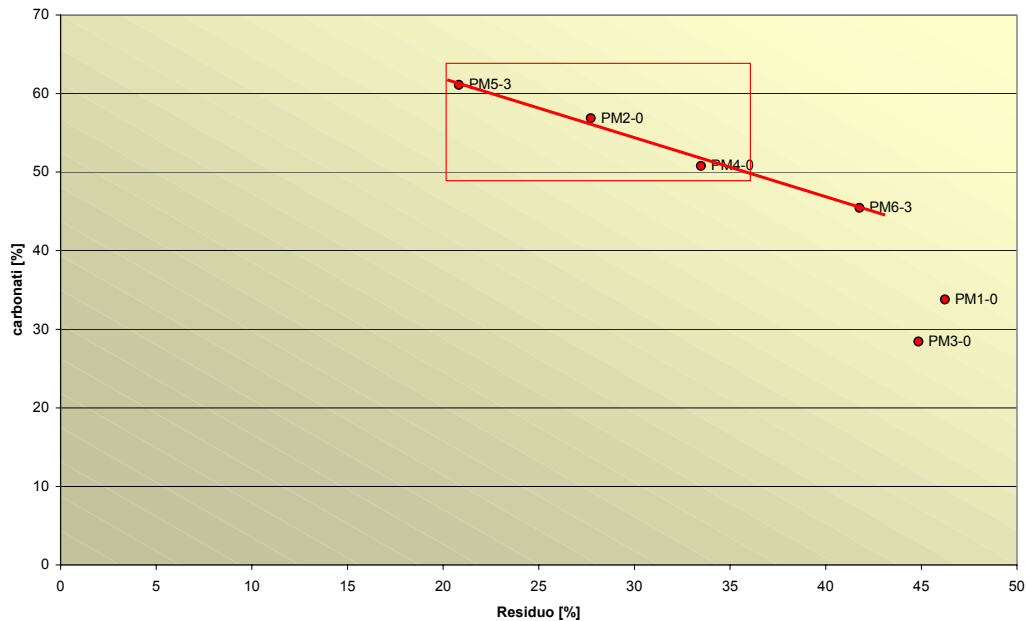


Diagramma 2: carbonati Vs. Residuo

I rimanenti due campioni (PM1-0 e PM3-0) differiscono dal gruppo precedente per il minor contenuto di carbonato rispetto alla quantità di argilla, mentre la litologia dell'aggregato e la quantità di magnesio della calce sono simili. Si può, quindi, ipotizzare che le malte appartengano tutte ad una stessa tipologia e che le differenze riscontrate siano imputabili ad una preparazione non molto accurata, o che nell'area si sia verificata una lunga persistenza di materia prima simile.

Le analisi dei sali solubili hanno messo in evidenza un grado di inquinamento molto elevato, con una presenza di ioni totale media di 4.89% (con un picco di 7.57% nel campione PM1-0). La presenza più significativa è di nitrati, il cui ione ha un valore medio di 2,27% (con un picco di 4.204%), legati a potassio e calcio. Degna di attenzione è anche la presenza di cloro con mezzo punto percentuale medio, con un picco si 1.47% nel campione PM3-0. Si fa osservare che il campione PM6-3 ha un contenuto di sali totali di solo 1.21%, pur essendo il campione stesso nelle peggiori condizioni di conservazione. Ciò è dovuto al fatto che il dilavamento rimuove i sali più velocemente di quanto non si depositano.

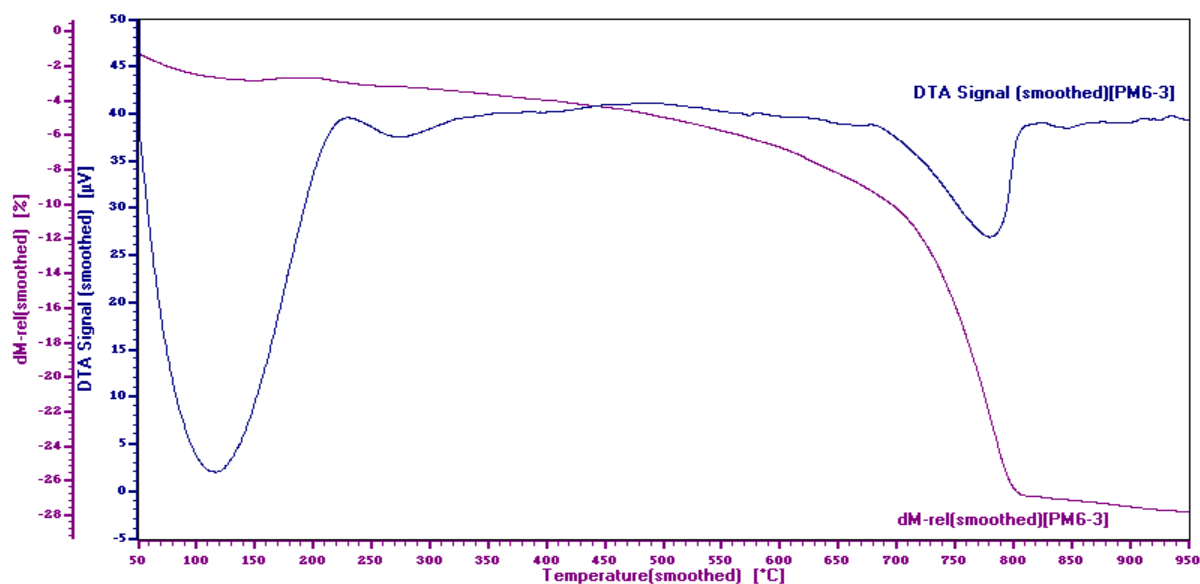


Consulting Engineering

Particolare attenzione va posta alla presenza di sali di magnesio (carbonati idrati) nelle malte che evidenziano l'uso di calce mediamente magnesiaca. La presenza di magnesio disponibile spesso è causa di reazioni di incompatibilità con le malte a base cementizia.

Cantiere:

Descrizione: malta



Date/Time: 05/04/06 0.49.33 Sample: PM6-3 24.37 mg
Operator:
Laboratory: Atmosphere: air 0.00 l/min
Comment: TG measurement Zero file: ALL-1

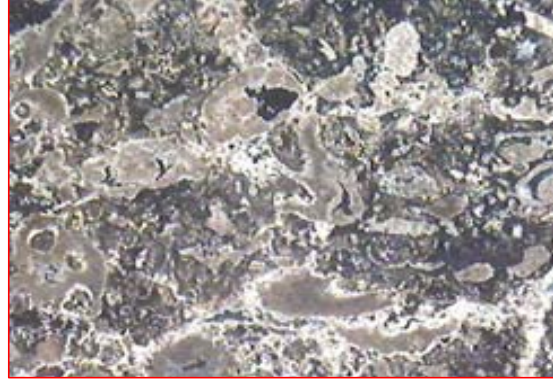
umidità [%]	gesso [%]	H ₂ O da sil. idrati [%]	acqua da Ca (OH) ₂	Quarzo	KNO ₃ [%]	Mg(OH) ₂ [%]	MgCO ₃ [%]	CaCO ₃ [%]	Residuo
1.52	0.00	3.46	0.00	+	0.19	0.97	0.59	45.46	41.77

Note:

Cantiere:



Luce trasmessa Nicol +; 70x al vero
Visione generale della sezione.



Luce trasmessa - Nicol +; 70 al vero.

Lungo i bordi asimmetrici della frattura si è depositata calcite di neoformazione.

Il nodulo di calce carbonatata presenta alterazioni circonvolute tipica del dilavamento.

Campione: PM6-3
Classificazione:
Stato di conservazione

Malta di calce impura
molto alterato

Descrizione dell'aggregato	addensamento	medio	30%
	composizione	silico carbonatica	silic-carb 45-55%
	litologia	Gneiss. Frammenti di quarzo ad estinzione ondulata, cristalli isolati di plagioclasio, lamelle di biotite. Calcarei micritici, bioclastiti. Subordinate arenarie. Rare siltiti.	
	granulometria	arenacea	grossolana 1-0.5mm
	forma	sfericità	alta
		arrotondamento	subangoloso
distribuzione	disomogenea		
Descrizione della massa di fondo	aspetto a Nicol x	colore:	marrone
		con macchie brune	
	aspetto a Nicol //	colore	beige
		con macchie grigio scuro	
	natura	carbonatica	
	struttura	disomogenea	
	tessitura	microsparitica	4-10µm
noduli	di calce	Ø mm	2÷6
adesione	alterata		
Porosità	quantità	alta	>40%
	origine	matrice	
	forma dei pori	bollosità	Ø µm
fratture		aperte	numerose
Note	Evidenti segni di dilavamento. Ricristallizzazione della calcite della massa di fondo. Grumi di argilla. Deposito di calcite nelle fratture.		