

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 42	pp. 67-84	Trieste 2009
---	---------	-----------	--------------

FRANCO CUCCHI (*), STEFANO FURLANI (*),
GIOVANNA BURELLI (*), LUCA ZINI (*), MAURO TRETACH (**)

VARIAZIONI MICROTOPOGRAFICHE DI SUPERFICI CARBONATICHE COLONIZZATE DA LICHENI ENDOLITICI (CARSO GIULIANO, MAIELLA)

RIASSUNTO

La maggior parte delle superfici rocciose esposte sono colonizzate da licheni endolitici il cui ruolo è da definire. Vengono qui riportati, discutendoli criticamente, i risultati preliminari dello studio degli effetti delle colonizzazioni di licheni endolitici su superfici carbonatiche portate avanti in Italia da circa un anno e mezzo con il "micro erosion meter" (MEM) ed il "traversing-micro erosion meter" (TMEM). I dati di consumazione sono raccolti lungo due transetti altimetrici, il primo sulle Alpi orientali (Carso Classico-Matajur-Monte Canin), il secondo nell'Appennino centrale (Massiccio della Maiella), che vanno dal livello del mare a quote di circa 2500 m.

Nei licheni endolitici, la dissoluzione attiva dei carbonati avviene per opera delle ife della pseudomedulla. In talli maturi questo contributo sembra però trascurabile in confronto all'effetto protettivo della superficie esterna, che ha una peculiare organizzazione anatomica ("lithocortex"), e protegge il substrato dall'aggressività dell'acqua meteorica. Le misure sono state raccolte in media due volte all'anno. Per ogni stazione è stato raccolto un campione, usato per allestire una sezione sottile ed identificare il lichene. Le prime misure sembrano indicare che sul transetto appenninico la presenza dei licheni endolitici riduca il denudamento superficiale, mentre più complesso si presenta il quadro erosivo del transetto giuliano. Non sono state invece osservate significative differenze di consumazione legate alla quota.

ABSTRACT

MICROTOPOGRAPHICAL VARIATIONS OF LIMESTONE SURFACES COLONISED BY ENDOLITHIC LICHENS (KARST, CANIN, MATAJUR AND MAIELLA MOUNTAIN)

Most of the exposed rock surfaces are colonised by endolithic lichens and their bioerosive or bio-protective role must be defined. Preliminary results about the study of colonisation effects of endolithic lichens on limestone surfaces carried out in Italy for more than one year, using the "micro erosion meter" (MEM) and the "traversing micro erosion meter" (TMEM), are discussed. Lowering data have been

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università degli Studi di Trieste, via Weiss 2, I 34127 Trieste, Italy

(**) Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste, via Giorgieri 10, 34127 Trieste, Italy

collected along two elevation transects (from 0 to 2500 m), the first on the Eastern Alps (Classical Karst – Matajur Mt.-Canin Mt.), the second in the Central Appenine (Maiella Mt.).

In endolithic lichens, active carbonate dissolution still occurs in the pseudo-medulla. This contribution is negligible in comparison to the protective effects of the so-called “lithocortex”, which has a peculiar anatomy. It protects the bedrock from the mildly acidic water of rainfall acting on the bedrock. Measurements have been collected on average twice a year. Samples in each measuring station were taken for rock and lichen identification.

The first year of measurements suggests that in the Maiella Mt. transept the presence of mature thalli of endolithic lichens reduces the rock surface lowering, while in the Karst-Mt. Canin transept the lowering pattern is more complex. No significant differences were observed along the altitudinal gradients.

Introduzione

In Europa, circa il 60% delle superfici carbonatiche esposte sono colonizzate da organismi vegetali, i più comuni dei quali sono i licheni endolitici, che vivono incorporati nel substrato e lo dissolvono mediante meccanismi non ancora del tutto chiariti. In particolare, rimane da stabilire se l'alterazione superficiale legata ai licheni endolitici è più rapida o più lenta rispetto a quelle delle superfici non colonizzate. Alcuni autori ritengono che il tasso di consumazione media delle superfici colonizzate dovrebbe essere di qualche ordine di grandezza più elevato rispetto alle superfici libere. Altri, al contrario, affermano che, specialmente nel lungo termine, la presenza o l'assenza di organismi non influenzi il valore del tasso medio di denudazione.

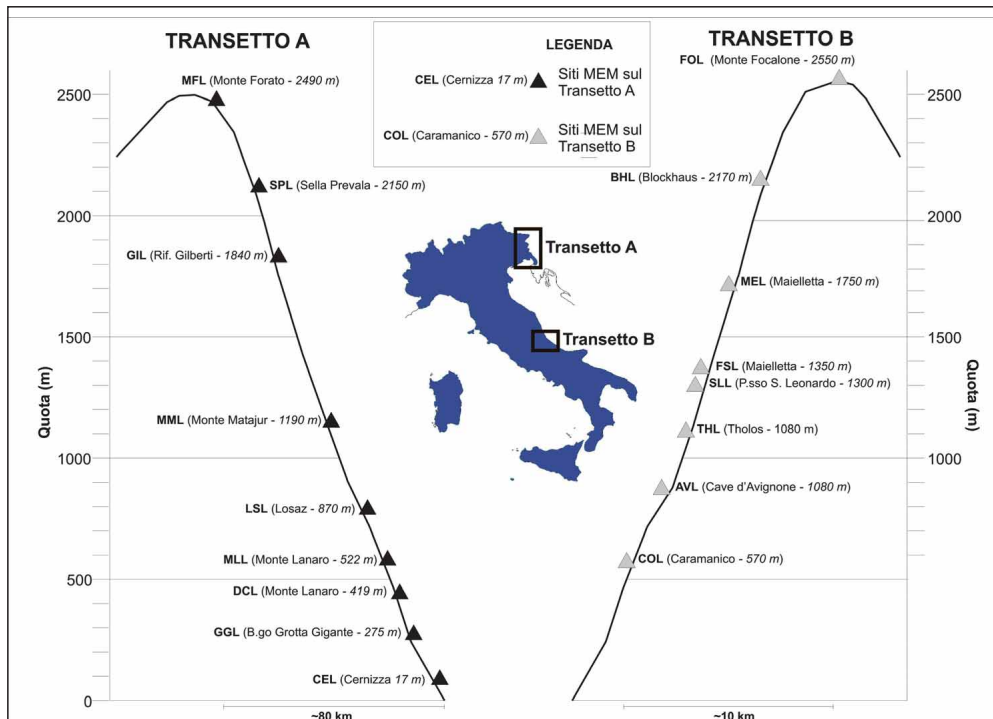


Fig. 1 - Posizione dei siti indagati con il MEM ed il TMEM nei transetti del Carso giuliano (A) e Maiella (B)

I tassi di consumazione dei calcari sono stati studiati con diversi metodi, sia in campagna che in laboratorio: con pesate, ripetute nel tempo, di campioni esposti agli agenti atmosferici (FORTI et al., 1975; GAMS, 1979; FORTI, STEFANINI, 1981; STEFANINI et al., 1985; PLAN, 2005), con misure di abbassamento della superficie rocciosa mediante il micro erosion meter (MEM) o il traversing-micro erosion meter (TMEM) o con il Rock Erosion Meter (REM) (FORTI, 1980; CUCCHI, FORTI, 1986, 1988, 1989; CUCCHI et al., 1987a, b, 1995, 1998; ALLRED, 2004). Numerosi sono anche i lavori nel settore costiero, con misure dei tassi di consumazione sia nel lungo termine (TRUDGILL, 1976; KIRK, 1977; ROBINSON, 1977; TORUNSKI, 1979; SPENCER, 1981, 1985; TRUDGILL et al., 1981; GILL, LANG, 1983; STEPHENSON, KIRK, 1996; STEPHENSON, 1997; FURLANI et al., 2009) che nel breve termine (STEPHENSON et al., 2004; GOMEZ-PUJOL et al., 2007; FURLANI, CUCCHI, 2007). Alcuni hanno proposto metodi per la quantificazione dei tassi di dissoluzione mediante esperimenti di laboratorio (MARTINEZ, WHITE, 1999) o mediante modellizzazione numerica (KAUFMANN, BRAUN, 2001).

Con ricerche eseguite nell'ambito di un progetto PRIN2004 "Licheni endolitici e dissoluzione delle rocce carbonatiche: meccanismi, ratei e impatto sul bilancio globale della CO₂", si è avviata la valutazione del carattere bio-erosivo o bio-protettivo dei licheni endolitici utilizzando misure MEM lungo due transetti altimetrici, il primo tracciato dal Carso Classico al massiccio del Canin (transetto A), e il secondo sulla Maiella (transetto B) come in figura 1.

Materiali e metodi

Dal Carso classico al massiccio del Canin (Trieste-Matajur-Canin)

Il Carso è un plateau calcareo che si sviluppa alle spalle del Golfo di Trieste, fra il livello del mare e circa 500 metri di quota. È caratterizzato da una potente successione carbonatica che va dal Cretacico inferiore all'Eocene inferiore p.p.

Ad essa segue una spessa sequenza clastica riferibile all'Eocene inferiore, definita da alternanze quarzoso-feldspatiche e marne in facies torbiditica (Flysch eocenico auct.). Dal punto di vista strutturale la sequenza è disposta ad anticlinale, con asse ad orientazione NW-SE il cui fianco sud-occidentale si affaccia sul mare con i termini carbonatici da molto inclinati a sub-verticali.

Il clima nell'area di studio è di tipo submediterraneo (RIGHINI et al., 2002), caratterizzato normalmente da precipitazioni medie durante la primavera, l'autunno e l'inverno e periodi secchi durante l'estate. La precipitazione media a Trieste è 1015.1 mm/a (stazione di Trieste, 0 m s.l.m.), mentre sull'altopiano (stazione di Padriciano, 300 m s.l.m.) è 1341 mm/a (STRAVISI, 2003). La temperatura media annua è di circa 14°C lungo la fascia costiera e 12°C sull'altopiano carsico. Il mese più caldo è agosto (24°C) mentre il più freddo è gennaio, con temperature medie inferiori a 6°C.

Il monte Matajur (1916 m) fa parte delle Prealpi Giulie ed è caratterizzato da un'anticlinale di età mesozoica caratterizzata inizialmente da carbonati di piattaforma (Dolomia Principale, Calcare del Dachstein, Calcari della Fornace) a stratificazione decimetrico-metrica e successivamente da carbonati risedimentati in zona di scarpata (Calcare del Vajont, Calcare di Soccher e Calcareniti di Linder) con ritmo della stratificazione da centimetrica a metrica. La struttura ad anticlinale termina con la deposizione dei Flysch a megabanchi carbonatici maastrichtiano-eocenici: "Unità di Drenchia", "Breccia di Montefosca" e "Flysch di Clodig".

Il clima è di tipo pre-alpino. I mesi più piovosi sono maggio e giugno, mentre i più secchi febbraio e nella tarda estate; l'autunno è caratterizzato da piogge brevi ma molto intense, mentre in primavera le precipitazioni sono frequenti ma più deboli. In generale, le precipitazioni aumentano con l'altitudine, da 1700 mm/anno a 3000 mm/anno, e per 8 mesi all'anno possono

avere carattere nevoso. Le temperature medie massime sono di 17°C, mentre le minime sono di 0°C, con punte di -16°C sul Matajur, con un'escursione media di 15°C.

Il Monte Canin (2585 m s.l.m.) fa parte delle Alpi Giulie Occidentali ed è costituito in gran parte dalla successione Norico-Retica di piattaforma carbonatica rappresentata dalle formazioni della Dolomia Principale e del Calcarea del Dachstein. Vi sono inoltre diversi affioramenti di Calcari Grigi liassici, a volte presenti in continuità stratigrafica con le litologie soprastanti, fino alla Scaglia Rossa cretacea, in una serie particolarmente condensata (CASAGRANDE, CUCCHI, 2007; CIARAPICA, PASSERI, 1990; PERNACIC, 2000).

Il M. Canin si trova esposto sia alle perturbazioni di origine atlantica che a quelle provenienti dai quadranti meridionali, quindi l'area è soggetta ad una notevole piovosità. Il risultato è un clima temperato-freddo con precipitazioni annuali medie piuttosto elevate, pari circa a 3000 mm/anno (max 6100 mm nel 1960 misurato nella stazione di Uccia). Le precipitazioni sono in genere nevose da novembre ad aprile, in particolare alle quote più elevate. La coltre di neve può raggiungere diversi metri di spessore e si scioglie rapidamente con l'arrivo della primavera, ad eccezione delle zone più incassate esposte a nord. La temperatura media annua sul versante settentrionale del massiccio è di 2,5 °C.

Massiccio della Maiella

Il Massiccio della Maiella si presenta come un enorme scudo calcareo lungo oltre 30 km e largo circa 15 km, convesso e vergente verso Est (BALLY *et al.*, 1986). L'area di studio è caratterizzata da una successione carbonatica che va dal Lias inferiore al Miocene medio, seguita da una potente successione terrigena.

Dal punto di vista strutturale, la sequenza è interessata dall'anticlinale della Maiella, una piega allungata orientata in senso appenninico.

Quasi il 40% della superficie della Maiella si trova al di sopra dei 1.400 m, con una vasta zona di altopiani sopra i 2.400 m s.l.m. Sebbene l'area in questione sia distante dal mare Adriatico solo pochi chilometri, il clima, nel complesso, è di tipo Continentale. Il versante occidentale dell'imponente massiccio appenninico è protetto da alte barriere montuose, mentre la presenza di vasti altopiani chiusi crea dei serbatoi di aria fredda in cui si riversano e si fermano le masse di aria gelida che scendono dalle alte quote. Sugli altopiani sommitali, anche in piena estate, sono frequenti le gelate notturne. Durante il giorno, il caldo estivo è spesso contrastato da forti venti e nebbie improvvise. In inverno dominano i venti dei quadranti settentrionali, in particolare quelli provenienti dai Balcani, mentre in estate prevalgono i venti meridionali.

Le temperature variano col variare della quota; alle alte quote la temperatura rimane sotto lo zero per gran parte dell'anno e non sono rare temperature inferiori ai -20° C. All'interno dei valloni settentrionali ed orientali e in tutta la parte alta della Maiella, sono molto frequenti le nebbie pomeridiane, conseguenza della condensazione di aria calda e umida del mare a contatto con l'aria fredda proveniente dalla montagna (SANTOLERI, <http://www.rifugioilmajo.com>).

Le precipitazioni, concentrate principalmente in primavera ed in estate, oscillano tra 700 mm/a sul versante occidentale e 1600 mm/a sul versante orientale e sono direttamente proporzionali alla quota. La neve cade da ottobre a maggio. La permanenza della neve al suolo è condizionata dalla quota e dall'esposizione: in media, intorno ai 1000 m, la copertura nevosa è di circa 60 giorni l'anno (100 max), ed aumenta di 10 giorni in più ogni 100 metri di quota. A Caramanico, 98 giorni piovosi, 781 mm/a, 63 giorni di neve.

Strumentazione di misura

Le misure sui tassi di consumazione in campagna sono state eseguite per mezzo di un'evoluzione del "micro erosion meter" (MEM), messo a punto dai ricercatori triestini negli anni '70 sulla base di un progetto inglese (HIGH, HANNA, 1970). Lo strumento consiste in un micrometro solidale con un telaio equipaggiato con tre supporti di forma apposita, che aderiscono a tre chiodi in titanio, due semisferici e uno piatto, infissi nella roccia. Il micrometro è fermamente fissato ai supporti, grazie alla particolare combinazione supporti-chiodi, conosciuta come "Principio del morsetto di Kelvin". I supporti in titanio vengono inseriti in tre fori opportunamente disposti nella roccia e fissati con cemento a presa rapida.



Fig. 2 - Lo strumento TMEM utilizzato in questo lavoro. Il telaio è progettato in modo da consentire fino a circa 200 misure su un'area di circa 2 cm².

Seguendo le indicazioni di TRUDGILL *et al.* (1981), è stato messo a punto da uno degli autori, Stefano Furlani, un nuovo strumento, il "traversing MEM" (TMEM) (Fig. 2) in grado di acquisire molte misure in ogni stazione. Lo strumento è equipaggiato con un comparatore elettronico millesimale direttamente interfacciato al computer portatile (STEPHENSON, 1997) o al tablet PC.

Nella presente ricerca si è fatto uso di un comparatore elettronico con una risoluzione di 0.001 mm e una precisione, confermata dai costruttori (Mitutoyo), pari a ± 0.003 mm, e di un comparatore analogico con una risoluzione di 0,01 mm. Per ridurre l'errore legato alle variazioni di temperatura, lo strumento, prima dell'utilizzo, viene messo in equilibrio con la temperatura esterna.

L'eventuale errore dovuto ad un possibile danneggiamento della superficie rocciosa, causato dalla punta del micrometro, è stato stimato con due metodologie: (1) attraverso misure ripetute su un campione di prova, che ha evidenziato, dopo 100 misure, differenze massime pari alla precisione dello strumento e (2) attraverso osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM) di 25 campioni colonizzati e non colonizzati, toccati dalla punta del micrometro e altri 25 campioni non toccati. Considerando l'estrema precisione richiesta in questo tipo di misure, non va dimenticato che le letture al di sotto dei 0,01 mm devono comunque essere valutate con molta cautela, come suggerito da SPATE *et al.* (1985) e STEPHENSON *et al.* (2004). Inoltre, è consigliabile ripetere la taratura dello strumento su una piastra in acciaio ad ogni ciclo di misure.

Nel presente lavoro si indica con valori negativi il sollevamento della superficie rocciosa e con valori positivi la consumazione.

Localizzazione dei siti e delle stazioni di misura

La tabella 1 riporta tutti i dati descrittivi dei 16 siti di misura nei due transetti. Per la scelta dei siti si è seguito un criterio altimetrico, nel senso che i siti sono stati posizionati ad intervalli

Sito	Localizzazione	Altitudine (m s.l.m.)	Ambiente	n. stazioni	Specie di licheni
CEL	TS, Duino-Aurisina, loc. Cernizza	17	macchia mediterranea sempreverde con prevalenza di leccio	7 (6+1)	<i>Bagliettoa parmigerella</i> (5), <i>Clauzadea immersa</i> (1)
GGL	TS, Sgonico, loc. Borgo Grotta Gigante	254	boscaglia decidua con prevalenza di roverella e carpino nero	8 (6+2)	<i>Verrucaria marmorea</i> (3), <i>Bagliettoa parmigerella</i> (3)
DCL	TS, Sgonico	450	bosco a roverella	6 (5+1)	<i>Bagliettoa parmigerella</i> (5)
MLL	TS, Sgonico	545	boscaglia carsica a roverella, frassino minore e carpino nero	6 (6+0)	<i>Verrucaria calciseda</i> (1), <i>Verrucaria marmorea</i> (3), <i>Protoblastenia incrustans</i> (1)
LSL	UD, Savogna, Losaz	650	faggetta termofila	9 (7+2)	<i>Verrucaria sp.</i> (1), <i>Verrucaria marmorea</i> (1), <i>Bagliettoa parmigerella</i> (3), <i>Petractis clausa</i> (1)
MML	UD, Savogna, Monte Matajur	1050	faggetta termofila	7 (6+1)	<i>Verrucaria sp.</i> (1), <i>Bagliettoa parmigerella</i> (3), <i>Thelidium decipiens</i> (1)
GIL	UD, Chiusaforte, Sella Nevea	1800	vegetazione erbacea e a bassi arbusti	8 (6+2)	<i>Eiglera homalomorpha</i> (1), <i>Verrucaria hochstetteri</i> (3), <i>Thelidium decipiens</i> (1)
MFL	UD, Resia, Sella Nevea	2450	vegetazione cacuminale	8 (6+2)	<i>hymenelia prevostii</i> (1), <i>Verrucaria hochstetteri</i> (1), <i>Thelidium decipiens</i> (3)
COL	Chieti, Caramanico, loc., Caramanico	570	boscaglia decidua rada e discontinua	7 (5+2)	<i>Verrucaria marmorea</i> (2), <i>Staurothele orbicularis</i> (1), <i>Verrucaria calciseda</i> (1)
AVL	Pescara, Lettomanopello	750	boscaglia decidua rada e discontinua	9 (6+3)	<i>Polyblastia sepulta</i> (1), <i>Polyblastia dermatodes</i> (4), <i>Verrucaria calciseda</i> (1)
THL	Pescara, Lettomanopello	950	pascolo	8 (6+2)	<i>Polyblastia sepulta</i> (1), <i>Verrucaria calciseda</i> (1)
SLL	Chieti, Pretoro, Passo San Leonardo	1200	pascolo	8 (6+2)	<i>Verrucaria marmorea</i> (1), <i>Polyblastia sepulta</i> (1), <i>Verrucaria calciseda</i> (2), <i>Rinodina immersa</i> (2)
FSL	Pescara, Pretoro, Passo Lanciano	1350	faggetto	7 (5+2)	<i>Polyblastia sepulta</i> (1), <i>Verrucaria calciseda</i> (1)
MEL	Pescara, Pretoro, Passo Lanciano	1850	pascolo	8 (6+2)	<i>Rinodina immersa</i> (3), <i>Polyblastia dermatodes</i> (1), <i>Polyblastia nidulans</i> (2)
BHL	Chieti, Pennapedimonte, Blokhaus	2170	pascolo	8 (6+2)	<i>Polyblastia albida</i> (3), <i>Polyblastia dermatodes</i> (1), <i>Verrucaria calciseda</i> (1)
FOL	Chieti, Pennapedimonte, Monte Focalone	2600	vegetazione cacuminale	8 (6+2)	<i>Thelidium incavatum</i> (1), <i>Verrucaria hochstetteri</i> (5)

Tab. 1 - Dati descrittivi dei 16 siti di misura: acronimo del sito (A); provincia, comune e nome della località più vicina indicata su carte tecniche o IGM (B); altitudine (m s.l.m.) (C); descrizione dell'habitat (D); numero di stazioni di misura: numero totale con, in parentesi, numero delle stazioni su superfici colonizzate dal lichene, su superficie di frattura e su superficie di taglio (D); specie di licheni selezionate (F).

Stazione	Tipo di lichene indagato	Caratteristiche petrografiche (Dunham, 1962)	Caratteristiche petrografiche (Folk, 1959)	Giorni di osservazione	Tasso medio di variazione microtopografica (mm/a)
COL1	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Biomicrite	366	0,005
COL2	<i>Staurothele orbicularis</i>	Packstone	Biomicrite	366	-0,084
COL3	<i>Verrucaria calciseda</i>	Packstone	Biomicrite	366	0,001
COL6	<i>Verrucaria marmorea</i>	Wackestone	Biomicrite	366	-0,007
COL7	Superficie tagliata	Packstone	Biosparite	366	-0,016
COL8	Superficie fratturata	Packstone	Biosparite	366	0,042
AVL1	<i>Polyblastia sepulta</i>	Wackestone	Micrite/Biomicrite	367	-0,010
AVL2	<i>Verrucaria calciseda</i>	Packstone	Biosparite (con zone micritiche)	367	-0,035
AVL3	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Packstone	Biosparite (con zone micritiche)	n.d.	n.d.
AVL4	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Grainstone	Biosparite	367	-0,009
AVL5	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Grainstone	Biosparite	367	0,008
AVL6	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Grainstone	Biosparite	367	0,000
AVL7	Superficie tagliata	Wackestone	Micrite	367	0,010
AVL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	367	0,043
AVL9	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	367	0,023
THL1	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Wackestone	Biomicrite/Pelmicrite	367	0,003
THL2	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Packstone	Biosparite	367	0,019
THL3	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Wackestone/ packstone	Biosparite	n.d.	n.d.
THL4	—	Wackestone/ packstone	Biosparite	367	-0,005
THL5	<i>Verrucaria calciseda</i>	Wackestone	Biomicrite	367	-0,005
THL6	<i>Verrucaria calciseda</i>	Wackestone	Biomicrite	367	0,014
THL7	Superficie tagliata	Grainstone	Biosparite	367	-0,076
THL8	Superficie fratturata	Grainstone	Biosparite	367	0,021
SLL1	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Micrite	366	-0,014
SLL2	<i>Polyblastia sepulta</i>	Mudstone	Micrite	107	-0,003
SLL3	<i>Verrucaria calciseda</i>	Mudstone	Micrite	366	0,004
SLL4	<i>Verrucaria calciseda</i>	Wackestone	Biomicrite	366	-0,002

Continua

Segue

Stazione	Tipo di lichene indagato	Caratteristiche petrografiche (Dunham, 1962)	Caratteristiche petrografiche (Folk, 1959)	Giorni di osservazione	Tasso medio di variazione microtopografica (mm/a)
SLL5	<i>Rinodina immersa</i>	Packstone	Biomicrite	366	-0,011
SLL6	<i>Rinodina immersa</i>	Wackestone	Micrite	366	-0,012
SLL7	Superficie tagliata	Mudstone	Micrite	370	-0,008
SLL8	Superficie fratturata	Mudstone	Micrite	370	0,014
FSL1	indet. (immaturo)	Wackestone/ packstone	Biomicrite	367	-0,016
FSL2	indet. (immaturo)	Packstone	Biomicrite	367	-0,015
FSL3	<i>Polyblastia sepulta</i>	Packstone	Biomicrite	367	-0,027
FSL4	indet. (sterile)	Wackestone	Biomicrite	367	-0,043
FSL5	<i>Verrucaria calciseda</i>	Wackestone/ packstone	Biomicrite	367	-0,020
FSL6	indet. (sterile)	—	Biomicrite	367	-0,011
FSL7	Superficie tagliata	Packstone	Biosparite	369	-0,004
FSL8	Superficie fratturata	Packstone	Biosparite	369	-0,011
MEL1	<i>Rinodina immersa</i>	Packstone	Biosparite	367	0,007
MEL2	<i>Rinodina immersa</i>	Packstone	Biosparite	367	0,006
MEL3	<i>Polyblastia nidulans</i>	Packstone	Biosparite	367	0,002
MEL4	<i>Rinodina immersa</i>	Packstone	Biosparite	367	0,011
MEL5	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Packstone	Biosparite	367	-0,024
MEL6	<i>Polyblastia nidulans</i>	Packstone	Biosparite	367	-0,014
MEL7	Superficie tagliata	Packstone	Biosparite	107	-0,033
MEL8	Superficie fratturata	Packstone	Biosparite	107	0,021
BHL1	<i>Polyblastia albida</i>	Wackestone	Biomicrite	367	-0,014
BHL2	<i>Verrucaria calciseda</i>	Wackestone	Biomicrite	367	-0,006
BHL3	<i>Polyblastia albida</i>	Wackestone	Biomicrite	367	0,012
BHL4	<i>Polyblastia albida</i>	Wackestone	Micrite	367	-0,023
BHL5	indet. (sterile)	Wackestone	Biomicrite	367	-0,038
BHL6	<i>Polyblastia dermatodes</i>	Packstone	Biosparite	367	-0,039
BHL7	Superficie tagliata	Packstone	Biosparite	367	0,023
BHL8	Superficie fratturata	Packstone	Biosparite	n.d.	n.d.

Continua

Segue

Stazione	Tipo di lichene indagato	Caratteristiche petrografiche (Dunham, 1962)	Caratteristiche petrografiche (Folk, 1959)	Giorni di osservazione	Tasso medio di variazione microtopografica (mm/a)
FOL1	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Packstone	Biosparite	367	0,002
FOL2	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Wackestone	Biomicrite	367	-0,003
FOL3	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Wackestone	Micrite	367	0,001
FOL4	<i>Thelidium incavatum</i>	Wackestone	Biomicrite	367	-0,016
FOL5	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Wackestone	Micrite	367	-0,008
FOL6	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Wackestone/ mudstone	Micrite	367	-0,028
FOL7	Superficie tagliata	Packstone	Biosparite	367	0,070
FOL8	Superficie fratturata	Packstone	Biosparite	367	0,081
CEL1	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Packstone	Biopelmicrite	480	-0,005
CEL2	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Mudstone	Micrite	366	-0,013
CEL3	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Packstone	Micrite	480	0,000
CEL4	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Wackestone	Micrite	480	n.d.
CEL5	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Wackestone	Micrite	480	0,131
CEL6	<i>Clauzadea immersa</i>	Wackestone	Micrite	480	0,044
CEL7	Superficie tagliata	Wackestone	Micrite	n.d.	n.d.
CEL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	480	-0,004
GGL1	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Biomicrite	480	-0,023
GGL2	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Dismicrite	480	0,016
GGL3	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Mudstone	Micrite	480	-0,015
GGL4	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Biomicrite	480	-0,016
GGL5	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Mudstone	Dismicrite	480	0,027
GGL6	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Mudstone	Micrite	n.d.	n.d.
GGL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	480	0,020
DCL1	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Dolomia	Dolomia	116	0,010
DCL2	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Dolomia	Dolomia	116	-0,035
DCL3	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Dolomia	Dolomia	116	-0,021
DCL4	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Dolomia	Dolomia	116	0,008
DCL6	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Dolomia	Dolomia	116	-0,002

Continua

Segue

Stazione	Tipo di lichene indagato	Caratteristiche petrografiche (Dunham, 1962)	Caratteristiche petrografiche (Folk, 1959)	Giorni di osservazione	Tasso medio di variazione microtopografica (mm/a)
DCL8	Superficie fratturata	Dolomia	Dolomia	116	-0,017
ML1	—	Packstone	Pelmicrite	6198	0,016
MLL2	<i>Verrucaria calciseda</i>	Packstone	Pelmicrite	116	0,023
MLL3	<i>Verrucaria marmorea</i>	Mudstone	Biomicrite	n.d.	n.d.
MLL4	<i>Protoblastenia incrustans</i>	Mudstone	Micrite	116	0,015
MLL5	<i>Verrucaria calciseda</i>	Mudstone	Micrite	116	0,000
MLL6	<i>Verrucaria calciseda</i>	Mudstone	Micrite	116	0,004
MLL8	Superficie fratturata	Mudstone	Micrite	n.d.	n.d.
LSL1	<i>Verrucaria sp.</i>	Wackestone	Micrite	134	-0,033
LSL2	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Grainstone	Intrasparite	n.d.	n.d.
LSL3	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Packstone	Intrasparite	134	-0,019
LSL4	<i>Verrucaria marmorea</i>	Wackestone/ packstone	Pelmicrite	134	-0,028
LSL5	<i>Bagliettoa parmigerella</i>	Wackestone	Micrite	n.d.	n.d.
LSL6	<i>Petractis clausa</i>	Packstone	Intrasparite	n.d.	n.d.
LSL7	Superficie tagliata	Wackestone	Micrite	n.d.	n.d.
LSL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	134	-0,026
LSL9	<i>Acrocordia conoidea</i>	Wackestone	Biomicrite	n.d.	n.d.
MML1	<i>Bagliettoa parmigera</i>	Packstone	Biosparite	134	-0,011
MML2	<i>Thelidium decipiens</i>	Wackestone	Micrite	n.d.	n.d.
MML3	<i>Thelidium decipiens</i>	Micrite sterile	Micrite	134	-0,029
MML4	<i>Verrucaria sp.</i>	Wackestone	Micrite	n.d.	n.d.
MML5	<i>Thelidium decipiens</i>	Grainstone a peloidi e cristalli di dolomite	Pelsparite	134	-0,036
MML6	<i>Thelidium decipiens</i>	Packstone	Pelsparite	n.d.	n.d.
MML8	Superficie fratturata	Grainstone	Biosparite	134	-0,012
GIL1	<i>Eiglera homalomorpha</i>	Mudstone	Micrite	370	0,061
GIL2	<i>Eiglera homalomorpha</i>	Wackestone	Micrite (sparite in frattura)	370	0,055

Continua

Segue

Stazione	Tipo di lichene indagato	Caratteristiche petrografiche (Dunham, 1962)	Caratteristiche petrografiche (Folk, 1959)	Giorni di osservazione	Tasso medio di variazione microtopografica (mm/a)
GIL3	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	70% micrite, 30% sparite	Micrite	370	-0,310
GIL4	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	fratturata	Micrite	370	-0,031
GIL5	indet. (sterile)	Wackestone calcareo dolomitizzato	Sparite	n.d.	n.d.
GIL6	<i>Thelidium decipiens</i>	Wackestone/packstone	Micrite	n.d.	n.d.
GIL7	Superficie tagliata	Wackestone	Micrite	n.d.	0,047
GIL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	n.d.	0,044
MFL1	<i>Verrucaria hochstetteri</i>	Wackstone/packstone	Intramicrite	n.d.	n.d.
MFL2	<i>Thelidium decipiens</i>	Mudstone	Micrite	n.d.	n.d.
MFL3	<i>Thelidium decipiens</i>	Wackestone	Pelmicrite	n.d.	n.d.
MFL4	<i>Hymenelia prevostii</i>	Stromatolite Peloidi	Micrite	n.d.	n.d.
MFL5	<i>Thelidium incavatum</i>	Packstone	Intramicrite	n.d.	n.d.
MFL6	<i>Thelidium decipiens</i>	Wackstone/packstone	Biosparite	370	0,040
MFL7	Superficie tagliata	Wackestone	Micrite	370	0,038
MFL8	Superficie fratturata	Wackestone	Micrite	370	0,018

Tab. 2 - Dati descrittivi delle stazioni di misura: acronimo della stazione (A); specie di lichene (B); tessitura del carbonato secondo Dunham (1962) (C) e Folk (1959) (D); periodo di misura (giorni) (E); tasso medio di variazione microtopografica (mm/anno; valori negativi: accrescimento; valori positivi: abbassamento) (F); eventuali note aggiuntive (G).

di quota, per quanto possibile, regolari. Sono state privilegiate zone con affioramenti rocciosi estesi ma, allo stesso tempo, facilmente accessibili: solo le stazioni oltre i 2000 m necessitano di lunghe traversate a piedi.

Per quanto riguarda la scelta del posizionamento delle singole stazioni, sono state privilegiate superfici orizzontali colonizzate da numerosi talli endolitici e su cui fosse agevole il posizionamento e la lettura dello strumento.

Le caratteristiche dei siti sono descritte nella Tab. 1. Ogni sito d'indagine contiene mediamente 6 stazioni su superfici colonizzate da licheni endolitici e 2 stazioni su superfici non colonizzate, queste ultime composte da una superficie rocciosa non colonizzata esposta per taglio e rottura meccanica (Fig. 3). Complessivamente, sono state installate 122 nuove stazioni MEM,



Fig. 3 - Stazione MEM su superficie fratturata (a sinistra) e tagliata (a destra), non colonizzate, preparate in laboratorio e riposizionate in campo.

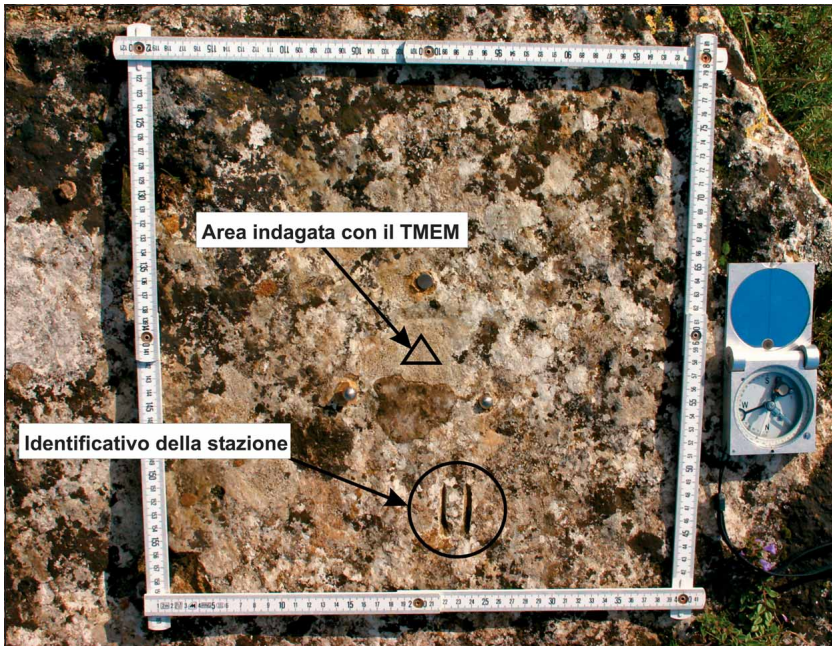


Fig. 4 - Stazione MEM su lichene. Ogni stazione è stata siglata da un numero romano inciso sulla roccia.

59 lungo il transetto A (di cui 25 sul Carso Classico triestino, 16 sul Matajur, 24 sul Canin) e 63 stazioni lungo il transetto B. Otto stazioni, posizionate nel sito SPL di Sella Prevala (M. Canin) sono state distrutte in seguito alla costruzione di una nuova pista da sci. La scelta dei siti e il posizionamento delle stazioni sono stati effettuati dal gennaio 2004 al giugno 2005.

Le misure sono state acquisite due volte all'anno, in maggio-giugno ed in ottobre-novembre, in modo da studiare la variabilità stagionale dei tassi di consumazione. Alcune stazioni, localizzate su pareti verticali, sono state misurate con il MEM, in quanto il TMEM non è adatto a questo tipo di situazione.

Caratterizzazione delle singole stazioni di misura

Ognuna delle 123 stazioni del progetto sono state fotografate a scale diverse: una foto relativa al sito d'indagine, una foto della singola stazione e una foto con l'ingrandimento dell'area centrale indagata con il TMEM.

Ogni stazione colonizzata è stata identificata mediante incisione di un numero romano progressivo, in quanto più resistente e duraturo dell'utilizzo di pennarelli indelebili (Fig. 4).

Per ogni stazione è stato effettuato un prelievo di roccia colonizzata da un tallo della stessa specie della stazione di misura, in genere ad una distanza molto contenuta (10-30 cm). Il campione è stato inserito in una busta numerata, e trasportato al laboratorio per l'identificazione del lichene e l'allestimento di una sezione sottile, ottenuta tagliando la roccia perpendicolarmente alla superficie esterna del tallo, in modo da poter caratterizzare tanto l'interfaccia lichene-sustrato, quanto la tessitura della roccia, secondo FOLK (1959) e DUNHAM (1962) (Tab. 2).

Per l'identificazione delle specie si sono allestiti preparati montati in acqua dei corpi fruttiferi, che sono stati esaminati al microscopio a luce trasmessa. Sono state utilizzate le chiavi di identificazione di CLAUZADE, ROUX (1985) e PURVIS *et al.* (1992). Il materiale è stato inoltre confrontato con campioni di riferimento dell'erbario lichenologico del Dipartimento di Biologia di Trieste (TSB), dove sono stati anche depositati tutti i licheni raccolti nello svolgimento del lavoro di campo. La nomenclatura delle specie segue NIMIS, MARTELOS (2008).

Risultati e considerazioni preliminari

In Tab. 2 sono riportati i risultati relativi ad ogni singola stazione.

Le specie di licheni endolitici indagate sono venti, di cui il 32% appartengono al genere *Verrucaria* (*V. calciseda*, *V. hochstetteri*, *V. marmorea*), il 17% a *Bagliettoa* (*B. parmigera*, *B. parmigerella*), il 17% a *Polyblastia* (*P. sepulta*, *P. nidulans*), il 10% a *Thelidium* (*T. incavatum*, *T. decipiens*), il 5% a *Rinodina* (*R. immersa*), l'8% a *Protoblastenia incrustans*, *Acrocordia conoidea*, *Clauzadea immersa*, *Eiglera homalomorpha*, *Hymenelia prevostii*, *Petractis clausa* e *Staurothele orbicularis*. Il rimanente 12% è rappresentato da licheni dei quali non è stato possibile identificare le specie in quanto il materiale non presentava sufficienti caratteri diacritici. Più di tre quarti delle specie indagate producono corpi fruttiferi periteci, e appartengono alla famiglia delle Verrucariaceae, mentre le restanti producono apotecii.

Il 78% dei calcari ha tessiture medio-fini (Wackestone, Packstone e Mudstone), solo il 12% delle stazioni interessano litologie più grossolane (Grainstone). Il 7% delle stazioni sono state posizionate su dolomie ed il 3% sono indeterminate. Tra le specie indagate, non è stato osservato alcun trend legato alla petrografia, in quanto la distribuzione dei licheni non sembra essere legata al tipo di roccia ma probabilmente alle condizioni climatiche.

Le variazioni topografiche della superficie esterna dei licheni oscillano da -0.310 mm/anno nella stazione GIL3 (*V. hochstetteri* su micrite) a 0.130 mm/anno nella stazione CEL5 (*B. par-*

migerella su micrite - Wackestone). Il primo anno di misure sembra indicare che la presenza dei talli maturi di licheni endolitici riducono la consumazione dei carbonati, a differenza delle superfici non colonizzate che sembrano consumarsi più rapidamente. Questa tendenza è più evidente nel transetto B (Fig. 5) che in quello A (Fig. 6). Nel primo infatti solo 14 stazioni colonizzate su 48 (29%) sembrano consumarsi (con valori massimi di 0,018 mm/anno), mentre nel secondo sono molto più numerose le stazioni che si consumano (13 stazioni su 32, pari al 41%), con tassi anche molto elevati (0,130 mm/anno). I primi risultati indicano che c'è una differenza significativa tra la consumazione delle superfici non colonizzate e le superfici colonizzate le quali, in alcuni casi, tendono addirittura a crescere nel periodo considerato. GOMEZ-PUJOL *et al.* (2007) hanno correttamente suggerito che queste variazioni, anche giornaliere, possono essere legate all'espansione ed alla contrazione dei talli dei licheni in relazione all'assorbimento dell'umidità. Nel transetto A inoltre si registra un range di variazione più ampio rispetto al transetto B. È interessante notare il fatto che non è stato osservato un trend altimetrico significativo. Nel transetto B comunque si evidenzia una netta predominanza di valori positivi (consumazione) sulle superfici non colonizzate, mentre i valori negativi (sollevamento) prevalgono sulle superfici colonizzate. I dati relativi al transetto A non mostrano un trend altrettanto caratteristico: va detto comunque che i dati disponibili in quest'ultimo caso sono relativi ad un periodo di misura più breve e che interessano, come nel caso delle dolomie del sito DCL, anche litologie diverse. Anche l'idea, accertata da diversi autori (STEFANINI *et al.*, 1995; CUCCHI *et al.*, 1995), che le micriti non colonizzate vanno considerate le litologie maggiormente solubili è modificata dalla presenza della copertura lichenica che rende i tassi molto più variabili. In definitiva, considerando anche che non si notano trend associati ai diversi tipi di litologia, sembra che siano i licheni a determinare i tassi di consumazione superficiale. Neanche questi ultimi hanno evidenziato trend di consumazione particolari però questo potrebbe essere associato al fatto che con lo strumento misuriamo variazioni topografiche della superficie esterna del lichene, mentre non è misurabile direttamente quanto avviene in corrispondenza della roccia vera e propria, al di sotto del tallo. Probabilmente quindi è necessario un periodo di tempo più elevato per evidenziare variazioni significative causate dalla crescita lichenica.

Conclusioni

Il primo anno di dati, che ovviamente deve essere inteso come preliminare, sembra indicare che la presenza dei talli maturi dei licheni endolitici riducono la consumazione dei carbonati, in quanto le superfici non colonizzate sembrano consumarsi più rapidamente. Sulla Maiella si evidenzia una netta predominanza di valori positivi (consumazione) sulle superfici non colonizzate, a cui si contrappongono valori più contenuti oppure addirittura negativi (sollevamento) misurati sulle superfici colonizzate. Sul Carso giuliano invece non c'è un trend altrettanto evidente: va sottolineato comunque che i dati disponibili in quest'ultimo caso sono relativi ad un periodo di misura più breve ed il transetto è meno omogeneo dal punto di vista degli habitat e delle litologie, in quanto sono ad esempio presenti anche litotipi dolomitici. Non a caso, i range di valori nelle due regioni sono alquanto diversi, molto più ampio sul Carso che sulla Maiella. In entrambe le aree in esame non è stato osservato un trend di variazione significativamente correlato con l'altitudine.

La prosecuzione delle misure sulle stazioni analizzate nel presente lavoro permetterà di mettere in luce il comportamento delle superfici rocciose in rapporto alla presenza o meno della copertura lichenica; quest'ultima, nel lungo termine, non è sempre presente sulle rocce. Questa mancanza di continuità nel lungo termine potrebbe avvicinare tassi medi di consumazione ai valori proposti da CUCCHI *et al.* (1995) per i litotipi carbonatici non colonizzati (0.01-0.04 mm/a) eseguiti nel corso di oltre trent'anni di osservazione.

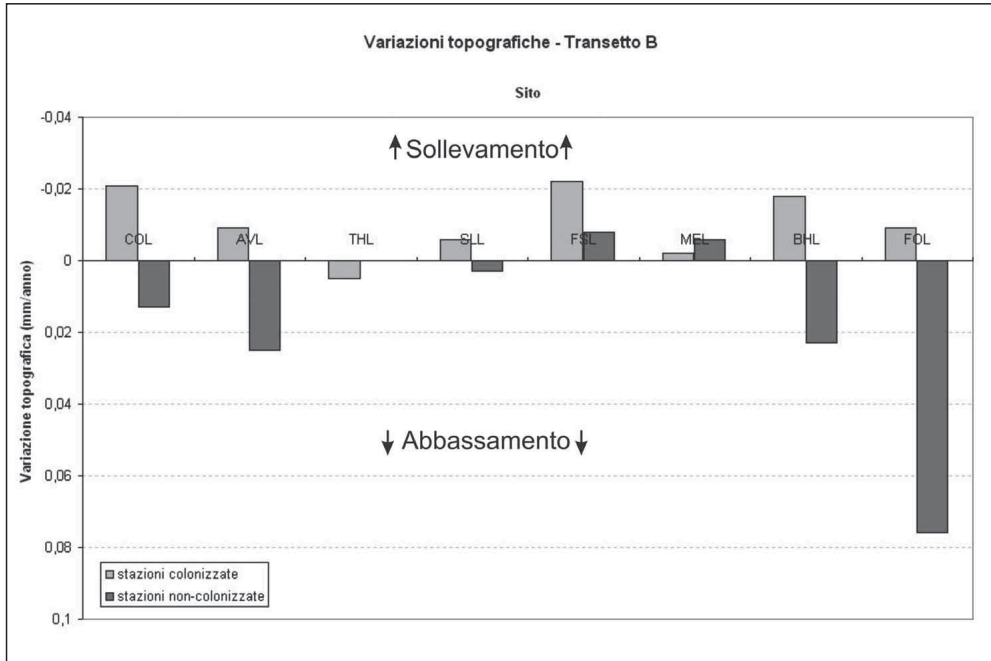


Fig. 5 - Variazione topografica media nei siti del transetto B.

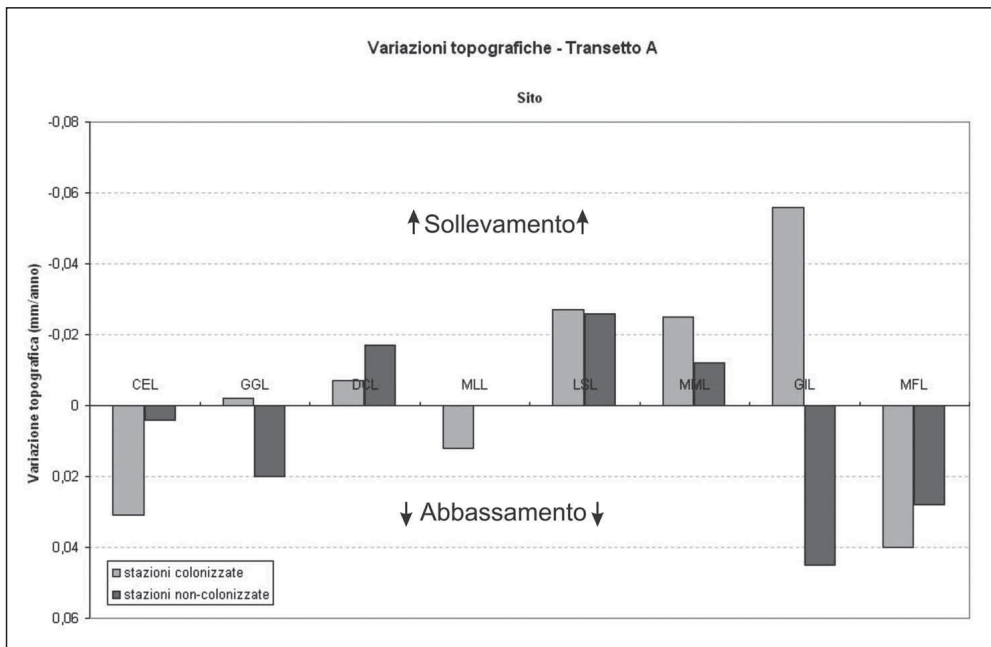


Fig. 6 - Variazione topografica media nei siti del transetto A.

Ringraziamenti

Si ringraziano Sara Biolchi, Walter Boschin, Paola Crisafulli, Rados Furlani, Sara Gonizzi, Lucia Muggia, Valentina Rondi, Anna Rossi, Martina Zaccariotto ed Enrico Zavagno per l'aiuto nelle misure di campagna, e Lorenzo Furlan (Dipartimento di Scienze della Terra, Trieste) per l'allestimento delle sezioni sottili.

BIBLIOGRAFIA

- ALLRED K., 2004 - *Some carbonate erosion rates of southeast Alaska*. Journal of Cave and Karst Studies, 66 (3): 89-97.
- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C., GHELARDONI R., 1986 - *Balanced sections and seismic reflection profiles accross the Central Appenines*. Mem. Soc. Geol. It., v. 35: 257-310.
- CIARAPICA G., PASSERI L., 1990 - *The Dachstein limestone of the Mt. Canin (Julian Alps) and its paleogeographic meaning*. Boll. Soc. Geol. It., 109: 239-247.
- CLAUZADE G., ROUX C., 1985 - *Likenoj de Okcidenta Eŭropo. Ilustrita determinlibro*. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle série-Numéro Spécial 7: 1-893.
- CUCCHI F., FORTI F., 1986 - *Misure di dissoluzione di rocce carbonatiche: le ricerche a Trieste*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan" 25: 97-102.
- CUCCHI F., FORTI F., FINOCCHIARO F., 1987a - *Carbonate surface solution in the Classical Karst*. International Journal of Speleology, 16 (3-4, 1987): 125-138.
- CUCCHI F., FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1987b - *Mesures de dégradation de roches carbonatées et d'accroissement de stalagmites*. Spelunca Mémoires, 14: 87-90.
- CUCCHI F., FORTI F., 1988 - *La stazione di misura della dissoluzione superficiale a Borgo Grotta Gigante (Carso triestino, Italia)*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 28: 87-93.
- CUCCHI F., FORTI F., 1989 - *Misure in situ di corrosione di rocce carbonatiche*. Atti XV Congresso Nazionale Speleologia, Castellana Grotte, pp. 623-634.
- CUCCHI F., FORTI F., MARINETTI E., 1995 - *Surface degradation of carbonate rocks in the Karst of Trieste (Classical Karst, Italy)*. In: AA.VV., Joan J. Fornos i A. Ginés (Eds), Karren Landforms, Palma, pp. 41-51.
- CUCCHI F., FORTI F., HERBRETEAU P., 1997 - *Misure sulla dissoluzione carsica: la stazione di Pradis (Prealpi Carniche)*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 34: 49-54.
- CUCCHI F., FINOCCHIARO F., FORTI P., 1998 - *Gypsum degradation in Italy with respect to climatic, textural and erosional condition*. Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 3 (4): 41-49.
- DUNHAM R. J., 1962 - *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In: Ham, W. E. (ed.), *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir: 108-121.
- FOLK R.L., 1959 - *Practical petrographic classification of limestones*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43: 1-38.
- FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1975 - *Relazioni tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso Triestino*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E.Boegan", 14: 19-49.

- FORTI F., 1981 - *Metodologia per lo studio della dissoluzione con il sistema della misura con micrometro*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 20: 75-82.
- FORTI F., STEFANINI S., 1981 - *Modalità di una prova sperimentale eseguita per la definizione del grado di solubilità dei principali litotipi del Carso Triestino sotto l'azione degli agenti esterni*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E.Boegan", 20: 83-93.
- FURLANI S., CUCCHI F., 2007 - *Short-term surface changes on sandstone rocks*. Annales Ser. Hist. Nat., 17 (2): 241-248.
- FURLANI S., CUCCHI F., FORTI F., ROSSI A., 2009 - *Comparison between coastal and inland Karst limestone lowering rates in the northeastern Adriatic region (Italy and Croatia)*. Geomorphology, 104: 73-81.
- GAMS I., 1979 - *International comparative study of limestone solution by means of standard tablets. First preliminary report*, Institute de Geographie, Aix-en-Provence-Marseille-Nimes, France. Proc. Symp. on karst denudation, France.
- GILL E.D., LANG J.G., 1983 - *Micro-erosion meter measurements of rock wear on the Otway coast of southeast Australia*. Marine Geology, 52: 141-156.
- GOMEZ PUJOL L., STEPHENSON W.J., FORNOS J.J., 2007 - *Two-hourly surface change on supra-tidal rock (Marengo, Victoria, Australia)*. Earth Surf. Process. Landforms, 32: 1-12.
- HIGH C., HANNA F.K., 1970 - *Method for the direct measurements of erosion on rock surfaces*. British Geomorphol. Research Group. Technical Bull., 5: 1-25.
- KAUFMANN G., BRAUN J., 2001 - *Modelling karst denudation on a synthetic landscape*. Terra Nova, 13: 313-320.
- KIRK R.M., 1977 - *Rates and forms of erosion on intertidal platforms at Kaikoura Peninsula, South Island New Zealand*, New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 20 (3): 571-613.
- MARTINEZ M.I., WHITE W.B., 1999 - *A laboratory investigation of the relative dissolution rates of the Lirio limestone and the Isla de Mona dolomite and implications for cave and karst development on Isla de Mona*. Journal of Cave and Karst Studies, 61 (1): 7-12.
- NIMIS P.L., MARTELLOS S., 2008 - *The Information System on Italian Lichens. Version 4.0*. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- PLAN L., 2005 - *Factors controlling carbonate dissolution rates quantified in a field test in the Austrian alps*. Geomorphology, 68: 201-212.
- PERNACIC E., 2000 - *Annegamento di una piattaforma carbonatica liassica: il settore settentrionale della Piattaforma del Friuli (Sudalino orientale)*. In: Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, 80° Riunione estiva della Soc. Geol. It., Trieste, 6-8 settembre 2000: 355.
- PURVIS O.W., COPPINS B.J., HAWKSWORTH D.L., JAMES P.W., MOORE D.M., 1992 - *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications & British Lichen Society, London, 710 pp.
- RIGHINI G., COSTANTINI, E., SULLI, L., 2001 - *La Banca dati delle Regioni Pedologiche Italiane [Data Base of Italian Pedologic Regions]*. www.soilmaps.it/ita/downloads.h.t.m.l.
- ROBINSON L. A., 1977 - *Erosive processes on the shore platform of Northeast Yorkshire, England*. Marine Geology, 23: 339-361.
- SANTOLERI W.M., *Il Parco Nazionale della Maiella*. <http://www.rifugioilmajo.com/>
- STEFANINI S., ULCIGRAI F., FORTI F., CUCCHI F., 1985 - *Resultats experimentaux sur le degradation des principaux lithotypes du Karst de Trieste*. In: Act. Coll. 16° Congr. Nat. Speleol., Nancy-Metz, 1985, Spelunca Mémoires, 14 : 91-94.

- SPENCER T., 1981 - *Micro-topographic change on calcarenites, Gran Cayman Island, West Indies*. Earth Surface Processes and Landforms, 6: 85-94.
- SPENCER T., 1985 - *Weathering rates on a Caribbean reef limestone: results and implications*. Marine Geology, 69: 195-201.
- STEPHENSON W.J., KIRK R.M., 1996 - *Measuring erosion rates using the micro-erosion meter: 20 years of data from shore platforms, Kaikoura, South Island, New Zealand*. Marine Geology, 131: 209-218.
- STEPHENSON W.J., KIRK R.M., 1998 - *Rates and Patterns of Erosion on inter-tidal shore platforms, Kaikoura Peninsula, South Island, New Zealand*. Earth Surface Processes and Landforms, 23: 1071-1085.
- STEPHENSON W.J., 1997 - *Improving the Traversing Micro-Erosion Meter*. Journal of Coastal Research, 13 (1): 236-241.
- STEPHENSON W.J., TAYLOR, A.J., HEMMINGSEN, M.A., TSUJIMOTO, H., KIRK, R.M., 2004 - *Short-term Microscale Topographic Changes of Coastal Bedrock on Shore Platforms*. Earth Surface Processes and Landforms, 29: 1663-1673.
- STRAVISI F., 2003 - *Caratteristiche meteorologiche e climatiche del Golfo di Trieste*. In: BUSSANI M., *Manuale del conduttore –motorista alla pesca locale professionale*, Hydrores S.a.s. (eds), Trieste, pp. 148-154.
- TOMMASINI T., 1979 - *Dieci anni di osservazioni meteorologiche a Borgo Grotta Gigante sul Carso Triestino (1967-1976)*. Suppl. di Atti e Mem. Comm. Grotte "E.Boegan", p. 1-11.
- TORUNSKI H., 1979 - *Biological Erosion and its Significance for the Morphogenesis of Limestone Coasts and for Nearshore Sedimentation (Northern Adriatic)*. Senckenbergiana maritima, 11, 3 (6): 193-265.
- TRUDGILL S.T., 1976 - *The marine erosion of limestones on Aldabra Atoll, Indian Ocean*. Zeit. Geomorphologie N.F. Suppl. Bd., 26: 164-200.
- TRUDGILL S.T., HIGH, C.J., HANNA, K.K., 1981 - *Improvements to the micro-erosion meter (MEM)*. British Geomorphol. Research Group. Technical Bull., 29: 3-17.