



PIANO COMUNALE DELLE COSTE GALATONE

Legge Regionale 10 aprile 2015, n. 17 - BURP n. 53 del 15/04/2015

Disciplina della tutela e dell'uso della costa

TAV. F

RELAZIONE GEOLOGICA

GENNAIO 2019

PROGETTISTI



STUDIO CONVERSANO
ARCHITETTURA INGEGNERIA URBANISTICA

REDATTORE

Ing. Claudio CONVERSANO

COLLABORATORE

Arch. Elisa CONVERSANO



Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Alessandro Rocco VERONA

pareri uffici:

revisione	00	01	02	03
data	08/01/2019			
descrizione	emissione			



Main job

**VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO
GEOMORFOLOGICO NEL TRATTO COSTIERO DI
GALATONE**

JOB TITLE

STUDIO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO APPLICATO

CUSTOMER

Amministrazione comunale di Galatone



www.geologiambiente.com

Subtitle

RELAZIONE

Drown

Geol. Francesco GIANFREDA

Date

Luglio 2014

**GEOLOGO
Dr. Francesco Gianfreda**

INDICE

1. Inquadramento geografico	1
2. Inquadramento geologico	1
3. Caratteristiche morfologiche del paesaggio costiero locale	2
4. Caratterizzazione geologico strutturale dell'ammasso roccioso	5
5. Evoluzione geomorfologica della costa	26
6. Valutazione della pericolosità geomorfologica lungo il litorale della costa di Galatone	29

ALLEGATI

1. Inquadramento geografico

Il tratto costiero appartenente dal punto di vista amministrativo al comune di Galatone si trova lungo il litorale ionico della penisola salentina, a Nord di Gallipoli, compreso tra località "La Reggia" e loc. "Montagna spaccata" per uno sviluppo complessivo in linea d'aria di circa 800 metri.

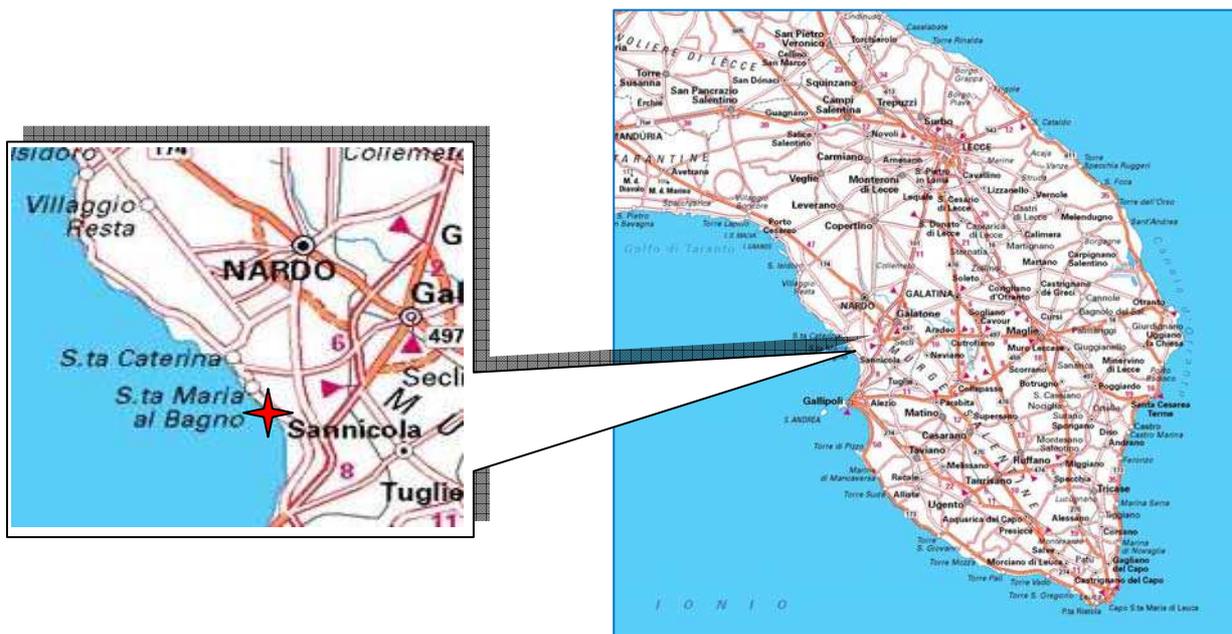


Fig. 1 – Localizzazione del tratto di costa esaminato

2. Inquadramento geologico

Il litotipo che caratterizza la porzione di costa studiata è il Calcarea di Altamura del Mesozoico. Si tratta di calcari, calcari dolomitici e dolomie; non esiste una vera e propria separazione tra i calcari e le dolomie ma vi è, tra i due litotipi, un rapporto di alternanza sia verticale che orizzontale. Gli orizzonti calcarei sono generalmente bioclastici e detritici, si presentano a grana fine o finissima, con colore chiaro e a frattura concoide. Gli orizzonti dolomitici consistono di dolomie e dolomie calcaree, hanno spesso aspetto cristallino e vacuolare, sono compatte, a grana fine, di colore variabile dal grigio al grigio scuro e presentano frattura, solitamente, irregolare. Questa unità è presente in tutta l'area in esame e appare ricoperta, su aree più o meno estese, da depositi trasgressivi di età pleistocenica. Nella sezione schematica proposta da Palmentola & Lazzari (Fig. 2), scendendo da Torre dell'Alto Lido, è possibile riconoscere una superficie di abrasione, posta a circa 70 metri s.l.m.

ricoperta da a sedimenti caratterizzati da grossi esemplari di brachiopodi (*Terebratula scillae* Seguenza) del Pleistocene medio; attorno a 45-50 m di quota fori di litodomi e depositi di spiaggia sabbioso-ciottolosi ben cementati, poggiati direttamente sul substrato calcareo mesozoico, segnano un altro stazionamento relativo del livello del mare. Scendendo di quota si rilevano a quote di 22 metri ed 8 metri s.l.m. ciottoli e calcareniti fini fossilifere e un deposito clinostratificato di brecce in eteropia con sabbie fini marroncine di origine eolica ed infine resti di una copertura calcarenitica caratterizzata dalla presenza di esemplari di *Strombus bubonius* Lamarck.

3. Caratteristiche morfologiche del paesaggio costiero locale.

Il tratto costiero compreso tra località "La Reggia" e loc. "Montagna spaccata" costituisce un tratto di litorale in gran parte costituito da coste rocciose modellate in litotipi dalle ottime caratteristiche fisico meccaniche ascrivibili alla Formazione del Calcare di Altamura del Cretaceo superiore.

Nel dettaglio è possibile riconoscere due tipi di costa con caratteristiche morfologiche omogenee: *coste rocciose digradanti piane*, *coste rocciose digradanti convesse*.

a) Coste rocciose digradanti piane

Questo gruppo include le coste rocciose costituite da un piano dolcemente digradante verso mare senza sensibili dislivelli altimetrici. Questo morfotipo costituisce generalmente il raccordo tra la superficie terrazzata più bassa in quota ed il livello del mare. La maggior parte del litorale considerato appare bordato verso terra da un'ampia piattaforma di abrasione estesa all'incirca tra 10 e 5 metri di quota ed intagliata direttamente nei calcari mesozoici (Fig. 3- Superficie del terzo ordine).

La piattaforma è ricoperta verso l'interno da una falda detritica sviluppatasi nel corso del Pleistocene medio superiore durante i periodi freddo aridi che hanno caratterizzato gli episodi glaciali più recenti. In corrispondenza della linea di riva è presente fascia, ampia mediamente 30 metri (Tav. 1), soggetta costantemente a dilavamento ad opere delle onde di mareggiata. In corrispondenza di questa fascia sono diffusamente presenti micro forme carsiche costiere (vaschette da soluzione, pinnacoli, ecc.) il cui sviluppo è fortemente condizionato dalla struttura geologica. Da segnalare la presenza in più punti di "soffioni" (blowhole), piccole cavità a sviluppo prevalentemente verticale, provenienti dalla evoluzione di strette cavità carsiche determinata dal miscelamento di acque freatiche ed acque marine (Foto 1).

Un gradino più o meno evidente, non più alto di 3 metri costituisce la linea di costa che appare segnata quasi costantemente da un poco profondo solco di battente in corrispondenza del livello medio del mare (Tav. 2). La colonizzazione della superficie rocciosa da parte di alghe epilitiche ed endofitiche conferisce alla roccia un colore grigio scuro in corrispondenza della linea di riva che sfuma verso tonalità via via più chiare allontanandosi da essa (Foto 2).

Il rilievo morfologico del primo fondale ha messo in evidenza la presenza nella zona tidale di una piattaforma di abrasione diffusamente colonizzata da organismi marini (Foto 3), in alcuni punti ampia fino a 95 metri (Tav. 3). Inoltre è stato possibile verificare che il gradino morfologico presente in corrispondenza della linea di riva costituisce il tratto sommitale di una parete fortemente inclinata che spinge il proprio piede a circa 5 metri sotto il livello medio del mare. Da segnalare la presenza di un arco costiero sommerso nella estremità meridionale dell'area esaminata.

Segue verso il largo prima un versante inclinato verso il largo caratterizzato dalla presenza di detrito grossolano proveniente dall'evoluzione del versante in ambiente subaereo (Foto 5) e quindi un fondale sub pianeggiante coperto da sabbie fini e limi (Foto 6) (Tav. 4; Fig. 4).

b) Coste rocciose digradanti convesse

Questo tipo di costa caratterizza l'estremo lembo meridionale della zona di interesse laddove la dorsale morfostrutturale della Torre dell'Alto viene intersecata dalla linea di costa attuale. Lungo questo tratto la costa appare infatti costituita da un ripido versante calcareo ricoperto nella parte bassa da una potente falda detritica. In corrispondenza della linea di riva si riconosce una parete sub verticale che si spinge al disotto del livello del mare fino a circa 5 metri di profondità. La colonizzazione della superficie rocciosa da parte di alche epilitiche ed endofitiche conferisce alla roccia un colore grigio scuro in corrispondenza della linea di riva che sfuma verso tonalità via via più chiare allontanandosi da essa. Il rilievo morfologico del primo fondale ha messo in evidenza la presenza di un solco di battente profondo mediamente 50 cm ed alto 40 cm. (Fig. 5). Risulta praticamente assente la piattaforma di abrasione.

Segue verso il largo prima un versante inclinato verso il largo caratterizzato dalla presenza di detrito grossolano proveniente dall'evoluzione del versante in ambiente subaereo e quindi un fondale sub pianeggiante coperto da sabbie fini e limi.

Da segnalare la presenza, lungo il versante subaereo di una spiaggia relitta costituita

da un conglomerato ad elementi calcarei ben arrotondati delle dimensioni medie variabili 5 – 10 cm. Questo deposito appare caratterizzato da resti fossili di *strombus bubbonius* che ne permettono una sicura attribuzione cronologica all'ultimo periodo interglaciale (125000 anni fa). In questo periodo il livello del mare si attestò stabilmente ad quota 6 – 8 metri circa sulla posizione attuale.

Analisi morfometrica della costa

L'analisi dell'andamento planimetrico della linea di riva può fornire utili indicazioni sulla velocità e grado di evoluzione delle coste rocciose. Questa analisi può essere eseguita con metodo morfometrico utilizzando due parametri, l'Indice di Frastagliatura e la Frequenza di Frastagliatura, secondo quanto proposto da Mastronuzzi et al. (1992).

L'**Indice di Frastagliatura** è definito come il rapporto tra lo sviluppo lineare della linea di riva (L) e la lunghezza in linea d'aria (D) del tratto di costa considerato:

$$If=L/D$$

If raggiunge il valore minimo 1 per tratti di costa rettilinei mentre cresce all'aumentare delle irregolarità della linea di riva.

Nel caso in esame la lunghezza in linea d'aria tra località "La Reggia" e loc. "Montagna spaccata" è di 820 metri; lo sviluppo lineare della linea di costa misurato utilizzando la CTR della Regione Puglia, è risultato essere di 2276 metri. Il valore dell'indice di frastagliatura è quindi pari a **2.78**.

La **Frequenza di Frastagliatura** è definita come il rapporto tra il numero di tratti rettilinei (n) e la lunghezza complessiva del litorale (L) considerato:

$$Ff=n/L$$

Nel caso in esame è stato preso in considerazione lo sviluppo lineare della linea di costa pari a 2276 metri ed il numero di tratti elementari determinato mediante CTR restituita in scala 1:5000 pari a 241. Il valore della frequenza di frastagliatura è quindi pari a **105.87**.

In generale le coste rocciose caratterizzate da valori molto bassi sia di If che di Ff sono rappresentate da falesie modellate in rocce tenere e in rapido arretramento. Queste infatti assumono rapidamente un andamento planimetrico molto regolare parallelo ai fronti d'onda incidenti. Viceversa valori elevati degli indici, come nel caso specifico indicano coste rocciose modellate in rocce fortemente coerenti **la cui morfologia appare dominata dalle forme relitte e la cui dinamica è condizionata fortemente dalle locali caratteristiche litostutturali e dalla storia geologica.**

4. Caratterizzazione geologico-strutturale dell'ammasso roccioso.

4.1. RILIEVO GEO STRUTTURALE

Si riportano di seguito la rappresentazione e l'elaborazione del rilievo geostrutturale di discontinuità di ammassi rocciosi eseguito in sito con il metodo della bussola e del clinometro, secondo le raccomandazioni ISRM (Foto 7). Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano, in modo più o meno evidente, il comportamento meccanico dell'ammasso stesso e del modello geotecnico alla base di qualsiasi calcolo; è quindi importante, al fine di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi. Per la determinazione del modello geotecnico dell'ammasso vengono illustrati nella presente le fasi di rilievo delle giaciture, riferite alle condizioni geostrutturali (spaziatura, apertura, persistenza) e alle condizioni idrauliche e di resistenza delle discontinuità (scabrezza, resistenza delle pareti, grado di alterazione, materiali di riempimento). Il procedimento utilizzato per l'esecuzione del rilievo è quello descritto nelle raccomandazioni ISRM, tradotte in italiano da O. Del Greco nella Rivista Italiana di Geotecnica - R.I.G. 2/93; il titolo originale delle raccomandazioni è "*Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*".

Rilievo delle discontinuità

Discontinuità (Discontinuity)

È il termine generale per qualsiasi interruzione di continuità in una massa rocciosa avente resistenza a trazione bassa o nulla. È il termine collettivo per la maggior parte delle fessure, dei piani di stratificazione, dei piani di scistosità, delle zone di indebolimento e delle faglie.

I dieci parametri scelti nelle Raccomandazioni ISRM per descrivere le discontinuità e le masse rocciose sono definiti come segue:

1) Orientazione

Posizione della discontinuità nello spazio. Le superfici di discontinuità possono

essere rappresentate come un piano la cui giacitura è individuata da una coppia di angoli (α , β) o (α , γ) dove α è l'*inclinazione*, γ la *direzione* e β l'*azimut* della discontinuità (nella terminologia anglosassone rispettivamente *dip*, *strike* e *dip direction* riferita ad un piano).

La strumentazione utilizzata è una bussola munita di livella a bolla d'aria e di un coperchio piano, che viene poggiato sulla superficie della discontinuità facendolo ruotare attorno ad un asse orizzontale (clinometro).

La massima inclinazione del piano medio della discontinuità α (*dip*) è misurata con il clinometro ed è espressa in gradi con numeri di due cifre, da 00° a 90°. L'azimut della immersione β (*dip direction*) è misurato in gradi contati in senso orario rispetto al Nord ed è espresso con un numero di tre cifre da 000° a 360°.

La coppia (*dip*, *dip direction*) rappresenta il vettore immersione.

Le misure vengono eseguite lungo una linea di campionamento, materializzata sul fronte roccioso con una bandella metrica fissata alle estremità del rilievo, vengono quindi rilevate tutte le discontinuità incontrate procedendo da una estremità all'altra.

2) Spaziatura (S)

Distanza tra discontinuità adiacenti misurata in direzione ortogonale alle discontinuità stesse. Normalmente ci si riferisce alla spaziatura media o modale di un sistema di fessure. Essa, unitamente all'orientazione ed alla persistenza, determina la forma e le dimensioni dei blocchi in cui si divide l'ammasso roccioso. Poiché la misura d , espressa in cm, viene eseguita ortogonalmente alla discontinuità, deve essere corretta tenendo conto dell'angolo δ tra la discontinuità e la linea di campionamento: $S = d \cdot \sin \delta$. Per ciascuna famiglia si definisce così una distribuzione di frequenza che si può rappresentare con istogrammi; la distribuzione della spaziatura è alla base della classificazione ISRM riportata nella Tab.1.

Descrizione	Spaziatura
Sp. estremamente stretta	< 2 cm
Spaziatura molto stretta	2÷6 cm
Spaziatura stretta	6÷20 cm
Spaziatura moderata	20÷60 cm
Spaziatura larga	60÷200 cm
Spaziatura molto larga	200÷600 cm
Sp. estremamente larga	> 600 cm

Tab.1: Classificazione ISRM in base alla spaziatura.

3) Continuità o Persistenza

Lunghezza della traccia della discontinuità osservata in un affioramento. Può dare una misura grossolana dell'estensione areale o della profondità di penetrazione di una discontinuità. Il fatto che il piano di discontinuità termini in roccia massiccia o contro altre discontinuità, riduce la persistenza. Nella Tab.2 è riportata la classificazione ISRM in funzione della persistenza

Descrizione	Persistenza
Pers. molto bassa	<1 m
Persistenza bassa	1÷3 m
Persistenza media	3÷10 m
Persistenza alta	10÷20 m
Persistenza molto alta	>20 m

Tab.2: Classificazione ISRM in base alla persistenza.

4) Scabrezza

Rugosità delle superfici affacciate di una discontinuità e ondulazione relativamente al piano medio delle discontinuità. Sia la rugosità che il suo andamento morfologico contribuiscono alla resistenza di taglio, specialmente nel caso di strutture interconnesse e senza spostamenti relativi. L'importanza della rugosità diminuisce con l'aumentare dell'apertura della discontinuità stessa.

In termini generali la rugosità può essere caratterizzata da una ondulazione e da una rugosità vera e propria; nel primo caso la forma della ondulazione provoca la dilatanza in caso di scorrimento trasversale, nel secondo caso la forma della rugosità tende ad essere rotta in caso di scorrimento.

Valutazione della resistenza a taglio

La rugosità dà indicazioni per la valutazione della resistenza a taglio delle discontinuità non riempite.

I valori di ϕ di picco possono essere stimati con la relazione:

$$\phi_{picco} = JRC \times \log_{10} \frac{JCS}{\sigma_n} + \phi_r$$

dove:

JRC = coefficiente di rugosità della discontinuità

JCS = resistenza a compressione delle pareti della discontinuità

ϕ_r = angolo di attrito residuo

Il valore di JRC viene ricavato dai grafici di Figura 4, i valori di JCS e ϕ_r si ricavano dalle prove con il martello di Schmidt, eseguite sia sulla parete della discontinuità, sia su una frattura fresca del materiale roccioso intatto.

Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il Jr ("Joint Roughness Number") che dipende dalla rugosità delle pareti del giunto i cui valori sono riassunti nella Tab. 3.

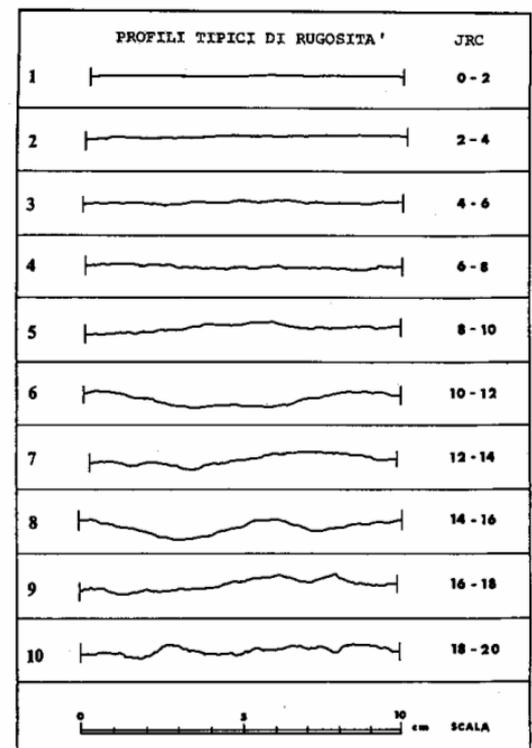


Figura 4

5) Resistenza delle pareti

Resistenza a compressione equivalente dei lembi affacciati di una discontinuità. Può essere minore della resistenza della roccia massiccia per l'esposizione agli agenti atmosferici o per l'alterazione delle pareti. Costituisce una componente rilevante della resistenza di taglio se le pareti sono a contatto. Gli effetti dell'azione atmosferica sono di due tipologie principali: disgregazione

meccanica e decomposizione chimica .

La prima si manifesta con l'ampliarsi di discontinuità preesistenti o con la formazione di nuove, l'apertura di fratture integranulari e la rottura di singoli individui minerali.

La seconda si manifesta con una decolorazione della roccia e porta ad una decomposizione dei minerali silicati in minerali argillosi. Nel caso di rocce carbonatiche e saline è molto importante il fenomeno della dissoluzione.

	Class.	Scabrezza	Jr
Giunti chiusi o con tratti beanti < 10cm	A	Fratture discontinue	4
	B	Rugose, irregolari, ondulate	3
	C	Ondulate, lisce	2
	D	Ondulate a facce levigate	1,5
	E	Planari, ruvide o irregolari	1,5
	F	Planari, lisce	1
	G	Planari a facce levigate	0,5
Giunti aperti	H	Minerali argillosi nei giunti, fratture non a contatto	1
	I	Zone sabbiose, ghiaiose o fratturate	1

Tab. 3 Coefficiente Jr

La resistenza delle pareti, come già visto, può essere valutata con il martello di Schmidt e con saggi di scalfitura.

Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il Ja ("Joint Alteration Number") che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento; i valori sono riassunti nella Tab. 4:

Class.	Alterazione delle superfici	Ja
A	Riempimento impermeabile, duro, strettamente cicatrizzato	0,75
B	Bordi fratture inalterati, superfici autoreggentesi	1
C	Bordi fratture leggermente alterati, rivestiti di minerali non ammorbiditi, particelle sabibose	2
D	Rivestimento limoso-argilloso o sabbioso argilloso	3
E	Rivestimento di minerali ammorbiditi con argille rigonfianti	4
F	Particelle sabibose, roccia disgregata libera da argilla	4
G	Riempimenti di minerali argillosi non rigonfianti, continui	6
H	Riempimenti di minerali argillosi ammorbiditi	8
I	Riempimenti di minerali argillosi rigonfianti	8÷12

Tab. 4 Coefficiente Ja

Nelle Raccomandazione ISRM viene aggiunto un altro indice, W, che varia da 1 (roccia fresca o poco alterata) a 6 (roccia estremamente alterata), si riporta in tabella la classificazione completa:

Denominazione	Descrizione	W
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione del materiale roccioso; tutt'al più una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità	1
Leggermente alterata	La decolorazione indica un'alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno	2
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Rocca fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.	3
Fortemente alterata	Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Rocca fresca o decolorata è presente o come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi.	4
Completamente alterata	Tutto il materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta.	5
Suolo residuale	Tutto il materiale roccioso è diventato un terreno. Le strutture della massa e dei materiali rocciosi sono distrutte. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno non ha subito trasporti significativi.	6

Tab.5 Coefficiente W

6) Apertura

Distanza tra i lembi affacciati di una discontinuità in cui lo spazio interposto è riempito di aria o acqua. Le aperture sottili possono essere misurate con calibro, mentre quelle larghe con regolo graduato in mm. Esse sono rilevate lungo l'intersezione con l'allineamento del rilievo. In base alle misure eseguite, le Raccomandazioni ISRM propongono la seguente classificazione:

Apertura	Descrizione	Discontinuità
<0,1 mm	Molto stretta	Chiusa
0,1÷0,25 mm	Stretta	
0,25÷2,5 mm	Parzialmente aperta	
0,5÷2,5 mm	Aperta	Semi-aperte
2,5÷10 mm	Moderatamente larga	
>10 mm	Larga	
1÷10 cm	Molto larga	Aperte
10÷100 cm	Estremamente larga	
> 1 m	Caveronosa	

Tab.6 Classificazione ISRM in base alla apertura

7) Riempimento

Materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità e che è di solito meno resistente della roccia primitiva. Tipici materiali di riempimento sono sabbia, limi, argilla, breccia più o meno fine, milonite. Include anche sottili strati di minerali e discontinuità saldate, per esempio vene di quarzo e calcite. La presenza di materiale di riempimento influenza il comportamento del giunto nei riguardi del movimento reciproco delle pareti della discontinuità, nel rilievo sono indicati quindi la caratteristica in riferimento alla sua durezza (R: rigido - P: plastico).

8) Filtrazione

Flusso d'acqua e abbondante umidità, visibile nelle singole discontinuità o nella massa rocciosa nel suo insieme.

Le raccomandazioni ISRM forniscono degli schemi descrittivi per stimare la

filtrazione attraverso discontinuità senza riempimento (Tab. 7), discontinuità con riempimento (Tab. 8) e una massa rocciosa (Tab. 9).

Grado di filtrazione	Descrizione
1	La discontinuità è molto chiusa e asciutta; il flusso lungo di essa non appare possibile
2	La discontinuità è asciutta senza alcun evidente flusso d'acqua.
3	La discontinuità è asciutta ma mostra segni evidenti di flusso d'acqua, come tracce di ossidazione, etc
4	La discontinuità è umida ma non vi è presenza di acqua libera
5	La discontinuità mostra filtrazione, occasionali gocce d'acqua ma non flusso continuo
6	La discontinuità mostra un flusso continuo di acqua, (stimare la portata in l/min e descrivere se la pressione è bassa, media, o alta).

Tab. 7 Discontinuità senza riempimento

Grado di filtrazione	Descrizione
1	I materiali di riempimento sono decisamente consolidati e asciutti; un flusso significativo appare improbabile per via della permeabilità molto bassa.
2	I materiali di riempimento sono umidi ma non c'è presenza di acqua libera
3	I materiali di riempimento sono bagnati; occasionali gocce d'acqua
4	I materiali di riempimento mostrano segni di dilavamento; flusso continuo di acqua (valutare la portata in l/min.).
5	I materiali di riempimento sono localmente dilavati; considerevole flusso di acqua lungo i canali di dilavamento (stimare la portata in l/min. e descrivere la pressione bassa, media o alta).
6	I materiali di riempimento sono completamente dilavati; si osservano alte pressioni dell' acqua specialmente al momento dell'esposizione (stimare la pressione in l/min. e descrivere la pressione)

Tab. 8 Discontinuità con riempimento

Grado di filtrazione	Descrizione
1	Pareti e corona asciutti; nessuna filtrazione rilevabile
2	Piccola filtrazione; specificare le discontinuità gocciolanti
3	Flusso medio; specificare le discontinuità con flusso continuo, (stimare la portata in l/min su una lunghezza di scavo di 10 m)
4	Flusso alto; specificare le discontinuità con flusso intenso, (stimare la portata in l/min./10 m di lunghezza di scavo)
5	Flusso eccezionalmente alto; specificare la sorgente di tale flusso, (stimare la portata in l/min./10 m di lunghezza di scavo).

Tab. 9 Massa rocciosa (es.: contorno galleria)

9) Numero di sistemi di discontinuità

Definisce l'insieme dei sistemi presenti. La massa rocciosa può essere ulteriormente divisa da discontinuità di carattere singolare. In fase di rilievo vengono presi in considerazione tutti i sistemi presenti nel fronte; diagrammando i poli delle discontinuità e quindi contornando con linee di ugual densità, si possono ricavare i sistemi principali. Secondo le Raccomandazioni ISRM, le discontinuità che compaiono localmente possono essere classificati secondo la Tab. 10:

Grado	Descrizione
1	massa continua; discontinuità occasionali e casuali
2	un sistema di discontinuità
3	un sistema più discontinuità casuali
4	due sistemi di discontinuità
5	due sistemi più discontinuità casuali
6	tre sistemi di discontinuità
7	tre sistemi più discontinuità casuali
8	quattro o più sistemi di discontinuità
9	roccia fratturata simile a un terreno

Tab. 10 Classificazione ISRM in base ai sistemi di discontinuità

Altro parametro utile per la classificazione dell'ammasso roccioso è il J_n ("Joint Set Number") che dipende dal numero di sistemi di giunti presenti nell'ammasso roccioso; i valori sono riassunti nella Tab. 11:

	<i>Descrizione</i>	
A	Roccia compatta o poche discontinuità	0÷1
B	un sistema di discontinuità	2
C	un sistema più discontinuità casuali	3
D	due sistemi di discontinuità	4
E	due sistemi più discontinuità casuali	9
F	tre sistemi di discontinuità	6
G	tre sistemi più discontinuità casuali	12
H	quattro o più sistemi di discontinuità	15
I	roccia fratturata simile a un terreno	20

Tab. 11 Classificazione in base al J_n

10) Dimensione dei blocchi

Dimensioni del blocco roccioso risultante dalla reciproca orientazione dei sistemi di fratture che si intersecano e dalla spaziatura dei singoli sistemi. Discontinuità singolari possono ulteriormente influenzare il volume roccioso unitario e la sua forma.

L'indice della dimensione dei blocchi (I_b) rappresenta le dimensioni medie dei blocchi di roccia tipici. Nel caso di due di sistemi di discontinuità perpendicolari tra di loro e la stratificazione danno origine a una forma dei blocchi cubica o prismatica, in tal caso il valore di I_b è:

$$I_b = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3}$$

dove S_1 , S_2 e S_3 rappresentano le medie dei valori modali delle singole spaziature.

Rappresentazione grafica del rilievo delle giaciture

La rappresentazione delle discontinuità nel programma è possibile secondo diverse tipologie:

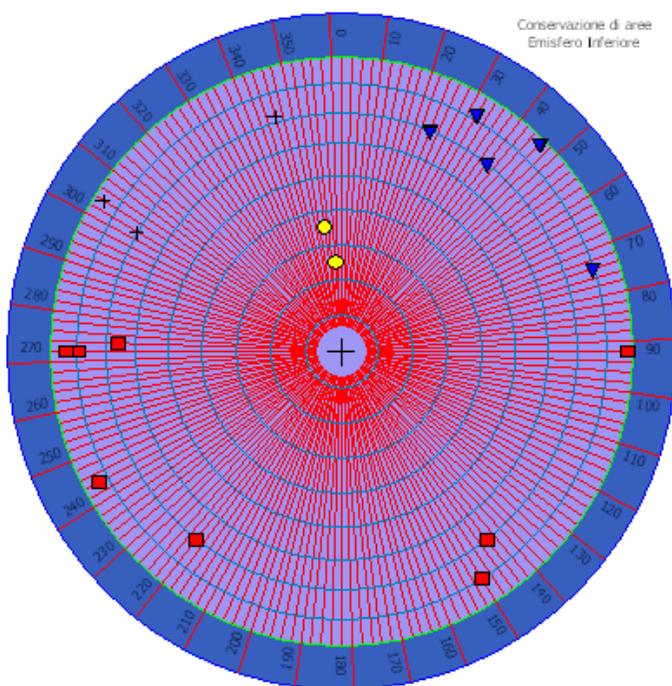
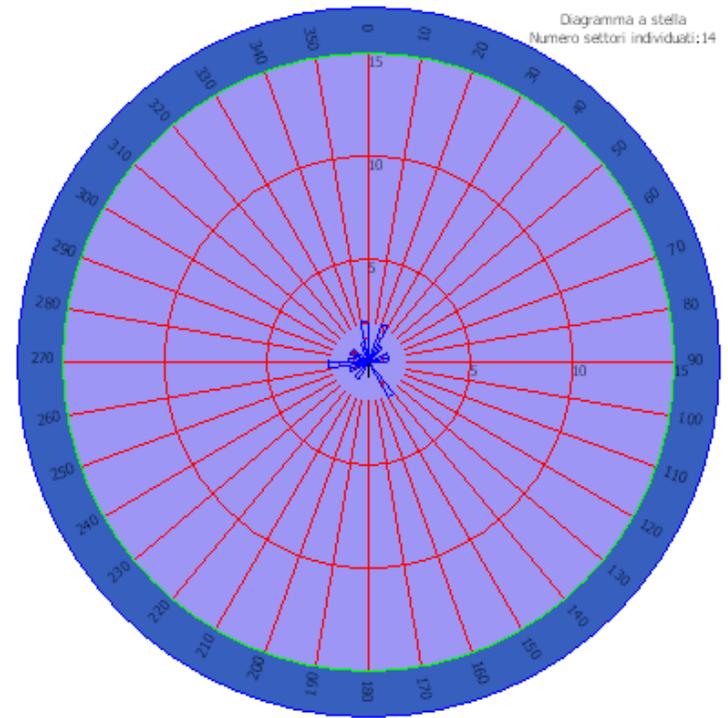
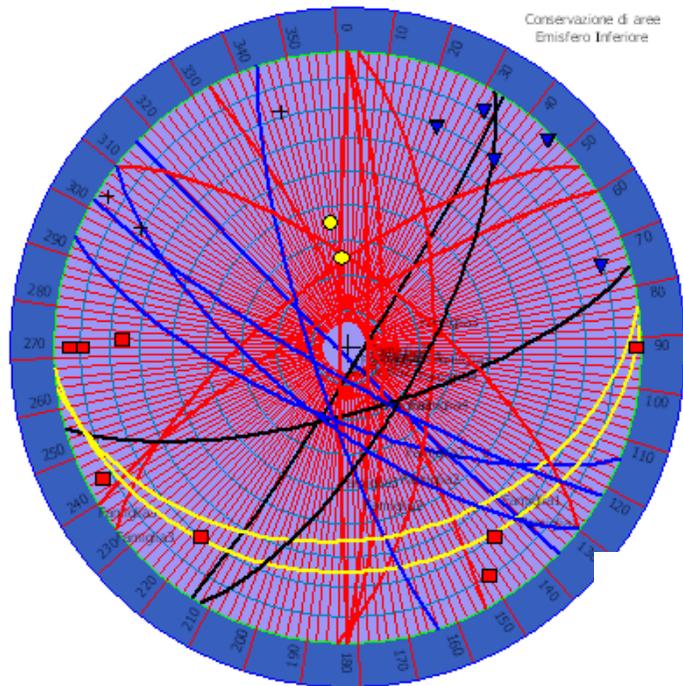
- 1) Reticolo di Wulff
- 2) Reticolo di Schmidt-Lambert
- 3) Reticolo stereografico polare
- 4) Reticolo polare equiareale
- 5) diagramma a stella

Rappresentazione tramite istogrammi delle principali caratteristiche (spaziatura, apertura, persistenza)

DIAGRAMMA A STELLA

Rappresenta i dati di giacitura: le osservazioni sono presentate su un riferimento circolare segnato da 0° a 360° , con linee radiali a intervalli di 10° . Le osservazioni sono raggruppate nel settore di 10° a cui appartengono. Il numero di osservazioni è rappresentato nella direzione radiale, con cerchi concentrici numerati, ciascuno relativo a 5, 10 e 15 osservazioni.

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Famiglia	Lunghezza (m)	Apertura (mm)	Rugosità (mm)	JRC	Riempimento	Grado di alterazione	Prove Martello di Schmidt	Grado di filtrazione
1	224	88	Famiglia2	0.6 - 2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II-Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
2	90	80	Famiglia3	0.6 - 2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
3	122	86	Famiglia4	0.6 - 2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I-Consolidati e asciutti
4	328	80	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
5	322	70	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
6	90	84	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
7	92	66	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
8	164	72	Famiglia4	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
9	270	88	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
10	202	70	Famiglia2	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Cemento	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
11	62	84	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
12	176	25	Famiglia1	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
13	252	80	Famiglia2	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
14	172	35	Famiglia1	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
15	38	70	Famiglia3	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
16	210	82	Famiglia2	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
17	120	70	Famiglia4	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Assente	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti
18	218	70	Famiglia2	0.6 -2	> 10 mm	VII-Rugosa, piana	8-10	Cemento	II Leggermente alterato	70	I - Consolidati e asciutti



4.2. CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Beniawski, Romana)

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso.

La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

- A1 = resistenza a compressione uniassiale;
- A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
- A3 = spaziatura delle discontinuità;
- A4 = condizioni delle discontinuità;
- A5 = condizioni idrauliche;
- A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

4.2.1. VALORE DI A1

A1 si può ricavare da prove di campagna mediante sclerometro definendo la resistenza a compressione uniassiale S_U .

4.2.1.1 Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_U = 0,775 R + 21,3$$

Definita la resistenza a compressione S_U è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Se si utilizzano prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniawsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in

forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A1 = 15$

4.2.2. VALORE DI A2

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskas:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

4.2.3. VALORE DI A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante

le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A3 = 15s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A3 = 5s + 10$
$> 2,0$	$A3 = 20$

4.2.4. VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

V1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	V1
< 1	6
$1 \div 3$	4
$3 \div 10$	2
$10 \div 20$	1
> 20	0

V2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
$< 0,1$	5
$0,1 \div 1$	4
$1 \div 5$	1
> 5	0

V3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	V3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

V4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

V5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

4.2.5. VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

4.2.6. VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniauskis risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

4.3. VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskis assumono il valore:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 RMR_b$$

$$\begin{aligned} \text{angolo di attrito di picco } \phi_p &= 0,5 \text{ RMR}_b + 5 \\ \text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} &= 2 \text{ RMR}_b - 100 \end{aligned}$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_b(\text{originario}) - [0,2 \times \text{RMR}_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(\text{RMR}_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A_5 = 15$). Tale relazione è da ritenersi valida per $\text{RMR} > 23$.

4.4. SLOPE MASS RATING (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

$F1$ dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

$F2$ è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

$F3$ mantiene le relazioni proposte da Beniauskas per l'inclinazione fra fronte e giunti.

$F4$ rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al..

Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Planare Toppling Cuneo	$\alpha_j - \alpha_f$ $\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$ $\alpha_i - \alpha_f$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planare Cuneo	β_j β_i	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Toppling	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planare Cuneo	$\beta_j - \beta_f$ $\beta_i - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60

dove:

α_j = immersione del giunto

α_i = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

α_f = immersione del fronte del versante

β_j = inclinazione del giunto

β_i = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

β_f = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematisimo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

4.5. CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Indice di rimbalzo (R)=184
 Numero medio di giunti per metro (n) =2
 Spaziatura delle discontinuità (s)=1,5 m
 Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
 Apertura del giunto > 5 mm
 Giunto molto rugoso
 Pareti mediamente alterate
 Riempimento assente
 Roccia asciutta
 Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni
 Orientamento mediocre

Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
163,90	98,24769037

V1	V2	V3	V4	V5
4	0	6	3	6

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
 V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
 V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
 V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
 V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
12,89625	19,62609623	17,393	19	15	-7

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
 A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
 A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
 A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
 A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
 A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
83,92	76,92	Seconda	Buono

Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
67,84	78,92	419,6	46,96	335,68	38,57

Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

Rottura: ribaltamento

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione sfavorevole (10°-5°)

Inclinazione dei giunti: condizione sfavorevole (35°-45°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione sfavorevole (--)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0,85	1	-50	15

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
56,42	Terza	Mediocre

Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Parzialmente stabile	Lungo piani o per cunei	Sistematica

5. Evoluzione geomorfologica della costa

Le coste rocciose che costituiscono il litorale del comune di Galatone sono modellate in litotipi estremamente resistenti all'azione meccanica del moto ondoso per cui risultano caratterizzate da una velocità di evoluzione geomorfologica estremamente bassa.

La conformazione morfologica di questo tipo di costa risulta essere quindi il risultato di processi morfogenetici sia continentali che marini verificatisi nelle ultime centinaia di migliaia di anni.

Il locale paesaggio costiero è infatti dominato dalla dorsale morfostrutturale di Torre dell'Alto Lido (località Montagna Spaccata) e dalla poco rilevata piattaforma di abrasione presente subito a nord (tra le località Montagna Spaccata e la Reggia) estesa tra 5 e 10 metri di quota. La sostanziale stabilità tettonica dell'area e le variazioni glacioeustatiche del livello del mare hanno determinato l'alternarsi di fasi di modellamento marino e fasi di modellamento continentale.

Le prime si sono verificate a più riprese in corrispondenza degli alti stazionamenti del livello del mare verificatisi dal Pleistocene medio ad oggi. Palmentola e Lazzari (2005) riconoscono lungo il promontorio di Torre dell'Alto Lido gli effetti morfologici e sedimentari di quattro stazionamenti del livello del mare a differenti quote rappresentati da tracce di attività di organismi litofagi, solchi di battente, piattaforme di abrasione, depositi algali e di spiaggia (Fig. 2). Da segnalare la presenza di esemplari di *Strombus bubonius* Lamarck nei depositi di spiaggia posti circa 8 m sul livello medio del mare attuale. Questo gasteropode vive attualmente lungo le coste del Senegal e colonizzò il bacino del Mediterraneo durante il periodo più caldo dell'ultimo interglaciale, circa 125 mila anni fa. Il livello del mare si attestò in questo periodo circa 6 m più in alto dell'attuale a causa del minore volume delle calotte glaciali.

La quota dei depositi a *Strombus* riconosciuti lungo la costa di Galatone permette di determinare una sostanziale stabilità tettonica di quest'area dal Pleistocene superiore ad oggi.

Il locale paesaggio fisico ha subito un più deciso rimodellamento delle superfici durante le fasi di continentalità verificatesi durante i periodi glaciali. L'aumento del volume delle calotte glaciali determinò l'abbassamento del livello del mare (durante l'acme dell'ultimo periodo glaciale, circa 21000 anni fa, il livello del

mare scese sino a 120 m più in basso della posizione attuale) mentre le condizioni climatiche freddo-aride promossero una efficace azione crioclastica sulle rocce carbonatiche. Il risultato morfologico fu lo sviluppo di potenti falde detritiche ai piedi dei versanti più alti secondo il modello proposto da Lehman (1931) (Fig. 6).

L'attuale conformazione del paesaggio costiero è stata raggiunta solo 6.000 anni fa circa, alla fine della rapida risalita del livello del mare che accompagnò lo scioglimento delle calotte glaciali determinato dal miglioramento climatico olocenico.

In sintesi, è possibile affermare che le caratteristiche morfologiche del paesaggio costiero sono in massima parte ereditate dalla sua lunga storia geologica (forme relitte) e solo in minima parte connesse a processi morfogenetici in atto (forme attuali).

La dinamica costiera

Il rilevamento delle caratteristiche geomorfologiche del litorale di Galatone ha permesso di separare le forme relitte (cioè forme provenienti da processi che hanno agito nel passato geologico della regione e non più attivi) dalle forme attuali legate alla dinamica in atto lungo la fascia costiera quindi potenzialmente in grado di interferire con l'attività antropica.

Processi attualmente in atto lungo il litorale considerato possono suddividersi in tre gruppi:

- 1) processi e forme legati all'azione di dilavamento del moto ondoso;
- 2) processi e forme legate ai processi di dissoluzione delle rocce carbonatiche;
- 3) processi e forme legate all'azione della gravità.

1) processi e forme legati all'azione di dilavamento del moto ondoso

La costa di Galatone è modellata in litotipi estremamente resistenti dal punto di vista meccanico riferibili alla Formazione dei Calcari di Altamura del Cretaceo superiore. L'azione del moto ondoso è pertanto alquanto limitata e può essere ricondotta al solo dilavamento in prossimità della linea di riva da parte delle onde di mareggiata delle superfici con conseguente rimozione dei depositi sciolti di

natura eluviale e colluviale che ricoprono il substrato roccioso (*fascia soggetta a dilavamento*). Il rilevamento diretto ha evidenziato che tale fascia risulta ampia circa 30 metri (Tav. 1).

1) processi e forme legate ai processi di dissoluzione delle rocce carbonatiche

Di maggiore efficacia risultano essere i processi di natura chimica. Partendo dal livello del mare è possibile riconoscere profondi solchi di battente, sviluppati soprattutto nella parte superiore (vedi profilo fig. 5), e presenti lungo tutto il perimetro costiero studiato (vedi Tav.2). Nell'intervallo tidale è possibile riconoscere in più punti una piattaforma di abrasione colonizzata da organismi marini di ampiezza variabile tra 1 e 95 metri.

I processi di dissoluzione hanno localmente determinato l'ampliamento di fratture promuovendo la formazione di cavità carsiche molto allungate e la formazione di piccoli sfiatatoi (*blow-holes*).

Forme carsiche pinnacolari (*spitzkarren*) sono presenti immediatamente a ridosso della linea di riva mentre la fascia più interna appare segnata da vaschette di corrosione a fondo piatto via via meno pronunciate allontanandosi dalla costa secondo uno schema ben descritto in letteratura (Fig. 7).

Condizionamenti litostrutturali determinano inoltre la presenza di piccoli avvallamenti e creste (*rampart*) nell'area dilavata dalle onde di mareggiata.

Un patina di microscopiche alghe epilitiche ed endolitiche colonizza infine la superficie delle rocce carbonatiche che assume una colorazione da grigio chiara a nerastra approssimandosi alla linea di riva.

1) processi e forme legate all'azione della gravità.

Questi processi caratterizzano esclusivamente i ripidi versanti che delimitano la dorsale morfostrutturale di Torre dell'Alto. Qui infatti, l'elevata energia del rilievo, l'intenso stato di fatturazione ed i processi di dissoluzione carsica in atto determinano l'isolamento ed il distacco di blocchi di dimensioni variabili dal centimetro al metro dal substrato roccioso.

6. Valutazione della pericolosità geomorfologica lungo il litorale della costa di Galatone

L'analisi geomorfologica ha evidenziato come il paesaggio costiero di Galatone sia in massima parte costituito da forme relitte, modellate legate a processi morfogenetici verificatisi nel corso del tempo geologico e non più attivi, e in minima parte da forme attuali, prodotte da processi morfogenetici in atto e la cui evoluzione può potenzialmente determinare degli effetti negativi sulla fruizione dell'area.

La valutazione della pericolosità geomorfologica ha preso quindi in considerazione solo processi e le forme attualmente in evoluzione.

La maggior parte del litorale è interessata dall'azione di dilavamento ad opera delle onde di mareggiata che hanno rimosso i depositi colluviali ed eluviali in corrispondenza di una fascia ampia 30 metri. L'evoluzione del litorale si presenta estremamente lenta e legata a processi di dissoluzione di natura chimica. Per questi tratti costieri è possibile valutare una bassa pericolosità (Tav. 5).

Il rilievo di dettaglio ha permesso di identificare una serie di sfiatatoi in prossimità della linea di riva la cui genesi è legata all'evoluzione di cavità carsiche in corrispondenza dei livelli di calcare micritico brecciato che caratterizzano la locale successione stratigrafica. Per questi punti è possibile valutare una alta pericolosità.

Situazioni di elevata pericolosità sono invece da ricondursi a processi gravitativi in atto. Nel dettaglio questi caratterizzano le superfici versanti che delimitano la dorsale morfostrutturale di Torre dell'Alto e il tratto sommitale dell'arco sommerso presente nella parte meridionale del tratto costiero esaminato.

Con riferimento a quanto riportato nel Piano Regionale delle Coste appare evidente che il termine "Falesia" (Fig. 4a) viene attribuito impropriamente al tratto meridionale del litorale considerato. La falesia, infatti, è una forma attuale costituita da una parete sub verticale, generalmente priva di vegetazione, corrispondente alla superficie di distacco di frane indotte dall'azione di scalzamento al piede prodotta dal moto ondoso. Nella nostra regione le falesie sono generalmente modellate in litotipi facilmente erodibili come nel caso della falesia di Torre S. Gennaro (modellata in sabbie poco cementate del pleistocene

mesio) di Roca - Otranto (modellata nelle tenere calcareniti del pliocene superiore), di Porto Miggiano (modellate in calcareniti e sabbie argillose del Pleistocene inferiore) ecc.. nel tratto di litorale considerato il paesaggio costiero appare modellato su rocce estremamente resistenti la cui conformazione è il risultato dell'alternanza di processi sia continentali che marini alternatisi negli ultimi centinaia di migliaia di anni.

Il litorale analizzato, modellato in calcari mesozoici, solo nei tratti individuati nella Tavola 6 risulta essere caratterizzato dalla presenza di *forme significative di dissoluzione carsica, e di fenomeni di instabilità* tali da poter considerare gli stessi tratti ad *elevata pericolosità geomorfologica (PG3)* come previsto dall' **Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero** (approvato nella seduta del Comitato tecnico del 29/11/2010).

GEOLOGO

Dr. Francesco Gianfreda

FIGURE

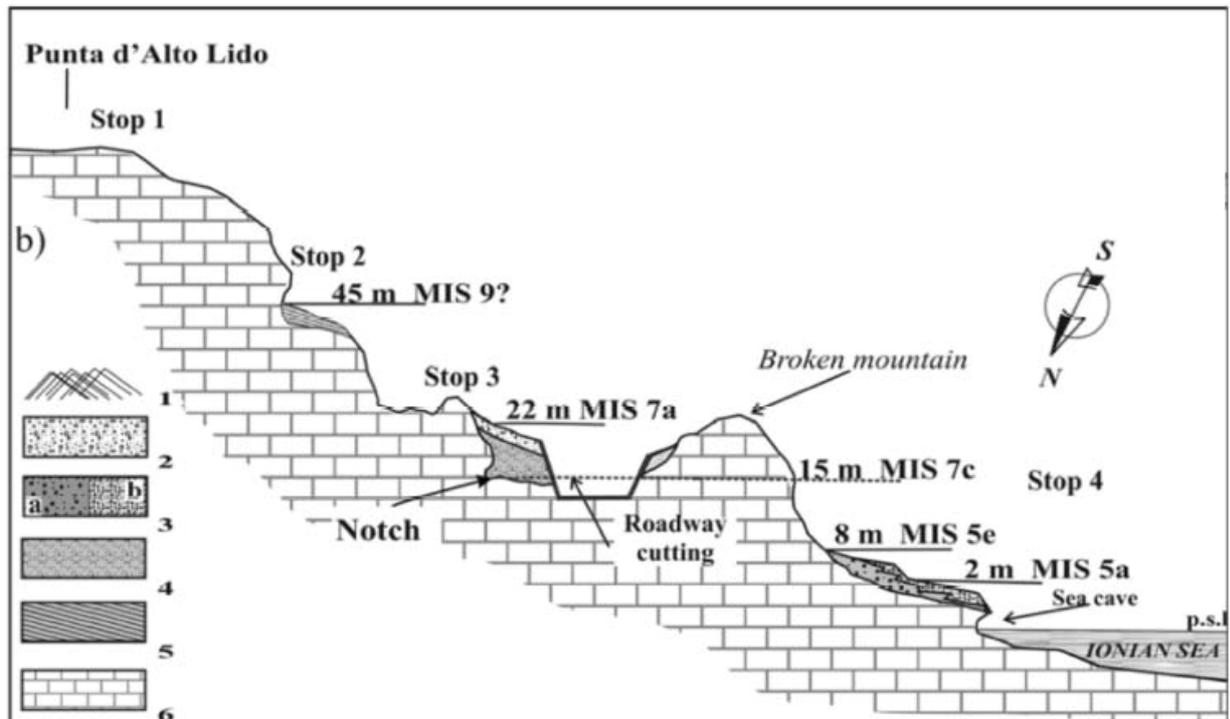


Fig. 2. Profilo geomorfologico schematico da Punta dell'Alto Lido a Lido Conchiglie. (Parz. Mod. da Palmentola G, Lazzari S. 2005). 1. Cordone dunare olocenico, 2. Breccie continentali clinostratificate; 3a. Depositi di spiaggia calcarenitici e ciottolosi; 3b. Calcareniti con *Strombus bubonius* Lamarck; 4. Fanghi calcarenitici; 5. Lembi residui di calcareniti ciottolose

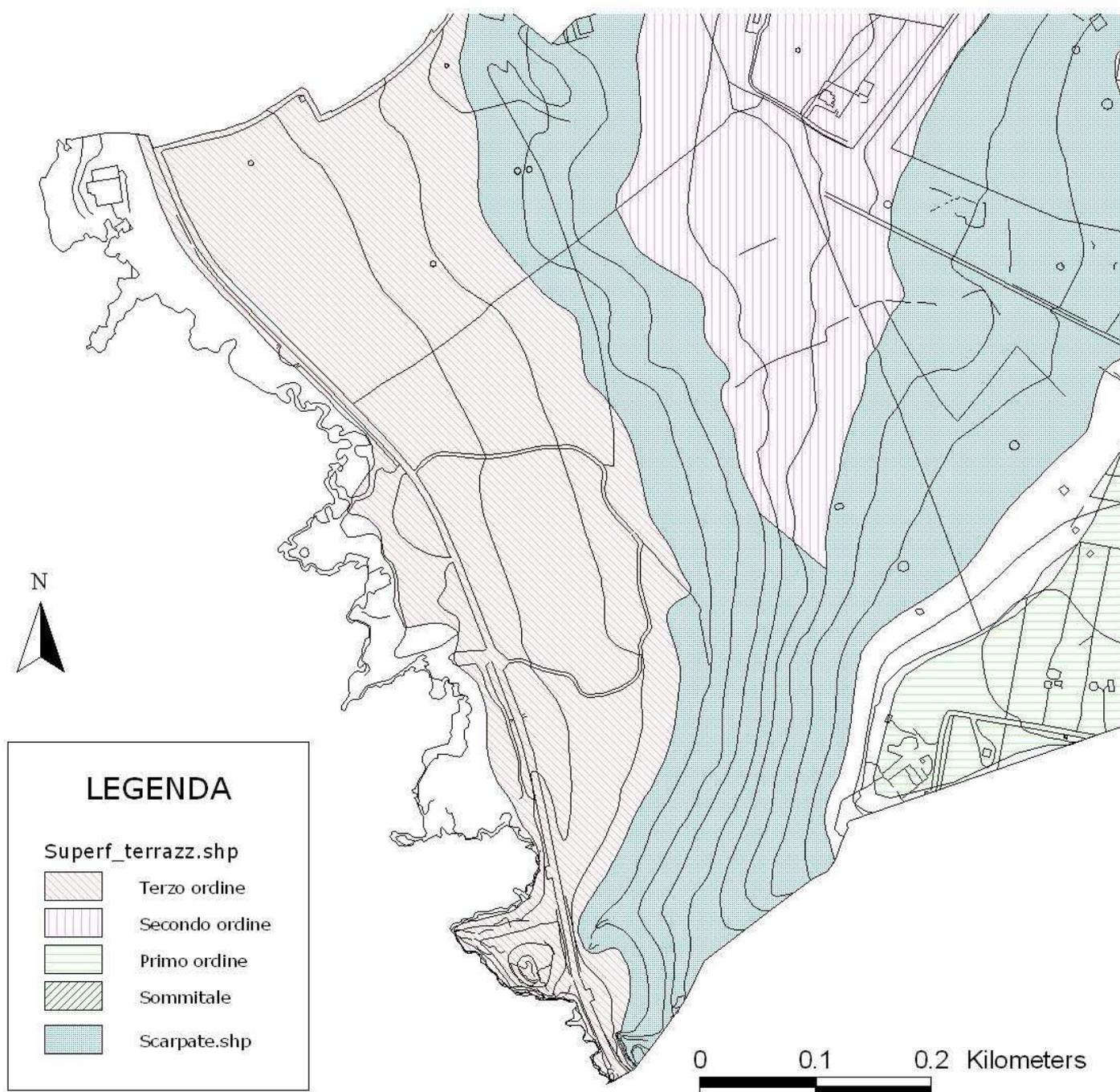


Figura 3. Ampia piattaforma di abrasione, localmente del terzo ordine, estesa all'incirca tra 10 e 5 metri di quota ed intagliata direttamente nei calcari mesozoici

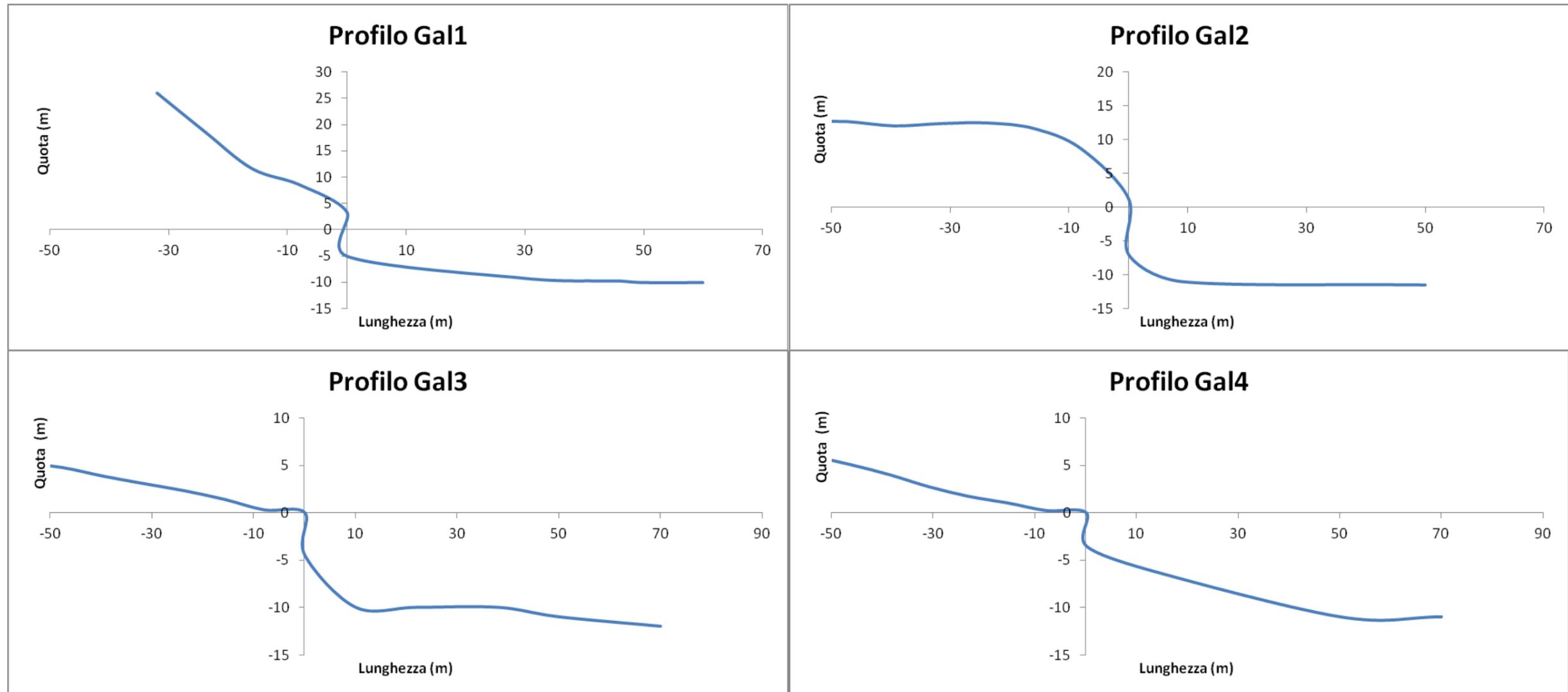


Fig. 4: Profili morfo- batimetrici

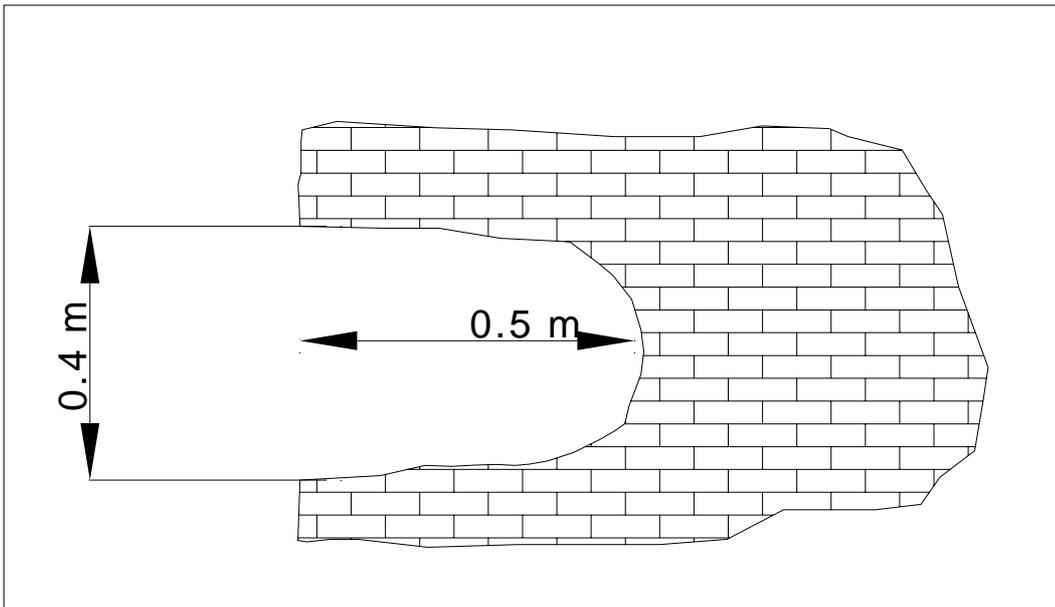


Fig. 5: Sezione schematica solco di battente

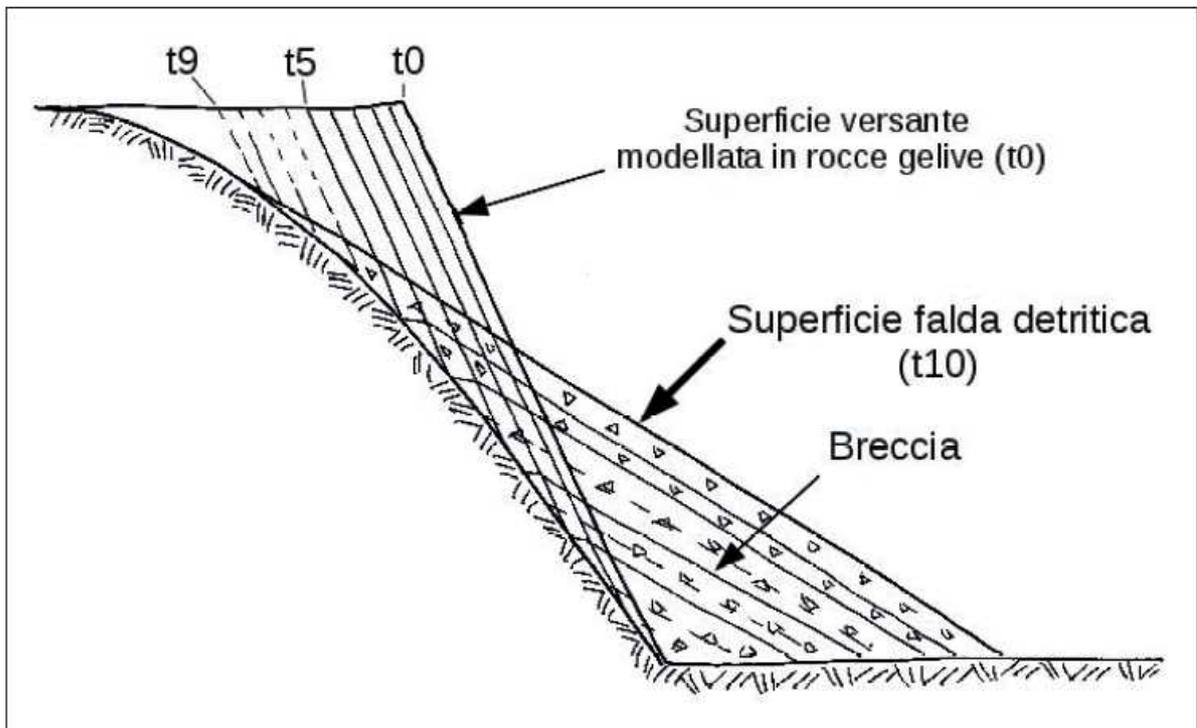


Fig. 6: Evoluzione di un versante per sostituzione secondo Lehmann

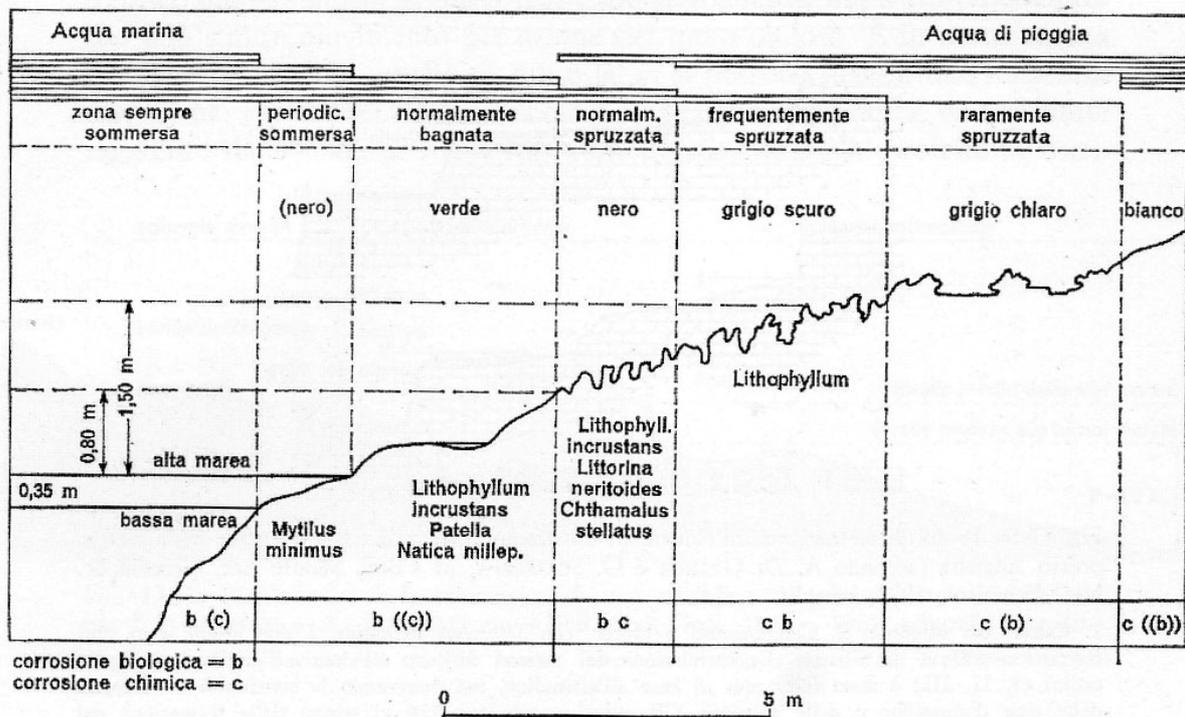


Fig. 6: Zonazione altimetrica del carsismo litoraneo su calcari secondo D. Kelletat. Da Castiglioni

FOTO



Foto 1. Blow hole all'interno dei Calcari brecciati

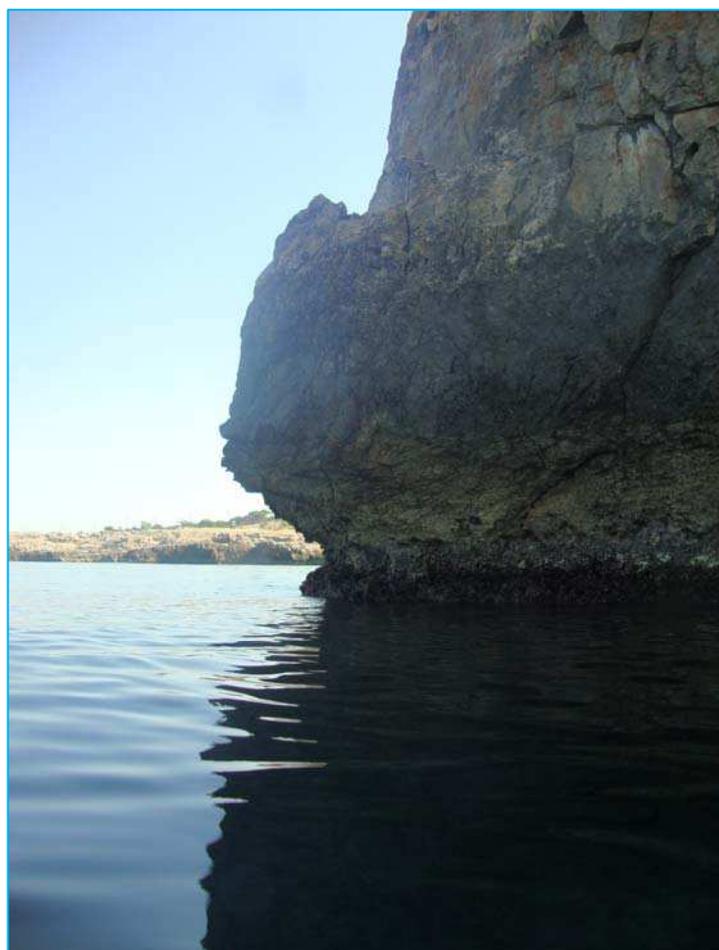


Foto 2. Solco di battente. Visibile la superficie rocciosa colonizzata da alghe epilittiche ed endofitiche



Foto 3. piattaforma di abrasione diffusamente colonizzata da organismi marini

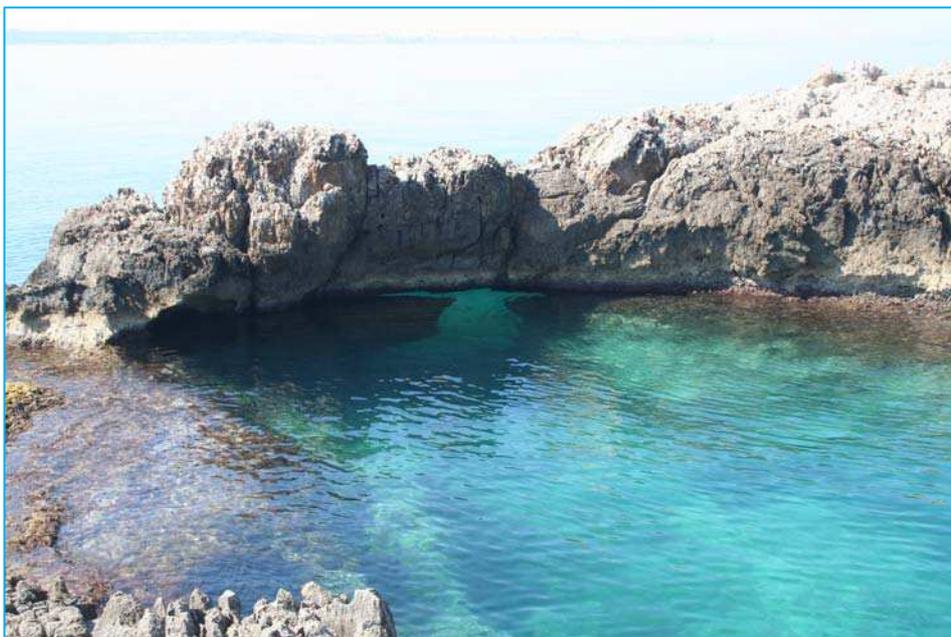


Foto 4. Arco costiero sommerso nella estremità meridionale dell'area esaminata

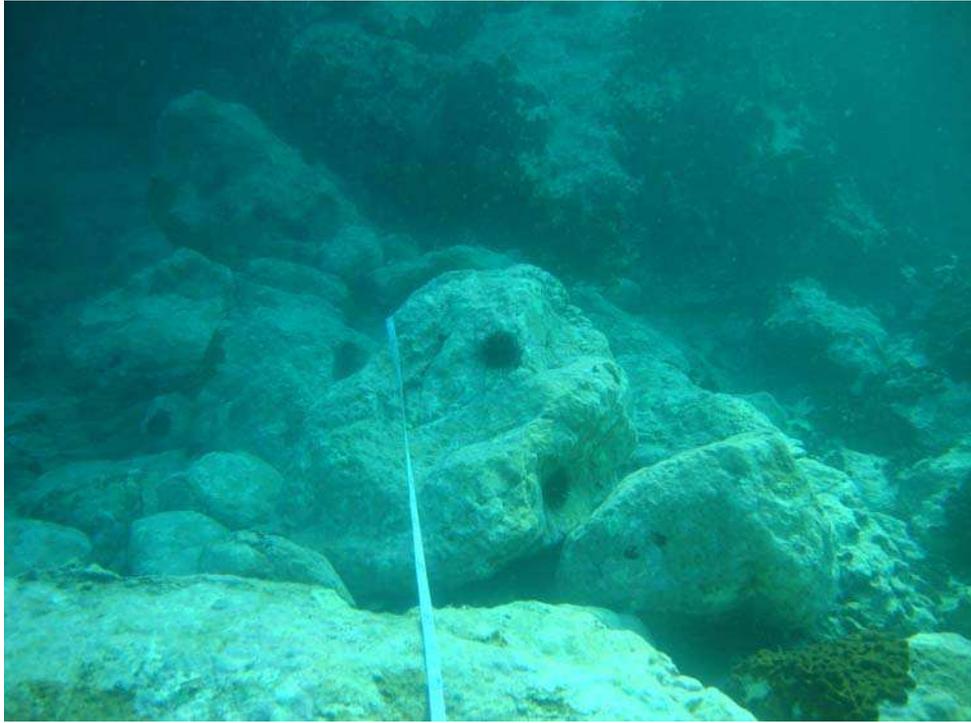


Foto 5. Blocchi al piede del versante sommerso provenienti dal disfacimento dello stesso in ambiente subaereo

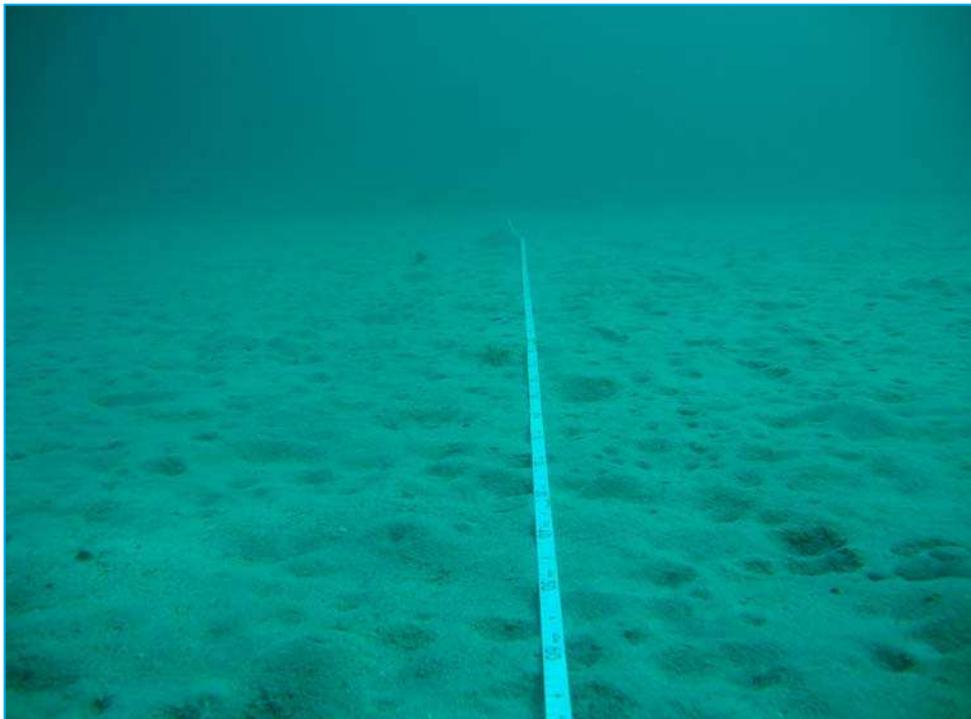
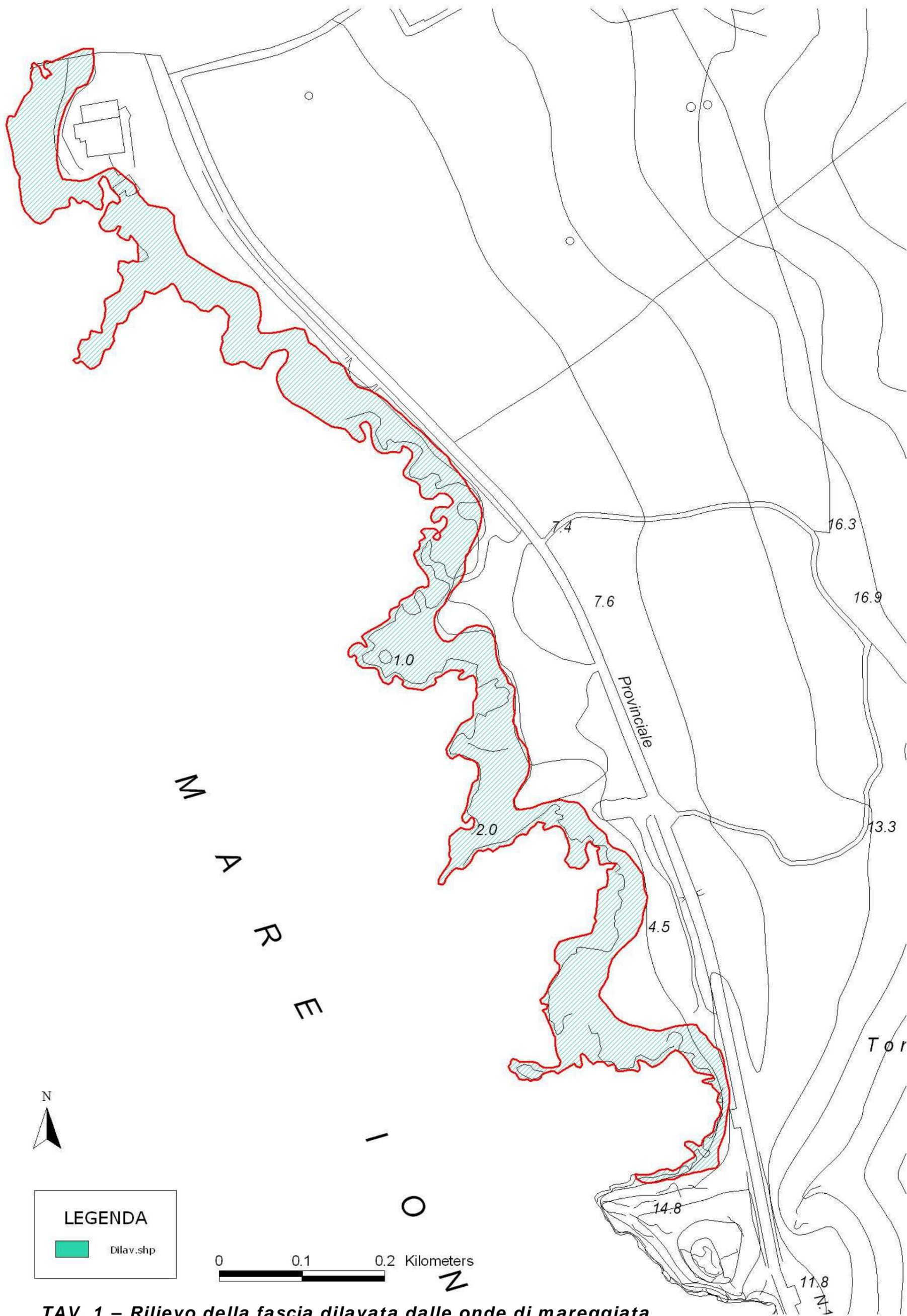


Foto 6. Fondale sub pianeggiante coperto da sabbie fini e limi

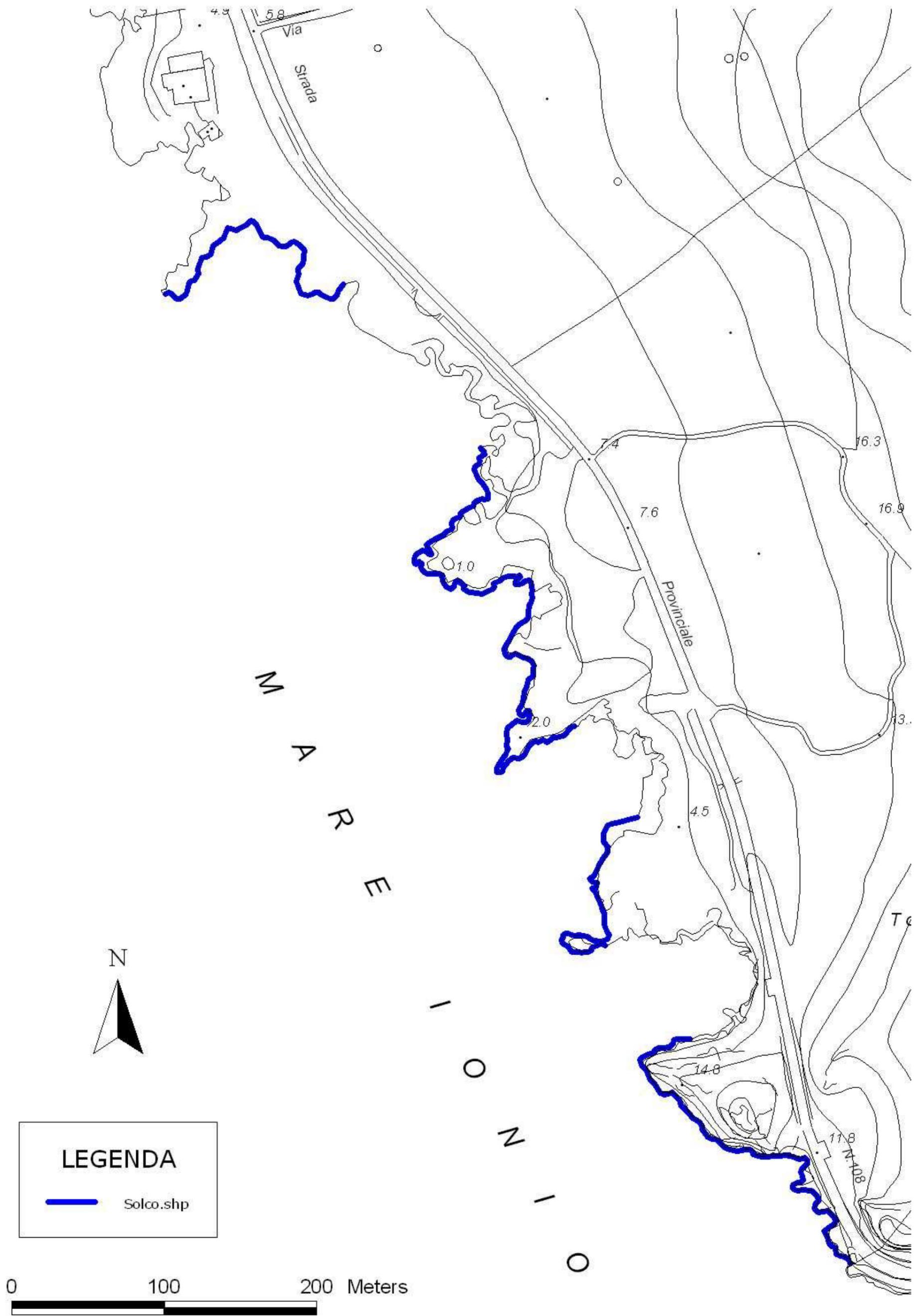


Foto 7. Stazione geomeccanica. Visibile la giacitura dei calcari e lo stato di fratturazione

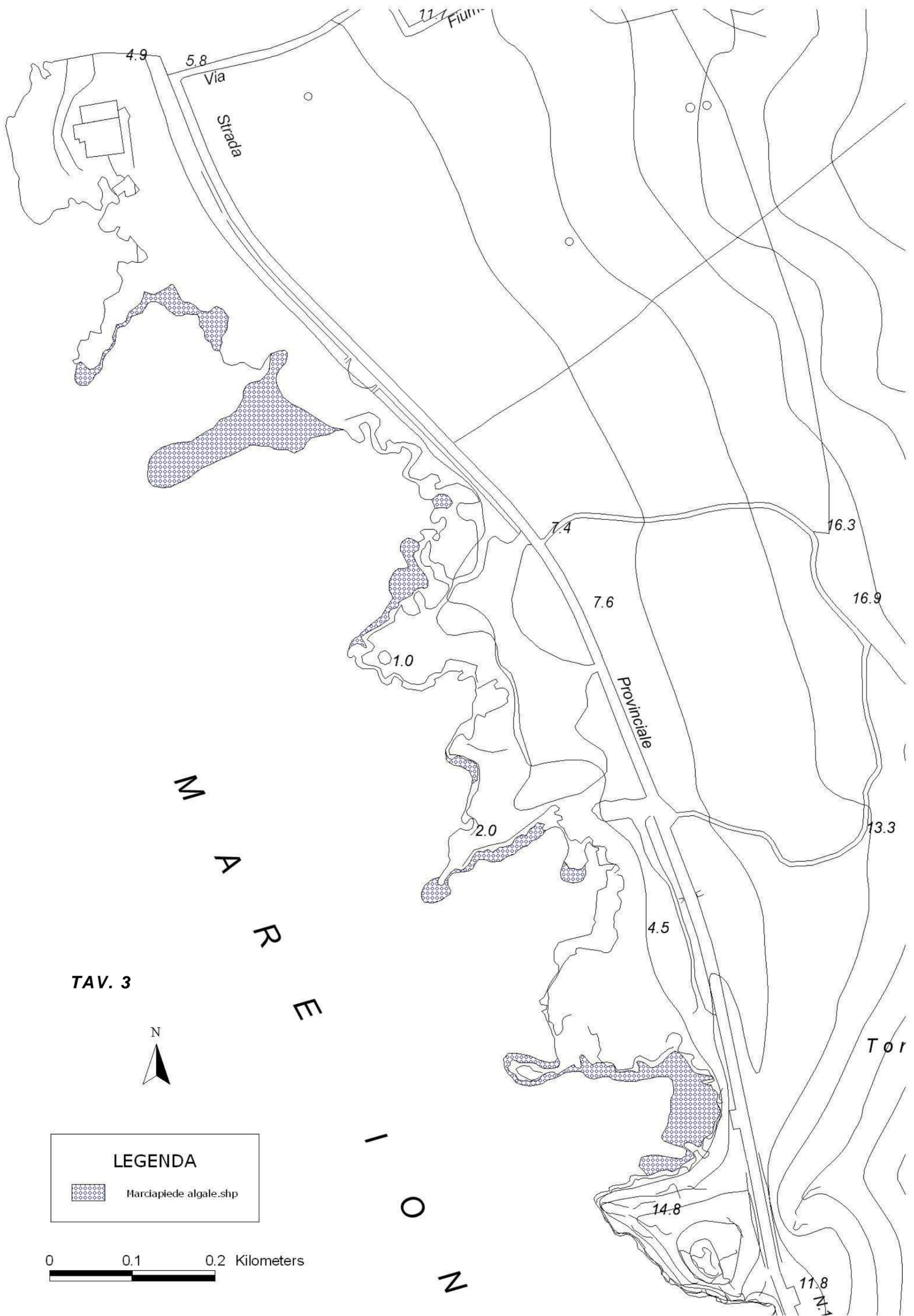
TAVOLE



TAV. 1 – Rilievo della fascia dilavata dalle onde di mareggiata



TAV. 2 – Rilievo del solco di battente

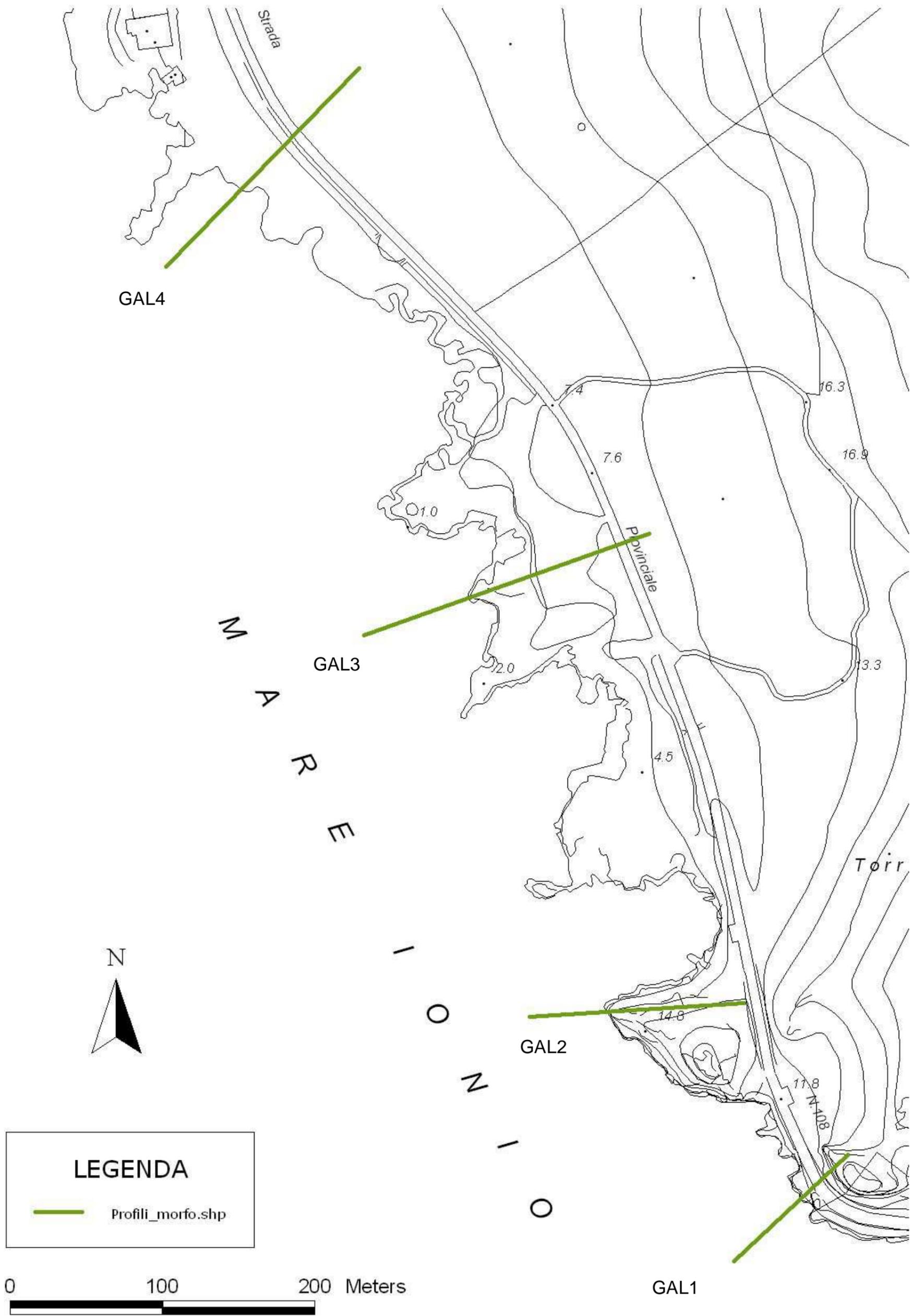


TAV. 3

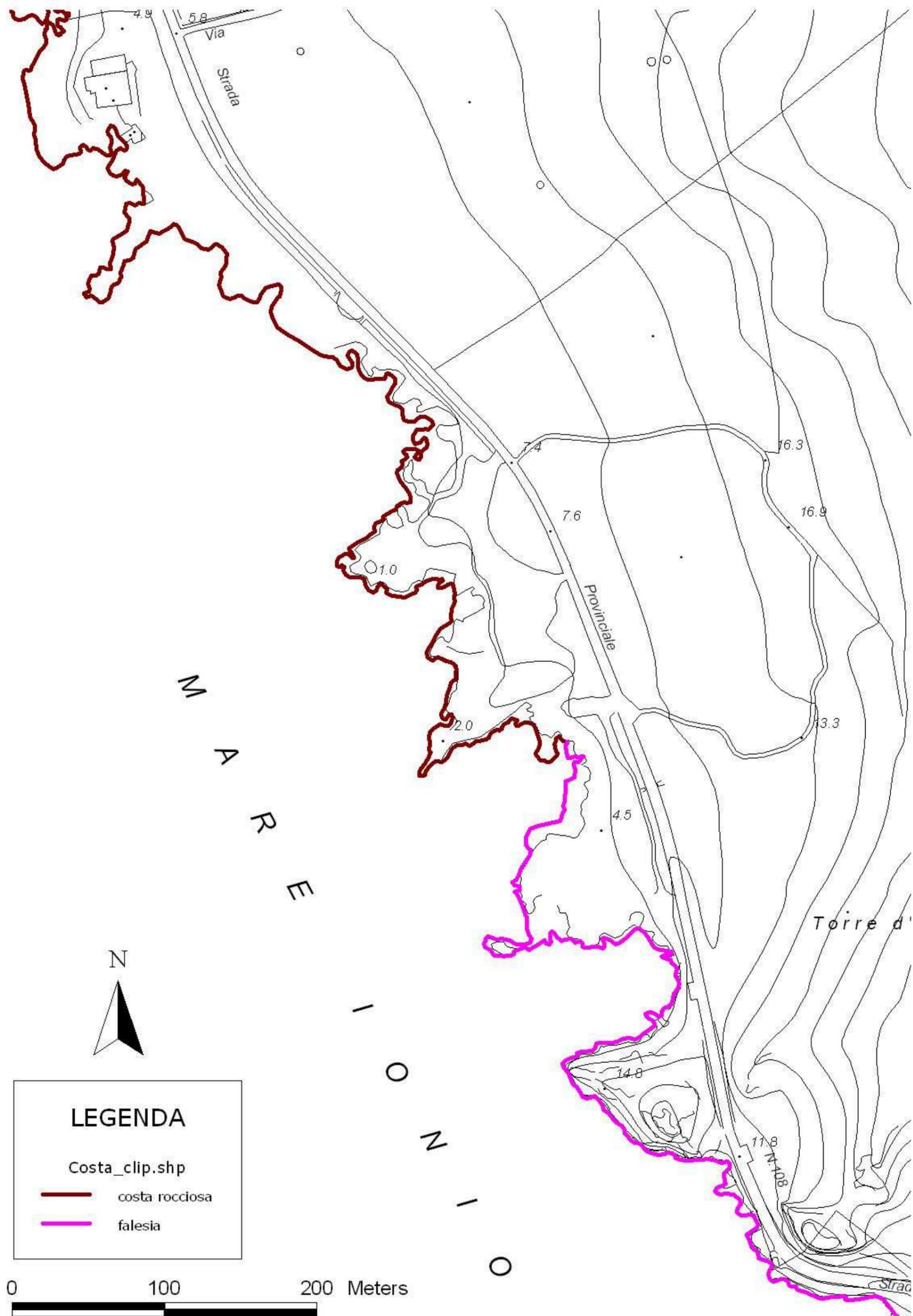
LEGENDA

 Marciapiede algale.shp

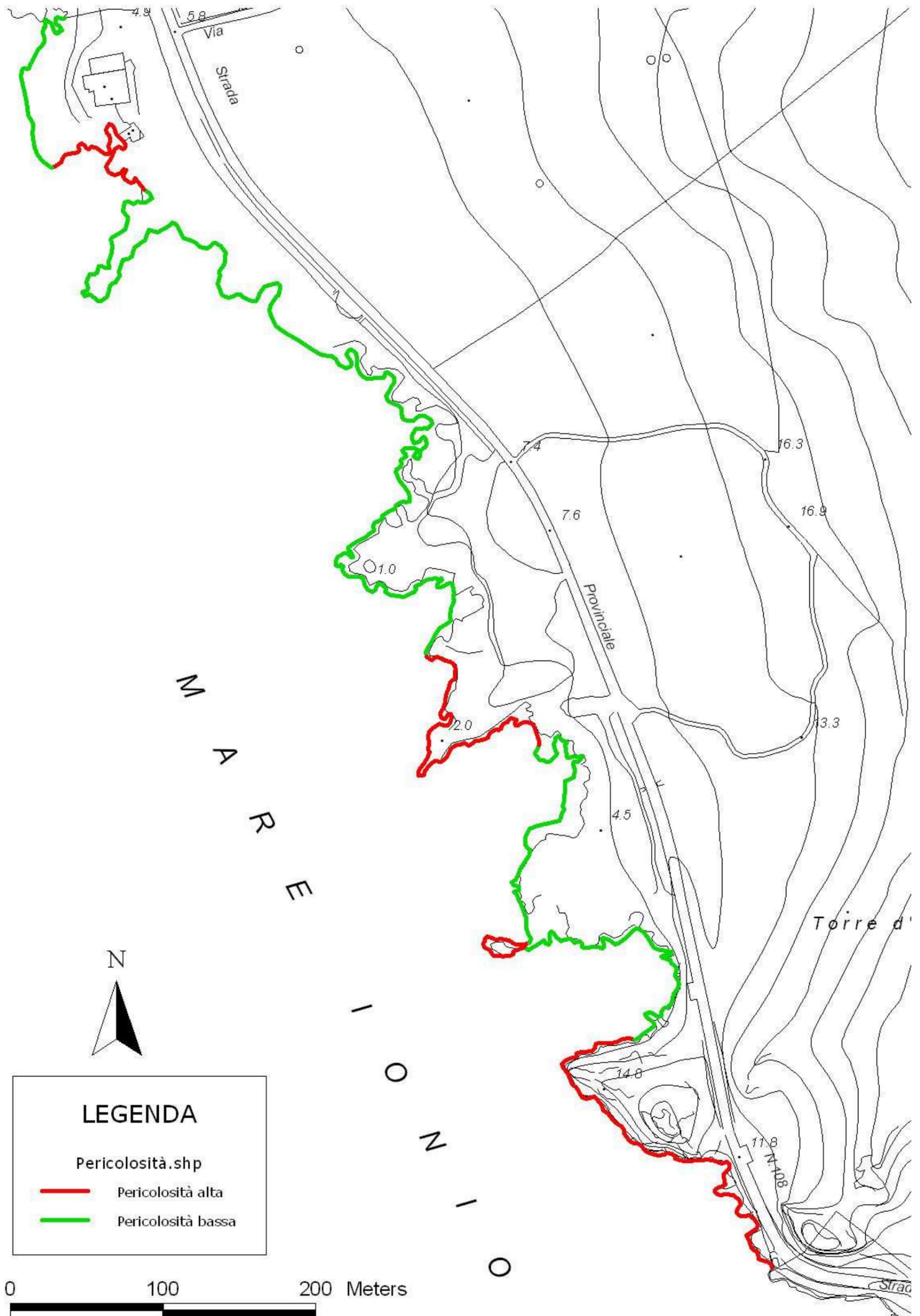
0 0.1 0.2 Kilometers



TAV. 4. Ubicazione profili morfo batimetrici



TAV. 4a – Zonizzazione del tratto costiero nel Piano Regionale delle Coste



TAV. 5. Carta della pericolosità geomorfologica lungo il litorale della costa di Galatone