



## INDICE

### RELAZIONE GEOMORFOLOGICA PRELIMINARE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ASPETTI METODOLOGICI E DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI.....</b>	<b>5</b>
1.1. Carta di inquadramento generale geologico e strutturale .....	8
1.2. Carta geomorfologia .....	9
1.3. Carta idrogeologica e del sistema idrografico .....	11
1.4. Carta delle altimetrie .....	12
1.5. Carta clivometrica .....	14
1.6. Carta delle esposizioni di versante .....	20
1.7. Carta dell'erosibilità .....	23
1.8. Carta dell'erosione costiera.....	24
1.9. Carta litotecnica .....	25
1.10. Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti .....	28
1.11. Carta dei vincoli.....	34
1.12. Carta delle pericolosità geologiche .....	35
1.13. Fattibilità delle azioni di piano .....	36
<b>2. GEOLOGIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>37</b>
2.1. Inquadramento geologico.....	37
2.2. Stratigrafia .....	39
2.3. Modello del sottosuolo .....	41
2.3.1. Unità del Bacino Crotonese .....	42
2.3.2. Depositi marini terrazzati .....	46
2.3.3. Depositi olocenici .....	47



2.4. Geositi .....	49
2.4.1. Stratotipo della base del Calabriano a Vrica .....	49
<b>3. GEOMORFOLOGIA E LINEAMENTI DEL TERRITORIO .....</b>	<b>52</b>
3.1. Processi geomorfologici .....	54
3.1.1. Dissesti di versante .....	54
3.1.2. Erosione .....	55
3.1.2.1. Erosione areale per ruscellamento diffuso o erosione laminare .....	59
3.1.2.2. Erosione per ruscellamento concentrato a rivoli e a solchi .....	60
3.1.3. Lineamenti costa ed erosione costiera.....	63
<b>4. CARATTERI STRUTTURALI E SISMICI.....</b>	<b>79</b>
4.1. Faglie capaci.....	93
4.2. Liquefazione.....	95
<b>5. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>102</b>
<b>6. VINCOLI E PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE.....</b>	<b>104</b>
6.1. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) .....	104
6.1.1. Rischio di frana .....	105
6.1.2. Rischio idraulico .....	106
<b>7. PROPOSTA DI NORMATIVA GEOLOGICO – TECNICA – AMBIENTALE.....</b>	<b>118</b>
<b>FONTI BIBLIOGRAFICHE .....</b>	<b>124</b>



## Elenco elaborati cartografici

- TAV.SG.1 – Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;
- TAV.SG.2 – Carta geomorfologica;
- TAV.SG.3 – Carta idrogeologica e del sistema idrografico;
- TAV.SG.4 – Carta delle altimetrie;
- TAV.SG.5 – Carta clivometrica;
- TAV.SG.6 – Carta delle esposizioni di versante;
- TAV.SG.7 – Carta dell'erosibilità;
- TAV.SG.8 – Carta dell'erosione costiera;
- TAV.SG.9 – Carta litotecnica;
- TAV.SG.10 – Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti;
- TAV.SG.11 – Carta dei vincoli;
- TAV.SG.12 – Carta delle pericolosità geologiche;
- TAV.SG.13 – Fattibilità delle Azioni di Piano.

## Elenco allegati

- Stralcio PCS;
- Stralcio Microzonazione sismica di livello 1
- Dossier indagini geognostiche



## PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Amministrazione Comunale viene redatta la presente relazione geomorfologica, relativamente allo **Studio Geologico Preliminare**, necessaria per la stesura del **P.S.C.** e relativo **R.E.U.** (*Determinazione Dirigenziale N. 1749 del 19/07/2013*).

Il lavoro ha lo scopo di delineare le condizioni di pericolosità e criticità geologiche generali del territorio comunale e, conseguentemente, di indicare le linee per interventi di sviluppo urbanistico e insediativo coerente con le condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche generali riscontrate.

Per la redazione dello studio sono stati acquisiti, preliminarmente, materiale informativo in possesso dell'Ente comunale (dossier indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica, realizzate per conto dell'Amministrazione Comunale e/o derivanti dall'archivio *Progeo* del *Dr. Ezio Palmieri*), dati territoriali e studi specialistici (PCS; Microzonazione sismica; ecc.).

Successivamente è stata condotta l'analisi storica (*dal 1956 ad oggi*) e fotointerpretativa del territorio e analisi mediante ricostruzione 3D (*tecniche GIS*).

Lo Studio viene articolato in tre fasi:

**FASE 1:** Aspetti metodologici e descrizione degli elaborati grafici;

**FASE 2:** Descrizione generale del territorio comunale;

**FASE 3:** Sintesi e Conclusioni. Proposta di Normativa Geologico - Tecnica - Ambientale



## 1. ASPETTI METODOLOGICI E DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Di seguito vengono esposti gli **aspetti metodologici** seguiti per la realizzazione dello studio specialistico e per la redazione della documentazione cartografica. In ognuno dei paragrafi di seguito redatti vengono esposte le basi teoriche per gli approcci e metodi impiegati nonché le **descrizioni degli elaborati grafici** prodotti.

Le informazioni e i dati relativi al territorio comunale di Crotona, sono state desunte da:

1. **Carta Geologica d'Italia Foglio 571** scala 1:50000 e **note illustrative** a corredo della stessa, redatte nell'ambito del **Progetto CARG**;
2. **Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE** scala 1: 25000 (1958 – 62) e **note illustrative** a corredo della stessa;
3. **Materiale bibliografico e pubblicazioni scientifiche**;
4. **Rilievi speditivi e di dettaglio** eseguiti nell'ambito di questo studio, **fotointerpretazione**;
5. Raccolta ed analisi delle **indagini geognostiche, prove in situ e di laboratorio pregresse**, eseguite sul territorio a disposizione e fornite dal Comune di Crotona;
6. Studio di **Microzonazione Sismica di Livello 1** del Comune di Crotona (*in fase di controlli e verifiche*).
7. **Master Plan della fascia costiera calabrese** – Approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria con delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 22/07/2014;
8. **Progetto Coste** – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Geoportale nazionale Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Segreteria Tecnica per la Tutela del Territorio, 2005;
9. **Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera** – Autorità di Bacino della Regione Calabria – Relazione di Piano e Norme di Attuazione, Appr. Comitato Tecnico del 27 Novembre 2013, Appr. del Comitato Istituzionale del 22 Luglio 2014;
10. **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico** – Regione Calabria. Comitato istituzionale Autorità di Bacino, Delibera n. 13 del 29 ottobre 2001; Giunta Regionale, Delibera n. 900 del 31 ottobre 2001; Consiglio Regionale, Delibera n.115 del 28 dicembre 2001;
11. **Indagine conoscitiva dello stato delle coste calabresi**, predisposizione di una banca dati dell'evoluzione del litorale e individuazione delle aree a rischio e delle tipologie di intervento studi



su aree campione e previsione delle relative opere di difesa”- A.T.I.: TECHNITAL S.p.A, IDROTEC S.r.l., CONSORZIO OKEANOS - Settembre 2003.

12. QTRP – Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico della Regione Calabria;
13. **Atlante delle coste** – il moto ondoso a largo delle coste italiane – Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine – Servizio Difesa delle Coste;
14. **Database ITHACA**;
15. Acquisizione elaborato di **MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 1**, in fase di approvazione;
16. Acquisizione elaborato geologico relativo al **PCS**;
17. Elaborazione ed analisi dei **dati geognostici** in possesso dell'Amministrazione comunale;
18. Analisi fotointerpretativa dell'intero territorio comunale;
19. Rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio;
20. Analisi geomorfologica mediante tecniche GIS 3D.

Nei capitoli successivi vengono trattate le informazioni di base con particolare riferimento a:

- **Descrizione del contesto geologico e delle formazioni geologiche affioranti e delle caratteristiche litologiche;**
- **Lineamenti del territorio, processi geomorfologici potenziali ed in atto e loro tendenza evolutiva con particolare riferimento a dissesti di versante, erosione superficiale ed erosione costiera;**
- **Caratteristiche strutturali e sismiche, con particolare riferimento a faglie capaci e liquefazione;**
- **Caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche;**
- **Caratteristiche litotecniche;**
- **Descrizione delle singole aree per ogni classe di fattibilità con indicazione delle cautele e precauzioni da osservare, gli interventi eventualmente da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi.**



Quanto trattato nella relazione geomorfologica è rappresentato nei seguenti elaborati cartografici:

**TAV.SG.1 – Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;**

**TAV.SG.2 – Carta geomorfologica;**

**TAV.SG.3 – Carta idrogeologica e del sistema idrografico;**

**TAV.SG.4 – Carta delle altimetrie;**

**TAV.SG.5 – Carta clivometrica;**

**TAV.SG.6 – Carta delle esposizioni di versante;**

**TAV.SG.7 – Carta dell'erosibilità;**

**TAV.SG.8 – Carta dell'erosione costiera;**

**TAV.SG.9 – Carta litotecnica;**

**TAV.SG.10 – Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti;**

**TAV.SG.11 – Carta dei vincoli;**

**TAV.SG.12 – Carta delle pericolosità geologiche;**

**TAV.SG.13 – Fattibilità delle Azioni di Piano.**

La *"Carta delle aree a maggiore pericolosità sismica"* viene sostituita dagli elaborati relativi alla *Microzonazione Sismica di Livello 1*, in fase di approvazione.

Di seguito vengono illustrati gli argomenti che sono stati oggetto di specifica cartografia. Per ulteriori approfondimenti, si rimanda alla consultazione degli elaborati di cui sopra.



## 1.1. Carta di inquadramento generale geologico e strutturale

La **CARTA DI INQUADRAMENTO GENERALE GEOLOGICO E STRUTTURALE** è stata realizzata a partire dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 571 scala 1:50000 e note illustrative a corredo della stessa, redatte nell'ambito del Progetto CARG, verificata ed integrata per mezzo di analisi fotointerpretativa e rilevamento geologico di elevato dettaglio.

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Litologie affioranti e giaciture di strato (*Fonte: CARG, rilevamento geologico, fotointerpretazione*);
2. Principali lineamenti strutturali e faglie capaci (*Fonte: CARG, ITHACA, PRG, rilevamento geologico, fotointerpretazione*);
3. Orli di terrazzi marini (*Fonte: CARG, rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
4. Localizzazione sondaggi per ricerca idrocarburi e linee sismiche acquisite nei titoli minerari cessati.

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.**



## 1.2. Carta geomorfologia

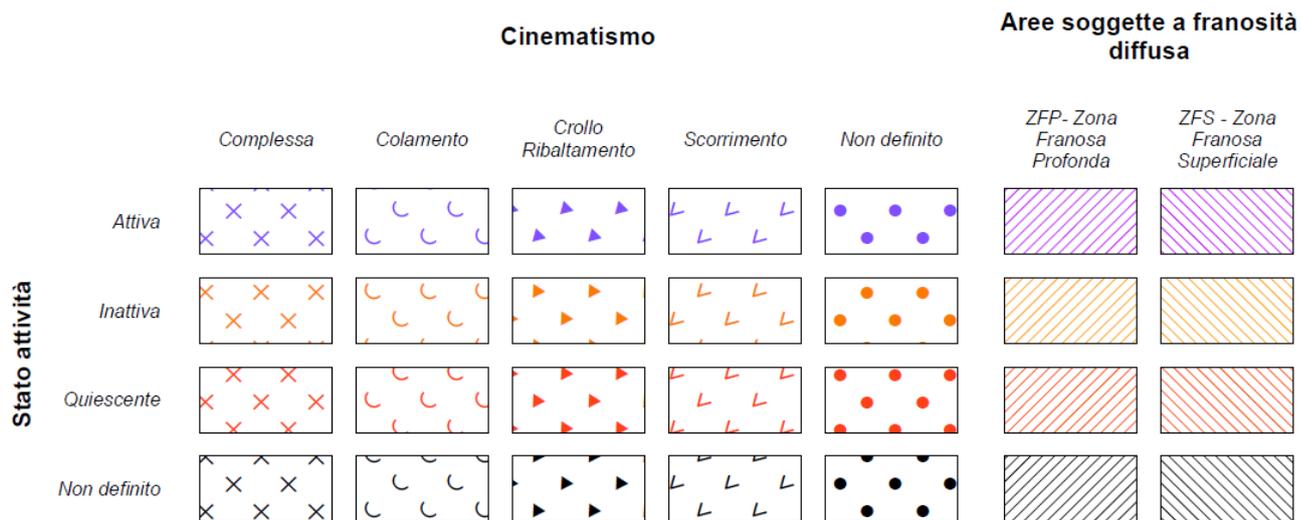
La rappresentazione della [CARTA GEOMORFOLOGICA](#) è stata estesa ad un intorno significativo del territorio comunale. La sua costruzione è basata su un'accurata **analisi fotointerpretativa** accompagnata da verifiche **sul terreno**. Inoltre sono stati inseriti tutti quei dati che è stato possibile reperire da documenti ufficiali e di più recente pubblicazione. Particolare cura è stata posta sulla mappatura dei fenomeni franosi (*reali e potenziali*).

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Orli di terrazzi marini (*Fonte: CARG, rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
2. Orli di frana (*Fonte: rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
3. Falesia (*Fonte: rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
4. Geositi
5. Depositi di versante e di spiaggia (*Fonte: CARG, rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
6. Discariche
7. Principali lineamenti strutturali e faglie capaci (*Fonte: CARG, ITHACA, PRG, rilevamento geologico, fotointerpretazione*);
8. Zone soggette ad erosione intensa, aree calanchive ed aree distinte per grado di stabilità (*Fonte: rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione, PAI, PRG*);
9. Opere di difesa costiera;
10. Perimetrazione aree in frana compreso il loro cinematisimo e stato di attività (*Fonte: PAI, IFFI, rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);



Particolare cura è stata posta nella rappresentazione dei fenomeni franosi e nella rapida lettura del loro cinematismo e stato di attività:



LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.



### 1.3. Carta idrogeologica e del sistema idrografico

La [CARTA IDROGEOLOGICA](#) riporta il grado di permeabilità dei terreni affioranti, distinto in basso, moderato ed elevato, sul quale sono sovrapposti la perimetrazione dei bacini idrografici ed il reticolo idrografico.

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Reticolo idrografico (*Fonte: ABR*);
2. Bacini idrografici;
3. Grado di permeabilità;
4. Indice di Horton.

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.**

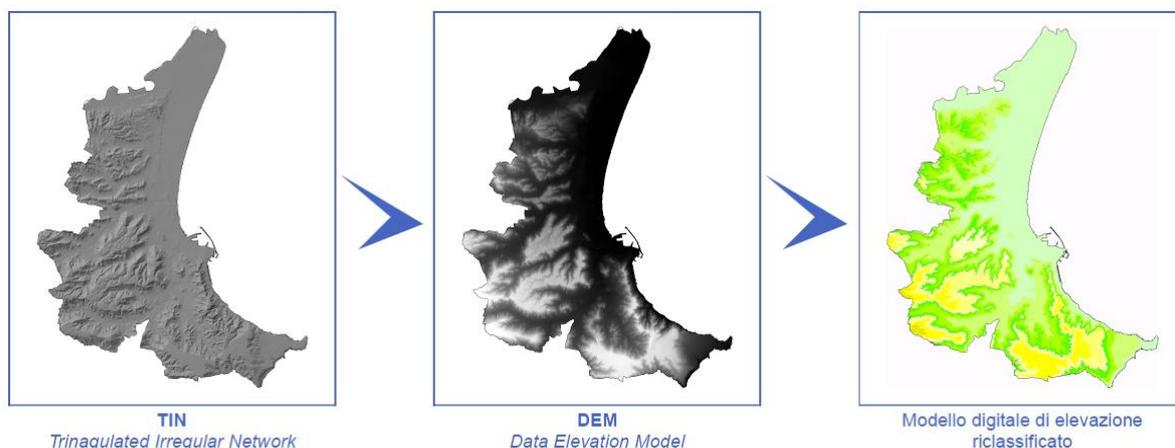


#### 1.4. Carta delle altimetrie

La [CARTA DELLE ALTIMETRIE](#) è stata ricavata dai punti e linee quotate presenti sulla cartografia di base disponibile (CTR 2008). Tramite l'elaborazione dei dati per mezzo di sistemi GIS è stato possibile ripartire il territorio in **fasce altimetriche** i cui intervalli sono stati scelti in funzione del tipo di paesaggio da indagare (*pianura, collina o montagna*).

L'**altimetria** rappresenta uno dei parametri essenziali da prendere in considerazione per individuare le grandi differenziazioni del territorio, ad esempio come elemento fitoclimatico, come indicatore del tipo di erosione verificatasi e/o in atto, come rappresentazione morfologica e del drenaggio superficiale delle acque, come strumento di calcolo per la definizione delle classi di pendenza dei versanti. Le indicazioni che tale carta fornisce sui limiti climatici e della vegetazione dovranno essere ovviamente integrate da specifiche indagini di carattere microclimatico e vegetazionale. Il territorio comunale è stato suddiviso in 8 fasce altimetriche, ognuna di 25 m. La suddivisione in fasce è stata ottenuta dalla classificazione del modello digitale di elevazione. Dalla riclassificazione del modello digitale sono stati ottenuti alcuni dati percentuali (vedi DATI SUL MODELLO DIGITALE):

1. Costruzione del **TIN (Triangulated Irregular Network)** a partire dalle curve di livello (*CTR 2008*);
2. Creazione del modello digitale di elevazione (**DEM, Data Elevation Model**), ottenuto dalla interpolazione lineare con i dati di elevazione del **TIN** in ingresso, alla distanza di campionamento specificato (5 m);
3. Riclassificazione del **DEM**.

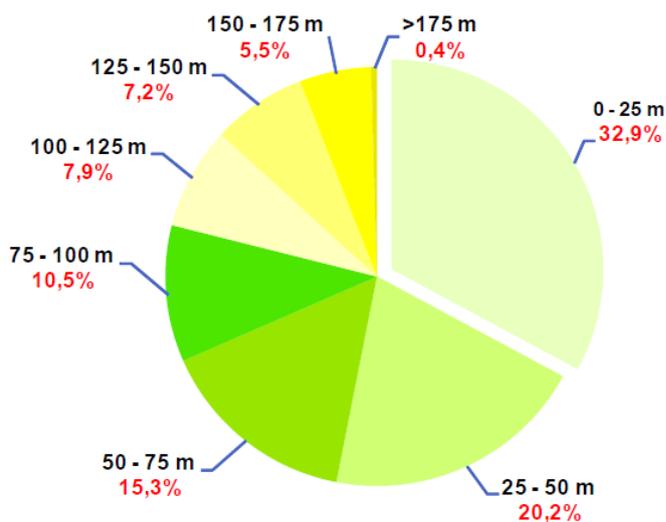


Processo realizzazione della carta delle altimetrie.

DATI SUL MODELLO DIGITALE

Quota massima	circa 184 ms.l.m.m.
Quota media	circa 57 m s.l.m.m.
Quota minima	0 m

Fasce altimetriche	N° celle	% celle per classe
0 - 25 m	2367173	32,9
25 - 50 m	1450473	20,2
50 - 75 m	1103661	15,3
75 - 100 m	757420	10,5
100 - 125 m	567522	7,9
125 - 150 m	520476	7,2
150 - 175 m	394186	5,5
>175 m	31315	0,4



Dati altimetrici estrapolati dal modello digitale dell'elevazione.



## 1.5. Carta clivometrica

La **CARTA CLIVOMETRICA** è stata ricavata a partire dalla cartografia di base disponibile (CTR 2008). Tramite l'elaborazione dei dati per mezzo di sistemi GIS è stato possibile ripartire il territorio **classi di pendenza**.

Nelle indagini territoriali la **pendenza** topografica o **acclività**, risulta uno dei parametri principali sia per l'influenza sul modellamento della superficie terrestre, sia per i condizionamenti nelle attività umane. Il progressivo aumento della pendenza di un versante:

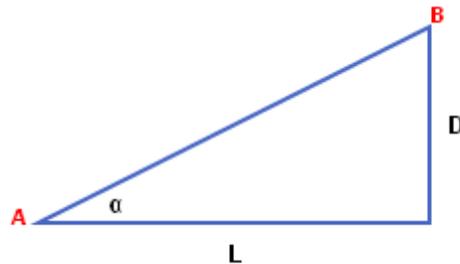
- rappresenta, in molti casi, un aumento del suo grado di instabilità, a parità di altri fattori (litologia, vegetazione, grado di fratturazione ecc.);
- favorisce l'erosione superficiale e la facilità di trasporto a valle dell'acqua, determinando il trasporto di porzioni di suolo, di materiale detritico, materiali organici. Ciò influisce, ovviamente, sui processi di formazione e conservazione del suolo.

Al contrario la diminuzione della pendenza origina:

- un rallentamento nel deflusso delle acque superficiali favorendone il drenaggio nel sottosuolo con conseguente attivazione dei fenomeni di alterazione chimico fisica che agiscono sul suolo o sui substrati litologici.

Per quanto concerne le attività antropiche, la delimitazione dei territori a differente valore di acclività permette, ad esempio, di giudicare fino a che punto le attività agricole siano possibili, specialmente se condotte mediante l'ausilio di mezzi meccanici, senza pregiudicare l'assetto del territorio.

**Pendenza** ed **inclinazione** topografica si equivalgono concettualmente, ma si esprimono come **rapporto numerico** la prima e come **misura angolare** la seconda.



In riferimento alla figura sopra, considerati due punti **A** e **B** sul terreno, dicesi:

- **Pendenza (P%)** del tratto di terreno compreso tra i punti considerati, il rapporto tra il dislivello (**D**) e la distanza orizzontale (**L**) (proiezione dei punti **A** e **B** sul piano) tra i due punti espressi con la medesima unità di misura da cui: La pendenza percentuale, è uguale alla variazione di altezza, diviso il cambiamento della distanza orizzontale, moltiplicata per 100:

$$P\% = (D/L) \times 100$$

- **Inclinazione (I°)** del tratto di terreno compreso tra i punti considerati, l'angolo compreso tra il piano orizzontale ed il profilo del terreno; conoscendo l'inclinazione della superficie topografica ( $\alpha$ ) e sapendo che in un triangolo rettangolo la tangente trigonometrica di un angolo è uguale al rapporto tra il cateto (**D**) opposto all'angolo stesso e l'altro cateto (**L**) si otterrà direttamente il valore della pendenza assoluta o percentuale. L'inclinazione è data dal calcolo dell'arcotangente del rapporto tra la variazione in altezza ( $\Delta z$ ) e la variazione di distanza orizzontale ( $\Delta s$ ):

$$I^\circ = \arctg \alpha D/L$$

Sfruttando i concetti sopra esposti è possibile calcolare la pendenza di un versante operando direttamente sulle curve di livello. Infatti, rispetto alle formule base, **D** corrisponde al dislivello di quota tra un'isoipsa e la successiva (**equidistanza**) e **L** rappresenta la distanza orizzontale misurata lungo la linea **di massima pendenza**.

La **carta della pendenza dei versanti (carta clivometrica)**, consiste nella classificazione dei versanti sulla base delle classi di pendenza e quindi nella suddivisione in aree, ognuna delle quali caratterizzata da una pendenza uniforme o costante nei limiti stabiliti dalla classe di appartenenza.



Nella realizzazione della cartografia tematica, soprattutto per quanto riguarda la pendenza, è necessario stabilire a priori il numero e la grandezza delle classi. Il numero di classi "N" di pendenza varia generalmente da 2 a 10. Non esiste una regola generale per la scelta di "N", possiamo comunque affermare che 3 classi sono poco indicative mentre 10 classi sono di norma eccessive poiché si prestano esclusivamente al trattamento automatico (*informatico*) dei dati. Il numero più conveniente è di 5/6 classi. Altro problema riguarda la grandezza o l'intervallo di valori all'interno della medesima classe. L'intervallo può essere sia fisso sia variabile. Per il caso in esame, si è tenuto conto di diversi riferimenti:

1. Guida alla redazione della Carta della stabilità (Regione Emilia Romagna), 0-10%, 10-20%, 20-35%, 35-50%, >50%. Tale classificazione è consigliata anche all'interno dei "Contenuti minimi degli studi geomorfologici per i differenti livelli di pianificazione" (Regione Calabria), con l'aggiunta di un'ulteriore classe (>80%);

2. Classificazione morfologica in base alla pendenza (Servizio di conservazione del suolo USA):

MORFOLOGIA	PENDENZA
Zone pianeggianti	<3%
Zone con pendenze soavi	3-10%
Zone con pendenze moderate	10-20%
Zone con pendenze accentuate	20-30%
Zone con pendenze molto accentuate	30-50%
Scarpate	>50%

*Classificazione morfologica in base alla pendenza (Servizio di conservazione del suolo USA);*

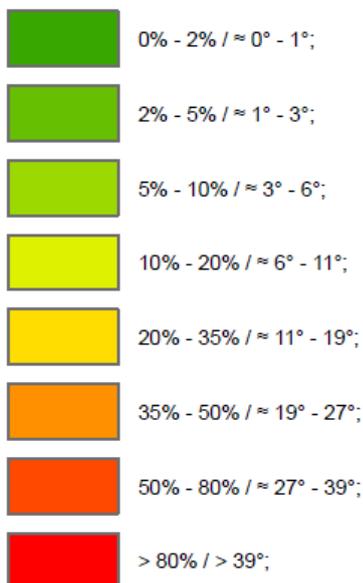


Stante le indicazioni dettate al precedente punto 1 e vista la suddivisione morfologica riportata al precedente punto 2, il territorio comunale è stato suddiviso in **8 classi di pendenza**, ad intervallo variabile, assegnando alle varie classi anche la distinzione morfologica:

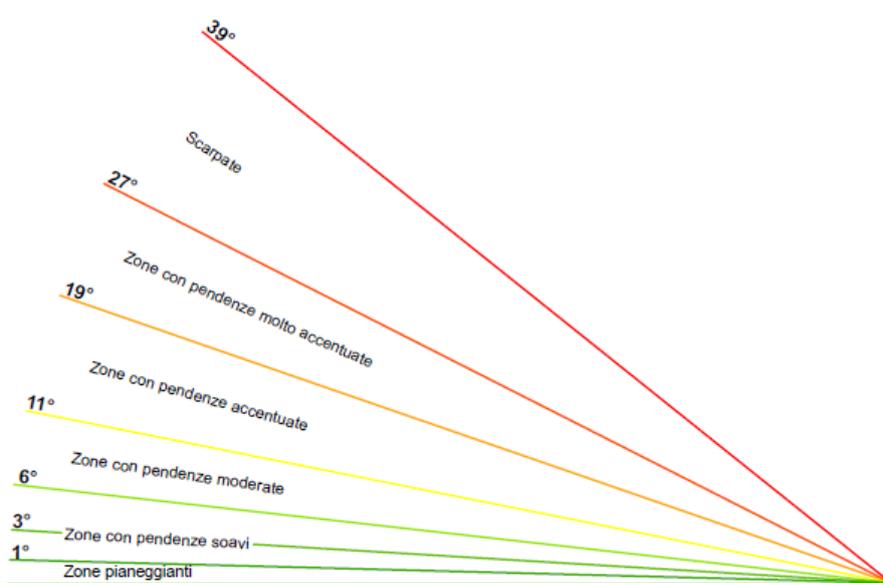
CLASSI DI PENDENZA		MORFOLOGIA	COLORE		
PENDENZA	INCLINAZIONE		R	G	B
0-2%	≈ 0-1°	Zone pianeggianti	56	168	0
2-5%	≈ 1-3°	Zone con pendenze soavi	102	191	0
5-10%	≈ 3-6°		155	217	0
10-20%	≈ 6-11°	Zone con pendenze moderate	222	242	0
20-35%	≈ 11-19°	Zone con pendenze accentuate	255	221	0
35-50%	≈ 19-27°	Zone con pendenze molto accentuate	255	145	0
50-80%	≈ 27-39°	Scarpate	255	72	0
> 80%	> 39°		255	0	0

*Classi di pendenza scelte per il territorio comunale;*

**Classi di pendenza:**

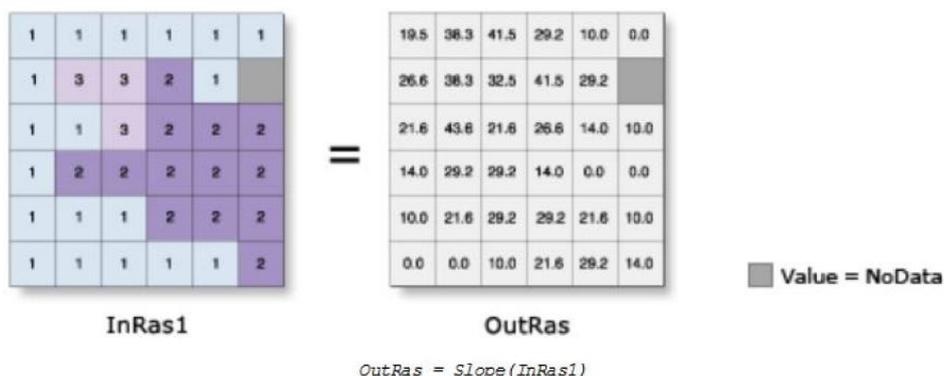


**Morfologie:**



*Classi di pendenza e morfologie corrispondenti;*

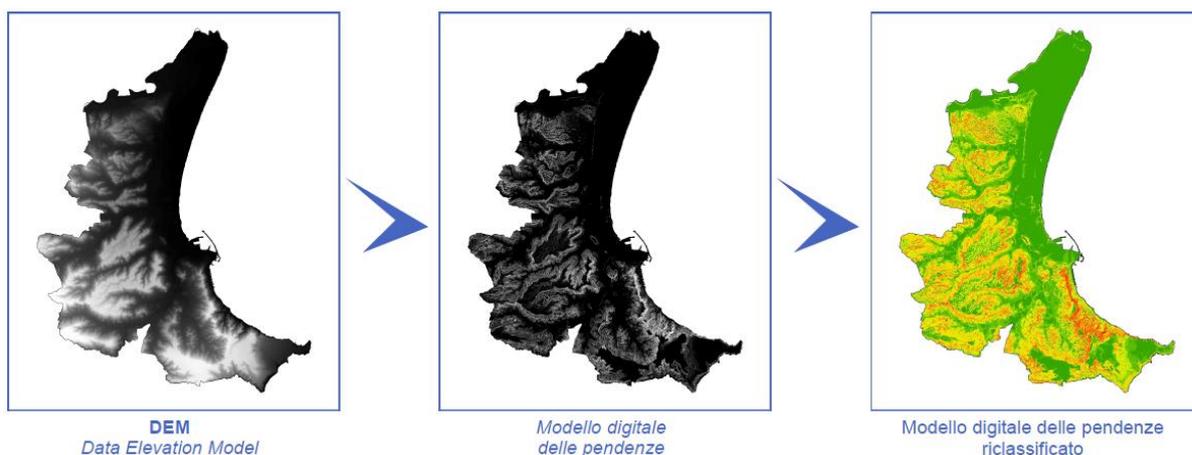
Il territorio comunale è stato suddiviso in 8 classi di pendenza. La suddivisione in classi è stata ottenuta tramite la funzione "slope" sul modello digitale di elevazione.



*Matrice impiegata per la costruzione del modello digitale delle pendenze;*

Dalla riclassificazione del modello digitale delle pendenze sono stati ottenuti alcuni dati percentuali (vedi DATI SUL MODELLO DIGITALE):

1. Caricamento del modello digitale di elevazione (**DEM, Data Elevation Model**), derivato dall'interpolazione lineare col **TIN (Trinagulated Irregular Network)**, precedentemente costruito a partire dalle curve di livello (CTR 2008);
2. Creazione del **modello digitale delle pendenze**, tramite la funzione "slope" impiegata sul **DEM**
3. Riclassificazione del **modello digitale delle pendenze**.



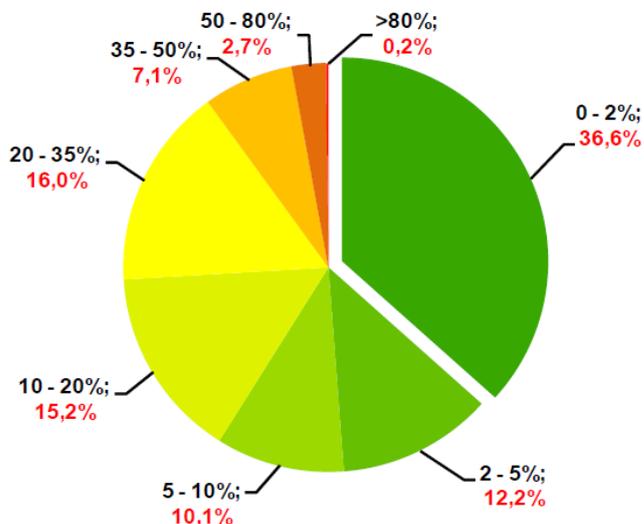
*Processo realizzazione della carta clivometrica;*



**DATI SUL MODELLO DIGITALE**

<b>Pendenza massima</b>	74° circa
<b>Pendenza media</b>	6° circa
<b>Pendenza minima</b>	0°

Classi di pendenza	N° celle	% celle per classe
0 - 2%	2635151	36,6
2 - 5%	875246	12,2
5 - 10%	725305	10,1
10 - 20%	1090346	15,2
20 - 35%	1150449	16,0
35 - 50%	508424	7,1
50 - 80%	193823	2,7
>80%	13482	0,2



*Dati climometrici estrapolati dal modello digitale delle pendenze;*

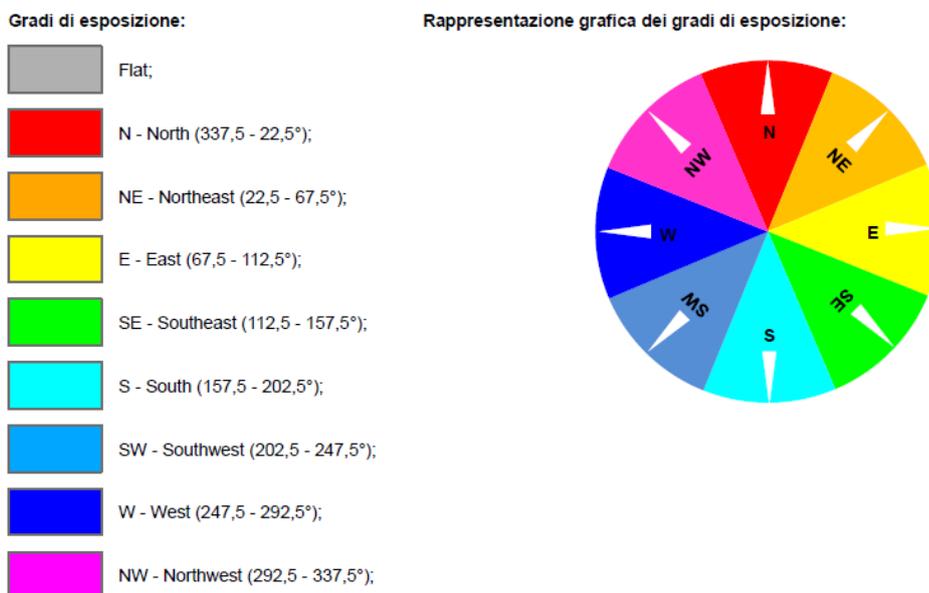


### 1.6. Carta delle esposizioni di versante

La **CARTA DELLE ESPOSIZIONI DI VERSANTE** è stata ricavata a partire dalla cartografia di base disponibile (CTR 2008). Tramite l'elaborazione dei dati per mezzo di sistemi GIS è stato possibile ripartire in **gradi di esposizione**.

La individuazione nei territori collinari e montani di aree a differente grado di esposizione costituisce un ulteriore suddivisione all'interno delle fasce altimetriche. La diversa esposizione dei versanti, soprattutto per le aree collinari e montane, determina condizioni microclimatiche che danno origine a microecosistemi diversi. La diversa esposizione dei versanti agisce in maniera differente sulla vegetazione, sulla microfauna e sulla formazione ed evoluzione del suolo in particolare modo per il diverso grado di umidità e di insolazione.

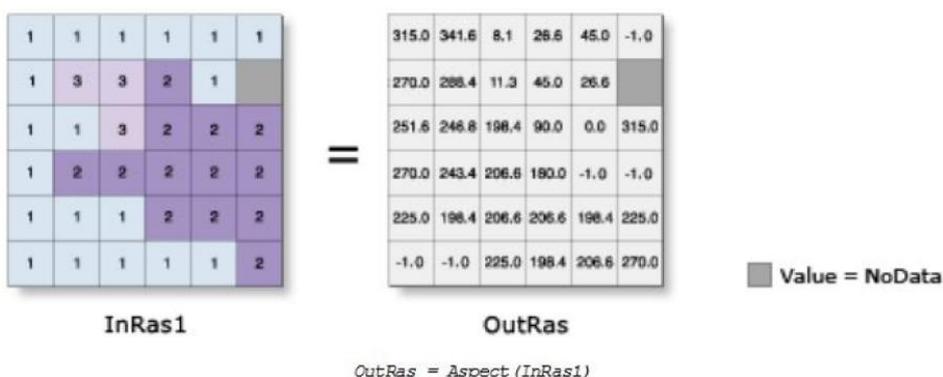
La carta si costruisce a partire dal tracciamento dei versanti, individuando crinali, spartiacque ed impluvi. È in tal modo possibile misurare, per le aree così definite, gli angoli di esposizione dei versanti rispetto al nord geografico. Nella costruzione di questo tipo di carta vengono altresì rappresentate, le zone pianeggianti o subpianeggianti, per le quali perde ovviamente di significato il senso di esposizione di versante.



*Gradi di esposizione e rappresentazione grafica dei gradi di esposizione;*



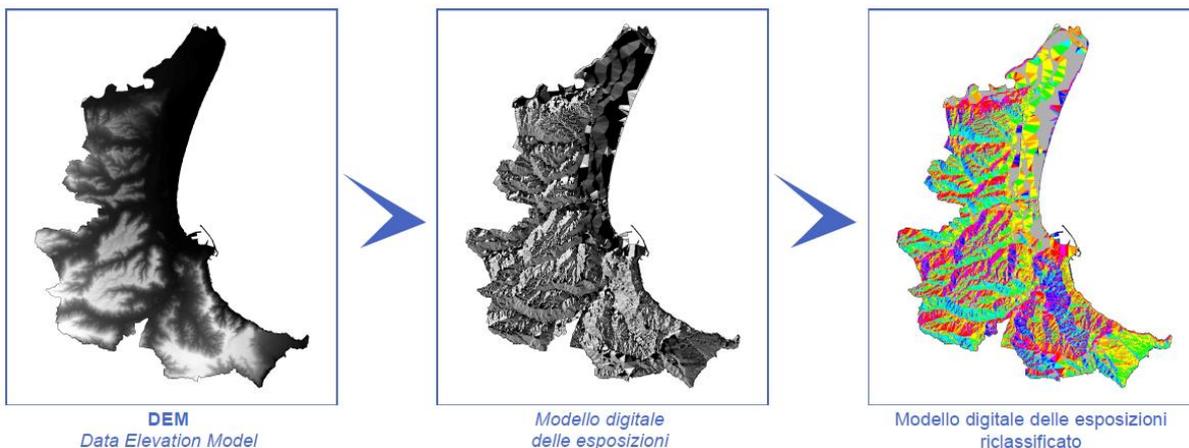
Per il territorio comunale sono stati considerati 8 gradi di esposizione. La suddivisione in gradi è stata ottenuta tramite la funzione "aspect" sul modello digitale di elevazione.



*Matrice impiegata per la costruzione del modello digitale di esposizione;*

Dalla riclassificazione del modello digitale delle esposizioni sono stati ottenuti alcuni dati percentuali (vedi DATI SUL MODELLO DIGITALE):

1. Caricamento del modello digitale di elevazione (DEM, Data Elevation Model), derivato dall'interpolazione lineare col TIN (Trinagulated Irregular Network), precedentemente costruito a partire dalle curve di livello (CTR 2008);
2. Creazione del modello digitale delle esposizioni, tramite la funzione "aspect" impiegata sul DEM;
3. Riclassificazione del modello digitale delle esposizioni.

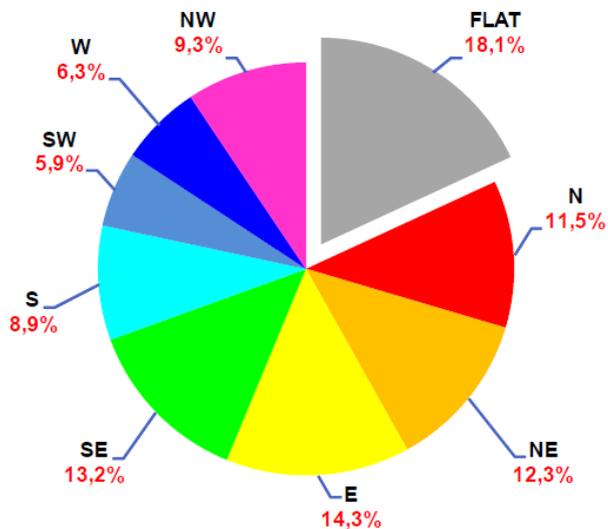


*Processo realizzazione della carta delle esposizioni di versante;*



**DATI SUL MODELLO DIGITALE**

Gradi di esposizione	N° celle	% celle per classe
FLAT	1299070	18,1
N	830542	11,5
NE	885680	12,3
E	1028026	14,3
SE	950962	13,2
S	643602	8,9
SW	426248	5,9
W	455813	6,3
NW	672283	9,3



*Dati di esposizione estrapolati dal modello digitale delle esposizioni di versante;*



## 1.7. Carta dell'erodibilità

La CARTA DELL'ERODIBILITÀ riporta il grado di erodibilità, distinto in molto poco erodibile, poco erodibile, moderatamente erodibile, molto erodibile, fortemente erodibile.

LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.



## 1.8. Carta dell'erosione costiera

La [CARTA DELL'EROSIONE COSTIERA](#) riporta alcune indicazioni circa lo stato e la morfologia della costa crotonese.

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Falesia (*Fonte: rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
2. Depositi di spiaggia (*Fonte: CARG, rilevamento geomorfologico, fotointerpretazione*);
3. Opere di difesa costiera;
4. Batimetria (*Fonte: IGM 25000*);
5. Localizzazione delle principali emergenze ambientali che interessano la costa.

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C. E MIRERÀ A FORNIRE UN QUADRO COMPLESSIVO SULLO STATO DELLA COSTA CROTONESE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE IN AVANZAMENTO ED ARRETRAMENTO DELLA LINEA DI RIVA.**



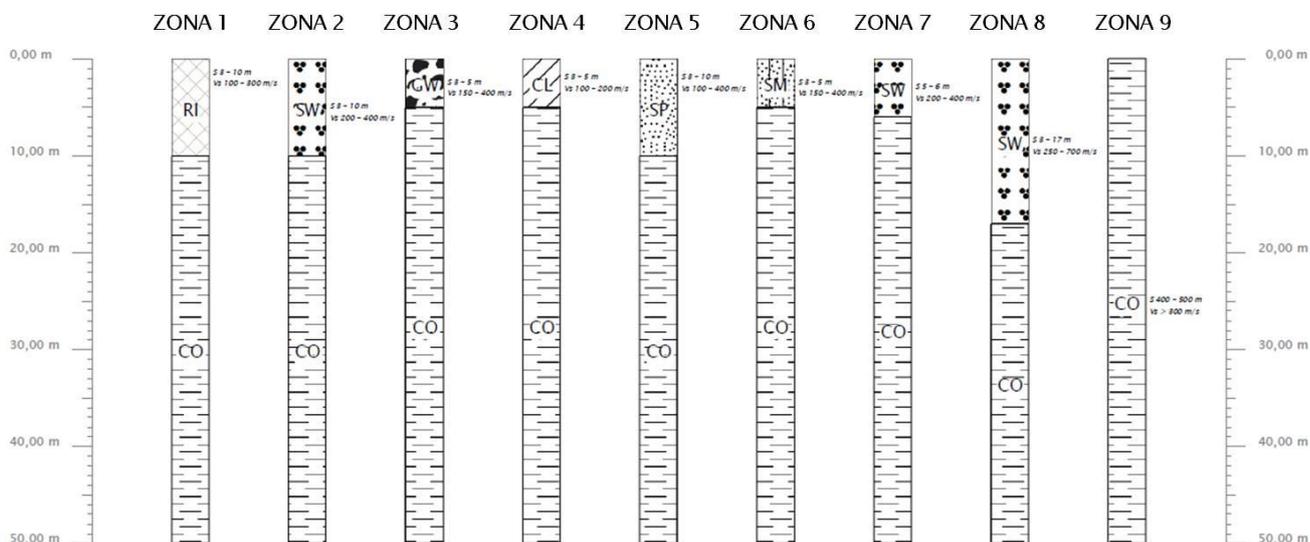
## 1.9. Carta litotecnica

La [CARTA LITOTECNICA](#) riporta in sintesi quelle che sono le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni affioranti sul territorio comunale e del suo immediato sottosuolo.

La redazione di tale elaborato non è espressamente prevista dalle Linee Guida; tuttavia si è preferito fornire questo ulteriore strumento al fine di poter disporre di un quadro completo ed esauriente nell'ottica di una migliore definizione del modello geologico – tecnico – ambientale.

La carta litotecnica (o geologico – tecnica) ha lo scopo di classificare i terreni affioranti e l'immediato sottosuolo, in base alle loro proprietà fisico – meccaniche e geotecniche, indicando un range di massima di variabilità dei parametri fondamentali, scelti tra quelli più rappresentativi. Appare chiaro che i valori ottenuti sono mediati per tutti gli affioramenti della stessa tipologia presenti nel territorio; la carta infatti ha lo scopo di offrire un quadro generale indicativo e non può logicamente essere ritenuta in qualche modo sostitutiva delle indagini necessarie per ogni intervento che si intende operare sul territorio. Infatti, la determinazione di questi parametri, deve essere condotta e verificata di volta in volta per ogni singolo intervento, pubblico o privato, con un'adeguata pianificazione ed esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche, finalizzate alla modellazione geologica, sismica e geotecnica, richiesta per la progettazione e nel rispetto delle norme tecniche vigenti.

Il territorio comunale è stato in questa fase di progettazione preliminare suddiviso in nove zone. Ogni zona è stata delineata in base a quanto deducibile dai dati cartografici, di rilevamento, fotointerpretazione ed in base ai dati disponibili da indagini pregresse.



*Suddivisione in zone litotecniche;*

**ZONA 1**

**RI:** Terreni contenenti resti di attività antropica, abbancamenti di terreno argilloso, limoso sabbioso, discariche. Da poco consistente a consistente. (**Spessore 3 – 10 m; Vs 100–300 m/s**);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

**ZONA 2**

**SWsp:** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di spiaggia. Da sciolto a poco addensato (**Spessore 3 – 10 m; Vs 200 – 400 m/s**);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

**ZONA 3**

**GWes:** Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscele di ghiaia e sabbie di argine/barre/canali. Da sciolto a poco addensato. (**Spessore 3 – 5 m; Vs 150 – 400 m/s**);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

**ZONA 4**

**CLec:** Argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille ghiaiose, argille limose, argille magre di eluvi/colluvi. Da poco consistenti a moderatamente consistenti. (**Spessore 3 – 5 m; Vs 100 – 200 m/s**);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

**ZONA 5**

**SPde:** Sabbie pulite con granulometria poco assortita, di duna eolica. Da sciolto a poco addensato. (Spessore 3 – 4 m; Vs 100 – 400 m/s);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s);

**ZONA 6**

**SMpi:** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana inondabile. Da sciolto a moderatamente addensato. (Spessore 3 – 5 m; Vs 150 – 400 m/s);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s);

**ZONA 7**

**SWtf:** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzo fluviale. Da sciolto a moderatamente addensato. (Spessore 5 – 6 m; Vs 200 – 400 m/s);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s);

**ZONA 8**

**SWtm:** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzi marini. Da poco addensato ad addensato (Spessore 3 – 17 m; Vs 250 – 700 m/s);

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s);

**ZONA 9**

**CO:** Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (Spessore di 400 – 500 m; Vs >300 m/s);

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C. E MIRERÀ A FORNIRE UN UTILE STRUMENTO PER LA PIANIFICAZIONE DI MASSIMA DI INTERVENTI SUL TERRITORIO COMUNALE.**



### 1.10. Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti

La [CARTA DELLA STABILITÀ POTENZIALE INTEGRATA DEI VERSANTI](#) è il risultato dell'incrocio di diversi tematismi, tramite sistemi GIS, che rappresentano alcuni dei fattori che regolano la stabilità dei versanti, determinandone una maggiore o minore propensione all'innescio di fenomeni franosi. La carta riporta le classi di stabilità potenziale dei versanti distinte in *fenomeni franosi certi ed aree ad instabilità potenziale massima, Instabilità potenziale forte, Instabilità potenziale media, Instabilità potenziale limitata, situazione potenzialmente stabile*.

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C. E MIRERÀ A FORNIRE UN VALIDO STRUMENTO DECISIONALE PER LA PIANIFICAZIONE DEI INTERVENTI SUL TERRITORIO IDENTIFICANDO QUELLE AREE STABILI E/O INSTABILI SU CUI OPERARE.**

La stabilità dei versanti è un argomento di costante attualità che ha suscitato e continua a suscitare l'interesse di numerosi Autori, come dimostrano i numerosi lavori sull'argomento e le diverse metodologie proposte. Nei lavori più recenti, nonostante il permanere di differenze metodologiche spesso non sostanziali, è riscontrabile un certo accordo sulla definizione delle problematiche connesse alla realizzazione di una **Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti**, che possono essere così riassunte:

1. L'individuazione dei fattori, o cause, o condizioni dell'instabilità;
2. La definizione dell'interrelazione di questi fattori nel produrre instabilità, vale a dire le modalità secondo cui i fattori interagiscono e si condizionano a vicenda;
3. L'importanza relativa dei fattori stessi, vale a dire il peso con cui ciascuno di essi contribuisce al verificarsi dei fenomeni di instabilità;
4. La determinazione o la misura, su ampie aree e con dettaglio il più possibile elevato, dei fattori dell'instabilità;
5. La combinazione dei diversi fattori secondo l'interrelazione individuata e i pesi attribuiti, che porta alla costruzione della **Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti**.



Queste problematiche, in particolare quelle indicate al punto 1, sono state oggetto di numerosi studi. Piuttosto complessa risulta la definizione dell'interrelazione fra i fattori e l'attribuzione dei pesi, come definiti ai punti 2 e 3. Infatti, l'elevato numero dei fattori coinvolti e la loro variabilità nello spazio e nel tempo, richiedono inevitabilmente il ricorso a tecniche statistiche multivariate. I punti 4 e 5 rappresentano un classico campo di applicazione per un GIS.

Nel presente lavoro, non viene affrontato il problema della individuazione dei fattori e dei pesi relativi, assumendo come valida allo scopo la metodologia proposta dall'Ufficio Cartografico della Regione Emilia – Romagna (*Fonte: Amadesi et al., 1977*).

In tale metodologia, che ha subito nel tempo alcune modifiche non sostanziali (*Fonte: Amadesi et Vianello, 1978, 1985*), i fattori ritenuti responsabili della instabilità sono:

1. Litologia;
2. Pendenza dei versanti;
3. Giacitura degli strati rispetto ai versanti;
4. Uso reale del suolo.

Nell'ambito di ciascun fattore vengono attribuiti diversi pesi, costituiti da numeri interi, in base all'esperienza personale degli Autori acquisita mediante osservazioni di campagna o deducendoli dalla bibliografia. Tali pesi assumono valori crescenti con l'aumentare dell'influenza del fattore sulla stabilità. Le procedure eseguite per giungere allo scopo constano di tre fasi:

1. Stesura della **Carta della stabilità potenziale**, mediante la somma algebrica dei pesi dei primi tre fattori considerati. Tale carta esprime la propensione naturale dei versanti alla instabilità;
2. Sovrapposizione della carta dell'uso del suolo, considerato il fattore antropico modificante le condizioni naturali, che porta alla stesura dell'elaborato finale, **Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti**;
3. Confronto qualitativo della carta ottenuta con la carta geomorfologica, per una verifica dell'attendibilità dei risultati.



Tale metodologia, ed in particolare le prime due fasi, presenta il vantaggio di una certa semplicità concettuale e nel contempo prevede elaborazioni di tipo quantitativo, talora complesse, che ben si prestano all'utilizzo di un GIS. Alcuni aspetti del metodo sono ovviamente discutibili e passibili di miglioramento. Esistono sicuramente altri fattori, oltre quelli considerati, che esercitano un'influenza sensibile sui fenomeni di instabilità. Inoltre l'attribuzione dei pesi risulta piuttosto soggettiva e appare abbastanza improbabile l'esistenza di una relazione lineare fra i fattori, esprimibile mediante una semplice somma algebrica di valori discreti. Tuttavia il metodo non esclude la possibilità di introdurre altri fattori o di modificarne i pesi, così come possono essere assunte relazioni diverse fra i fattori.



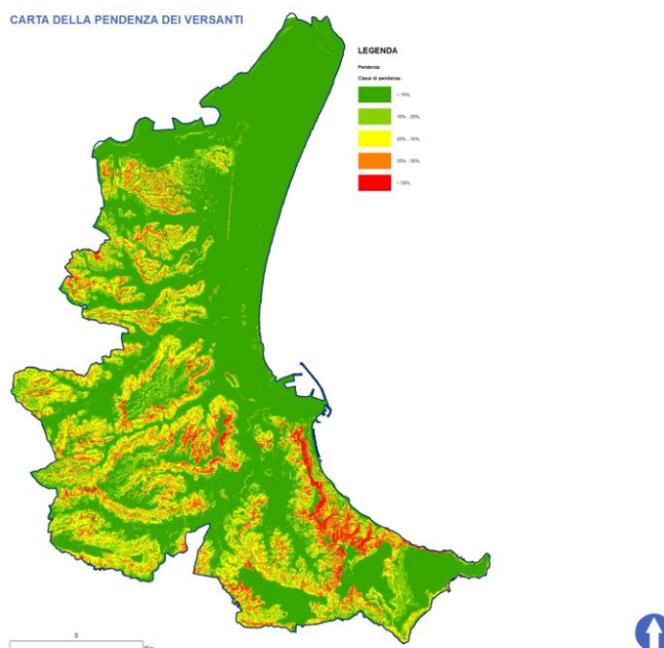
*Schematizzazione dell'iter operativo per la redazione della Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti;*





CLASSI DI PENDENZA		PESO
Classe	Morfologia	
> 50%	Scarpate	-2
50% - 35%	Zone con pendenze molto accentuate	-1
35% - 20%	Zone con pendenze accentuate	0
20% - 10%	Zone con pendenze moderate	+1
< 10%	Zone pianeggianti e con pendenze soavi	+2

*Pesi assegnati alle classi di pendenza;*



*Carta pendenza dei versanti;*

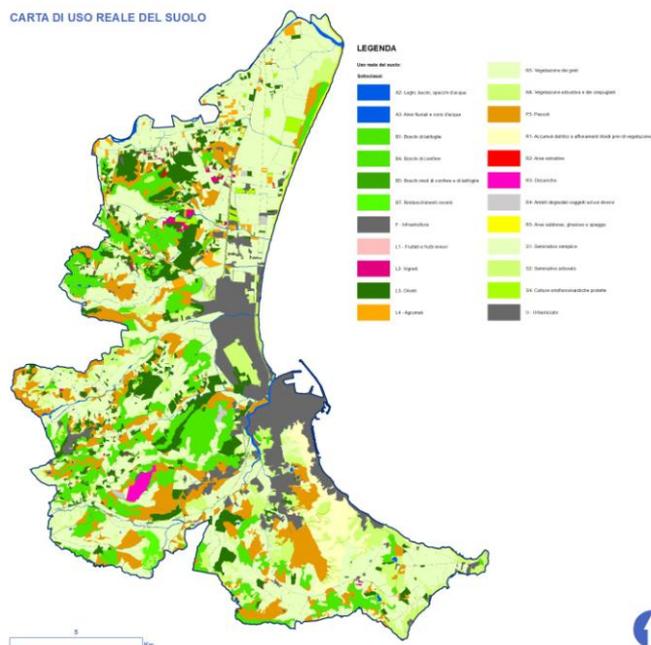
CLASSI GIACITURALI		PESO
Descrizione	Inclinazione	
Unità litologiche prive di strutture ed in condizioni di caoticità	-	+1
Strati fortemente piegati, rovesciati e con giacitura caotica	-	+2
Strati a franapoggio	30° - 60°	+3
Strati a franapoggio	5° - 30°	+5
Strati a traverspoggio	-	+6
		+7
Strati verticali	85° - 90°	+8
Strati a franapoggio	60° - 85°	+9
Strati orizzontali	0° - 5°	+10
Strati a reggipoggio e alluvioni terrazzate	-	+11

*Pesi assegnati alle classi giaciturali;*



Classe	USO REALE DEL SUOLO		PESO
	Sottoclasse	Impedenza	
A - Aree idriche	A2 - Laghi, bacini, specchi d'acqua	Nulla	-2
	A3 - Alvei fluviali e corsi d'acqua	Nulla	-2
B - Boschi	B1 - Boschi di latifoglie	Massima	+2
	B4 - Boschi di confere	Massima	+2
	B5 - Boschi misti di conifere e di latifoglie	Massima	+2
	B7 - Rimboschimenti recenti	Mediocre	0
F - Infrastrutture	F - Infrastrutture	Mediocre - Minima	0
L - Legnose agrarie	L1 - Frutteti e frutti minori	Mediocre	0
	L2 - Vigneti	Nulla	-2
	L3 - Oliveti	Buona	+1
	L4 - Agrumeti	Minima	-1
N - Vegetazione naturale	N5 - Vegetazione dei greti	Minima	-1
	N8 - Vegetazione arbustiva e dei cespuglieti	Buona	+1
P - Prati e pascoli	P3 - Pascoli	Mediocre	0
R - Aree sterili	R1 - Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione	Nulla	-2
	R2 - Aree estrattive	Nulla	-2
	R3 - Discariche	Nulla	-2
	R4 - Ambiti degradati soggetti ad usi diversi	Minima	-1
	R5 - Aree sabbiose, ghiaiose e spiagge	Nulla	-2
S - Seminativi	S1 - Seminativo semplice	Nulla	-2
	S2 - Seminativo arborato	Nulla	-2
	S4 - Colture ortoflorovivaistiche protette	Minima	-1
U - Urbanizzato	U - Urbanizzato	Mediocre	0

Pesi assegnati alle classi di uso reale del suolo;



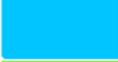
Carta di uso reale del suolo;



### 1.1.1. Carta dei vincoli

La [CARTA DEI VINCOLI](#) riporta la perimetrazione di tutti quegli elementi che sul territorio possono rappresentare un pericolo sotto il profilo geologico e sismico e la relativa classificazione in termini di rischio.

La carta inoltre offre una panoramica sui principali vincoli ambientali e paesaggistici che interessano il territorio comunale:

Emergenze ambientali:	Emergenze paesaggistiche:
 Geositi;	 Territori costieri;
 ZPS;	 Fasce fluviali;
 SIC;	 Boschi e foreste;
 EUAP;	

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Frane (*Fonte: Rilevamento/Fotointerpretazione*);
2. Aree in frana (*Fonte: PA*);
3. Zone ad Erosione Intensa (*Fonte: PA*);
4. Rischio frana (*Fonte: PA*);
5. Rischio idraulico (*Fonte: PGRA*);
6. Principali lineamenti strutturali e faglie capaci (*Fonte: CARG, ITHACA, PRG, rilevamento geologico, fotointerpretazione*).

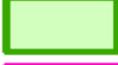
**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.**



## 1.12. Carta delle pericolosità geologiche

La CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE riporta la perimetrazione di tutti quegli elementi che sul territorio possono rappresentare un pericolo sotto il profilo geologico e sismico e la relativa classificazione in termini di pericolosità.

La carta inoltre offre una panoramica sui principali vincoli ambientali e paesaggistici che interessano il territorio comunale:

Emergenze ambientali:	Emergenze paesaggistiche:
 Geositi;	 Territori costieri;
 ZPS;	 Fasce fluviali;
 SIC;	 Boschi e foreste;
 EUAP;	

Nella carta sono rappresentate le seguenti informazioni:

1. Pericolosità per erosione costiera (*Fonte: PSEC*);
2. Pericolosità per frana;
3. Pericolosità idraulica (*Fonte: PGRA*);
4. Principali lineamenti strutturali e faglie capaci (*Fonte: CARG, ITHACA, PRG, rilevamento geologico, fotointerpretazione*).

**LA CARTA SARÀ OGGETTO DI ULTERIORI APPROFONDIMENTI E MODIFICHE NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C.**



### 1.13. Fattibilità delle azioni di piano

La carta sulla [FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO](#) riporta la perimetrazione di tutti quegli elementi che sul territorio possono rappresentare un pericolo sotto il profilo geologico e sismico e la relativa classificazione in termini di pericolosità. Essa è il risultato dell'incrocio di diversi tematismi, tramite sistemi GIS, per la definizione della fattibilità rispetto alle azioni di piano.

Attraverso la legenda proposta dalle Linee Guida, essa individua, con una suddivisione per classi, i livelli di “*rischio geologico*”, area per area ed indica le possibilità di intervento nel territorio comunale attraverso una gradualità di valori da “fattibilità senza limitazioni” a “fattibilità con gravi limitazioni”, il tutto finalizzato alla salvaguardia ambientale e alla tutela delle popolazioni residenti.



## 2. GEOLOGIA DEL TERRITORIO

### 2.1. Inquadramento geologico

Il Comune di **Crotone** occupa la porzione orientale del **Bacino Crotonese**. Questo bacino consiste in un depocentro riempito da sedimenti che variano dal continentale al marino profondo, di età compresa tra il Serravalliano ed il Pleistocene, organizzati in cicli tettono – sedimentari maggiori e minori (*Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990, 1991; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, b, 2004a, 2006; Mellere et alii, 2005, Zecchin, 2005*).

Il Bacino è delimitato a nord – est ed a sud – ovest da due zone di taglio sinistre orientate NO – SE (Rossano – San Nicola a nord e Petilia – Sosti a sud), ed il suo sviluppo è stato messo in relazione alla migrazione verso sud – est dell'Arco Calabro, con la conseguente subduzione della crosta ionica e l'apertura del Bacino Tirrenico, a partire dal Serravalliano/Tortoniano (*Fonte: Malinverno & Ryan, 1986; Meulenkamp et alii, 1986; Rehault et alii, 1987; Patacca et alii, 1990; Van Dijk, 1990, 1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Knott & Turco, 1991; Van Dijk, & Scheepers, 1995; Mattei et alii, 2002*).

Oggi il Bacino Crotonese è interpretato come parte di un più ampio bacino di avanarco (*Ionian forearc basin*), posto internamente rispetto al prisma d'accrezione dell'Arco Calabro (*Fonte: Bonardi et alii, 2001; Zecchi net alii, 2004a*).

La storia deposizionale del Bacino Crotonese è stata prevalentemente accompagnata da un locale regime distensivo, collegato all'estensione che caratterizza l'area di avanarco, come testimoniato dallo sviluppo di bacini controllati dall'attività di faglie normali sinsedimentarie durante il Plio – Pleistocene (*Fonte: Moretti, 1993; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, 2004a, 2006*). Questo regime distensivo è stato però interrotto episodicamente da eventi deformativi con componente compressiva, probabilmente legati all'attivazione in senso transpressivo delle zone di taglio NO – SE, durante il Messiniano, tra lo Zancleano e il Piacenziano e il Pleistocene medio (*Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990, 1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Van Dijk et alii, 1998, 2000; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2004a*). Altri eventi minori sono registrati all'interno della successione. Queste fasi deformative hanno determinato sollevamenti generalizzati e la formazione di discordanze (*Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990; Zecchin et alii, 2003a, 2004a*).



A partire dal Pleistocene medio, dopo la deposizione di depositi sabbioso - siltosi che passano rapidamente a sabbie e microconglomerati rossastri di spiaggia ("Formazione di San Mauro"; *Fonte: Roda, 1964a; Di Grande, 1967*), l'Arco Calabro è stato sottoposto ad un cospicuo sollevamento che ha portato all'emersione di vari bacini, compreso quello Crotonese. Nel crotonese il sollevamento è testimoniato da alcuni ordini di terrazzi marini, già segnalati da *Gignoux (1913)*, e poi da *Ruggieri (1941, 1948)*. Più recentemente questi terrazzi sono stati oggetto di dettagliati studi da parte di *Belluomini et alii (1987)*, *Gliozzi (1987)*, *Cosentino et alii (1989)*, *Palmentola et alii (1990)*, *Mauz & Hassler (2000)*, *Zecchi et alii (2004b)* e *Nalin et alii (2007)*. Questi Autori hanno riconosciuto vari ordini di terrazzi ma non c'è accordo sul loro numero e sulla loro età. Ciononostante, gli studi più recenti attribuiscono al terrazzo più antico un'età di circa 200 ka B.P. (stadio isotopico 7), mentre i successivi vanno dal Tirreniano (stadio isotopico 5e, circa 125 ka B.P.) fino a circa 50 ka B.P. (*Fonte: Gliozzi, 1987; Cosentino et alii, 1989; Zecchin et alii, 2004b; Nalin et alii, 2007*).

I tassi di sollevamento calcolati dai vari autori spaziano tra 0,4 e 1,8 m/ka (*Fonte: Cosentino et alii, 1989; Palmentola et alii, 1990; Zecchi et alii, 2004b*).

Le cause del sollevamento dell'Arco Calabro sono ancora molto dibattute. Alcuni ipotizzano che esso sia connesso ad una risposta isostatica seguita alla rottura dello *slab* in subduzione (*Fonte: Ritsema, 1972; Spakman, 1986; Westaway, 1993*), altri invece ipotizzano una rimozione convettiva delle radici profonde ed il disaccoppiamento del *forearc* Calabro dalla placca in subduzione (*Fonte: Doglioni, 1991; Gvirtzman & Nur, 2001*).

Infine, diversi autori propendono per una subduzione ancora attiva di crosta ionica assottigliata (*Fonte: Rehault et alii, 1987; Dewey et alii, 1989; Amato & Cimini, 2001*). Il sollevamento è stato accompagnato nell'area di studio da una intensa attività tettonica estensionale (*Fonte: Ciaranfi et alii, 1982; Cosentino et alii, 1989*). In particolare, *Cosentino et alii (1989)* nell'area compresa tra Capo Rizzuto e Crotona individuano diversi sistemi di faglie estensionali, di cui i principali orientati ENE - OSO e NNE - SSO, attivi a partire da 200 ka B.P.



## 2.2. Stratigrafia

Di seguito la stratigrafia relativa al territorio comunale (*Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE*), integrata con i dati reperiti ed implementati per la stesura del presente studio:

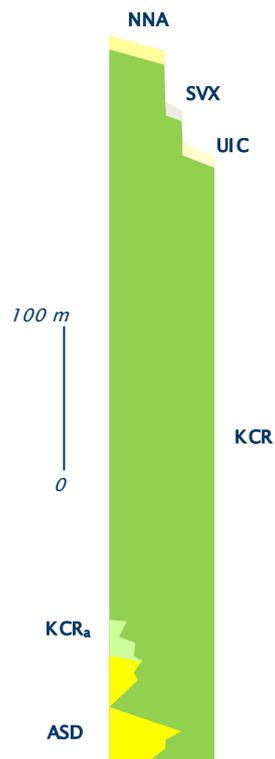
DEPOSITI OLOCENICI		
<i>R</i>	ATTUALE	<b>Deposito antropico, terreni di abbancamento.</b>
<i>h</i>		<b>Deposito antropico</b> – Diga in terra delimitante un bacino artificiale.
<i>h<sub>1</sub></i>		<b>Discarica</b> – Discariche realizzate in depositi di argilla marnosa di Cutro.
<i>a<sub>1</sub></i>		<b>Depositi di frana</b> – Accumuli caotici di elementi in matrice pelitica e/o sabbiosa.
<i>a</i>		<b>Depositi di versante</b> – Coperture detritiche accumulate per processi di versante, costituite da ghiaie eterometriche con matrice sabbiosa giallo – rossastra.
<i>g<sub>2</sub></i>		<b>Depositi di spiaggia</b> – Sabbie quarzose da medie a molto grossolane, localmente con elementi ghiaiosi. Costituiscono cordoni litorali e l'area di retrospiaggia.
<i>b<sub>a</sub></i>		<b>Depositi alluvionali attuali</b> – Ghiaie e sabbie dei letti fluviali attuali e dei tratti recentemente abbandonati. Lo spessore è di pochi metri.
<i>C</i>		<b>Depositi colluviali</b>
<i>d<sub>1</sub></i>	OLOCENE	<b>Dune e sabbie eoliche stabilizzate.</b>
<i>b<sub>b</sub></i>		<b>Depositi alluvionali recenti</b> – Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi con frequenti blocchi, di origine alluvionale. Comprendono le alluvioni fluviali terrazzate e della piana costiera. Lo spessore è dell'ordine di qualche metro.
<i>b<sub>n</sub></i>		<b>Depositi alluvionali terrazzati</b> – Ghiaie e sabbie di origine alluvionale, di colorazione variabile da ruggine a rosso. Presenti paleo suoli di spessore decimetrico con noduli calcarei (caliche) e rari livelletti argillosi verdastri decimetrici. Lo spessore arriva a 5 – 6 m. Il contatto con le unità basali è netto.
<i>g<sub>n</sub></i>		<b>Depositi litorali terrazzati</b> – Conglomerati e sabbie di spiaggia sommersa e di battigia, spesse fino a 2 m e formanti modeste falesie.
<i>NEL</i>		<b>Sabbie dunari di Marinella</b> – Depositi sabbiosi da giallastri a rossastrati, talora bruni, a grana medio grossolana ben selezionati. Costituiscono cordoni dunari stabilizzati dello spessore di qualche metro.



DEPOSITI MARINI TERRAZZATI		
UIC	PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE	<b>Sintema di Capo Cimiti</b> – Arenarie bioturbate, laminate e con stratificazione incrociata concava (spiaggia sommersa), biocalcareni e gusci di molluschi e briozoi, calcari biocostruiti ed alghe calcaree e briozoi (piattaforma). Sono presenti verso terra depositi continentali a grana fine dovuti allo smantellamento del pendio retrostante. Lo spessore totale varia da 3,5 a 8,5 m. il contatto basale con il substrato (argilla marnosa di Cutro) è netto ed erosivo. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE.</i>
SVX		<b>Sintema di Soverito</b> – Depositi clastici molto male affioranti, dello spessore metrico. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE (TIRRENIANO).</i>
NNA <sub>b</sub> NNA <sub>a</sub>		<b>Sintema del Lago di Sant'Anna</b> – Si distinguono due facies: <b>Litofacies clastica – NNA<sub>b</sub></b> : Arenarie, conglomerati e biocalcareni con stratificazione incrociata concava, strutture di tempesta e gusci di molluschi (spiaggia sommersa), ghiaie con stratificazione a basso angolo (battigia), biocostruzioni algali minori (piattaforma), argille e sabbie con livelli ghiaiosi e concrezioni calcaree pedogenetiche (continentale), peliti e sabbie bioturbate con fauna a Cerastoderma sp. ed ostreidi (Baia o laguna). Lo spessore è molto variabile tra 4 e 16,5 m. Da notare la presenza di vertebrati fossili negli intervalli pelitici continentali. Il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo. <b>Litofacies biocostruita – NNA<sub>a</sub></b> : Calcari biocostruiti di piattaforma, spessi fino a 3 m, costituiti da un'impalcatura di alghe calcaree. Sono abbondanti anche briozoi, serpulidi, coralli e gusci di molluschi. il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo, ed è solitamente marcato da depositi clastici. <i>IONIANO;</i>
UNITÀ DEL BACINO CROTONESE		
KCR KCR <sub>a</sub>	PLIOCENE – PLEISTOCENE INF.	<b>Argilla marnosa di Cutro</b> – Argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente, talora con macrofauna (bivalvi e gasteropodi). Il contenuto micro paleontologico rileva un ambiente di deposizione batiale. Sono talora presenti livelli laminati dello spessore che arriva a 3 m. Locali slump nell'area di Capo Colonna. L'unità passa per alternanza all'arenaria di Scandale. Lo spessore totale è dell'ordine di 400 – 500 m. Facies di siltiti di colore giallo chiaro con scarso contenuto micropaleontologico, poste presso il passaggio per alternanza con l'arenaria di Scandale. Si presume un ambiente di piattaforma. <i>PIACENZIANO – CALABRIANO.</i>
ASD		<b>Arenaria di Scandale</b> – Arenarie giallastre con stratificazione incrociata concava e strati bioclastici di tempesta (spiaggia sommersa). Vi sono intervalli più massivi con pochi gusci di molluschi sparsi. I depositi formano dei cunei che si assottigliano verso est e si interdigitano con la parte inferiore dell'argilla marnosa di Cutro. Lo spessore arriva a 75 m, ma non è osservabile la base dell'unità. <i>PIACENZIANO – GELASIANO.</i>

### 2.3. Modello del sottosuolo

Di seguito viene rappresentato lo **schema dei rapporti stratigrafici** a rappresentazione del **modello geologico generale del sottosuolo** (*Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG*):



*Schema dei rapporti stratigrafici (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG);*



### 2.3.1. Unità del Bacino Crotonese

L'**arenaria di Scandale ASD** rappresenta, con l'argilla marnosa di Cutro, la parte più recente della successione del Bacino Crotonese. Tale formazione fu istituita da *Ogniben (1955)* con il nome di "molassa di Scandale", per indicare una formazione prevalentemente arenacea, comprendente un insieme di subgrovacche, grovacche quarzose, sabbie quarzose e conglomerati con il significato di unità arenacea basale della trasgressione medio - suprapliocenica nel Bacino Crotonese (*Fonte: Roda, 1965a*). *Roda (1964a)* identifica all'interno della formazione due membri: quello inferiore ("membro di Pedalacci") rappresentato da alternanze di sabbie e microconglomerati e quello superiore ("membro di Barretta") rappresentato da un'alternanza di banchi di sabbia e arenarie con intercalazioni pelitiche, litologicamente e faunisticamente simili a quelle osservabili nella soprastante argilla marnosa di Cutro. L'arenaria di Scandale è rappresentata in prevalenza da sabbie quarzose giallastre di spiaggia sommersa, spesso con stratificazione incrociata concava e strati bioclastici di tempesta. Il passaggio tra l'arenaria di Scandale e l'argilla marnosa di Cutro è marcato dall'affioramento di intercalazioni pelitiche di dimensione metrica all'interno dei banchi sabbiosi (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I depositi pelagici che costituiscono l'**argilla marnosa di Cutro KCR**, occupano gran parte dell'area d'interesse. Tali terreni risultano ottimamente esposti, con spessori che variano dalle diverse decine sino anche alle centinaia di metri, lungo l'intera dorsale collinare costiera che da Crotona arriva fino a Capo Colonna. (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*). Nella zona della Vrica fu istituito lo stratotipo del Calabriano. Questa sezione ha costituito, fino al 2009, il GSSP (Global Stratotype Section and Point) del passaggio Pliocene - Pleistocene, così come definito da *Aguirre & Pasini (1985)*. A seguito della recente definizione formale del sistema Quaternario da parte dell'IUGS, lo stratotipo è stato ridefinito come limite tra i piani Gelasiano e Calabriano all'interno del Pleistocene inferiore (*Fonte: Finney, 2010*). La parte più spessa della successione è quella rappresentata nella sezione della Vrica, potente circa 400 m (*Fonte: Selly et alii, 1977*). L'argilla marnosa di Cutro è costituita da una successione di argille e silt compatti di colore per lo più azzurro e grigiastro e più raramente giallastro.

Tali depositi, sulla base di dati relativi a foraminiferi bentonici (*Fonte: D'Onofrio, 1981*), ostracodi (*Fonte: Colalongo & Pasini, 1980*), molluschi (*Fonte: Tampieri in Selly et alii, 1977*) e resti di pesci (*Fonte: Landini & Menesini, 1978*) analizzati nella sezione della Vrica, dovrebbero essersi depositi in un ambiente marino profondo tra 500 e 800 m. In affioramento le argille ed i silt si presentano in genere massivi e non cementati, interessati da fratture estensionali e da bande giallastre di alterazione. Non di rado è possibile osservare la presenza di orizzonti costituiti da livelli argillosi laminati e cementati, con superfici ossidate di spessore variabile da una decina di cm fino ad oltre 3 m, che hanno consentito di raccogliere misure giacitureali. (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

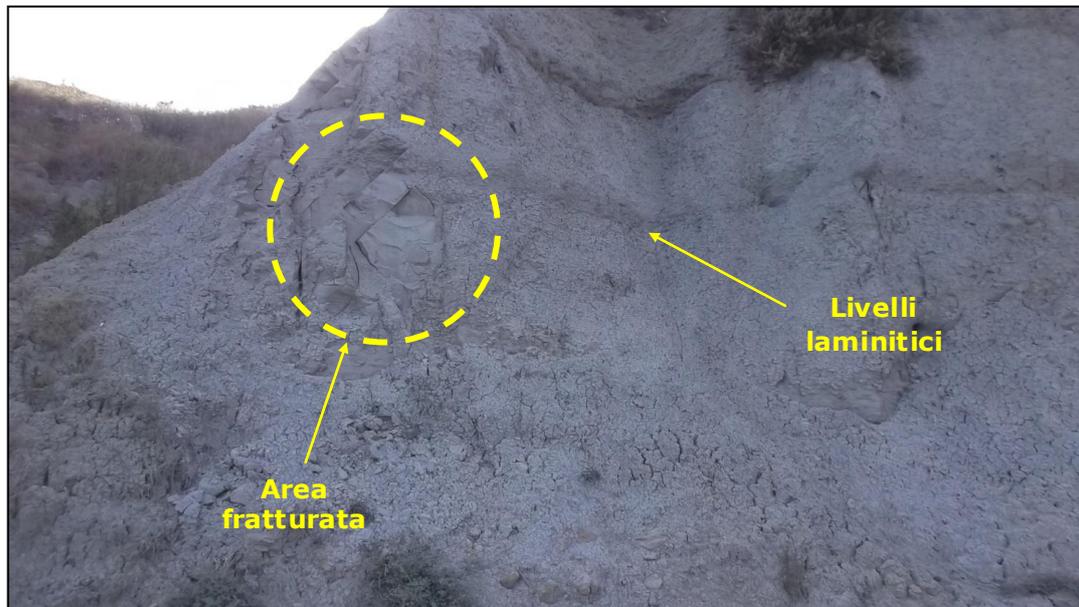


*Aspetto dell'Argilla Marnosa di Cutro "ripulita" dello strato superficiale alterato. In primo piano l'intervallo laminato. Zona centro urbano (giacitura media: [N 10° NW 10°] (direzione Nord 10°; immersione Nord-Ovest; inclinazione 10°);*

Non di rado è possibile osservare lungo le pareti subverticali della formazione argillosa "ripulita" dello strato superficiale alterato, piani di frattura di natura tettonica. Tali piani si presentano spesso di colore ocra e a litologia prevalente limosa e sabbiosa a granulometria molto fine.



Le argille sono interessate, spesso, da fratture estensionali e da bande giallastre di alterazione, quale risultato di azione di stress di epoca pre-pleistocenica.



*Strutture estensionali presenti all'interno della Formazione Argillo-marnosa di Cutro.*



### 2.3.2. Depositi marini terrazzati

I depositi del **sintema del Lago di S. Anna**, noti in precedenza come depositi del terrazzo di Cutro, costituiscono nell'area di studio numerosi lembi più o meno spessi, debolmente degradanti verso mare e talvolta dislocati da faglie dirette recenti con modesti rigetti. Il sintema è marcato alla base da una discordanza dovuta all'azione erosiva dell'onda durante una fase di trasgressione marina, mentre il tetto consiste in una superficie di esposizione subaerea. I depositi che costituiscono il sintema di S. Anna si distinguono in litofacies biocostruita e litofacies clastica. La **litofacies biocostruita  $NNA_a$**  consta di blocchi calcarei disarticolati di spessore non superiore a 2 m, sabbie di colore bruno con abbondanti bivalvi, depositi di arenarie fini e arenarie siltose bioturbate, localmente marcate alla base da un lag grossolano ricco di gusci e molluschi. La **litofacies clastica  $NNA_b$**  consta di sabbie e conglomerati di colore bruno rossastro, arenarie medie e grossolane con strutture di tempesta (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

Il **sintema di Soverito  $SVX$**  è rappresentato da una superficie piatta e inclinata verso mare, allungata in senso NE – SO per poco più di 1 km. Trattasi di depositi sia silicoclastici a stratificazione incrociata di mare basso, che carbonatici. Lungo i campi arati si rinvencono numerosi blocchi calcarenitici ricchi di gusci di molluschi. Le condizioni di affioramento dell'unità rendono incerta la valutazione del suo spessore, che comunque è dell'ordine del metro, mentre la diffusa copertura e antropizzazione impediscono l'osservazione diretta delle litologie (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

Il **sintema di Capo Cimiti  $UIC$**  si trova in corrispondenza della penisola di Capo Colonna, e si estende verso mare per circa 3 km, ed in senso N – S per circa 2,5 km. In corrispondenza della penisola di Capo Colonna, il deposito terrazzato mostra un'inclinazione media verso est di circa 1°, che decresce gradualmente nella stessa direzione, ed è dislocato da una faglia normale orientata ONO – ESE presso l'estremo orientale del promontorio. Trattasi di depositi prevalentemente di depositi silicoclastici, depositi carbonatici, sabbie medio – grossolane e conglomerati, arenarie medie a laminazione orizzontale, arenarie grossolane e molto grossolane a stratificazione incrociata concava. I clasti carbonatici derivano dallo smantellamento dei sintemi più antichi (del Lago di S. Anna e di Soverito) durante l'ingressione del mare (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).



### 2.3.3. Depositi olocenici

Le **sabbie dunari di Marinella NEL** rappresentano un deposito che si sviluppa in maniera pressoché continua, con decorso parallelo alla costa ed ampiezza che nelle aree settentrionali raggiunge i 300 m, mentre nelle aree più meridionali si riduce a qualche decina di metri. Si tratta di sabbie fini e finissime di colore giallastro. Il duneto confina verso ovest con i depositi alluvionali recenti e ad est con quelli della fascia costiera sabbiosa, dalla quale si stacca, formando una cresta che si eleva mediamente di qualche metro sul livello del mare e che nel settore settentrionale è interessata da copertura arborea. Spostandosi nelle aree meridionali, più densamente antropizzate, l'originario assetto di questo deposito è ampiamente modificato e mascherato (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi litorali terrazzati  $g_n$**  sono individuabili lungo la linea di costa a sud di Crotona, in un'area compresa tra il cimitero della città e punta S. Leonardo. Trattasi di depositi litorali formanti una piccola falesia spessa poco più di 2 m, immediatamente alle spalle della spiaggia attuale ed in appoggio sull'argilla marnosa di Cutro. Sono costituiti da un conglomerato basale più o meno cementato con ciottoli appiattiti di dimensioni massime fino a 10 cm, a cui seguono livelli laminati di sabbie rossastre a granulometria media grossolana, male o non cementate (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali terrazzati  $b_n$**  constano di depositi continentali di origine alluvionale, poggiati direttamente sull'argilla marnosa di Cutro. Sono costituiti per lo più da sabbie non cementate di colore marrone e rossiccio, a grana da media a grossolana, con abbondante matrice e con rari livelli conglomeratici a clasti di dimensioni al massimo di 2 – 3 cm per lo più silicoclastici. Sono stati inoltre osservati paleo suoli di spessore decimetrico contenenti noduli calcarei e rari livelletti argillosi verdastri anch'essi di spessore decimetrico (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali recenti  $b_b$** , in genere misti a prodotti di dilavamento dei versanti, coprono i fondovalle principali e costituiscono il lembo di piana costiera, localmente larga 2 km, posto tra Crotona e la valle del Neto. Non sono stati osservati tagli naturali che permettano di analizzare la costituzione di tali terreni. In ogni caso, vista la natura dei terreni affioranti nell'area, si può ipotizzare che questi siano composti da una frazione fine argilloso – siltosa preponderante legata all'erosione dei depositi dell'argilla marnosa di Cutro e da



clasti e blocchi anche di dimensioni notevoli, sia carbonatici che arenacei, connessi al disfacimento dei depositi più grossolani (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali attuali**  $b_a$  constano di ghiaie e sabbie alluvionali dello spessore di qualche metro osservabili lungo l'alveo del vallone Cacchiavia, a nord dell'abitato di Papanice, e del Fiume Neto (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi litorali**  $g_2$  sono tipicamente costituiti di sabbie quarzose da medie a grossolane, localmente con elementi ghiaiosi, e sono distribuiti lungo una stretta fascia avente una massima estensione dell'ordine dei cento metri. Nel tratto meridionale, i depositi litorali sono delimitati alle spalle dalla falesia impostata sull'argilla marnosa di Cutro, e possono essere in parte coperti dal detrito derivante dai depositi del sistema di Capo Cimiti, in particolare nel tratto settentrionale del promontorio di Capo Colonna. A nord di Crotona, e fino al limite settentrionale, i depositi litorali passano verso terra ai depositi eolici delle sabbie dunari di Marinella (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

Nell'area di studio falde detritiche di spessore considerevole, tale da obliterare il substrato, sono state cartografate lungo un tratto del pendio a monte del sistema di Capo Cimiti ed in sinistra orografica della Valle lampa, nei pressi di Papanice. Nella prima località è osservabile un deposito detritico a grossi blocchi, in alcuni casi plurimetri, derivante dal disfacimento dei depositi misti carbonatici e silicoclastici del sistema del Lago di S. Anna. Nella seconda località, in un taglio artificiale, è visibile un deposito detritico spesso almeno 3 m di colore giallognolo, costituito da una matrice per lo più argilloso - sabbiosa con blocchi di dimensioni anche metriche, derivanti dal disfacimento del sovrastante sistema del Lago di S. Anna. Falde detritiche di spessore minore sono inoltre presenti a monte di località Casino Micesi, nella porzione centro - meridionale della tavoletta. Queste falde detritiche, da cui emergono lembi del sistema del Lago di S. Anna, sono costituite da blocchi anche di dimensioni metriche, per lo più calcarenitici, derivanti esclusivamente dall'erosione dello stesso sistema del Lago di S. Anna. Lungo quasi tutti i versanti dell'area di studio è possibile osservare blocchi eterometrici derivanti dallo smantellamento del sistema del Lago di S. Anna, talvolta di dimensioni variabili da centimetriche a metriche, in appoggio sull'argilla marnosa di Cutro (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

## 2.4. Geositi

### 2.4.1. Stratotipo della base del Calabriano a Vrica

Il GSSP di Vrica rappresenta la base del Calabriano ed è stato definito dalla Commissione Internazionale per la Stratigrafia (ICS) e ratificato dall'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS) nel 1985.



*GSSP La Vrica. Latitudine 39°02'14.9" N, Longitudine 17°08'3.4" E;*

Lungo una successione continua di argille–siltose grigie dello spessore di circa 500 m, depositatasi dal Pliocene medio al Pleistocene Inferiore, è stata individuata una Sezione stratigrafica, denominata Sezione Vrica (calanchi di Vrica), di circa 306 m di potenza che costituisce uno degli otto GSSP italiani. La sezione individuata è costituita da argille marnose, di colore dal grigio scuro al grigio blu, intercalate a livelli di piccolo spessore, di colore nerastro, di melme organogene (“orizzonti sapropelitici”).



I sedimenti si sono depositati al di fuori della piattaforma continentale e più precisamente nella zona epibatiale – da 500 a 1000 m. I depositi che costituiscono la sezione sono ricchi di fossili che sono stati presi in considerazione ai fini bio-cronostratigrafici. La Comunità Scientifica ha constatato che il limite Q/N si trova in concomitanza con il deterioramento climatico messo in evidenza dal cambiamento di fauna marina. La comparsa nel mediterraneo del *Cytheropteron testudo* (ostracode che vive a temperature che vanno dai -2 ai +10C°), primo “ospite freddo” presente nella Sezione di Vrica viene considerata uno dei criteri dominanti per distinguere il Pliocene dal Pleistocene.

L’individuazione della Sezione Vrica quale Stato Tipo del limite Neogene/Quaternario è in massima parte dovuta al lavoro iniziato negli anni 50 da un folto numero di ricercatori italiani studi che hanno raggiunto il massimo sviluppo nel 1975; da allora, la sezione in oggetto è stata ritenuta la più idonea a rappresentare questo limite, con conferme che si sono susseguite nel tempo in congressi e meetings internazionali (“Symposium on the Neogene – Quaternario Boundary” tenutosi nel 1975. Convinzione ribadita al X° INQUA Congress (*Fonte: Birmingham 1977*) e in occasione del XXVI° Congresso Geologico Internazionale 1980.

La Sezione Vrica ha assunto la sua importanza come GSSP anche in considerazione dei numerosi studi di carattere paleontologico, biostratigrafico, magnetostratigrafico, geocronometrico effettuati da numerosissimi specialisti.

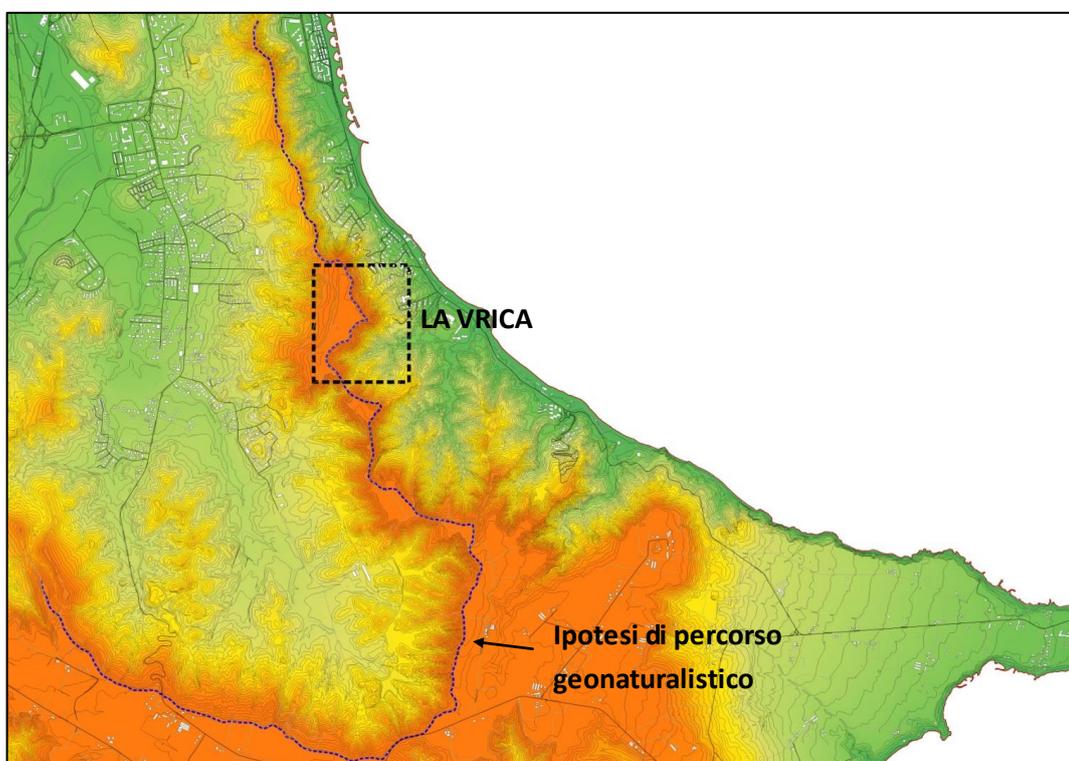
Le specie fossilifere presenti sono: Foraminiferi planctonici, e bentonici, molluschi, piccoli ostracodi (*Cytheropteron testudo*) ed ittofauna (Teleostei).

Gli elementi caratterizzati il geosito sono:

- **Litologia caratterizzante:** Argille marnose e siltose, dal grigio scuro al grigio-azzurro, con intercalati livelli sapropelatici grigio-rosa abbastanza evidenti;
- **Altre litologie caratterizzanti:** Argille marnose e siltose, dal grigio scuro al grigio-azzurro, con intercalati livelli sapropelatici grigio-rosa abbastanza evidenti

Il GSSP di Vrica ricade in un’area geologica caratterizzata da un substrato di argille marine risalenti

al Plio – Pleistocene (circa 2 milioni di anni fa) sul quale si sono messe in posto successivi sedimenti marini pleistocenici terrazzati. Le argille sono spesse anche 300 m ed hanno qui una notevole componente siltosa e sabbiosa; sono di colore grigio-azzurro e conservano molti resti di foraminiferi (microfossili marini). Le sovrapposte formazioni, di età successiva, sono generalmente terrazzate e costituite da sabbie, ghiaie e conglomerati; non mancano intercalazioni di rocce calcaree di origine algale e biostromali originatesi, cioè, da frammenti di organismi marini a scheletro calcareo. La diversità litologica ha dato forma a due distinte zone geomorfologiche: una imposta sulle argille che presenta un andamento collinare moderato e caratteristiche forme di erosione dette calanchi; l'altra è una morfologia di tipo tabulare, leggermente inclinata verso la costa ed interessata dai terrazzi marini. I terreni terrazzati sono stati soggetti ad intensi fenomeni di erosione da parte del mare a partire dal Pleistocene. Infatti, elevati fino a quote di centinaia di metri sul livello del mare, rappresentano forme fossili di erosione delle coste. Dal punto di vista paleoclimatico, sono elementi geomorfologici molto importanti perché ogni terrazzo è la testimonianza delle grandi oscillazioni nel tempo del livello del mare.



*Ipotesi di percorso geonaturalistico area Vrica – Stuni;*



### 3. GEOMORFOLOGIA E LINEAMENTI DEL TERRITORIO

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di una serie di dorsali collinari a modesta elevazione che nelle aree interne ed occidentali superano di poco i 200 m s.l.m., separate da un reticolo dendritico di valli fluviali piuttosto ampie. I corsi d'acqua che attraversano queste valli sono per lo più a carattere stagionale (fiumare calabre) e tra questi i principali sono il Fiume Neto, a nord, ed Esaro, che sfocia circa 1 km a nord del centro di Crotona. Proprio dall'abitato di Crotona, in direzione nord lungo la costa ionica, si estende un'ampia piana costiera che giunge fino alla valle del Neto. Le valli fluviali principali e le dorsali collinari che le delimitano sono orientate N - S, NNE - SSO e ENE - OSO nella porzione meridionale, mentre in quella settentrionale il trend è NO - SE ed E - O.

Le unità stratigrafiche che occupano interamente l'area sono l'argilla marnosa di Cutro, i terrazzi pleistocenici e quelli alluvionali più recenti che si differenziano chiaramente anche nella morfologia legata alla diversa erodibilità delle rocce che le compongono.

Una morfologia collinare dolce, sovente interessata da un'intensa erosione di tipo calanchivo, localizzata soprattutto nei rilievi posti a ridosso della costa, interessa l'argilla marnosa di Cutro. In tali depositi, nonostante le argille siano la litologia decisamente prevalente, mancano fenomeni franosi rilevanti mentre è stato possibile osservare, soprattutto dopo periodi piovosi, piccoli smottamenti. Mentre nel settore meridionale, in particolare nell'area costiera a sud di Crotona (tra le aree della Vrica e del Semaforo), i fenomeni calanchivi sono ben sviluppati, nel settore settentrionale questi sono meno cospicui. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che l'area settentrionale presenta in generale un'acclività molto bassa che, determinando lo sviluppo di una bassa energia di versante, causa la limitata diffusione di forme di erosione accelerata. La formazione e lo sviluppo di forme calanchive con fenomeni di migrazione dei fondovalle, nel settore nord sono limitate alle aree di Timpone di Santa Marina, Timpone di Brasimato, Manco di Brasimato e Celestrino.



Una morfologia generalmente tabulare, leggermente inclinata verso la costa, caratterizza i terrazzi marini, i cui depositi formano i sistemi di Lago di S. Anna, di Soverito e Capo Cimiti, costituiti da depositi calcarei e silicoclastici in genere ben cementati. L'attuale espressione del sistema del Lago di S. Anna consiste in una serie di lembi caratterizzati da superfici per lo più sub - orizzontali e leggermente inclinate verso mare, occupanti la sommità di numerose dorsali collinari. I depositi del sistema del Lago di S. Anna sono bordati verso mare in corrispondenza delle dorsali della Vrica e del Semaforo da una scarpata erosionale bruscamente degradante verso l'attuale linea di costa a nord e verso Capo Colonna a sud. Su alcuni lembi di terrazzo, in particolare quelli posti nel settore centrale del Foglio, la morfologia è più complessa e caratterizzata da una superficie irregolare costituita da una serie di "mammelloni" separati da ampie incisioni.

Nel tratto sud - orientale, invece, il sistema di Capo Cimiti si estende verso mare per 3 km formando il promontori leggermente inclinato verso est di Capo Colonna. Lo smembramento dei depositi terrazzati è la diretta conseguenza sia dell'arretramento delle testate vallive e della rapida erosione dei fianchi delle valli, facilitata dalla natura erodibile dei litotipi argillosi, che della neotettonica. I principali processi di degradazione sui depositi dei terrazzi sono rappresentati dalla pedogenesi e soprattutto dalle attività antropiche, spesso così intense da obliterare o distruggere completamente le strutture primarie del deposito.

Una morfologia collinare più aspra è invece osservabile nel settore nord - occidentale del Foglio, in corrispondenza dell'area di affioramento dell'arenaria di Scandale. La dorsale di Serra di Timperosso, il Timpone della Vecchia e la zona collinare su cui si trova Rocca di Neto sono esempi di questa morfologia, caratterizzata a volte da pareti verticali localmente associate all'attività di faglie normali. L'alternanza tra intervalli arenacei e pelitici è spesso evidenziata da uno stacco morfologico tra morfologie più dolci, in corrispondenza delle litologie più fini ed erodibili, e più aspre in corrispondenza delle litologie più grossolane (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).



### 3.1. Processi geomorfologici

#### 3.1.1. Dissesti di versante

Dalla sovrapposizione dei dati vettorializzati relativi alla cartografia PAI e dal progetto IFFI, sono state riconosciute le **instabilità di versante** :

Tipologia	Quantità	Stato di attività		
		Attiva	Quiescente	Non definito
<i>Crollo/Ribaltamento</i>	-	-	-	-
<i>Scorrimento</i>	<b>5</b>	1	4	-
<i>Colata</i>	<b>1</b>	1	-	-
<i>Complessa</i>	<b>1</b>	-	1	-
<i>Non definito</i>	<b>15</b>	3	7	5

*Dati relativi alle frane (Fonte: PAI ed IFFI);*

Oltre quanto reperito dai progetti menzionati, per le instabilità di versante, è stato operata un'attenta analisi fotointerpretativa coadiuvata dal rilevamento geomorfologico di elevato dettaglio. Le stesse sono state considerate nel presente studio quali aree soggette a fenomeni gravitativi dal cinematismo e stato di attività non definito.

**NELLA FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL P.S.C. SARÀ APPROFONDITO LO STUDIO GIÀ ESEGUITO E RELAZIONATO PER MEZZO DI FOTO E DETTAGLI DEI SINGOLI FENOMENI FRANOSI MAPPATI.**



### 3.1.2. Erosione

I processi di degradazione meteorica (*weathering*) sono costituiti dall'insieme delle modificazioni fisiche e chimiche che una roccia subisce al contatto con gli agenti atmosferici. Essi hanno come risultato quello di produrre una disgregazione della roccia in elementi più piccoli e disaggregati o di procedere ad una trasformazione chimica dei minerali costituenti; in entrambi i casi si può giungere alla parziale o totale scomparsa della roccia stessa. La forza di gravità è una forza motrice naturale di trasporto, ed è uno dei fattori fondamentali della morfogenesi terrestre.

I processi morfogenetici che causano il modellamento dei versanti si possono riassumere in due categorie:

- **Processi di alterazione della roccia in sito:** *degradazione fisica (crioclastismo e termoclastismo)* ed *alterazione chimica* portano alla formazione di un mantello detritico che a seconda della pendenza del versante può restare in posto o scendere lungo di esso;
- **Processi di erosione e trasporto dei prodotti alterati** (*gravità, acque dilavanti*).

	Processi	Rocce	H <sub>2</sub> O	Agenti	Prodotti	Zone climatiche
FISICI	<i>Crioclastismo</i>	Tutte	Si	Ghiaccio	Crioclasti	Freddo umide
	<i>Termoclastismo</i>	Tutte	No	Radiazione solare	Termoclasti	Caldo aride
	<i>Idroclastismo</i>	Argillose	Si	Acqua	Idroclasti	Umide
	<i>Aloclastismo</i>	Tutte	Si	Sali	Aloclasti	Varie
	<i>Bioclastismo</i>	Tutte	No	Organismi viventi	Bioclasti	Varie
CHIMICI	<i>Idratazione</i>	Alcune	Si	Acqua	Idrati	Umide
	<i>Ossidazione</i>	Alcune	No	Ossigeno	Ossidi	Varie
	<i>Idrolisi</i>	Silicatiche	Si	Acqua	Minerali residuali	Caldo umide
	<i>Azioni biochimiche</i>	Tutte	No	Organismi viventi	Suoli	Varie
<b>SOLUZIONE O CORRAZIONE</b>		Rocce solubili	Si	Acqua e CO <sub>2</sub>		Umide

*Schema sintetico dei processi fisici e chimici di alterazione della roccia (<http://www.regione.sicilia.it> - *Rischio\_geologico\_a1.ppt*);*



Le acque piovane costituiscono uno dei più importanti agenti morfogenetici, producono rilevanti effetti geomorfologici legati sia all'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno (inglese: *raindrop erosion*), sia all'azione dello scorrimento dell'acqua in superficie, ossia al ruscellamento (*runoff*) (Fonte: PANIZZA, 1988). I processi che ne derivano sono detti di dilavamento o di erosione pluviale. Le acque piovane, raggiunta la superficie terrestre, in parte possono infiltrarsi in profondità, nel suolo e nel sottosuolo, in parte possono scorrere sulla superficie se questa è appena inclinata, originando un flusso superficiale diretto secondo la massima pendenza.

Questo fenomeno provoca sulla superficie del terreno l'asportazione e il trasporto di particelle solide, di suolo e di roccia, verso la parte bassa del versante, dove il materiale eroso può accumularsi formando depositi denominati colluviali (*colluvium*). In tali processi l'acqua interviene come agente diretto di erosione, trasporto e deposito; è infatti l'energia dell'acqua che si trasmette alle particelle di terreno.

Le acque piovane dapprima si dispongono a velo e scorrono disordinatamente, per questo sono dette "selvagge" o "ruscellanti" o "di dilavamento" o "dilavanti". Successivamente tendono ad organizzarsi e incanalarsi in un alveo stabile, scorrono in un reticolo idrografico, perciò sono denominate "incanalate". E' evidente che non si può mettere un limite preciso dove termina l'azione delle acque dilavanti e dove comincia quella delle acque incanalate, che rientra nella dinamica fluviale.

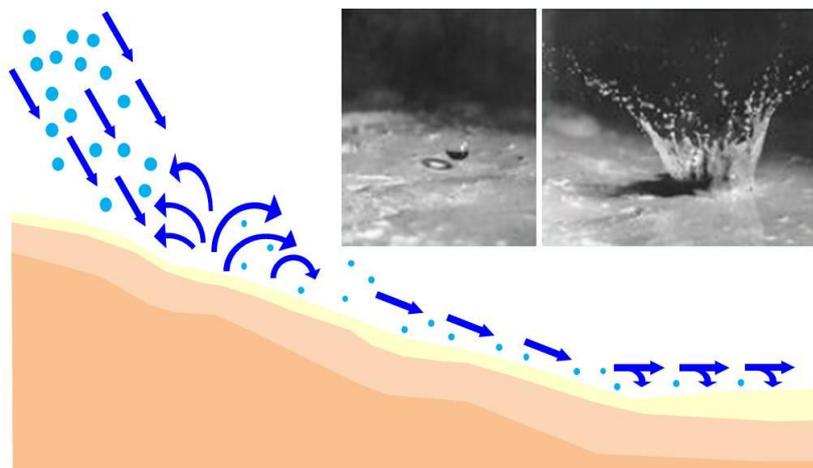
Le acque incanalate producono erosione lineare o fluviale che consiste nell'asportazione di materiale dal letto e dalle sponde del corso d'acqua. In particolare si parla di erosione verticale o di fondo, per quella esplicita dall'acqua corrente sul fondo dell'alveo, attraverso la quale esso tende sempre più ad approfondirsi. A questo tipo di azione si può associare l'erosione laterale od orizzontale o di sponda, che agisce lateralmente sulle sponde producendone lo scalzamento; in questo caso il corso d'acqua tende ad allargare il suo letto.

In questa sede trattiamo solo i fenomeni erosivi dovuti alle acque dilavanti che interessano i versanti, poiché quelli causati dalle acque incanalate riguardano la dinamica fluviale. Le acque di dilavamento danno luogo all'erosione areale o superficiale, che si esplica sulle zone di interfluvio comprese tra due alvei, ossia sui versanti.

Le acque piovane esercitano due distinte azioni erosive: una di distacco delle particelle dovuta agli urti delle gocce di pioggia che colpiscono il suolo (*splash*) e ai successivi processi chimici e fisici di disgregazione; l'altra di trasporto delle particelle distaccate, per effetto delle acque dilavanti.

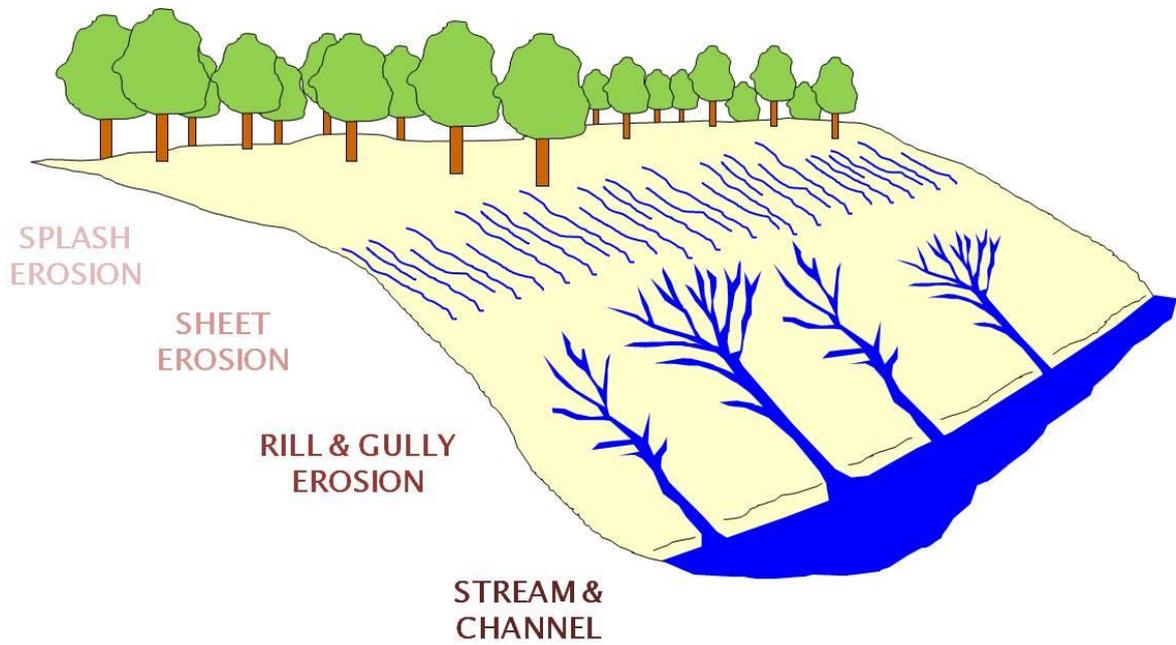
Connessa al trasporto delle particelle distaccate è l'abrasione del suolo e delle rocce ad opera delle stesse particelle trasportate dall'acqua. Il dilavamento è un fenomeno discontinuo nel tempo, la cui entità dipende in prevalenza dall'intensità, dalla durata e dal tipo di precipitazione, dall'infiltrazione, dal tipo di copertura vegetale, dalla rugosità della superficie del terreno, dalla resistenza all'erosione del terreno, dalla pendenza e lunghezza dei versanti e dai fattori antropici (*Fonte: CASTIGLIONI, 1986*).

Le azioni di mobilitazione e trasporto prodotte dalla limitata energia cinetica posseduta dalle acque dilavanti, interessano di solito le particelle di piccole dimensioni, corrispondenti alla "terra fine", cioè argilla, limo e sabbia, e ai minuti residui vegetali; tuttavia la frequenza con la quale si susseguono tali fenomeni contribuisce in modo sostanziale all'arretramento dei versanti, all'abbassamento delle creste e alla produzione di ingenti quantità di materiale solido da trasportare.



*Schema di progressione dell'erosione della pioggia a partire dalla splash erosion;*

L'azione erosiva del dilavamento superficiale si può spiegare, con modalità diverse, come effetto dell'azione areale del ruscellamento. Le modalità di maggior rilievo per quanto riguarda il dissesto geologico-idraulico sono: "Erosione areale per ruscellamento diffuso" e "Erosione a rivoli e solchi per ruscellamento concentrato".



*Dilavamento superficiale: tipi di erosione;*



### 3.1.2.1. Erosione areale per ruscellamento diffuso o erosione laminare

In inglese *sheet erosion*.

Le acque piovane, che non si infiltrano nel terreno, inizialmente scorrono in superficie in modo diffuso, sotto forma di una fitta rete anastomizzata di filetti d'acqua, che si distribuiscono sul pendio in modo diverso da un evento pluviometrico all'altro. In tal modo l'acqua piovana, organizzata in filetti, produce un'erosione areale sui versanti, con energia variabile a seconda dell'acclività del pendio sul quale scorre e della presenza di ostacoli lungo il percorso.

L'acqua nel suo fluire mobilizza e poi trasporta le particelle lungo la linea di massima pendenza; infine, dopo un percorso generalmente non prolungato, queste possono essere abbandonate alla base dei versanti o in corrispondenza di riduzioni dell'acclività sui versanti, per formare depositi colluviali (*colluvium*). In seguito l'acqua può proseguire il suo cammino fino ad immettersi in rivoli più evoluti e, successivamente, in veri e propri corsi d'acqua; la maggior parte del materiale solido può essere coinvolto in diverse fasi di trasporto e deposito e può alimentare il trasporto fluviale.

Il suolo subisce un logoramento pressoché uniforme su tutta la superficie coinvolta, lo spessore interessato può essere molto variabile. Talvolta se l'erosione è particolarmente intensa e il suolo poco protetto si possono verificare troncare irreparabili del suo profilo.

Il fenomeno è particolarmente efficace sui terreni privi di copertura vegetale, già disgregati da processi di degradazione meteorica o sufficientemente impregnati d'acqua tanto da impedirne l'infiltrazione.

Generalmente i fenomeni di ruscellamento laminare evolvono verso una concentrazione in rivoli, facilitata dall'aumento dell'energia dell'acqua e dalla disomogeneità dei pendii.



### 3.1.2.2. Erosione per ruscellamento concentrato a rivoli e a solchi

In inglese *rill erosion* e *gully erosion*.

L'aumento della quantità o dell'intensità della pioggia, il suo prolungarsi nel tempo oppure il progressivo arricchimento delle acque di ruscellamento dalla sommità alla base dei versanti, determinano un progressivo incremento della portata, della velocità e quindi dell'energia, ovvero del potere di erosione e di trasporto delle acque che scorrono in superficie (*Fonte: PANIZZA, 1988*). Progressivamente le acque dilavanti tendono ad organizzarsi, i flussi idrici si concentrano in canali effimeri (*rills*) di scorrimento preferenziale, formano così lungo il pendio dei rivoli a regime intermittente, che tendono sempre più ad approfondirsi e subiscono continue modificazioni nel tempo e nello spazio.

Lo sviluppo dei rivoli è generalmente controllato dalla presenza di discontinuità morfologiche, litologiche, strutturali e della copertura vegetale. I solchi che si originano sono di solito profondi alcuni centimetri e quindi non costituiscono un ostacolo per le attività agricole potendo essere eliminati con semplici operazioni meccaniche.

Il progressivo approfondirsi dei rivoli, con il graduale aumento della concentrazione dell'acqua entro linee preferenziali, determina un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque dilavanti (*Fonte: PANIZZA, 1988*). I flussi idrici concentrati, dotati di portata e velocità di corrente elevate, producono un'erosione lineare accentuata (*gully erosion*), scavano incisioni di tipo stabile (*fossi, solchi di erosione e calanchi*) che possono raggiungere profondità considerevoli fino ad alcune decine di metri, comunque maggiori di 0,5 m, e attrarre a se ulteriore acqua che scorre nelle aree circostanti. Questi solchi non possono essere eliminati dalle lavorazioni agricole e quindi diventano permanenti.

Tali fenomeni non rientrano più nel dilavamento in senso stretto, poiché producono una forte concentrazione del flusso superficiale che determina il ruscellamento concentrato, collocandosi in una posizione intermedia tra il dilavamento e la dinamica fluviale.

L'erosione a solchi, una volta innescata, può evolvere rapidamente, approfondendosi, allungandosi e ramificandosi, con un progressivo arretramento delle testate delle incisioni. Interi versanti possono essere



coinvolti, in tal caso appaiono percorsi da un insieme di vallecole scavate da fossi molto ramificati e separati da creste a forma di lama (*Fonte PANIZZA, 1988*).

Le principali distinzioni dell'incisione a solchi rispetto a quella a rivoli sono basate sul maggiore sviluppo in lunghezza, larghezza e profondità dei primi rispetto ai secondi; inoltre l'evoluzione dinamica dell'erosione a solchi è diversa da quella a rivoli, in quanto la prima parte dal basso e risale il versante, la seconda procede al contrario dall'alto verso il basso. Nel caso dell'erosione laminare e per rivoli viene interessato generalmente il suolo, mentre nei solchi di erosione può essere coinvolto anche il substrato geologico, per spessori che possono raggiungere parecchi metri.

Il fenomeno di *gully erosion* si manifesta sovente lungo ruscelli confluenti in corsi d'acqua che hanno variato il loro livello di base. Altre cause predisponenti sono:

- affioramento di litotipi teneri, incoerenti o poco coerenti, alquanto erodibili, e poco permeabili, quali terreni prevalentemente argillosi, marnosi e tufi vulcanici; oppure affioramento di suoli sviluppati sulle citate litologie;
- fattori morfologici (forma, lunghezza e pendenza del versante);
- clima caratterizzato da lunghi periodi siccitosi alternati a piogge brevi e intense;
- assenza di copertura arborea e arbustiva.

Tra le forme di ruscellamento concentrato, una trattazione particolare meritano i calanchi (*calanco*). Sono forme di erosione concentrata che si originano su litotipi in prevalenza argillosi, facilmente erodibili. Si tratta di una fitta rete di vallecole separate da creste aguzze, con versanti ripidi e spogli, in rapida evoluzione. Tali processi iniziano con la formazione di una miriade di solchi che progressivamente si approfondiscono e si allungano a ritroso, ramificandosi e moltiplicandosi, riducendo la superficie tra un calanco e l'altro. La loro origine è legata alla velocità e alla quantità di scorrimento in superficie dell'acqua, a loro volta connesse con la struttura impermeabile delle argille e l'acclività dei solchi (*Fonte: CASTIGLIONI, 1992; PANIZZA, 1988*).

Il fattore genetico principale è la litologia, si originano in argille o in rocce argillose s.l., in particolare modo dove è presente una componente sabbiosa o carbonatica che consente ai versanti di mantenere una certa pendenza. I calanchi sono infatti caratteristici di pendii ripidi; per tale motivo sono particolarmente frequenti sui



versanti a reggipoggio. L'acclività del versante può essere determinata da dislocazioni tettoniche, da accentuata erosione lineare dei corsi d'acqua o anche da fenomeni franosi che creano localmente un aumento della pendenza del versante.

Interi versanti possono essere coinvolti da questo processo e venire ridotti a plaghe desertiche inutilizzabili (*Fonte: PANIZZA, 1988*).

La formazione e conservazione dei calanchi risulta favorita dalla presenza, al top delle argille, di una roccia di copertura resistente (*Fonte: DRAMIS et alii, 2005*).



### 3.1.3. Lineamenti costa ed erosione costiera

Prima di procedere con la descrizione dei principali lineamenti della costa crotonese è necessario inquadrare la stessa nell'ambito degli studi, recenti e pregressi, che hanno interessato i litorali calabresi.

Nell'ambito dell'analisi su scala regionale eseguita nell'“Indagine conoscitiva 2003” dall'*A.T.I.: TECHNITAL S.p.A, IDROTEC S.r.l., CONSORZIO OKEANOS (Settembre 2003)* la costa calabrese è stata suddivisa in unità costiere di base rappresentative, denominate “tratti costieri”. I criteri adottati per la definizione dei tratti sono stati:

- omogeneità della morfologia costiera (costa alta, costa bassa);
- presenza di elementi morfologici caratteristici (punte, capi, foci di fiumi);
- omogeneità di orientamento ed esposizione della costa;
- presenza di strutture particolarmente influenti sulla dinamica litoranea (porti, opere di difesa);
- lunghezza media del tratto costiero di ~10 km.

Per l'individuazione dei tratti sono state consultate dall'ATI le ortofoto del 1998 in scala 1:10.000 unitamente alla cartografia IGM 1:25.000 e 1:50.000. I tratti costieri così definiti sono 74 e coprono l'intero litorale regionale, numerati in senso orario a partire dall'alto Ionio (*Foce del Sinni*) fino al Golfo di Policastro nel Tirreno (*Castrocucco*).

Al fine di un maggior dettaglio per la redazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera, il litorale è stato ulteriormente scomposto in transetti, in numero di 3900, di lunghezza compresa tra 150 e 250 m in modo da poter svolgere tutte le elaborazioni all'interno di ciascun transetto. In un secondo momento i 74 tratti omogenei – e quindi i transetti – sono stati poi accorpati, secondo un criterio geografico e di omogeneità, in 21 aree di analisi (*Fonte: Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera – Relazione di Piano*).

Inoltre, nell'ambito dello studio per la caratterizzazione del clima ondoso lungo le coste della Calabria, il litorale calabrese è stato suddiviso in ventiquattro aree di studio, delimitate da significative variazioni della morfologia costiera (presenza di promontori, foci di corsi d'acqua, opere portuali) e numerate procedendo in

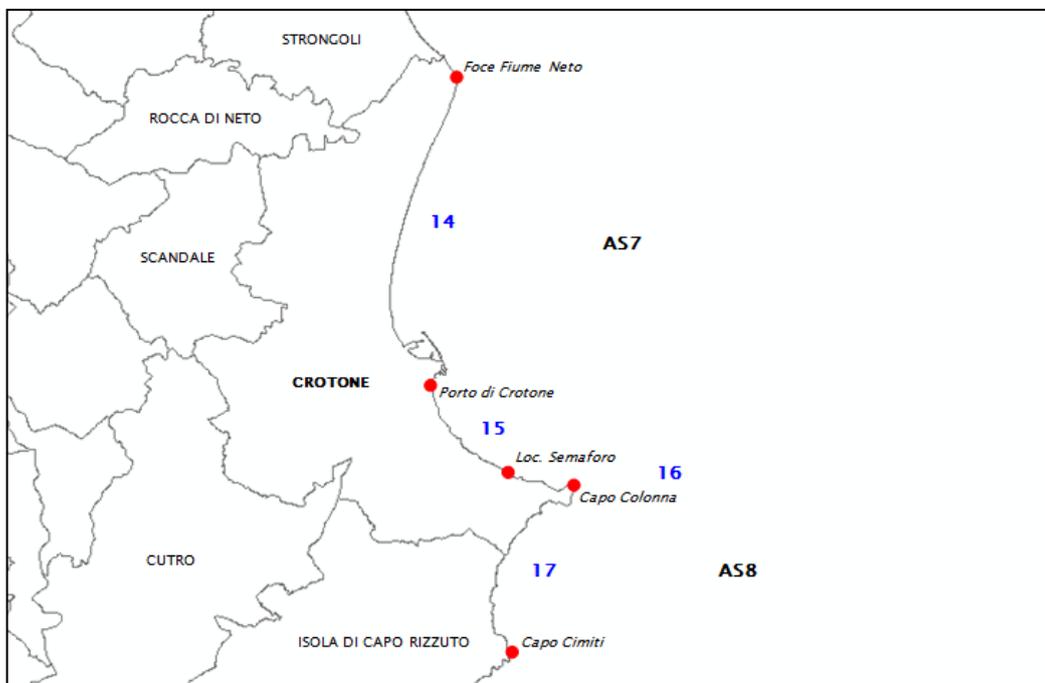
senso orario a partire dal confine con la Basilicata sul litorale ionico (*Fonte: Master Plan della fascia costiera calabrese - Appendice A, caratterizzazione del clima ondoso lungo le coste della Calabria*).

Di seguito si riporta la corrispondenza tra le aree di studio, le denominazioni contenute nel Master Plan, i tratti costieri e le aree di analisi così come identificate negli studi riguardanti la costa calabrese in riferimento al litorale crotonese:

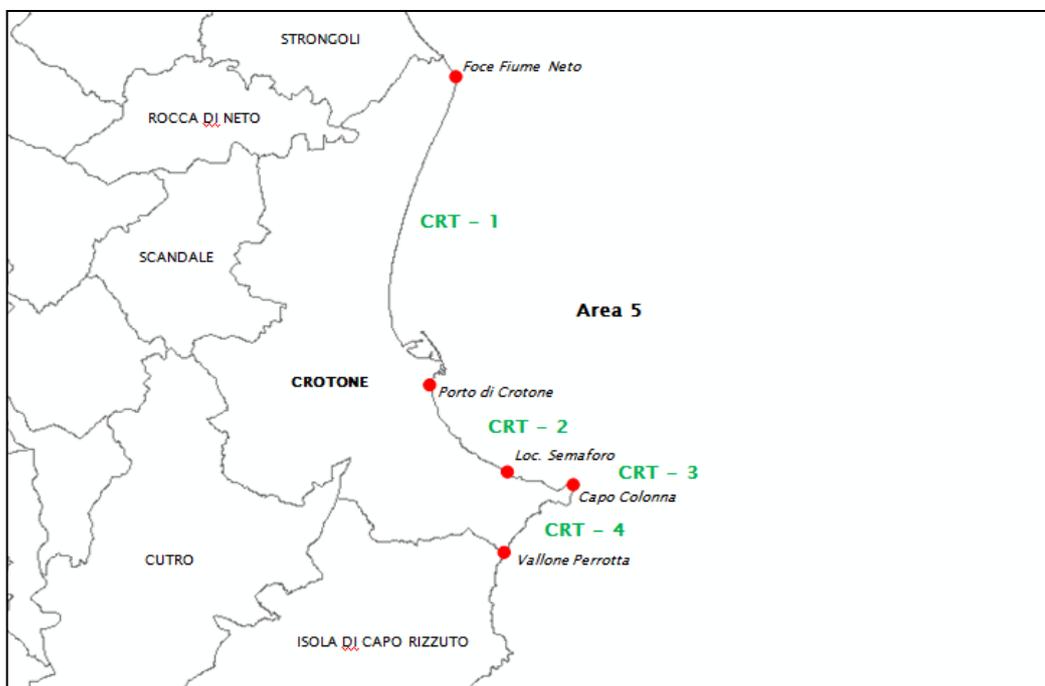
Comune	Aree di studio		Tratti costieri OKEANOS	Denominazione Master Plan		Aree di analisi PSEC
				CRT - 1	Foce Fiume Neto - Porto Crotona	
Crotona	AS7	Foce Fiume Neto Capo Colonna	14 - 15 - 16	CRT - 2	Porto Crotona - Loc. Semaforo	AREA 5 (Fino a Vallone Perrotta)
				CRT - 3	Loc. Semaforo - Capo Colonna	
				CRT - 4 (fino a Vallone Perrotta)	Capo Colonna - Vallone Perrotta (il tratto 17 termina a Capo Cimiti)	
Crotona - Isola Capo Rizzuto	AS8	Capo Colonna Capo Cimiti	17			

*Suddivisione in tratti della costa crotonese;*

Nelle figure di seguito riportate viene riproposta la suddivisione in tratti costieri relativamente alla costa crotonese la suddivisione secondo la denominazione contenuta nel Master Plan.



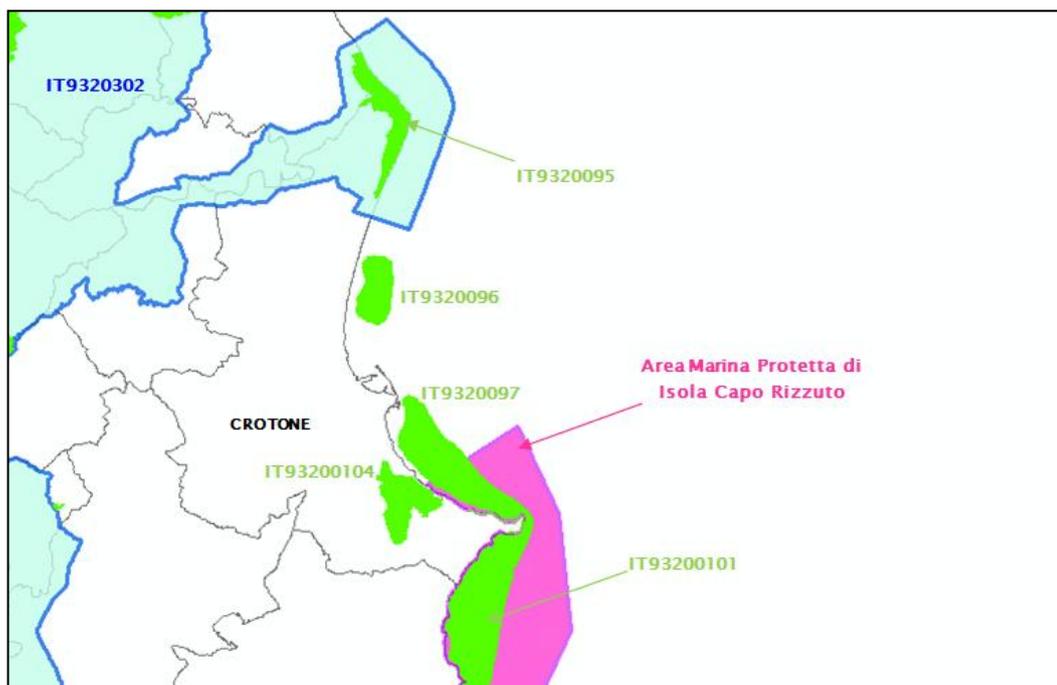
*Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri omogenei e aree di studio della costa crotonese (Fonte: Indagine conoscitiva 2003; Master Plan della fascia costiera calabrese);*



*Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri secondo la denominazione attribuita nel Master Plan della fascia costiera calabrese;*

Fatto il dovuto inquadramento dell'area, già trattata in diversi studi e da parte degli enti preposti, a partire dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico sino al Master Plan della fascia costiera calabrese, sono descritte nel presente Capitolo le caratteristiche generali, dapprima, e di dettaglio poi, della costa del Comune di Crotona.

Doveroso è l'esame della componente paesaggistico – ambientale del litorale di Crotona. Nell'Area 5 infatti sono individuate alcune emergenze ambientali a carattere speciale e comunitario:



*Localizzazione delle emergenze ambientali dell'Area 5;*

Sigla	Denominazione	Superficie	Tipo	Dominanza
IT9320095	Foce del Neto	649 ha	Sito a emergenze archeologiche ed architettoniche	Habitat umido – fluviale
IT9320096	Fondali di Gabella Grande	484 ha	SIC marino	Habitat marini
IT9320104	Colline di Crotona	608 ha	Sito a emergenze archeologiche ed architettoniche	Habitat montano – collinare
IT9320097	Fondali da Crotona a Le Castella	4453 ha	SIC marino	Habitat marini
IT9320101	Capo Colonna	33,5 ha	SIC costiero – dunale; sito di interesse storico – archeologico	Habitat costiero
IT9320302	Marchesato di Crotona e Fiume Neto	70200 ha	Zona a Protezione Speciale	Habitat montano – collinare

*Descrizione delle emergenze ambientali dell'Area 5;*

Inoltre è evidente l'Area Marina Protetta (AMP) di Isola Capo Rizzuto, istituita, a seguito dell'emanazione della Legge Quadro sulle aree protette (L. 394/91), con Decreto interministeriale del 27/12/1991, successivamente sostituito dal decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 19/02/2002.



Tale area è stata definita col fine di preservare l'ambiente costiero e marino per una superficie di 14.721 ha e 42 Km di costa, tra i Comuni di Crotona e Isola Capo Rizzuto. Come già detto in precedenza, l'Area 5 corrisponde alle sub - unità fisiografiche n°14, 15, 16 e parte della 17. Inoltre così come da *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*, la stessa è identificata in quattro tratti, nello specifico:

1. Tratto di costa tra la Foce del Fiume Neto ed il Porto di Crotona (CRT - 1) (sub - unità 14);
2. Tratto di costa tra il Porto di Crotona e Località Semaforo (CRT - 2) (sub - unità 14);
3. Tratto di costa tra Località Semaforo a Capo Colonna (CRT - 3) (sub - unità 14);
4. Tratto di costa tra Capo Colonna e Vallone Perrotta (CRT - 4) (parte della sub - unità 17);

Prima di vedere nel dettaglio i quattro tratti costituenti l'Area 5, vediamo la stessa nel suo insieme. Il tratto di costa compreso tra la Foce del Fiume Neto e il Porto di Crotona, è costituito in larga parte da ampie spiagge ( $L > 50$  m) con pochi e brevi tratti di spiaggia media e ristretta ( $20 \text{ m} < L < 50$  m). La parte di litorale che va dal porto a Loc. Semaforo, è invece caratterizzato da spiagge medie cui si alternano rari tratti rocciosi. Infine il litorale corrispondente con le sub - unità fisiografiche 16 e 17, risulta roccioso, con costa alta scogli e promontori. Dal punto di vista sedimentologico, l'apporto solido dei corsi d'acqua, è principalmente costituito da materiale fine e sabbioso. Nella sub - unità 16 l'apporto solido è pressoché nullo. I dati granulometrici disponibili e relativi a campioni prelevati dalla battigia alla batimetrica - 7 (*Fonte: Indagini lungo il litorale tra Rocca Imperiale e Capo Colonna - Società per le ricerche marine s.n.c., 1993*), riferiscono le seguenti caratteristiche:

- Dalla Foce del Fiume Neto al Porto di Crotona:
- Dalla battigia fino a 2 m di profondità. Le sabbie sono grossolane con  $D50 = 0,8 - 1,4$  mm;
- Dalla batimetrica -2 alla -3 m, le sabbie degradano a medie con  $D50 = 0,25 - 0,30$  mm;
- Dalla batimetrica -3 m fino alla -7 m, sono presenti sabbie fini con  $D50 = 0,15 - 0,20$  mm;
- Dal Porto di Crotona a Capo Colonna sono presenti sabbie fini, con  $D50 = 0,15 - 0,20$  mm, e ghiaie - sabbie medie in prossimità delle porzioni rocciose  $D50 = 0,25 - 3,00$  mm;



La direzione netta del trasporto solido potenziale è sostanzialmente Sud – Nord, con inversione a Nord – Sud nelle vicinanze della Foce del Neto.

### Tratto CRT – 1

**Dinamica litoranea:** Il tratto interposto tra la Foce del Fiume Neto ed il Porto di Crotona (circa 18 Km), è costituito da una costa bassa caratterizzata da un'ampia piana alluvionale, con spiagge continue ma limitate in ampiezza (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*”).

Il tratto è generalmente esposto ai venti del quadrante meridionale orientale (Libeccio) e alle mareggiate da E e NE (Grecale). Il trasporto solido litoraneo netto, nel tratto compreso tra la Foce del Neto e la Località Gabella, è diretto da N verso S, per poi invertire nel successivo tratto fino al Porto di Crotona. La Foce del Neto, confine di sottounità fisiografica, rappresenta, pertanto, un punto di divergenza del trasporto litoraneo; mentre in prossimità della Località Gabella, è situato un punto di convergenza del trasporto litoraneo (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*”). Nel tratto di litorale la spiaggia, fino alla quota di -2,00 m, è costituita prevalentemente da sabbie grossolane con D50 tra 0,8 e 1,4 mm. Tra le quote -2,00 e -3,00 m, la spiaggia è costituita prevalentemente da sabbie medie con D50 tra 0,25 e 0,30 mm, e tra le quote -3,00 e -7,00 da sabbie con D50 compreso tra 0,15 e 0,20 mm (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*”).

Il tratto è caratterizzato da una discreta stabilità morfodinamica e da profili trasversali alla spiaggia emersa e sommersa che appaiono regolari lungo tutto il tratto e che, appunto, sembrano garantire un certo equilibrio sedimentario. D'altra parte le caratteristiche granulometriche della spiaggia, la conformazione della stessa, e l'analisi dell'evoluzione nel tempo della linea di riva sembrano confermare una sostanziale stabilità morfodinamica su tutto il tratto. Peraltro, le ampie fasce a ridosso della linea di battigia consentono ampiamente la dissipazione in sicurezza del moto ondoso incidente derivante dagli eventi estremi, mantenendo valori di risalita dell'onda al limite della battigia del tutto compatibili con la conservazione della spiaggia (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*”).

**Alimentazione torrenti:** pur essendo l'area interessata da bacini di un certo rilievo (*Esaro, Passovecchio*), l'apporto solido e relativo sviluppo di estuario focale sembrerebbe dovuto esclusivamente al Fiume Neto. Gli



apporti solidi verso la costa rispecchiano le caratteristiche granulometriche dei litotipi costituenti i bacini sottese e sono prevalentemente di tipo fine (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

## Tratto CRT – 2

**Dinamica litoranea:** Il tratto interposto tra il Porto di Crotona e Località Semaforo (*circa 5,5 Km*) è distinguibile in due ulteriori tratti. Il primo va dal Porto di Crotona sino a Loc. Case Donato, dominato dalle colline argillose - marnose che si spingono quasi fino alla linea di costa, lasciando il posto a spiagge molto ristrette in ampiezza ma piuttosto continue nel loro sviluppo longitudinale. Il secondo tratto va da Loc. Case Donato sino alla Loc. Semaforo, che rappresenta il limite tra le sub - unità fisiografiche 15 e 16, ed è fondamentalmente costituito da una costa alta, di elevazione massima sul livello del mare di circa 45,00 m. In questo tratto la linea di battigia è poco evidente per la presenza di diffusi depositi caotici di blocchi arenacei (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

Il tratto in esame è fortemente esposto alle mareggiate di Levante - Grecale e ai venti di Tramontana, mentre risulta protetto il promontorio di Capo Colonna dai venti del quadrante meridionale. Un'analisi più minuta, effettuata sotto gli aspetti squisitamente idrodinamici e tenendo conto di entrambi i parametri che definiscono la profondità di chiusura del sistema come sopra specificati, conduce a identificare tre sotto - tratti, procedendo da Sud verso Nord, aventi le seguenti caratteristiche morfodinamiche:

1. San Leonardo - dalla località Semaforo fino al pennello della passeggiata immediatamente a sud della spiaggia di Sanità. Il tratto, lungo 5,5 km, è caratterizzato nella parte Sud, da spiagge lunghe, mantenute dalle sporgenze principali di Capo Donato e del pennello artificiale realizzato davanti Via Siris, dove inizia l'abitato della città. Da questo pennello, procedendo verso Nord per un tratto di 400 m sono presenti 9 scogliere foranee, a tergo delle quali si rilevano dei tomboli che costituiscono una spiaggia continua. Per i 400 m a Nord del tratto, la spiaggia ha un andamento ad arco e presenta una bassa pendenza del fondale.
2. Spiaggia Sanità: la spiaggia, lunga 300 m, è confinata tra il pennello della passeggiata a mare e il Molo Sanità, che svolge le funzioni di sottoflutto del Porto Vecchio. Gli scambi di materiale con le



sotto-unita limitrofe sono ridotti, come si evince dalla analisi delle variazioni della spiaggia nel tempo a seguito delle modifiche delle opere che la confinano.

3. Porto vecchio di Crotona: il Molo Sanita costituisce la separazione tra la spiaggia e il bacino portuale; tuttavia, dato che la profondita della bocca del porto e interna all'area dei frangenti, vi e un ingresso di materiale nel bacino portuale cui va fatto fronte con dragaggi periodici. Nel tratto di litorale la spiaggia e costituita prevalentemente da sabbie fini con D50 tra 0,15 e 0,20 mm (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area e poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici di estensione inferiore ai 2 Km<sup>2</sup>. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).



### Tratto CRT – 3

**Dinamica litoranea:** il tratto che va da Loc. Semaforo a Capo Colonna è a falesia, con elevazione massima di circa 20,00 – 25,00 m s.l.m.). La linea di battigia è poco evidente e in continua evoluzione per la presenza di diffusi depositi caotici di blocchi arenacei. La particolare forma del promontorio di Capo Colonna, protendente verso Est, e l'esposizione del tratto di litorale compreso tra la Loc. Semaforo e il Capo Colonna in s.s., fanno sì che tale porzione di costa sia fortemente vulnerabile alle mareggiate sia del quadrante settentrionale che di quello meridionale; il chilometro di costa su cui sorgono sia la colonna che il faro è, invece, particolarmente esposto ai venti provenienti da Est (*Levante*) (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

Dal punto di vista morfologico la costa, di tipo roccioso, si presenta con alcune piccole insenature in cui sono trattenute, tra gli scogli affioranti, piccole spiagge emerse. Il tratto di litorale è caratterizzato dall'assenza di apporti solidi da parte dei corsi d'acqua. La spiaggia deve, pertanto, il suo equilibrio al bilancio tra l'allontanamento verso il largo del materiale e l'apporto dovuto all'erosione della parte rocciosa prossima alla linea di riva (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area è poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici di estensione inferiore ai 2 Km<sup>2</sup>. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).



## Tratto CRT – 4

**Dinamica litoranea:** il tratto di litorale che va Capo Colonna e Vallone Perrotta (circa 6 Km) è costituito da costa alta, con quote massime comprese tra 20,00 e 25,00 m s.l.m. Le uniche spiagge fruibili, ma sempre limitate in estensione e in ampiezza, sono quelle a Sud di Torre Scifo. Localmente, alla base delle falesie, si riconoscono depositi di frana localizzati e blocchi arenacei in assetto caotico (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

Il tratto è generalmente esposto alle mareggiate da Sud, di Scirocco e di Levante. Il trasporto solido è diretto da Nord verso Sud e, cioè, verso Capo Rizzuto. Le spiagge a Sud di Torre Scifo devono il loro equilibrio, ma non sempre, al bilancio tra l'allontanamento verso il largo del materiale e l'apporto dovuto all'erosione della parte rocciosa prossima alla battigia. Contribuisce alla loro stabilità tutta una serie di scogli naturali e di materiale lapideo disposti a gettata, trasversalmente ed orizzontalmente alla riva, che hanno l'effetto di smorzare l'energia ondosa e di limitare la perdita dei sedimenti verso il largo (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area è poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici di estensione inferiore ai 3 Km<sup>2</sup>. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli (*Fonte: Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).



Per quanto riguarda lo stato dell'**erosione costiera** si è fatto riferimento ai dati contenuti nel:

1. *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera (PSEC) approvato con Delibera di Comitato Istituzionale – n. 2/2014 – 22 luglio 2014;*
2. *Master Plan della fascia costiera calabrese;*
3. *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI,2001).*

In questo paragrafo si vuole dare risalto ai dati ottenuti nell'ambito del recente studio condotto dall'Autorità di Bacino Regionale circa lo stato delle coste calabresi, e nel particolare sulla costa crotonese, oggetto di studio nel presente elaborato.

Va da se quanto i dati raccolti nel tempo a seguito di diversi studi rappresentino un importante passo in avanti per la tutela e salvaguardia delle coste, importanti dal punto di vista socio – economico per lo sviluppo regionale.

Nel PAI del 2001 l'analisi delle coste fu condotta allo scopo di evidenziare le zone di maggiore focus erosivo per fronteggiare le emergenze, rinviando ad una più approfondita e successiva fase conoscitiva, la proposta tipologica di opere ritenute efficaci per ciascuna situazione, in base agli aspetti economici, morfologici e di priorità nella realizzazione degli interventi futuri.

Il recente lavoro svolto dall'Autorità di Bacino Regionale si inquadra nell'ottica di aggiornamento del *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI,2001)* in merito all'erosione costiera in Calabria.

Da tale studio è emerso come l'evoluzione morfologica delle spiagge ha avuto, in più occasioni e in molte località, conseguenze gravi determinando non solo la perdita di arenili balneari, ma anche danni a strutture portuali e interrimento degli approdi, danneggiamenti di opere di difesa di diversa natura, di lung omari di centri abitati, di rilevati ferroviari e stradali, di attrezzature turistiche e balneari, di manufatti e reti di servizio, nonché di edifici pubblici e privati. Negli ultimi decenni, soprattutto a causa delle pressioni antropiche, gran parte dei litorali hanno subito preoccupanti fenomeni di arretramento della linea di riva. Sempre dallo studio suddetto, le principali cause della dinamica dell'ambiente costiero calabrese sono legate:



- All'intensa antropizzazione delle coste a fini turistici e industriali, che ha provocato lo smantellamento delle dune naturali per fare posto a centri balneari, villaggi residenziali, residenze estive, porticcioli turistici e opere di difesa indiscriminate;
- La riduzione dell'apporto solido dei fiumi a mare, a causa del notevole prelievo di materiale ghiaioso – sabbioso dal letto dei corsi d'acqua e della costruzione di briglie e dighe;
- La subsidenza di origine tettonica.

I fattori di pressione legati alle attività umane sono fortemente connessi alle modalità di gestione del territorio a ridosso della costa e delle opere a mare, del deficit dell'apporto detritico dai bacini fluviali determinato dall'impoverimento dell'apporto terrigeno, dalla regimazione dei corsi d'acqua per finalità energetiche e agricole e da alcuni fattori di origine locale, legati alla morfologia delle coste.

I fenomeni di subsidenza costiera che incidono sulla linea della spiaggia possono avere origine naturale, ma spesso sono prodotti da interventi umani sulla falda acquifera o dalle attività estrattive di gas naturale e petrolio. Le zone costiere subiscono così pressioni ambientali di origine antropica eccessive, per effetto del modello di sviluppo e di consumo attuale, proprio perché sono i luoghi dove la popolazione ama vivere e lavorare e dove si svolge una grande percentuale delle attività ricreative e turistiche, che si sommano ad una quantità aumentata di attività di commerci e di scambi.

Negli ultimi decenni, soprattutto dagli anni '50 in poi, la fascia costiera calabrese è stata, dunque, utilizzata come un bene inesauribile e indistruttibile su cui fosse possibile gravare con un numero illimitato di attività, senza aver cura dei successivi effetti.

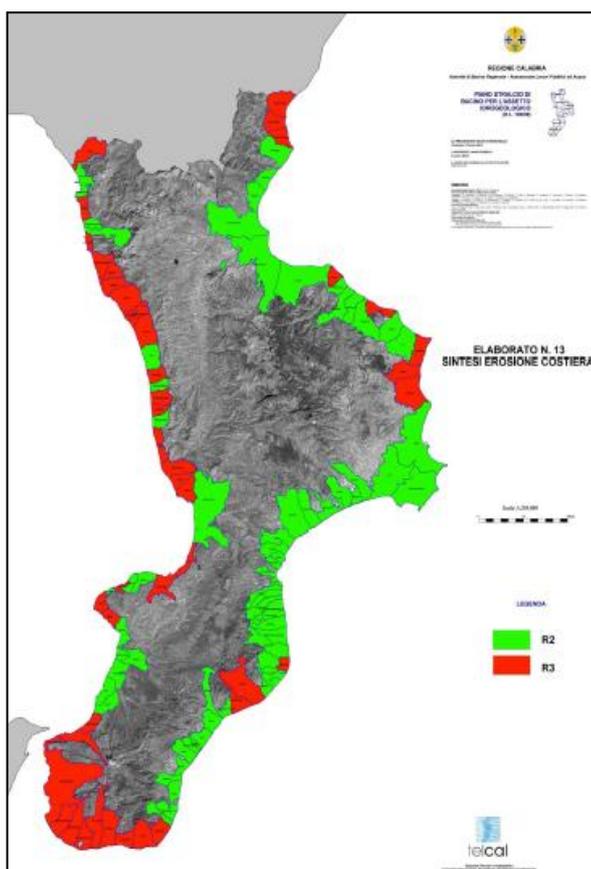
Peraltro, la sostenuta e crescente pressione antropica sul territorio costiero calabro si è tradotta in molti casi in degrado ecologico e ambientale e nel decadimento dello sviluppo sociale ed economico quando l'uso delle risorse ha superato il livello sostenibile.

La difesa del litorale dei comuni calabresi persegue i seguenti obiettivi generali, tra loro complementari:

- Fornire protezione e un grado sufficiente di sicurezza nel tempo alle strutture, alle infrastrutture e ai beni storico – culturali e ambientali presenti a ridosso della spiaggia/costa attiva, partendo dalle aree attualmente classificate nel Piano di Assetto Idrogeologico PAI,2001 della Regione Calabria a pericolosità/rischio elevato (R3);

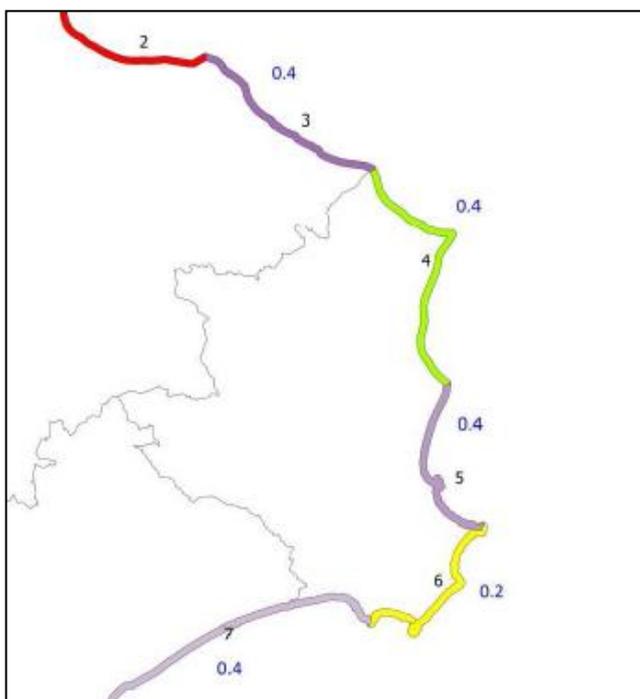
- Salvaguardare la spiaggia in quanto difesa naturale primaria dalle mareggiate e indicatore di qualità ambientale del territorio e motore per l'economia locale, fondata in prevalenza sull'attività turistica.

Dopo questa breve trattazione sulle problematiche delle coste calabresi ed i principali obiettivi da raggiungere nell'ottica della difesa dei litorali e delle aree a rischio, spieghiamo come la costa crotonese si inquadra negli studi condotti dall'Autorità di Bacino (PAI 2001, PSEC 2014), per giungere poi alle condizioni in cui questa versa sotto il profilo dell'erosione costiera e della pericolosità e rischio ad essa legati. Per quanto attiene al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI, 2001), relativamente al rischio da erosione costiera, la costa crotonese rientra tra i Comuni soggetti a **RISCHIO EROSIONE COSTIERA R2**, come rappresentato nella figura successiva:



Rischio erosione costiera R2 ed R3 (Fonte: PAI, 2001);

La costa crotonese fa parte di due transetti, 5 e 6, come rappresentato nella figura seguente:



*Individuazione macrotransetti in funzione del fattore correttivo (Fonte: Relazione di Piano – Piano di Bacino Stralcio per l’Erosione Costiera – Delibera di Comitato Istituzionale – n. 2/2014 – 22 luglio 2014 – Adozione di “Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera” e relativi allegati tecnici)*

Si ripropone di seguito la sintesi relativa all’inquadramento ed alla suddivisione della costa crotonese, così come identificate negli studi riguardanti la costa calabrese, già trattata in precedenza:

Comune	Aree di studio		Tratti costieri OKEANOS	Denominazione Master Plan		Aree di analisi PSEC
				CRT - 1	CRT - 2	
Crotona	AS7	Foce Fiume Neto Capo Colonna	14 - 15 - 16	CRT - 1	Foce Fiume Neto - Porto Crotona	AREA 5 (Fino a Vallone Perrotta)
				CRT - 2	Porto Crotona - Loc. Semaforo	
				CRT - 3	Loc. Semaforo - Capo Colonna	
Crotona - Isola Capo Rizzuto	AS8	Capo Colonna Capo Cimiti	17	CRT - 4 (fino a Vallone Perrotta)	Capo Colonna - Vallone Perrotta (il tratto 17 termina a Capo Cimiti)	

*Suddivisione in tratti della costa crotonese;*



Stando a quanto contenuto nel *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera - ALLEGATO A, Superfici a pericolosità e rischio*, le aree a pericolosità e rischio erosione costiera sono le seguenti:

AREE A PERICOLOSITA' E RISCHIO (mq)			
P1	507924	R1	633624
P2	564053	R2	1839633
P3	2262466	R3	181574
-	-	R4	418538

*Aree a pericolosità e rischio (Fonte: PSEC, 2014);*

Di seguito si ripropongono i dati contenuti nel *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera - ALLEGATO C, Confronti aree in avanzamento/arretramento*, relativi all'avanzamento/arretramento medio della linea di costa, nel periodo compreso tra l'anno 1958 e l'anno 2013:

AREA PROGRAMMA	TRATTO	LARGHEZZA	SUPERFICIE SPIAGGIA (mq)						ARRETRAMENTO AVANZAMENTO MEDIO				
			ml	Anno 1958	Anno 1985	Anno 1998	Anno 2003	Anno 2008	Anno 2013	2013 - 1958	2013 - 1985	2013 - 1998	2013 - 2003
		5	Da 14 a 16	28535	13098325	13202544	13107860	13096655	13166619	13080034	-1	-4	-1
6	Da 17 a 19	33422	14099975	14005019	13869875	13940133	13950911	13869630	-7	-4	0	-2	-2

*Confronti aree in avanzamento/arretramento (Fonte: PSEC, 2014);*



Infine si riporta quanto dedotto dall'analisi dei contenuti nel Master Plan della fascia costiera calabrese:

STATO EROSIONE	
<b>Foce del Fiume Neto – Porto di Crotona</b>	Tratto in sostanziale equilibrio
<b>Porto di Crotona – Località Semaforo</b>	Il tratto di "San Leonardo", compreso Loc. Semaforo ed il pennello della passeggiata a mare, presenta differenti gradi di stabilità morfodinamica. Il tratto a nord, quello oltre il pennello realizzato davanti Via Siris, dove sono presenti le spiagge del centro città con le nove scogliere foranee, presenta un sufficiente grado di stabilità morfodinamica. Si è rilevato, infatti, che dal 1998 al 2005, la spiaggia dietro le scogliere subisce un modesto avanzamento quantificabile in circa 0,70 m annui. Mentre il tratto non protetto dalle scogliere presenta un avanzamento medio di circa 0,30 m/anno. Il tratto compreso tra le scogliere e il pennello della passeggiata a mare, lungo circa 300 m, ha subito modeste variazioni nel tempo e si può affermare che lo stesso non ha subito rotazioni nel tempo. Nella spiaggia priva di difese non sono stati, infatti, riscontrati arretramenti a seguito della formazione dei tomboli a tergo delle scogliere. Dunque, per l'intero tratto fino al centro città, gli apporti risultano in equilibrio con il materiale che fuoriesce. Anche l'ulteriore tratto a Nord, oltre il pennello della passeggiata e fino al molo "Sanita", è caratterizzato da un sufficiente grado di stabilità morfodinamica. Diversamente, il tratto a sud compreso tra il pennello artificiale realizzato davanti alla Via Siris e fino alle sporgenze principali di Capo Donato, in cui le lunghe spiagge hanno subito nel corso di questi ultimi anni un consistente arretramento, versa in condizioni di instabilità morfodinamica. La morfologia e la granulometria dei profili trasversali mostrano perdite di volumi di materiale fine verso il largo che non sono compensate da equivalenti volumetrie di apporti di sedimenti lungo riva.
<b>Località Semaforo – Capo Colonne</b>	Le dinamiche evolutive della costa sono di tipo complesso, con azione erosiva del moto ondoso al piede delle falesie che determina instabilità delle argille e conseguente crollo dei banchi arenacei sommitali, che si depositano in modo caotico alla base delle scarpate stesse, modificando e alterando, in maniera alquanto continuativa, la linea di battigia
<b>Capo Colonne – Vallone Perrotta</b>	

*Stato dell'erosione (Fonte: Master Plan della fascia costiera calabrese);*



#### 4. CARATTERI STRUTTURALI E SISMICI

Nel presente capitolo vengono riportati i dati relativi alla **storia macrosismica**, **classificazione** e **pericolosità sismica** del territorio del Comune di Crotona, al fine della definizione degli eventi di riferimento utili per gli studi di Microzonazione Sismica.

Le prime norme in materia di classificazione sismica in Italia risalgono alla **Legge del 5 novembre 1971** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica" ed alla **Legge 2 febbraio 1974 n°64** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Il **D.M. LL.PP. del 19 marzo 1982**, classificava in modo molto generico il territorio nazionale in aree a basso e ad alto rischio sismico.

Con il **D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996**, il territorio nazionale veniva suddiviso nelle seguenti zone sismiche:

- Zona di **I categoria** (S = 12)
- Zona di **II categoria** (S = 9)
- Zona di **III categoria** (S = 6)
- Zona **Non Classificata**.

Secondo **'O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003**, i comuni italiani venivano classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base alla **PGA (Peak Ground Acceleration)** e per **frequenza** ed **intensità** degli eventi:

- **Zona 1** - è' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;
- **Zona 2** - in questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 3** - in questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 4** - è' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Di fatto, sparisce il territorio "Non Classificato", che diviene zona 4, nella quale era facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, veniva attribuito un valore



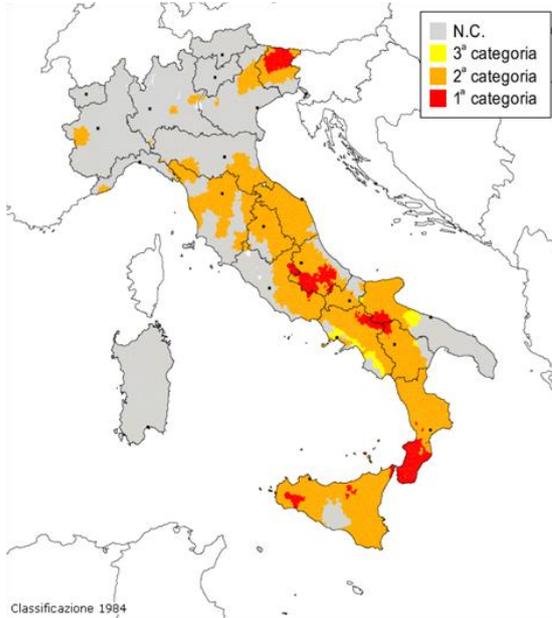
dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (*Zona 1 = 0.35 g, Zona 2 = 0.25 g, Zona 3 = 0.15 g, Zona 4 = 0.05 g*).

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (*Fonte: Gruppo di Lavoro, 2004*), previsto dall'*O.P.C.M. 3274 del 2003*, è stato adottato con l'*O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006*. Il nuovo studio di pericolosità, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Di seguito la suddivisione del territorio nazionale in zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido:

- **Zona 1** -  $a_g > 0,25$  g;
- **Zona 2** -  $0,15 < a_g \leq 0,25$  g;
- **Zona 3** -  $0,05 < a_g \leq 0,15$  g;
- **Zona 4** -  $a_g \leq 0,05$  g.

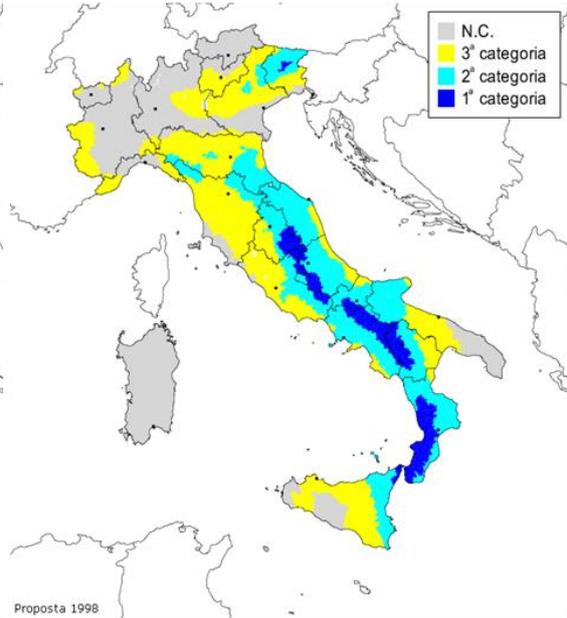
Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte. Altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Calabria, con *Deliberazione n°47 del 10 febbraio 2004*, ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale recependo integralmente l'individuazione dei comuni classificati sismici come da elenco riportato nell'Allegato A dell'*O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003*. Pertanto con la normativa vigente, secondo la Classificazione sismica nazionale, aggiornata al 2014, il Comune di Crotona ricade in "**Zona 2**".



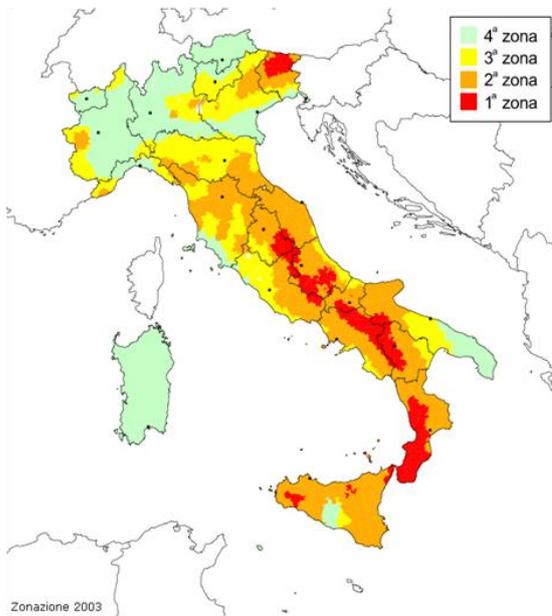
Classificazione 1984

Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi (Fonte: INGV);



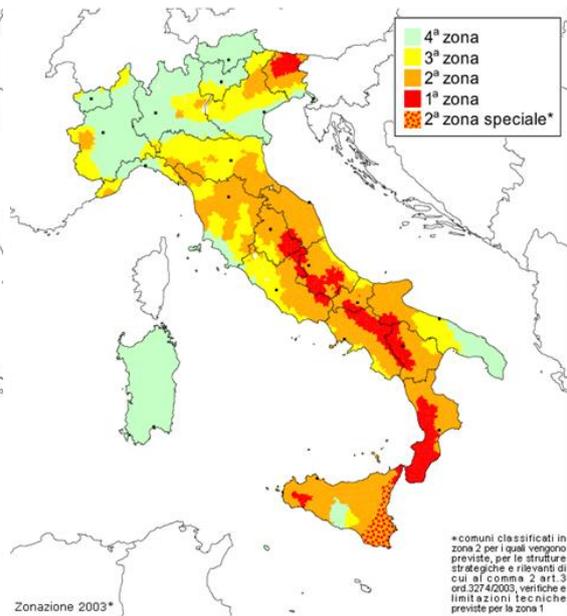
Proposta 1998

Proposta di riclassificazione sismica (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN (Fonte: INGV);



Zonazione 2003

Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003 (Fonte: INGV);



Zonazione 2003\*

Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004) (Fonte: INGV);

\*comuni classificati in zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art.3 ord.3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1



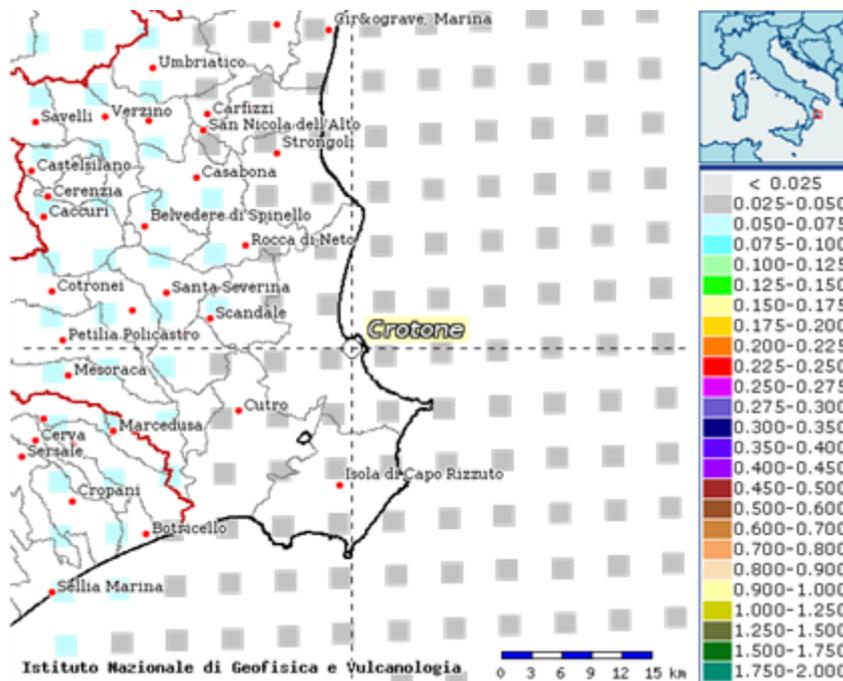
Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Infatti, le attuali *Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008)*, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale e classe d'uso dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

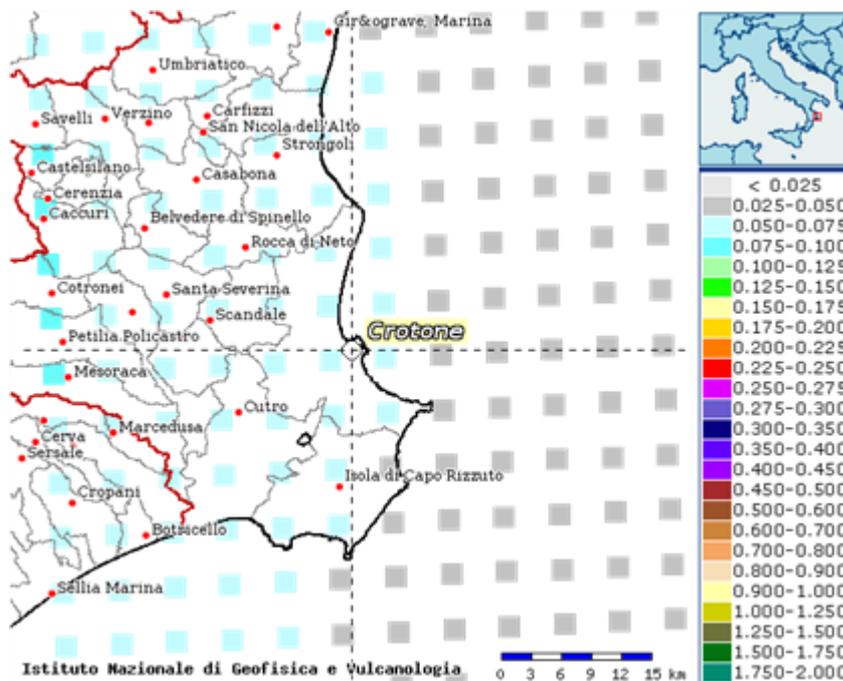
La classificazione sismica (*zona sismica di appartenenza del comune*) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti.

La mappa di pericolosità sismica riporta i valori espressi in termini di accelerazione massima ( $a_g$ ) del suolo con una data probabilità di eccedenza (2, 5, 10, 22, 30, 39, 50, 63, 81 %) in 50 anni, riferita a suoli rigidi di riferimento ( $V_{s,30} > 800$  m/s)

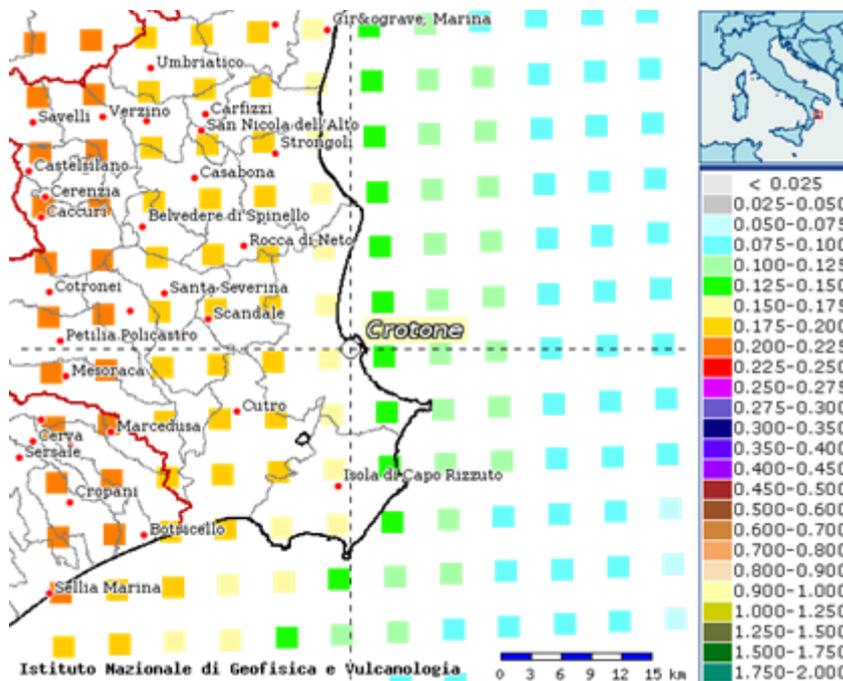
In riferimento alla mappa di pericolosità sismica, si riportano gli intervalli di accelerazione massima ( $a_g$ ) del suolo con probabilità di eccedenza del 5%, 10%, 63% ed 81% in 50 anni (**FIGURE 5 - 8**), riferita a suoli rigidi di riferimento ( $V_{s,30} > 800$  m/s), e relativamente al territorio comunale di Crotona.



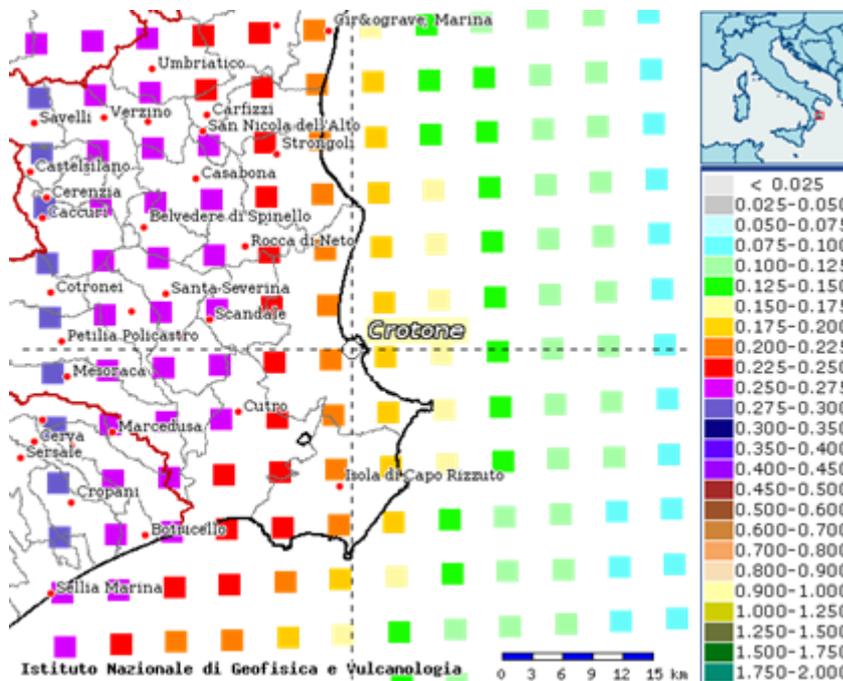
Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_s,30 > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);



Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_s,30 > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);



Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_s,30 > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);



Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_s,30 > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);



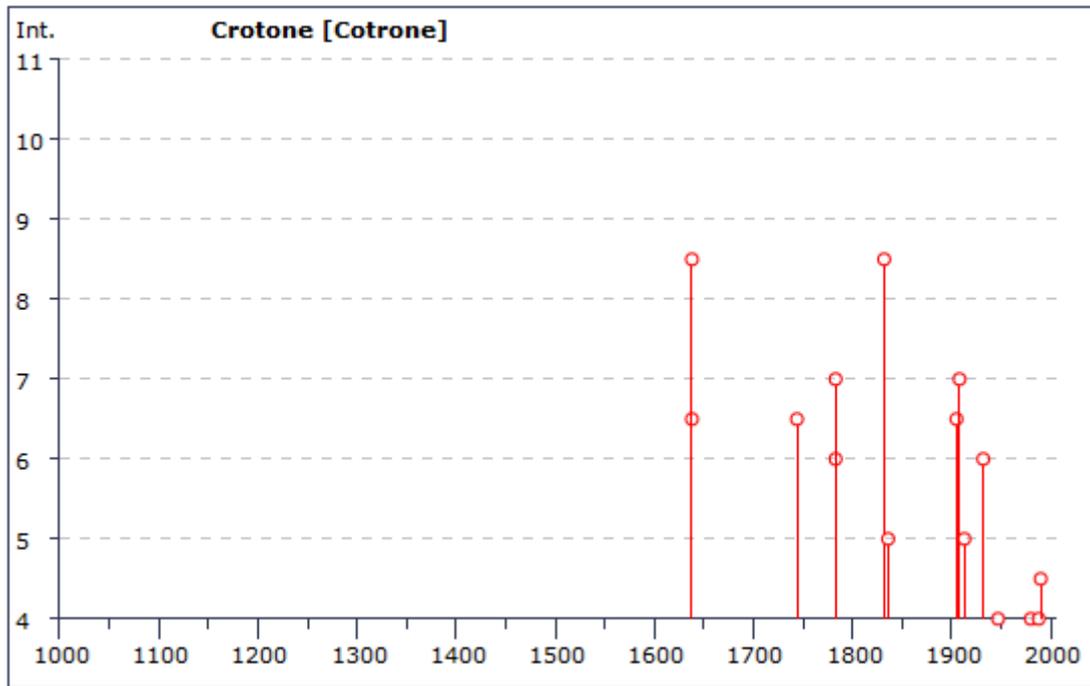
Si riportano di seguito i dati **macrosismici** storici relativi al Comune di Crotona:

Effetti I(MCS)	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	Np	Io	Mw
6-7	1638 03 27 15:05	Calabria	213	11	7.03 ±0.12
8-9	1638 06 08 09:45	Crotonese	42	10	6.89 ±0.25
6-7	1744 03 21 20:00	Crotonese	29	8	5.74 ±0.44
6	1783 02 05 12:00	Calabria	356	11	7.02 ±0.08
7	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11	6.98 ±0.08
8-9	1832 03 08 18:30	Crotonese	101	10	6.59 ±0.16
5	1836 04 25 00:20	Calabria settentrionale	46	9	6.20 ±0.25
3-4	1869 11 28	VIBO VALENTIA	21	5-6	4.66 ±0.34
NF	1887 12 03 03:45	Calabria settentrionale	142	8	5.49 ±0.14
3	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
6-7	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
NF	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25
7	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
5	1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
NF	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
6	1932 01 02 23:36	CROTONESE	22	5	5.43 ±0.30
4	1947 05 11 06:32	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
4	1988 04 13 21:28	Costa calabra	272	6-7	5.01 ±0.10
4-5	1990 01 24 04:45	Catanzarese	63	5	4.46 ±0.09
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374		5.80 ±0.09

*Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV – DBMII 1);*

Le sigle in tabella sono relative a:

- I(MCS)** Intensità macrosismica espressa in scala MCS;
- Data** Data del terremoto;
- Ax** Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori de l terremoto;
- Np** Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto;
- Io** Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS;
- Mw** Magnitudo, momento da CPTI11.

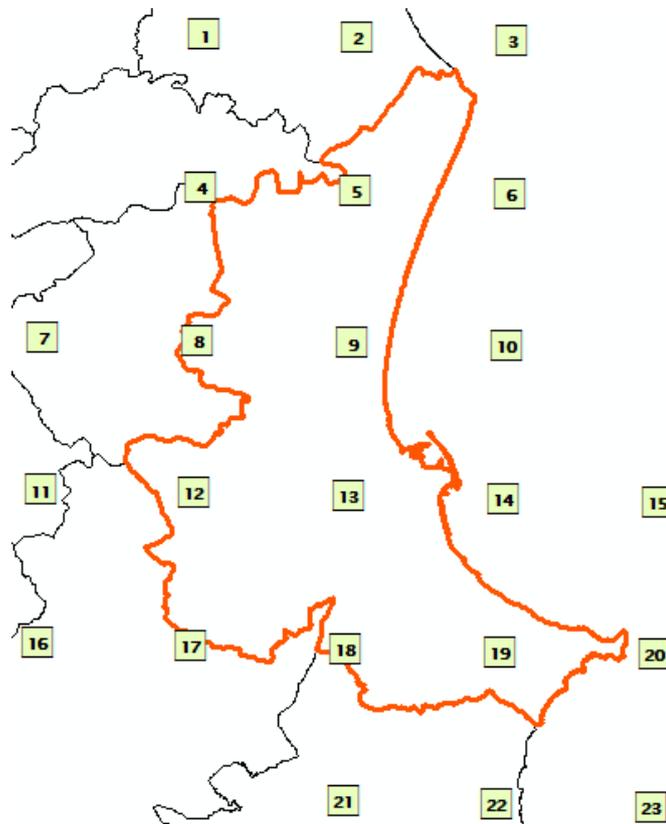


*Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV – DBMI11);*



Al fine dell'individuazione degli eventi di riferimento si ritiene altresì necessaria l'analisi dei **dati di disaggregazione**. La disaggregazione è una procedura che permette di conoscere il contributo alla sismicità (*pericolosità*) di un dato sito di qualsiasi variabile del problema (*condizionatamente al superamento della misura di intensità corrispondente al periodo di ritorno di interesse*): in questo caso si fa riferimento alla magnitudo (**M**), alla distanza (**R**) ed alla epsilon ( $\epsilon$ ). Tali contributi dipendono dall'ordinata spettrale e dal valore di pericolosità associato al sito studiato, oppure, equivalentemente, dal periodo di ritorno considerato.

La fonte ufficiale per l'identificazione della pericolosità di sito e dei valori di disaggregazione (*anche se disponibili solo per la PGA*) è l'**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)**. Di seguito si riportano i valori di Magnitudo (**M**), Distanza (**R**) ed Epsilon ( $\epsilon$ ) ricavati dai dati di disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza dell' 81%, 63%, 10% e 5% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale di Crotona:



*Punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale di Crotona;*



Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.390	35.000	0.136
2	40127	5.420	40.300	0.192
3	40128	5.460	47.200	0.311
4	40348	5.390	34.800	0.131
5	40349	5.410	39.800	0.178
6	40350	5.450	46.800	0.297
7	40569	5.380	31.800	0.142
8	40570	5.390	34.700	0.122
9	40571	5.410	39.800	0.168
10	40572	5.450	46.700	0.279
11	40791	5.380	32.000	0.132
12	40792	5.390	34.900	0.109
13	40793	5.410	39.900	0.146
14	40794	5.450	47.000	0.267
15	40795	5.500	54.700	0.410
16	41013	5.380	32.400	0.119
17	41014	5.390	35.600	0.104
18	41015	5.420	40.700	0.139
19	41016	5.460	47.800	0.262
20	41017	5.510	55.700	0.409
21	41237	5.430	42.500	0.145
22	41238	5.470	49.600	0.276
23	41239	5.520	57.400	0.422

Valori medi di  $M - R - \epsilon$  ricavati dai dati di disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.400	28.400	0.228
2	40127	5.430	32.900	0.282
3	40128	5.490	39.800	0.438
4	40348	5.390	28.100	0.223
5	40349	5.420	32.300	0.264
6	40350	5.480	39.200	0.418
7	40569	5.400	25.900	0.255
8	40570	5.390	28.000	0.213
9	40571	5.420	32.200	0.251
10	40572	5.480	38.800	0.389
11	40791	5.390	26.000	0.243
12	40792	5.390	28.000	0.197
13	40793	5.410	31.900	0.220
14	40794	5.470	38.800	0.366
15	40795	5.550	47.400	0.547
16	41013	5.390	26.200	0.224
17	41014	5.390	28.400	0.186
18	41015	5.420	32.300	0.203
19	41016	5.480	39.400	0.349
20	41017	5.550	48.100	0.534
21	41237	5.430	33.600	0.196
22	41238	5.490	40.900	0.350
23	41239	5.560	49.700	0.538

Valori medi di  $M - R - \epsilon$  ricavati dai dati di disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);



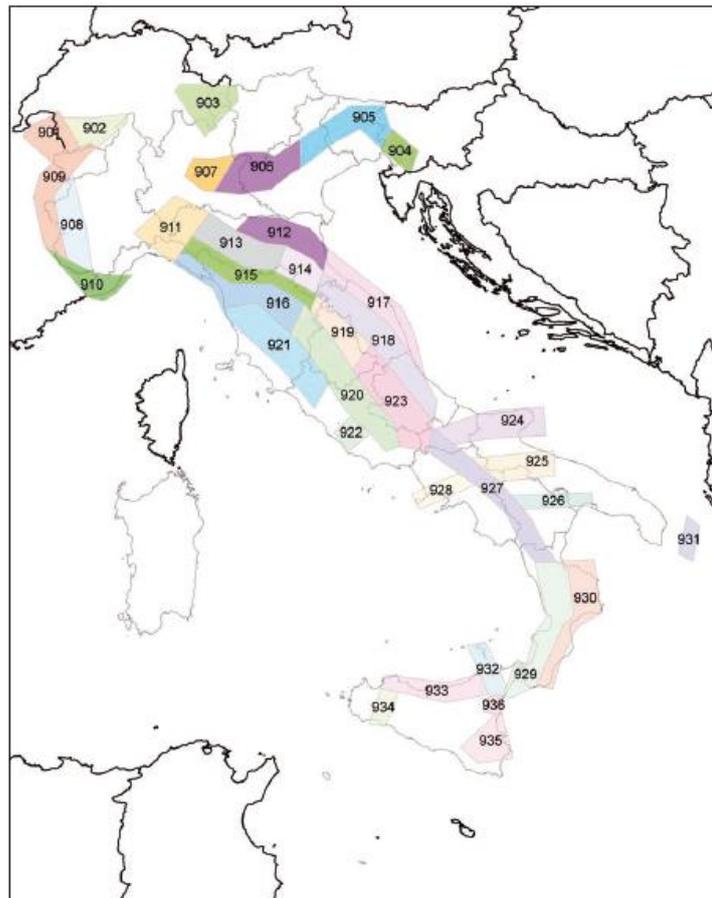
Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.410	10.400	0.702
2	40127	5.400	11.700	0.642
3	40128	5.530	18.000	0.887
4	40348	5.410	10.400	0.708
5	40349	5.400	11.400	0.637
6	40350	5.520	17.300	0.862
7	40569	5.460	10.500	0.794
8	40570	5.410	10.300	0.710
9	40571	5.390	11.200	0.639
10	40572	5.490	16.100	0.795
11	40791	5.460	10.500	0.790
12	40792	5.410	10.200	0.704
13	40793	5.380	10.800	0.613
14	40794	5.460	15.400	0.754
15	40795	5.650	25.400	1.080
16	41013	5.450	10.300	0.774
17	41014	5.410	10.200	0.701
18	41015	5.370	10.600	0.595
19	41016	5.440	14.900	0.709
20	41017	5.630	24.700	1.030
21	41237	5.350	10.500	0.545
22	41238	5.420	14.600	0.619
23	41239	5.610	24.700	0.977

Valori medi di M - R - ε ricavati dai dati di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.460	8.020	0.872
2	40127	5.430	8.650	0.783
3	40128	5.560	14.100	1.020
4	40348	5.460	8.020	0.879
5	40349	5.420	8.450	0.783
6	40350	5.540	13.500	0.995
7	40569	5.510	8.290	0.961
8	40570	5.460	8.000	0.883
9	40571	5.430	8.380	0.794
10	40572	5.510	12.400	0.919
11	40791	5.510	8.270	0.959
12	40792	5.460	7.940	0.882
13	40793	5.420	8.070	0.777
14	40794	5.490	11.800	0.883
15	40795	5.700	21.000	1.240
16	41013	5.500	8.160	0.946
17	41014	5.460	7.990	0.884
18	41015	5.410	7.940	0.767
19	41016	5.460	11.200	0.846
20	41017	5.670	20.100	1.190
21	41237	5.390	7.760	0.723
22	41238	5.420	10.500	0.743
23	41239	5.630	19.500	1.110

Valori medi di M - R - ε ricavati dai dati di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

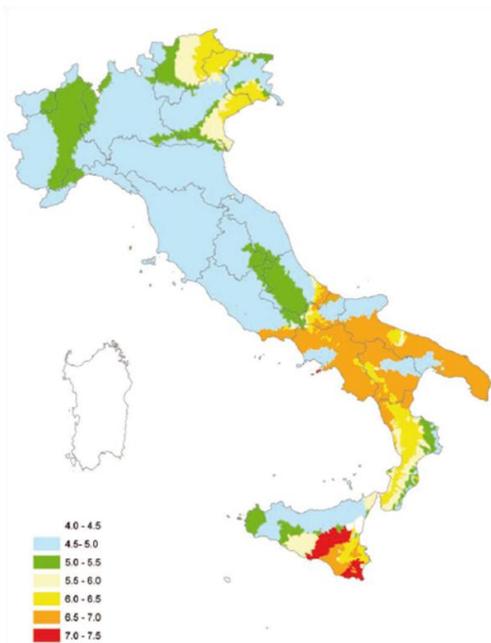
Un ulteriore, ed importante dato, ci viene fornito dalla **Zonazione Sismogenetica ZS9 (FIGURA 10)**. Secondo tale zonazione, la sismicità è distribuita, nel nostro paese, secondo **36 zone**, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  **$M_{wmax}$** .



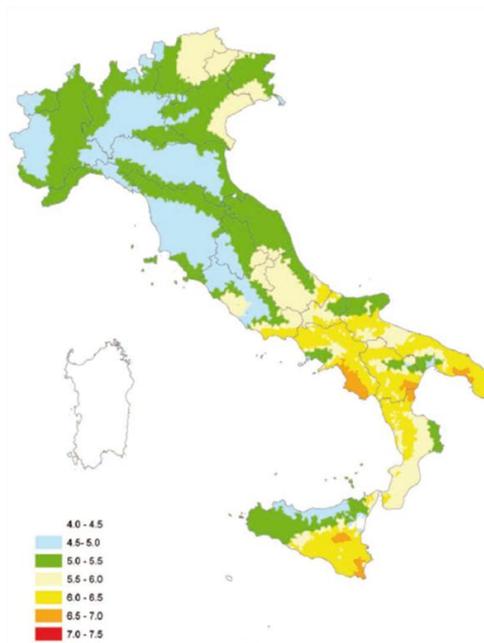
*Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Fonte: ICMS – Gruppo di lavoro, 2004);*

Il Comune di Crotona ricade interamente nella Zona Sismogenetica **N°930 (Calabria Jonica)**, caratterizzata da un valore di  **$M_{wmax}$**  pari a **6,6**.

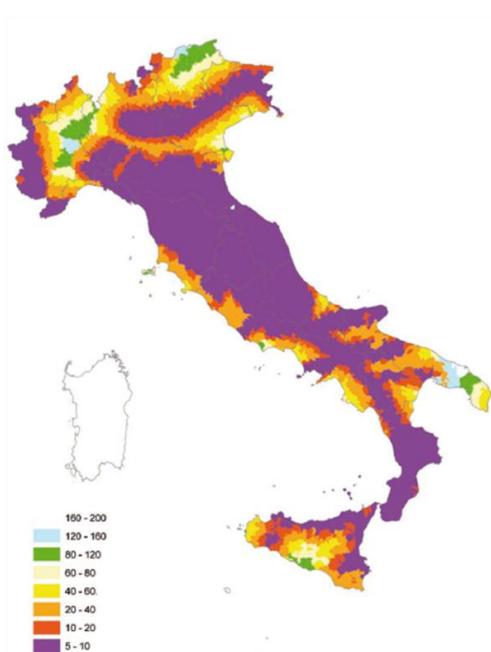
Altri dati utili possono essere i valori modali e medi della Magnitudo (**M**) e della Distanza (**R**), per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007) (FIGURE 11, 12, 13, 14):



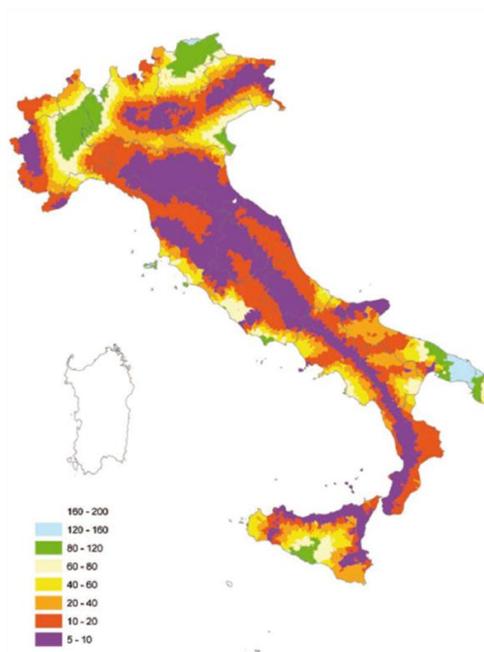
*Valori modali della Magnitudo (M) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);*



*Valori medi della Magnitudo (M) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);*



*Valori modali della Distanza (R) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);*



*Valori medi della Distanza (R) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);*



Viene fornita in ultimo la sintesi dei dati raccolti:

CLASSIFICAZIONE SISMICA		
Zona	2	
Livello pericolosità	Medio	
Accelerazione (su sito rigido)	0,15 < ag < 0,25	
PERICOLOSITÀ SISMICA (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1)		
Intervallo per la probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni (su sito rigido)	0,025 - 0,050	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (su sito rigido)	0,025 - 0,075	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (su sito rigido)	0,100 - 0,200	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (su sito rigido)	0,150 - 0,275	
STORIA MACROSISMICA (Fonte: INGV - DBMI1)		
Intervallo di tempo di riferimento	1638 - 1990	
Numero eventi di cui sono stati registrati effetti sul territorio comunale	21	
Intervallo della Magnitudo momento (Mw) degli eventi di cui si sono registrati effetti sul territorio comunale	(4,46±0,09) - (7,10±0,15)	
Intervallo degli effetti sul territorio (I MCS)	NF - 9	
DATI DI DISAGGREGAZIONE (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1)		
Intervalli di M - R - ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,38 - 5,52
	Distanza (R)	31,8 - 57,4
	Epsilon (ε)	0,104 - 0,422
Intervalli di M - R - ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,39 - 5,56
	Distanza (R)	25,9 - 49,7
	Epsilon (ε)	0,186 - 0,547
Intervalli di M - R - ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,35 - 5,65
	Distanza (R)	10,2 - 25,4
	Epsilon (ε)	0,545 - 1,080
Intervalli di M - R - ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,39 - 5,70
	Distanza (R)	7,76 - 21,0
	Epsilon (ε)	0,723 - 1,240
ZONAZIONE SISMOGENETICA (Fonte: ICMS - Gruppo di lavoro, 2004)		
Numero Zona Sismogenetica	930	
Nome Zona Sismogenetica	Calabria Jonica	
Magnitudo massima (M <sub>wmax</sub> )	6,6	
VALORI MODALI E MEDI DI M ED R (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007)		
Valori modali di M	4,5 - 5,0	
Valori medi di M	5,0 - 5,5	
Valori modali di R	5 - 10	
Valori medi di R	10 - 20	

Tabella riassuntiva della pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento per il territorio comunale di Crotona;

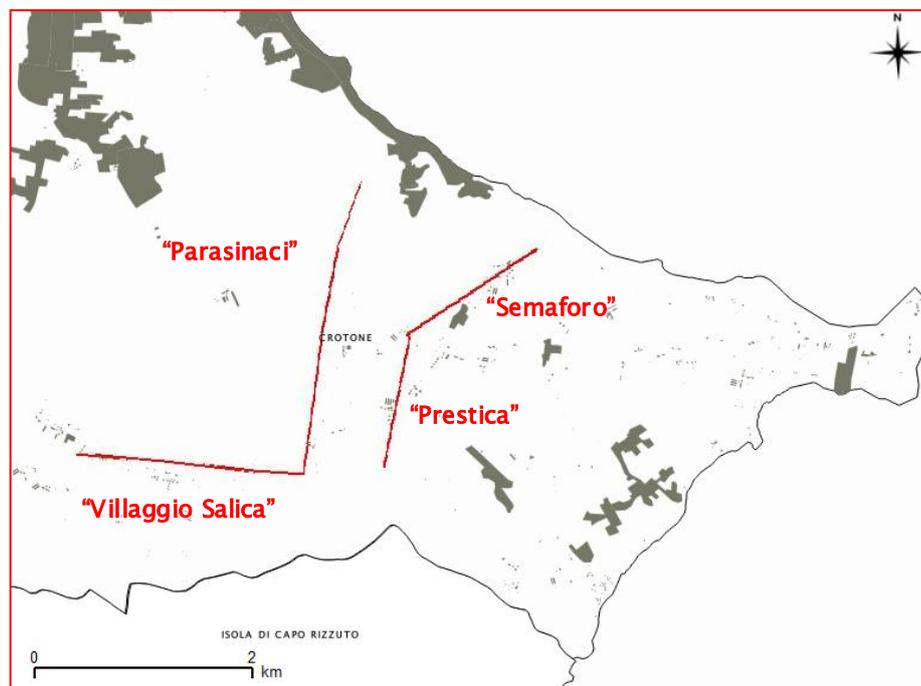
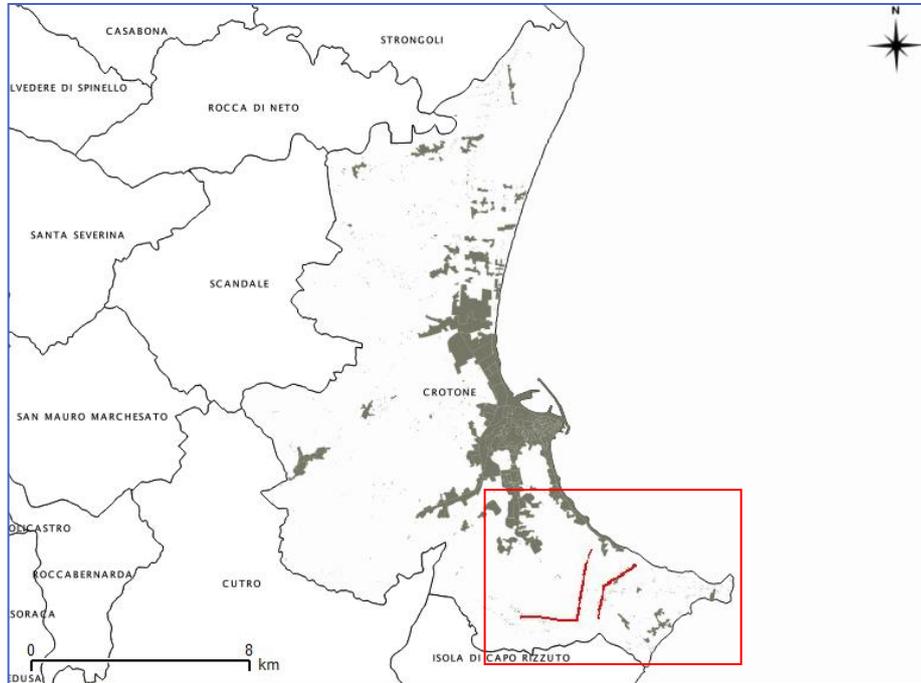


#### 4.1. Faglie capaci

Per le **faglie capaci** si è fatto riferimento al Catalogo ITHACA. Il territorio di Crotona, stando a quanto tratto dal database ITHACA, è interessato da quattro lineamenti, denominati “Villaggio Salica”, “Parasinaci”, “Prestica” e “Semaforo”:

<b>GEOLOGIC SETTING</b>				
<b>SYNOPSIS</b>				
<b>FAULT NAME</b>	<i>Villaggio Salica</i>	<i>Parasinaci</i>	<i>Prestica</i>	<i>Semaforo</i>
<b>FAULT CODE</b>	<i>37903</i>	<i>37900</i>	<i>37901</i>	<i>37902</i>
<b>MACROZONE</b>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
<b>REGION NAME</b>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>
<b>SYSTEM NAME</b>	<i>Scifo</i>	<i>Scifo System</i>	<i>Scifo System</i>	<i>Scifo</i>
<b>RANK</b>				
<b>AVERAGE STRIKE</b>	<i>100</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>
<b>DIP</b>		<i>0</i>	<i>0</i>	
<b>LENGTH (Km)</b>	<i>0</i>			<i>0</i>
<b>GEOMETRY</b>				
<b>SEGMENTATION</b>				
<b>DEPTH (Km)</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)</b>	<i>1:50000</i>	<i>1:50000</i>	<i>1:50000</i>	<i>1:50000</i>
<b>LAST ACTIVITY</b>	<i>Middle Pleistocene (125,000÷700,000)</i>			
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>				
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	<i>0</i>			<i>0</i>
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY</b>				
<b>STUDY QUALITY</b>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>
<b>NOTES</b>				

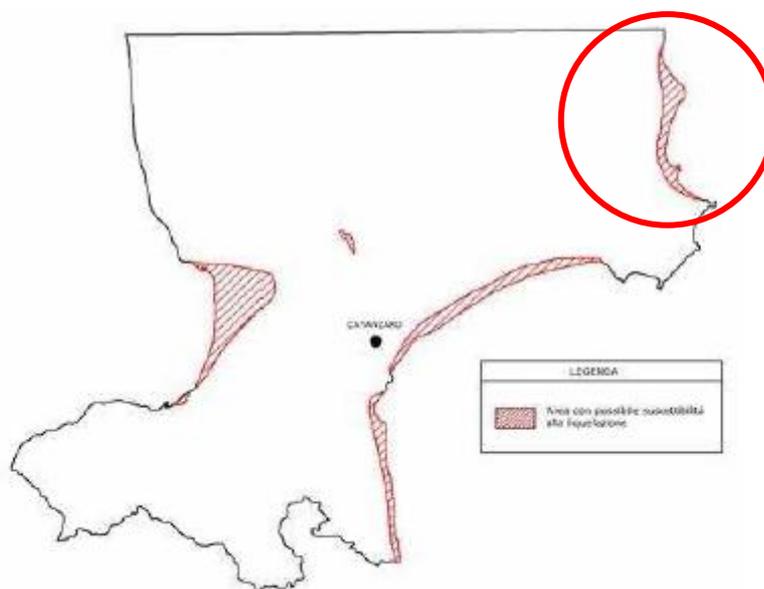
*Dati relativi alle faglie capaci che interessano il territorio di Crotona (Fonte: ITHACA - Catalogo delle faglie capaci);*



*Ubicazione delle faglie capaci entro il territorio comunale di Crotona (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci);*

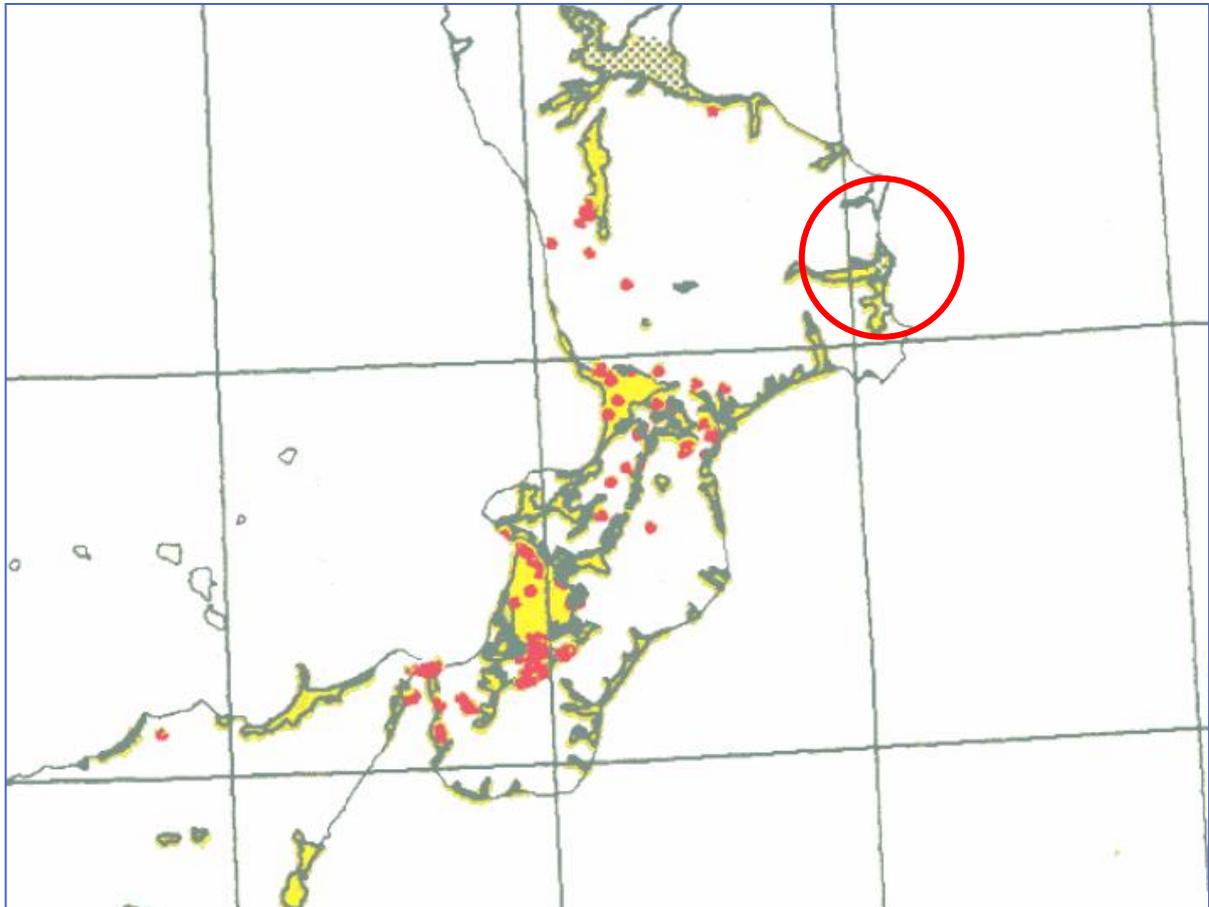
## 4.2. Liquefazione

Per quanto riguarda la **liquefazione** si è fatto riferimento a quanto contenuto nel **Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP)**. Infatti, in relazione a tale fenomeno, il documento riporta l'intera fascia costiera e parte della piana alluvionale di Crotona, come **area con possibile suscettibilità alla liquefazione**.



*Ubicazione delle aree con possibile suscettibilità alla liquefazione, nella Calabria Centrale (Fonte: QTRP – Quadro conoscitivo);*

Oltre quanto contenuto nel QTRP, in merito al fenomeno si è fatto altresì riferimento al “**NUOVO CATALOGO NAZIONALE DEI PROCESSI DI LIQUEFAZIONE AVVENUTI IN OCCASIONE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA**” (Fonte: *Galli & Meloni, 1993*).



*Stralcio del “NUOVO CATALOGO NAZIONALE DEI PROCESSI DI LIQUEFAZIONE AVVENUTI IN OCCASIONE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA” (Fonte: Galli & Meloni, 1993);*

Nel Catalogo sono rappresentate le aree suscettibili di liquefazione. La selezione è stata condotta sia su base geologica che sismica, includendo le zone caratterizzate dalla presenza di sedimenti “soffici” e che avessero in passato avuto risentimenti di VII MCS (in verde) e VIII MCS o superiore (in giallo) (Fonte: ISMES, 1991). I punti rossi rappresentano casi di liquefazione, la cui distribuzione ricade prevalentemente all’interno delle zone campite.



Da quanto sopra esposto possiamo dedurre:

1. L'area corrispondente col litorale crotonese ha avuto risentimenti di VIII MCS o superiori;
2. L'area di studio risulta essere suscettibile di liquefazione.

Quanto precedentemente riportato, è tratto da studi effettuati su ampia scala. Nell'ambito del presente lavoro si è voluto considerare il fenomeno della liquefazione implementando i dati disponibili (archivio comunale e progetto "*Messa in sicurezza dei siti urbani a rischio sismico*") con un'analisi del fenomeno, applicando il **Criterio modificato di Youd e Perkins (1978)**

Esistono infatti metodi, cosiddetti "*criteri empirici*", che si basano su alcune caratteristiche geologiche, derivanti da prove o puramente qualitative, per valutare la suscettibilità dei depositi indipendentemente dall'entità della scossa sismica al sito. I terremoti successivi a quelli a cui si sono riferiti molte di queste metodologie di calcolo, hanno puntualmente confermato questi criteri.

Bisogna però tenere conto che, quando applicati a contesti molto differenti da quelli di origine, sia per quanto riguarda i terreni, sia per quanto concerne le caratteristiche degli eventi sismici, si rivelano scarsamente affidabili. È proprio per questo motivo che vengono frequentemente utilizzati soprattutto per fini di pianificazione.

Il *metodo di Youd e Perkins* si inserisce tra i criteri empirici qualitativi o semiquantitativi, utilizzati a scala urbanistica per la microzonazione sismica. Esso basa la valutazione della propensione alla liquefazione dei depositi su alcune caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni; infatti trae origine dall'osservazione della correlazione fra grado di danneggiamento subito dalle costruzioni durante forti terremoti e il tipo di deposito, la profondità della falda e l'età.

Sulla base del tipo di deposito sedimentario, della profondità della falda e dell'età del deposito, viene fornito un punteggio, prodotto dei punteggi parziali, che fornisce un'indicazione qualitativa del grado di vulnerabilità del deposito.

La probabilità di liquefazione si ricava dalla seguente tabella:



Punteggio totale	Probabilità di liquefazione
< 10	<i>Molto bassa</i>
10 - 20	<i>Bassa</i>
21 - 50	<i>Moderata</i>
51 - 80	<i>Alta</i>
> 80	<i>Molto alta</i>

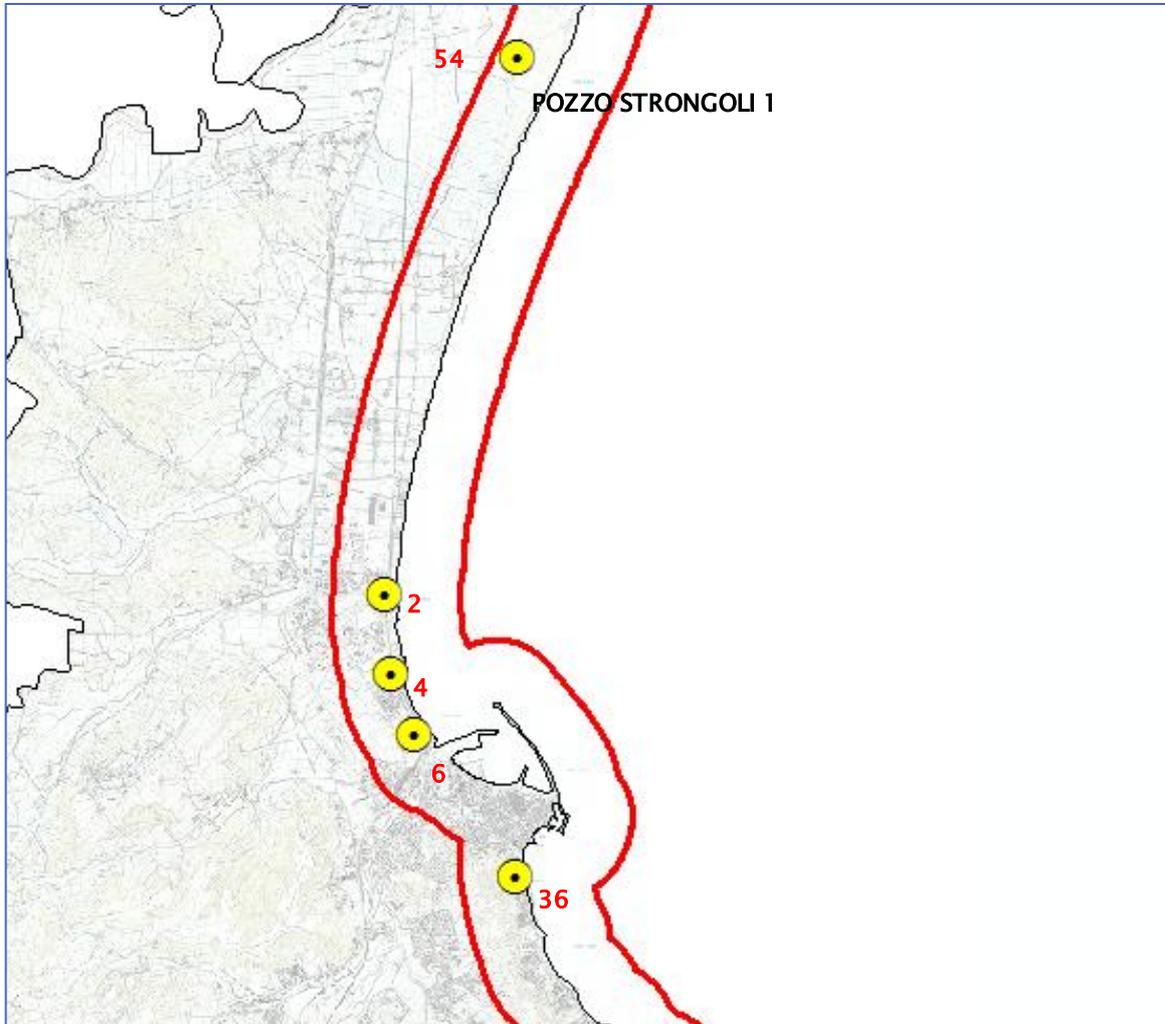
*Scala di valori della probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978);*

Il territorio comunale Crotonese, è caratterizzato, riferendoci solamente a quelle litologie per loro natura “potenzialmente liquefacibili”, da **depositi di spiaggia, dune costiere e depositi di piana inondabile**. Aggiungendo come dati, l’età dei depositi e la possibilità di falda entro i primi 9 m dal piano campagna, vista anche la localizzazione dell’area di studio rispetto al mare, il metodo impiegato fornisce i seguenti risultati:

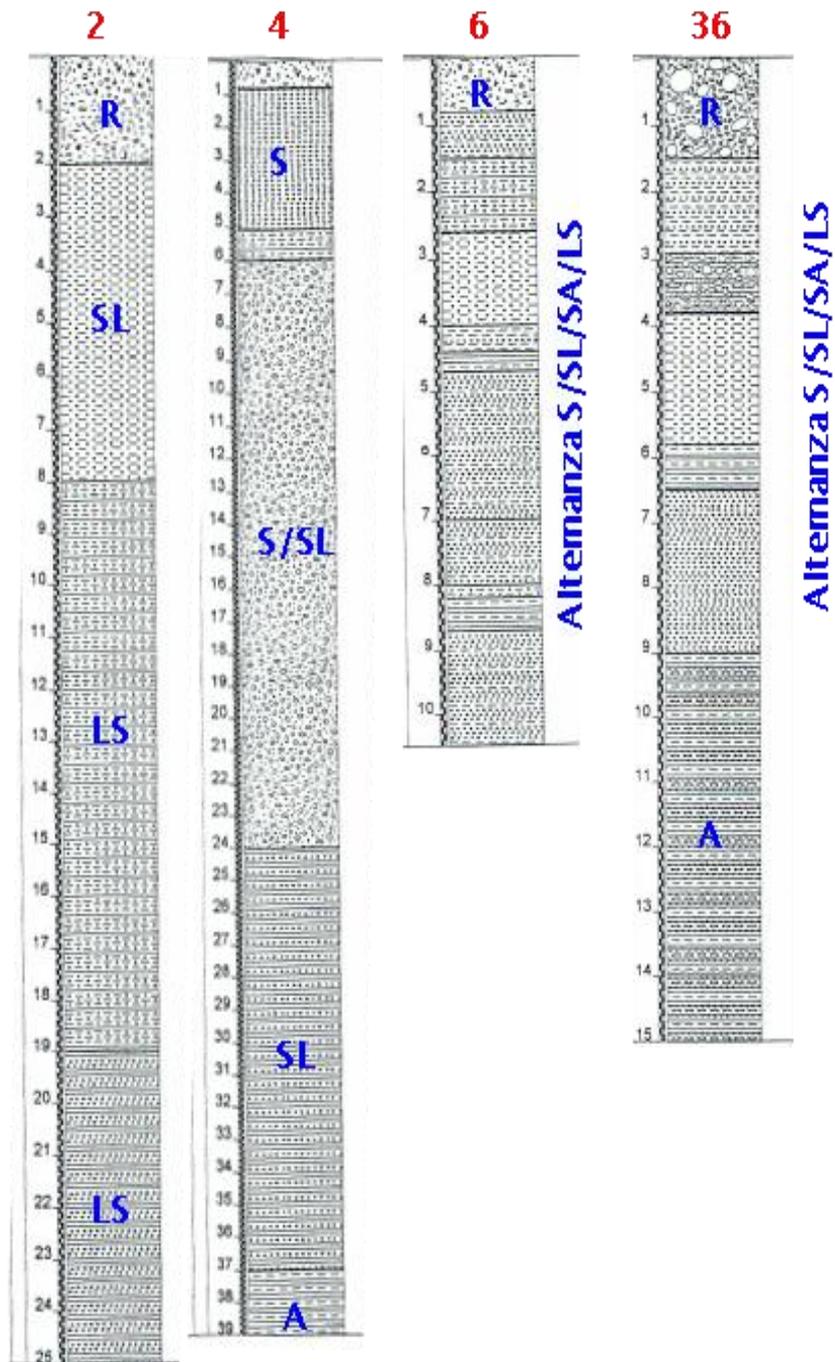
Verifica	Tipo di deposito sedimentario	Prof. della falda (m)	Età del deposito	Punteggio	Suscettibilità di liquefazione
1	Piana di esondazione	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata
2	Duna	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata
3	Spiaggia	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata

*Risultati dell’analisi di probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978);*

Per meglio comprendere la natura dei depositi costituenti la fascia costiera, sono stati consultati alcuni dei sondaggi archiviati nell’ambito dello studio di *Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Crotona*, provenienti dal **Progetto Pic Urban 2** e dall’**archivio pozzi AGIP**, di cui si riporta l’ubicazione e la sintesi delle colonne stratigrafiche. In Località Pagliamiti, nel corso della perforazione del pozzo denominato “STRONGOLI 1”, è emersa la presenza di “Sabbie recenti” sino alla profondità di 15 m dal p.c.



*Ubicazione sondaggi archiviati nell'ambito del progetto Pic Urban 2 e dall'archivio pozzi AGIP, recentemente raccolte nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Crotona e trattate nel Piano Spiagge Comunale;*



Colonne stratigrafiche. R = Riporti antropici; S = Sabbie; SL = Sabbie Limose; LS = Limi Sabbiosi, SA = Sabbie Argillose; A = Argilla;



Considerati:

1. Gli studi consultati;
2. La natura dei terreni coinvolti;
3. La possibile soggiacenza della falda entro i primi 15 m di profondità;
4. Che la magnitudo attesa al sito può essere maggiore di 5;
5. Che i valori di accelerazioni massime possibili in superficie, sono maggiori di 0.1g;

Si ritiene di poter considerare l'area di studio, limitatamente ai depositi di cui sopra, quale **Zona di Attenzione per Liquefazione**. Successivi studi, soprattutto nell'ambito di Microzonazione Sismica (Livello 3) potranno determinare la delimitazione di aree circoscritte quali **aree di rispetto** soggette in caso di sisma a fenomeni di liquefazione.

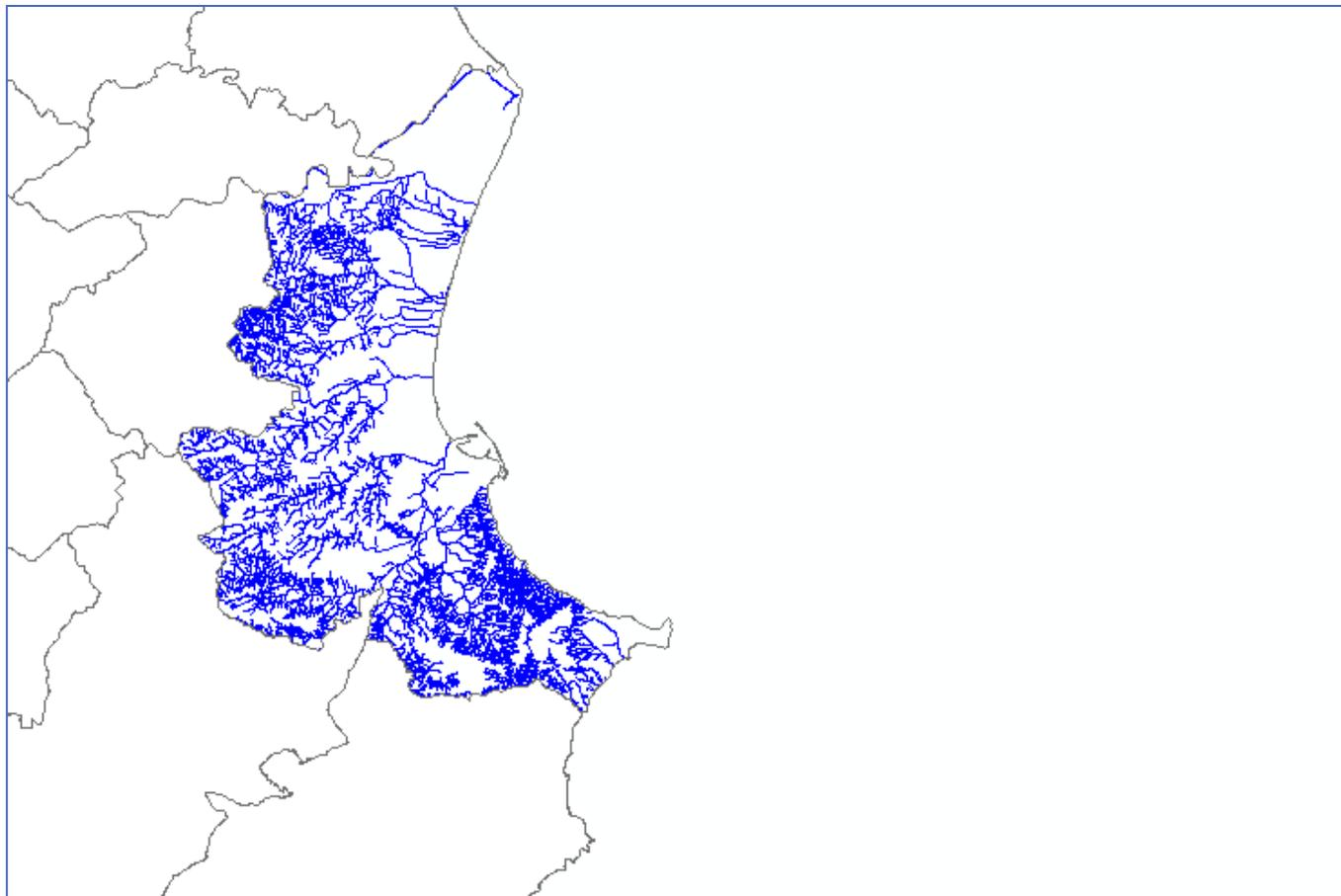
## 5. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico l'area di studio può essere vista, a grande scala, come costituita da due complessi:

1. **Complesso di depositi detritici:** Depositi di spiaggia e dune costiere, detriti di versante, depositi alluvionali dei fondovalle e delle pianure costiere, terrazzi, depositi sabbioso – limosi fluviali. Grado di permeabilità medio – alto, principalmente per porosità;
2. **Complesso argilloso:** argille siltose con grado di permeabilità basso o molto basso tranne che per i termini superficiali che per via dell'alterazione tendono ad essere più permeabili ed anche saturarsi.



*Bacini idrografici principali e secondari;*



*Reticolo idrografico;*



## 6. VINCOLI E PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE

### 6.1. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Con Delibera del Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001, “D.L. 180/98 e successive modifiche. Piano stralcio per l’assetto idrogeologico”, è stato approvato il PAI previsto dal DL 180/98 (Decreto Sarno), finalizzato alla valutazione del rischio frana, alluvione ed erosione costiera. Il Piano come stabilito dalla L. 11.12.00 n.365, art. 1 bis, ha valore sovra-ordinatorio sulla pianificazione urbanistica di scala locale, che dovrà essere aggiornata ed adeguata.

Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al DPCM 20 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- **R4 - rischio molto elevato:** quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici ed alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;
- **R3 - rischio elevato:** quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici ed infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;
- **R2 - rischio medio:** quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;
- **R1 - rischio basso:** per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

Le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia, con il titolo II, dall’art. 16 all’art. 26 disciplinano sia per “l’assetto geomorfologico” che per “l’assetto idraulico”, con graduazione dal rischio R4 al rischio R1 le possibilità di intervento e la regolamentazione degli stessi tale da evitare la possibilità di aumento del rischio.

Tutto questo obbliga, nell’ipotesi di utilizzazione delle aree individuate a rischio, a pensare ad opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza secondo un processo progettuale che, valutando le caratteristiche morfologiche, geostatiche e geotecniche ed analizzando l’insieme di dati ricavati dalle analisi e indagini



geognostiche, indichi il sistema di opere finalizzate a garantire la sicurezza di eventuali insediamenti e/o espansioni urbanistiche. Tali norme risultano particolarmente restrittive per i livelli di rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3).

### 6.1.1. Rischio di frana

Le aree a rischio frana per i centri abitati, sono individuate e perimetrare, a scala 1:10.000, previa fotointerpretazione e rilevamento in situ e raccolta di informazioni. Esse sono dedotte dall'intersezione tra gli elementi vulnerabili (centri abitati, infrastrutture) ed aree definite con pericolo di frana ed alle quali viene associato un dato livello di rischio. Le misure di salvaguardia differenziate sulla base del livello di rischio, sono estese anche alle aree pericolose associate. Le attività consentite o vietate nelle aree a rischio, sono definite dagli art.16,17, 18 e 19 delle norme di attuazione.

Gli elaborati cartografici di riferimento allegati al PAI sono:

- TAV 101-010 carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio scala 1:10.000;
- TAV 101-010 carta inventario centri abitati instabili 1:10.000

Relativamente alle "aree a rischio frana" il P.A.I. le definisce come quelle porzioni di territorio, interessate da fenomeni franosi, alle quali si associa una zona di attenzione (Buffer zone) di ampiezza convenzionale di 20 m lungo il perimetro della frana.

Il rischio si determina, per definizione, se all'interno di un fenomeno franoso "pericoloso" sono presenti elementi "esposti" (case o strade); è evidente che per definire un determinato livello di pericolosità di una frana occorre valutare un'insieme di fattori caratteristici del fenomeno stesso, fra cui lo stato di attività, la tipologia del movimento, la velocità e la quantità di materiale interessato).

Il maggior rischio si associa, per un determinato fenomeno franoso, alle aree in cui vi è esposizione di vite umane, quindi dove insistono strutture abitative.

Per tale argomento si rimanda alla lettura delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del PAI.



Il PAI fu approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n.115 del 28/12/2001.

L'aggiornamento di tale strumento era previsto con cadenza almeno quinquennale dalle stesse Norme Tecniche di Attuazione.

Il PAI fu redatto nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile e con la tempistica imposta dal D.L. 180/98 (1 anno circa). In particolare, come si legge nella lettera per l'avvio delle procedure di aggiornamento che l'ABR ha trasmesso a tutte le provincie ed i comuni calabresi (N. 0183255 del 22/11/2011), *"i tempi ristretti per la sua adozione ed approvazione imposero allora l'assunzione di semplificazioni metodologiche che se potevano essere considerate accettabili nella fase iniziale della pianificazione di settore, visti i tempi contingentati imposti dalla normativa di riferimento, non possono più esserlo oggi, a 10 anni di distanza dalla definitiva approvazione del PAI"*.

Carenza fondamentale del precedente strumento di pianificazione comunale (PRG), adottato ed approvato nel 2003, è il mancato recepimento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e del Piano Versace (Ord. 97k).

Al fine di una corretta definizione delle aree in frana presenti all'interno del territorio comunale, nel mese di dicembre 2016, sono state trasmesse all'ABR, da parte del Comune di Crotona, le schede con la perimetrazione delle aree in dissesto tracciata mediante analisi fotointerpretativa, tecniche GIS, analisi storica e rilevamento sul campo, ad elevato dettaglio. Al momento della stesura del presente elaborato non è ancora pervenuta convocazione da parte dell'ABR per l'approvazione o meno delle osservazioni trasmesse.

### 6.1.2. Rischio idraulico

Per quanto concerne il Comune di Crotona, le tavole PAI sono:

TAV. RI 101010 CROTONE/A;

TAV. RI 101010 CROTONE/B;

TAV. RI 101010 CROTONE/C;



TAV. RI 101010 CROTONE/D;

Inoltre, Per l'area urbana di Crotona valgono le perimetrazioni e relative misure di salvaguardia assunte ai sensi dell'OM n. 97/K del 30/04/1998, intendendosi che le "zone ad alto rischio di inondazione" sono classificate R4, le "zone a moderato rischio di inondazione" sono classificate R3 e le "zone a limitato rischio di inondazione" sono classificate R2. La presente norma vige fino alla data di completamento delle opere idrauliche in corso di realizzazione relativamente al fiume Esaro e al torrente Passovecchio.

Di seguito viene riportato stralcio delle osservazioni inerenti l'assetto idraulico per il territorio del comune di Crotona trasmesse nel mese di dicembre 2016 all'ABR Calabria.

#### **Assetto idraulico.**

Con la Delibera n. 3/2016 dell'11 aprile 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria ha approvato le "Procedure per l'aggiornamento del Rischio Idraulico del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Idraulico - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Idraulico" e le "Procedure per l'aggiornamento del Rischio Frane del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Frane - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Frana".

Nella stessa Delibera è stato dato mandato al Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Calabria di avviare, prima dell'adozione del progetto di piano, una fase di consultazione con i Comuni di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria, i quali dovranno presentare delle segnalazioni/osservazioni entro il 15 dicembre 2016

Presa visione delle nuove carte di pericolosità idraulica e rischio idraulico ricadenti nel territorio del comune di Crotona, questo ente fa rilevare che sussistono le condizioni, come meglio specificato nei paragrafi seguenti, per revisionare i perimetri attuali e/o la pericolosità ad esse associate nei seguenti ambiti:



- 1.1. Bacino dei torrenti Esaro e Passovecchio;
- 1.2. Aree urbanizzate con reticolo parzialmente o totalmente tombato e/o canalizzato.

### 1.1 Bacino dei torrenti Esaro e Passovecchio.

Dalla analisi delle perimetrazioni della pericolosità e rischio idraulico ricadenti nell'ambito del bacino del fiume Esaro, nonché dalla lettura dell'estratto della **“Relazione Tecnica di Piano”**, si evince che esse sono state derivate dalla Autorità di Bacino applicando due diverse fasi di attività:

- a) Aggiornamento del PAI attraverso l'inserimento di studi idrologici-idraulici condotti in ambito istituzionale;
- b) Individuazione di nuove aree a pericolosità idraulica lungo il reticolo idraulico sulla base di un criterio misto geomorfologico e idraulico

Come indicato nella **Relazione Tecnica di Piano**, la fase 1.a deriva da *“analisi del rischio idraulico, basate su modelli idraulici anche complessi e sofisticati, condotti da istituti universitari e/o da liberi professionisti per conto di Pubbliche Amministrazioni e comunque in ambito istituzionale e che per qualche motivo allo stato attuale non sono state recepite all'interno della perimetrazione PAI. In particolare si tratta degli studi condotti nell'ambito delle ordinanze di Protezione Civile emesse a seguito degli eventi alluvionali che in passato hanno colpito il territorio comunale di Crotona (Ottobre 1996) [...] In particolare lo studio idraulico condotto nel 1998 dal Dipartimento di Difesa del Suolo dell'Unical per la perimetrazione delle aree allagabili nelle zone colpite dall'evento alluvionale che ha interessato il basso corso dei torrenti Esaro e Passovecchio nel territorio comunale di Crotona è basato su un modello idrodinamico bidimensionale sviluppato all'interno del Dipartimento che utilizza il modello digitale del terreno estratto dalla Cartografia Tecnica Regionale disponibile all'epoca integrata con il rilievo topografico degli attraversamenti. La perimetrazione delle aree allagabili è stata fatta con riferimento ai 3 tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni. [...] Le aree a diversa pericolosità idraulica ottenute dallo studio predetto saranno quindi recepite nel PAI come aree a pericolosità idraulica: · P3 (pericolosità elevata) aree allagabili con tempo di ritorno di 30 anni; · P2 (pericolosità media) aree*



*allagabili con tempo di ritorno di 200 anni; · P1 (pericolosità bassa) aree allagabili con tempo di ritorno di 500 anni. Poiché le suddette aree derivano comunque da uno studio idraulico di dettaglio eseguito in coerenza con le indicazioni contenute nelle linee guida esse possono essere definite come derivanti da un'analisi del rischio idraulico di **livello avanzato**.*”

**La suesposta perimetrazione della pericolosità risulta, dunque, a parere di questo ente pienamente coerente con le finalità del PAI e del suo aggiornamento.**

Le restanti aree a pericolosità idraulica ricadenti nel bacino dei torrenti Esaro e Passovecchio, tutte classificate aree a pericolosità molto elevata P3, sono state derivate mediante la applicazione della fase 1.1.b, consistente nel seguente metodo, come indicato nella **Relazione Tecnica di Piano**: *“Lungo tutto il reticolo idrografico riportato sulla Carta Tecnica Regionale (CTR) sono state individuate, con un criterio misto geomorfologico e idraulico e sulla base del dato LIDAR disponibile, aree a pericolosità idraulica P3. In funzione della classificazione delle metodologie d'indagine utilizzate per l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica, il criterio di seguito specificato è da considerarsi di livello intermedio. Tali aree a pericolosità idraulica costituiscono una prima perimetrazione in attesa di una classificazione di livello avanzato. Il criterio utilizzato per stabilire l'estensione di tali aree è così definito: · il reticolo idrografico della CTR è stato discretizzato in una serie di punti e, a partire dalle; rispettive quote s.l.m. lette dal dato LIDAR, sono stati ipotizzati dei "piani d'acqua" ad una quota superiore di 5 metri; · l'intersezione di tali "piani d'acqua" con il dato altimetrico del LIDAR individua sul reticolo idrografico le aree a pericolosità idraulica P3 di livello intermedio; · l'ampiezza di tali aree, disposta ortogonalmente e centrata sul reticolo idrografico, non potrà comunque essere estesa per più di L metri. La quantità L è riportata nella seguente tabella in funzione del numero di Horton dell'asta considerata.[...]”*

Dalla disamina delle **NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA – di seguito NAMS (Testo aggiornato approvato dal Comitato Istituzionale con Del. N. 3 dell'11/04/2016)** le suddette aree verrebbero disciplinate dagli artt. 21 e 25. In particolare, l'art. 25 ai comma 1 e 3 prevede che: *“1. Sia nella fase di attuazione dei piani urbanistici vigenti, sia in sede di formazione di nuovi strumenti urbanistici o di Varianti, le amministrazioni e gli enti pubblici interessati possono effettuare verifiche e presentare istanza di modifica della perimetrazione delle aree con pericolosità d'inondazione/alluvioni*



*molto elevato (P3) ed elevato (P2), in base a più specifiche conoscenze sulle condizioni effettive dei fenomeni d'inondazione/alluvioni. Tali proposte di rettifica dovranno essere riportate su cartografie di adeguato dettaglio e su specifici rilievi topografici, come indicato nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR. [...] 3. L'ABR, entro 90 giorni dall'acquisizione delle proposte di modifica di cui al precedente comma 1, sulla base di propri studi e della documentazione prodotta dai soggetti interessati, provvede alla verifica e all'eventuale accettazione dell'istanza di modifica e, successivamente, all'aggiornamento del PAI secondo quanto previsto dall'art. 2 commi 1 e 2."*

Tutto ciò premesso, visto, dunque:

- che le aree a pericolosità P3 di livello intermedio suesposte non derivano da modelli idraulici di dettaglio, né da aree storicamente interessate da eventi alluvionali;
- che tali aree insistono per la maggior parte su reticolo idrografico minore, nella parte alta dei suddetti bacini, con pendenze del fondo alveo elevate;
- che l'art. 21 limita fortemente le attività urbanistico-edilizie nelle aree a pericolosità P3;
- che i tempi previsti dall'art. 25 delle NAMS per la verifica e eventuale accettazione, da parte della Autorità di Bacino, dell'istanza di modifica delle perimetrazioni delle aree P3 non risultano compatibili con la ordinaria attività di gestione del territorio comunale ricadente in tali aree, con particolare riferimento alla attuazione del vigente strumento urbanistico;

**questo ente chiede che le aree a pericolosità P3 di livello intermedio ricadenti nel bacino dei torrenti Esaro e Passovecchio vengano declassate a aree a pericolosità P1, garantendo, comunque, in quest'ultimo caso i principi di salvaguardia e sicurezza idraulica perseguiti dal PAI, secondo quanto sancito dall'art. 23 delle NAMS (Disciplina delle aree a bassa pericolosità idraulica "P1").**

Si rammenta, a tal fine, che l'art. 23 al comma 2 sancisce che: *"2. In tali aree tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio sono subordinate alla redazione di uno studio di compatibilità idraulica che valuti sia le interferenze che esse hanno con i dissesti idraulici presenti che le possibili alterazioni al regime idraulico ed idrologico. In particolare, tale studio, da redigersi secondo le Linee Guida dell'Autorità di Bacino, deve essere teso ad accertare che le modifiche indotte dall'intervento proposto non siano peggiorative del rischio e/o pericolosità idraulica anche per i territori posti a monte e a valle della zona d'intervento e non comportino*



*alterazione del regime idrologico nell'intero bacino. Per gli interventi che non comportano alcuna alterazione del regime idrologico-idraulico o, comunque, un'alterazione non significativa, tale studio di compatibilità idraulica è sostituito da un'asseverazione del tecnico progettista dell'intervento attestante che ricorra questa condizione e che deve fare parte integrante del progetto trasmesso all'amministrazione preposta al rilascio del titolo autorizzativo. La consistenza dell'alterazione del regime idrologico-idraulico deve essere valutata sulla base di quanto specificato nelle sopra indicate Linee Guida.*

## 1.2 Aree urbanizzate con reticolo parzialmente o totalmente tombato e/o canalizzato.

Nell'ambito delle aree urbanizzate ricadenti nel territorio comunale di Crotona, è possibile far rilevare i due seguenti ordini di osservazioni:

- a) **Osservazioni grafiche:** in corrispondenza delle aree urbanizzate, il reticolo idrografico preso a riferimento dalla Autorità di Bacino per la stima delle aree a differente pericolosità risulta incongruente con lo stato di fatto rilevabile sia dalle recenti ortofoto e immagini satellitari, sia da sopralluogo in situ, nonché spesso con la stessa CTR (2008). In particolare, si fa rilevare che il reticolo PAI non considera in alcun modo le tombature e/o canalizzazioni (alveo cilindrico solitamente in c.a.) realizzate lungo molti tratti del reticolo idrografico, spesso antecedentemente al 2001 (anno di adozione del PAI Calabria), con modifiche plano-altimetriche del reticolo originario. A titolo esemplificativo e non esaustivo di seguito si riportano alcuni esempi di reticolo che presentano tale incongruenza:

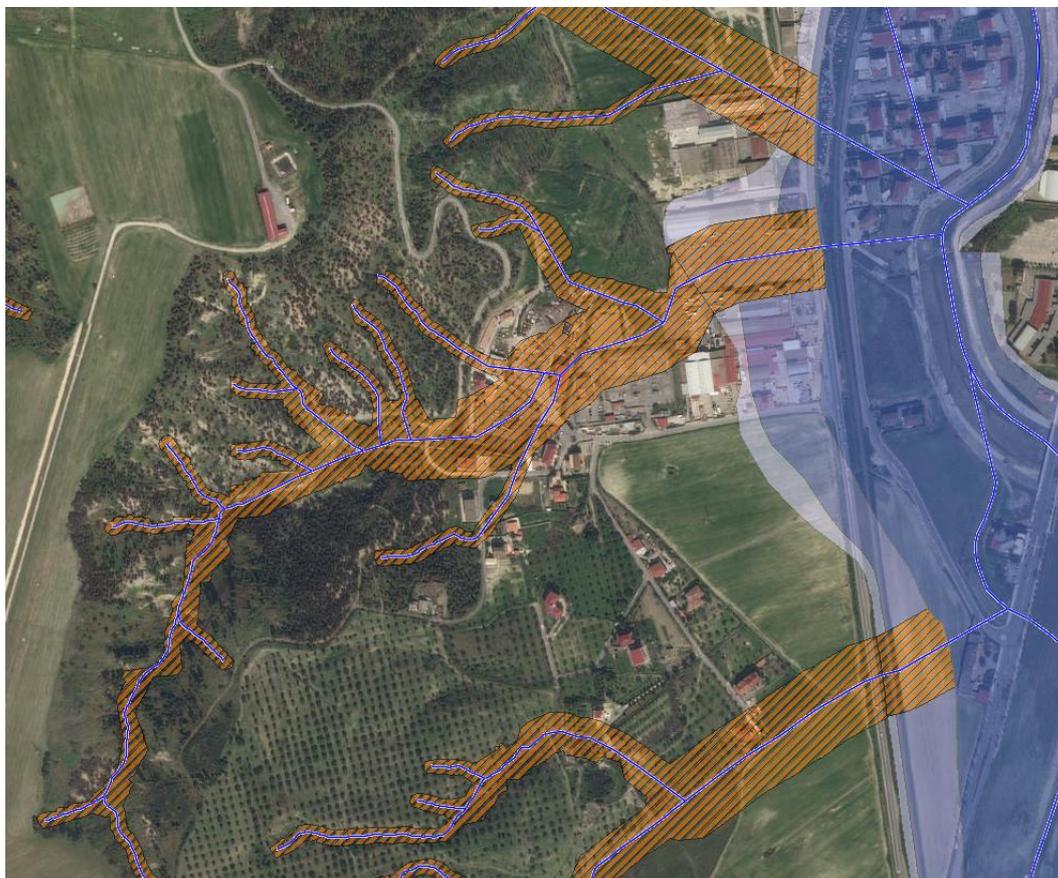


Figura 1 – Reticolo PAI e relativo areale di pericolosità P3 di livello intermedio (Via Esaro).

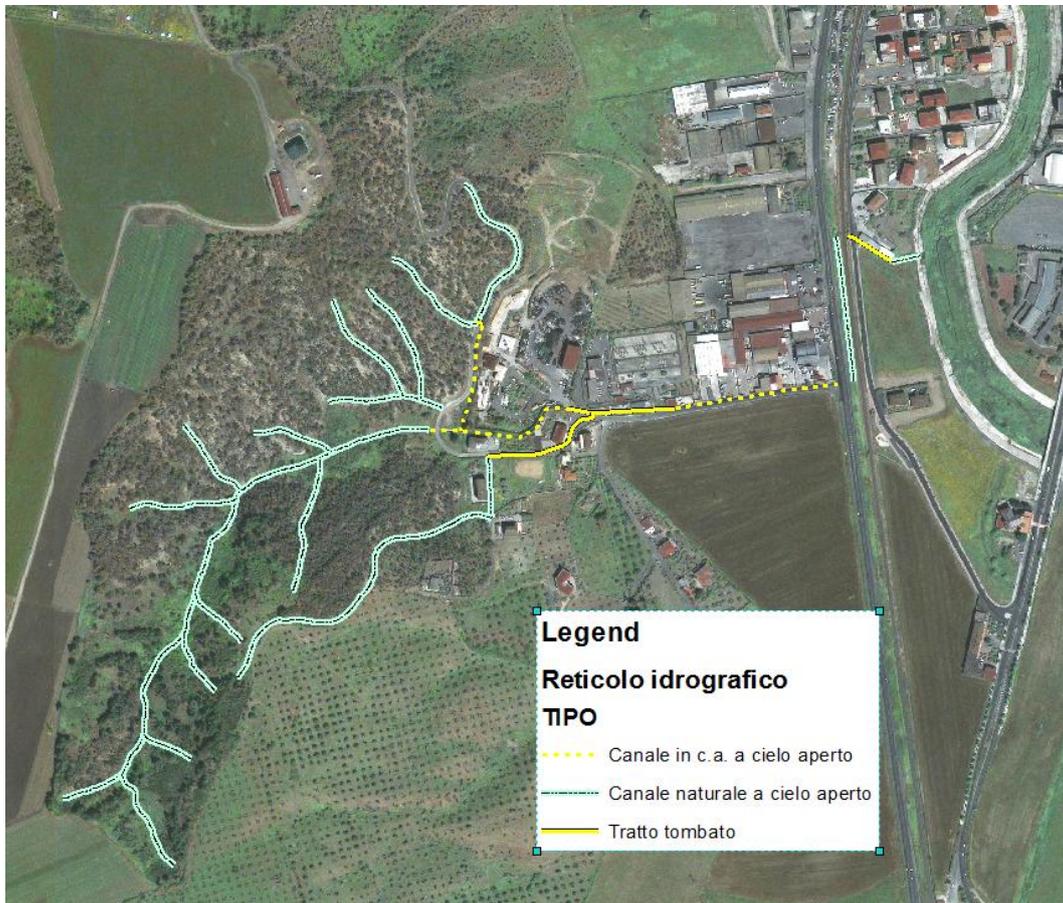


Figura 2 – Reticolo allo stato di fatto (Via Esaro).



Figura 3 – Reticolo PAI e relativo areale di pericolosità P3 di livello intermedio (Via Calipari).

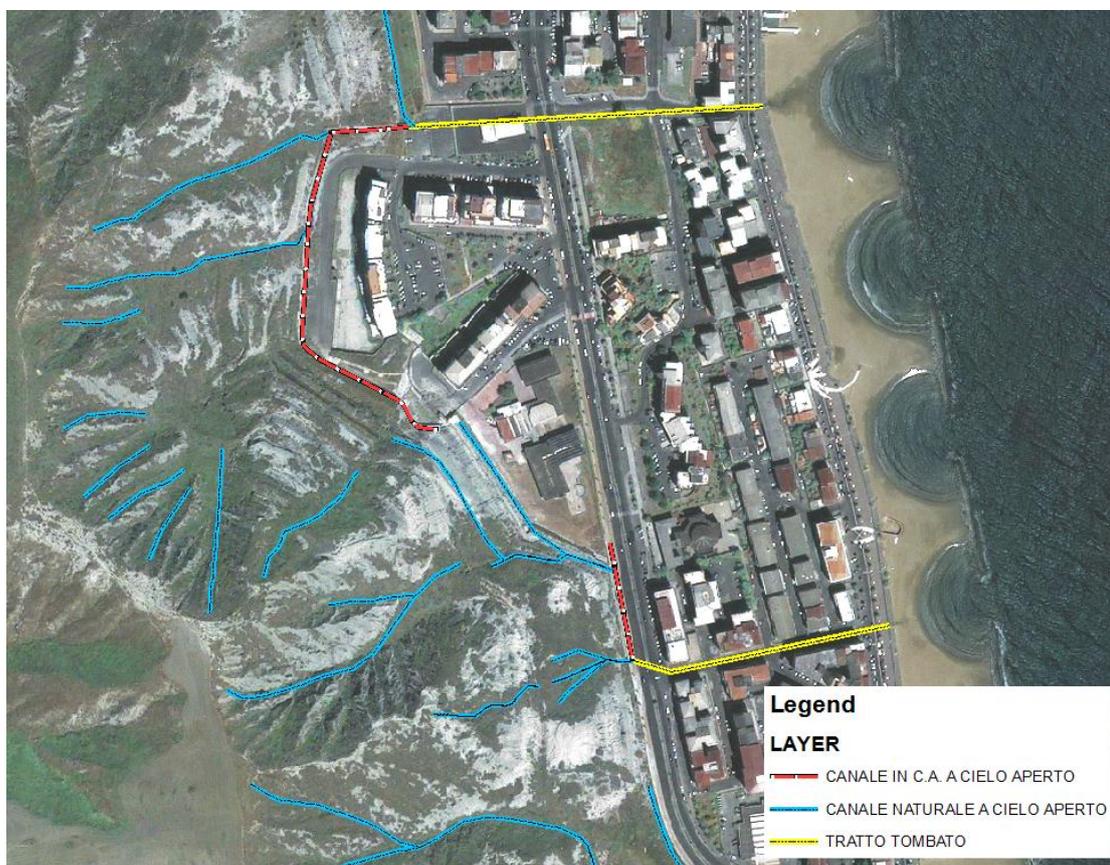


Figura 4 – Reticolo allo stato di fatto (Via Calipari).

- b) **Osservazioni normative:** all'interno delle aree urbanizzate, anche in corrispondenza dei tratti tombati (realizzati spesso antecedentemente al 2001) il PAI prevedrebbe un areale di pericolosità P3 di livello intermedio, derivato secondo quanto riportato al suesposto punto 1.1.a, sempre proporzionale al numero di Horton. Secondo tale approccio, si corre nell'errore di paragonare in termini di rischio e sicurezza idraulica un canale a cielo aperto con un canale tombato, sottoponendo a vincolo inibitorio una ampia fascia di territorio urbanizzato per la quale certamente le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio comportano nessuna alterazione del regime idrologico-idraulico o, comunque, un'alterazione non significativa.

Tutto ciò premesso, visto, dunque:



- che l'attuale configurazione del reticolo idraulico nelle zone urbanizzate risulta, quasi nella sua interezza, difforme e incongruente con quanto assunto dalla Autorità di Bacino per la definizione degli areali di pericolosità in termini plano-altimetrici (deviazioni, ...);
- che la Autorità di Bacino, nella definizione degli areali di pericolosità, non tiene conto della differente morfologia dei rami costituenti il reticolo idrografico (tombature, canalizzazioni, canali naturali a cielo aperto);
- che per l'intero reticolo idraulico in zone urbanizzate, incluso i tratti tombati, il PAI definisce esclusivamente aree a pericolosità P3 di livello intermedio che non derivano da modelli idraulici di dettaglio, né da aree storicamente interessate da eventi alluvionali;
- che l'art. 21 limita fortemente le attività urbanistico-edilizie nelle aree a pericolosità P3;
- che i tempi previsti dall'art. 25 delle NAMS per la verifica e eventuale accettazione, da parte della Autorità di Bacino, dell'istanza di modifica delle perimetrazioni delle aree P3 non risultano compatibili con la ordinaria attività di gestione del territorio comunale ricadente in tali aree, con particolare riferimento alla attuazione del vigente strumento urbanistico;

**questo ente chiede:**

- **che venga rettificato il reticolo idrografico PAI ed adeguato alla reale attuale configurazione plano-altimetrica;**
- **che per i tratti tombati in zone urbanizzate l'areale di pericolosità sia ridotto ad una fascia di larghezza 10 metri, posta ortogonalmente e centrata rispetto al reticolo idrografico, e declassata a pericolosità P1;**
- **che sia aggiunto all'art.23 delle NAMS ("Disciplina delle aree a bassa pericolosità idraulica "P1"), con espresso riferimento ai tratti tombati in zone urbanizzate, un richiamo alla necessità di subordinare alla redazione di uno studio di compatibilità idraulica la realizzazione di qualsiasi opera di drenaggio urbano che, seppure al di fuori della fascia di pericolosità individuata in cartografia, possa determinare una qualunque alterazione del regime idraulico del tratto tombato recettore (es. verifica della capacità di deflusso del tratto tombato allo stato di fatto e di progetto);**
- **che le sole aree a pericolosità P3 di livello intermedio ricadenti in zone urbanizzate (Tessuto consolidato o da consolidare secondo il previgente PRG del Comune di Crotona) vengano declassate a**



aree a pericolosità P1, garantendo, comunque, in quest'ultimo caso i principi di salvaguardia e sicurezza idraulica perseguiti dal PAI, secondo quanto sancito dall'art. 23 delle NAMS (Disciplina delle aree a bassa pericolosità idraulica "P1").

Si rammenta, a tal fine, che l'art. 23 al comma 2 sancisce che: *"2. In tali aree tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio sono subordinate alla redazione di uno studio di compatibilità idraulica che valuti sia le interferenze che esse hanno con i dissesti idraulici presenti che le possibili alterazioni al regime idraulico ed idrologico. In particolare, tale studio, da redigersi secondo le Linee Guida dell'Autorità di Bacino, deve essere teso ad accertare che le modifiche indotte dall'intervento proposto non siano peggiorative del rischio e/o pericolosità idraulica anche per i territori posti a monte e a valle della zona d'intervento e non comportino alterazione del regime idrologico nell'intero bacino. Per gli interventi che non comportano alcuna alterazione del regime idrologico-idraulico o, comunque, un'alterazione non significativa, tale studio di compatibilità idraulica è sostituito da un'asseverazione del tecnico progettista dell'intervento attestante che ricorra questa condizione e che deve fare parte integrante del progetto trasmesso all'amministrazione preposta al rilascio del titolo autorizzativo. La consistenza dell'alterazione del regime idrologico-idraulico deve essere valutata sulla base di quanto specificato nelle sopra indicate Linee Guida."*



## 7. PROPOSTA DI NORMATIVA GEOLOGICO – TECNICA – AMBIENTALE

### Fattibilità delle azioni di piano

La carta (Tav. SG.13 – Fattibilità delle Azioni di Piano) rappresenta il documento di sintesi più importante, in quanto suddivide il territorio in classi di fattibilità delle azioni di piano, con conseguenti limitazioni da nulle a massime, a seconda dei diversi tipi e livelli di pericolosità geologica e delle incidenze negative che ad esse si associano. Essa fornisce indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle eventuali prescrizioni per gli interventi urbanistici, ai livelli di approfondimento di indagine da adottarsi per ogni singola classe di fattibilità e alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto.

In sostanza si basa sulla valutazione incrociata degli elementi contenuti nelle cartografie di analisi, valutando i diversi tipi e livelli di pericolosità geologica e le incidenze negative che ad esse si associano, tenendo anche conto di elementi non cartografati e dei fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame.

Il documento ovviamente parte dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nelle cartografie di analisi e trova nella carta di sintesi il riferimento fondamentale. La sua stesura però non consiste in una semplice e asettica trasposizione di dati, in quanto richiede precise valutazioni critiche della pericolosità dei singoli fenomeni e degli scenari di rischio conseguenti con un impegno di grande rilievo perché si tratta di associare ai livelli di pericolosità incidenze negative che hanno un peso sicuramente valutabile quando sono nulle o quando sono preclusive, ma che lasciano vari gradi di incertezza quando sono limitativi, imponendo limitazioni con scelte di responsabilità che sono risolvibili con accorgimenti tecnici di maggiore o minore peso economico. In tale ottica, seguendo le indicazioni delle Linee guida, il territorio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, con crescente grado di limitazione d'uso. Qui di seguito sono brevemente descritte le quattro classi.

**CLASSE 1: PERICOLOSITA' GEOLOGICA DA NULLA A TRASCURABILE****FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI PRESCRIZIONI*****Aree idonee all'utilizzazione urbanistica***

In questa classe sono stati comprese quelle aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche o da amplificazioni sismica, o aree le cui condizioni di stabilità sono da considerare buone, costituite da terreni con buone caratteristiche geotecniche in cui non sono presenti indizi attivi ed in cui i fenomeni pregressi sono ormai da considerare stabilizzati Per tali aree si applica il dettato del D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).

***Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi***

Non esistono limitazioni alla trasformazione d'uso del territorio per i già illustrati bassi livelli di pericolosità.

**CLASSE 2: PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA****FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI*****Aree idonee all'utilizzazione urbanistica***

Aree, le cui condizioni di stabilità sono da considerare buone, costituite da terreni con buone caratteristiche geotecniche in cui non sono presenti indizi geomorfologici attivi ed in cui i fenomeni pregressi sono da considerare stabilizzati; i dubbi che comunque permangono potranno essere fugati successivamente alla conduzione della campagna geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

***Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi***

Nonostante non vi siano per le aree poste in questa classe limitazioni alle scelte urbanistiche, risulta comunque necessario, nel caso di un loro utilizzo edificatorio, affrontare approfondimenti di carattere geologico–tecnico–ambientale, con la realizzazione di indagini volte a definire in modo preciso, puntuale e dettagliato le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta e le soluzioni più idonee da adottarsi.

**CLASSE 3: PERICOLOSITA' GEOLOGICA DA MODERATA A MEDIA****FATTIBILITA' CON LIMITAZIONI CONSISTENTI*****Idoneità all'utilizzazione urbanistica subordinata all'adozione di accorgimenti tecnici particolari***

Comprendono tutte le aree nelle quali le condizioni di pericolosità geologica possono essere per lo più rimosse con interventi idonei alla eliminazione e minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo.

Si tratta di aree in cui alle condizioni di pericolosità geologica si associano fattori limitativi richiamati dalle Linee Guida della Legge regionale e identificati nel territorio comunale.

Questa classe comprende:

- le aree che si collocano prevalentemente lungo i versanti collinari del territorio comunale. Si tratta di aree caratterizzate da condizioni morfologiche moderatamente sfavorevoli (pendenze medio–elevate, erosione superficiale diffusa, cattive condizioni di drenaggio), situazioni geomorfologiche da ritenere al limite dell'equilibrio, identificate nella carta di sintesi come aree di "attenzione geomorfologica"
- in aree dove gli aspetti di pericolosità sono determinati unicamente dalla presenza in superficie di litotipi dalle scadenti caratteristiche geotecniche, rappresentate dal loess eolico del settore litoraneo, da materiale di origine eluvio–colluvionale o di riporto caratterizzanti alcune fasce di territorio.

***Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi***



Valgono tutti gli aspetti prescrittivi già elencati per la classe 2 e in aggiunta:

l'utilizzo dell'area, è subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico–tecnica dell'area e del suo intorno e consentire di precisare e caratterizzare il modello geologico–tecnico–ambientale, ove necessario mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante specifici di varia natura (idrologici, ambientali, pedologici, ecc).

**Per le aree collocate lungo i versanti collinari**

Andrà accertata l'eventuale presenza di fenomeni di instabilità dei versanti tramite verifiche di stabilità, valutando la possibilità o meno di intervenire con fondazioni profonde;

negli atti progettuali, funzionali per le nuove edificazioni dovranno essere chiaramente indicate le metodologie di smaltimento delle acque di gronda e dello scarico delle acque reflue, nonché individuato il loro recettore;

eventuali tagli di versanti dovranno essere protetti da adeguate opere di sostegno, si dovrà comunque privilegiare la realizzazione di interventi che assecondino, per quanto possibile, la morfologia delle aree in cui si opera;

**Per le aree collocate nel settore litoraneo costiero**

valgono tutti gli aspetti prescrittivi già elencati per la classe precedente, ed inoltre, per le aree litoranee caratterizzate da sabbie eoliche e da falda superficiale si consiglia, per ogni nuovo intervento edificatorio, di valutare il rischio di liquefazione attraverso la stima del potenziale di liquefazione.

**CLASSE 4: PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA**

**FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

*Aree inidonee all'utilizzo urbanistico*



Comprende tutte le aree con pericolosità geologica elevata, interessate da fenomeni di dissesto (frane attive e quiescenti, forte erosione, frequenti inondazioni). Tale condizione le rende inadatte ad un utilizzo urbanistico se inedificate, limitandone l'uso qualora edificate.

***Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi***

Le aree ricadenti in questa classe sono quelle in cui alle condizioni di pericolosità geologica si associano i fattori preclusivi richiamati dalle linee guida.

In queste aree è fortemente sconsigliata qualsiasi forma di utilizzazione che non sia prettamente conservativa o di miglioramento e messa in sicurezza del sito.

Sono consigliate opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e di difesa del suolo per la messa in sicurezza dei siti.

Per il patrimonio esistente sono proponibili gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia anche con modesti ampliamenti volti al miglioramento delle condizioni abitative, che non inducano un significativo aumento del carico antropico.

Per opere infrastrutturali di interesse pubblico, non altrimenti localizzabili, si richiedono indagini geognostiche di dettaglio, in aree di versante verifiche di stabilità e studio dell'impatto ambientale.

Nuove previsioni urbanistiche, nuove opere o costruzioni, potranno essere ipotizzabili solo ad avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte delle autorità comunali, dovrà essere allegata un'apposita relazione geologica che dimostri la compatibilità degli interventi con la situazione grave di rischio geologico.



E' da specificare che l'analisi ed i dati elaborati nel presente studio, considerata l'estensione territoriale, l'eterogeneità geologica delle formazioni affioranti e la loro distribuzione all'interno del territorio comunale e le caratteristiche generali dell'indagine effettuata, sono da ritenersi valide solo per una caratterizzazione indicativa e di massima e non per una loro immediata utilizzazione pratica. Pertanto, prima di ogni intervento di qualsiasi tipologia di edificazione, di interesse pubblico o privato, è indispensabile che si provveda ad eseguire i necessari ed idonei studi geologici, indagini geognostiche e verifiche di stabilità se necessarie, per come richiesto dalla legislazione vigente



## FONTI BIBLIOGRAFICHE

*APAT (2006) – Fenomeni di dissesto geologico – idraulico sui versanti, Manuali e Linee Guida 39/2006.*

*CASTIGLIONI G.B. (1992) – Geomorfologia, pp. 436, U.T.E.T., Torino.*

*DRAMIS F., FLAMINI M., MARGOTTINI C., PAPASODARO F. & PUGLISI C. (2005) – Evoluzione geomorfologica dell'area di Civita di Bagnoregio (VT). Poster presentato al Convegno "Rilevamento geomorfologico di Terreno e da Remote Sensing, Trattamento dei Dati Tramite GIS per la Gestione del Territorio e la Mitigazione dei Rischi Geo-Ambientali" Rossano – Centro Studi San Bernardino.*

*GISOTTI G. & BENEDINI M. (2000). Il dissesto idrogeologico. Roma: Carrocci Editore.*

*PANIZZA M. (1988). Geomorfologia applicata, pp.340 La Nuova Italia Scientifica, Roma.*

*VALLARIO A. (1992) – Frane e territorio, pp. 548, Liguori Editore, Napoli.*

*"Master Plan della fascia costiera calabrese" – Approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria con delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 22/07/2014.*

*"Atlante delle coste – il moto ondoso a largo delle coste italiane" – Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine – Servizio Difesa delle Coste.*

### I dati impiegati per la cartografia di analisi:

*Litologie affioranti (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione e analisi indagini pregresse);*

*Giaciture (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione);*

*Orli di terrazzo (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione);*

*Faglie certe, incerte e/o sepolte (Fonte: progetto CARG);*

*Faglie capaci (Fonte: ITHACA);*

*Frane (Fonte: PAI, IFFI, rilevamento, fotointerpretazione);*

*Aree soggette ad intensa erosione (Fonte: PAI);*

*Opere di difesa costiera (Fonte: MAIS di SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, rilevamento);*

*Spiaggia e sistema dunare (Rilevamento, fotointerpretazione);*

*Reticolo idrografico (ABR Regione Calabria);*

*Linea di riva (Fonte: ABR Regione Calabria);*

*Aree a rischio frana (Fonte: PAI, IFFI, rilevamento, fotointerpretazione);*

*Aree a rischio inondazione (Fonte: ABR Regione Calabria – PGRA – Piano di Gestione Rischio Alluvioni);*

*Aree a rischio erosione costiera (Fonte: ABR Regione Calabria – PSEC – Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera);*

*Aree soggette ad erosione intensa (Fonte: PAI);*

*ZPS – Zone a Protezione Speciale*

*SIC – Siti di importanza Comunitaria*

*EUAP – Elenco Ufficiale della Aree naturali Protette*