Committente:

Comune di CHIAVARI

Piazza Nostra Signora dell'Orto, 1 - 16043 Chiavari (GE)

Oggetto:

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E DIFESA DEL LITORALE E DELL'ABITATO DI CHIAVARI NEL TRATTO COMPRESO FRA PUNTA DELLE GRAZIE E IL PORTO TURISTICO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CUP J28C20000110002 - CIG 8448859B00

Titolo elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

R.T.I.:

Mandataria, coordinamento progettuale: STUDIOELB Ingegneri Associati

Mandanti: DHI, AM3 SPIN-OFF ADVANCED MODELS AND METHODS IN MARITIME ENGINEERING, resGEo studio associato di geologia

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:
Dott. Ing. Riccardo Giammarini

Firmato digitalmente da
Riccardo Giammarini
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
T = Ingegnere
C = IT

Documento emesso da:

resGEO studio associato di geologia
di G. Rizzi e B. Musante
Via E.Fico 32/1 - 16039 Sestri Levante (GE)
e-mail: info@resgeo.it

Dott. Geol. Giovanni Rizzi

0	25.05.2021	GR	BM	GR	Emissione
Revisione	Data	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:	Descrizione

Nome file:	Scala:	Commessa:	Livello prog:	Elaborato:
C51.PF. R02.00_Relazione-geologica-preliminare		C51	PF	R02

INDICE DEI CAPITOLI

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO
2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO e IDROGEOLOGICO
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO
4. CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI

ALLEGATI

TAV. 1. CARTA GEOLOGICA

TAV. 2: ASSETTO NORMATIVO

TAV. 3: UBICAZIONE POSTAZIONI DI PRELIEVO E DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

TAV. 4: DISTRIBUZIONE DIAMETRO MEDIO DEI SEDIMENTI

TAV.5: DISTRIBUZIONE DEL COEFFICIENTE DI ASIMMETRIA DEI SEDIMENTI

1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio riguarda la costa antistante il centro cittadino di Chiavari nel tratto compreso tra il porto e la collina delle Grazie. Il litorale fa parte dell'unità fisiografica del Golfo del Tigullio, i cui estremi risultano definiti dalla Punta di Portofino a ponente e dalla Penisola di Sestri Levante a levante; detto settore è confinato dunque ad occidente dal rilievo della Collina delle Grazie ed a oriente dalla Foce dell'Entella: La sua connotazione risulta strettamente legata all'evoluzione della piana del fiume Entella di cui ne rappresenta la spiaggia fociale e in misura meno significativa dall'attività del torrente Rupinaro.

Si tratta peraltro di una porzione di territorio profondamente modificata dall'azione antropica, sia sulla costa che nell'immediato entroterra.

La piana su cui è insediato l'abitato di Chiavari sottende sia le sezioni terminali del torrente Rupinaro che del fiume Entella, i cui bacini idrografici si ramificano estesamente verso monte fino a risalire le valli dei torrenti Lavagna, Graveglia e Sturla, attraversando una molteplicità di situazioni geologiche (sl) molto complesse.

Lo schema geologico propone una serie sedimentaria che si trova a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti, i diaspri, i calcari a Calpionelle tipo maiolica, entrambi strettamente associati al primo termine della serie.

La serie cretacea, costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Gottero (compresa tra il Titoniano-Berriasiano e il Turoniano), si estende verso l'alto in continuità con la serie precedente e si sviluppa arealmente verso Ovest e Sud-Ovest a partire dal limite suddetto, modellando anche i rilievi retrostanti le cittadine di Lavagna e Chiavari.

La continuità della serie sedimentaria si interrompe in prossimità della Collina delle Grazie e lungo l'incisione del retrostante rio Campodonico (affluente di destra del torrente Rupinaro)

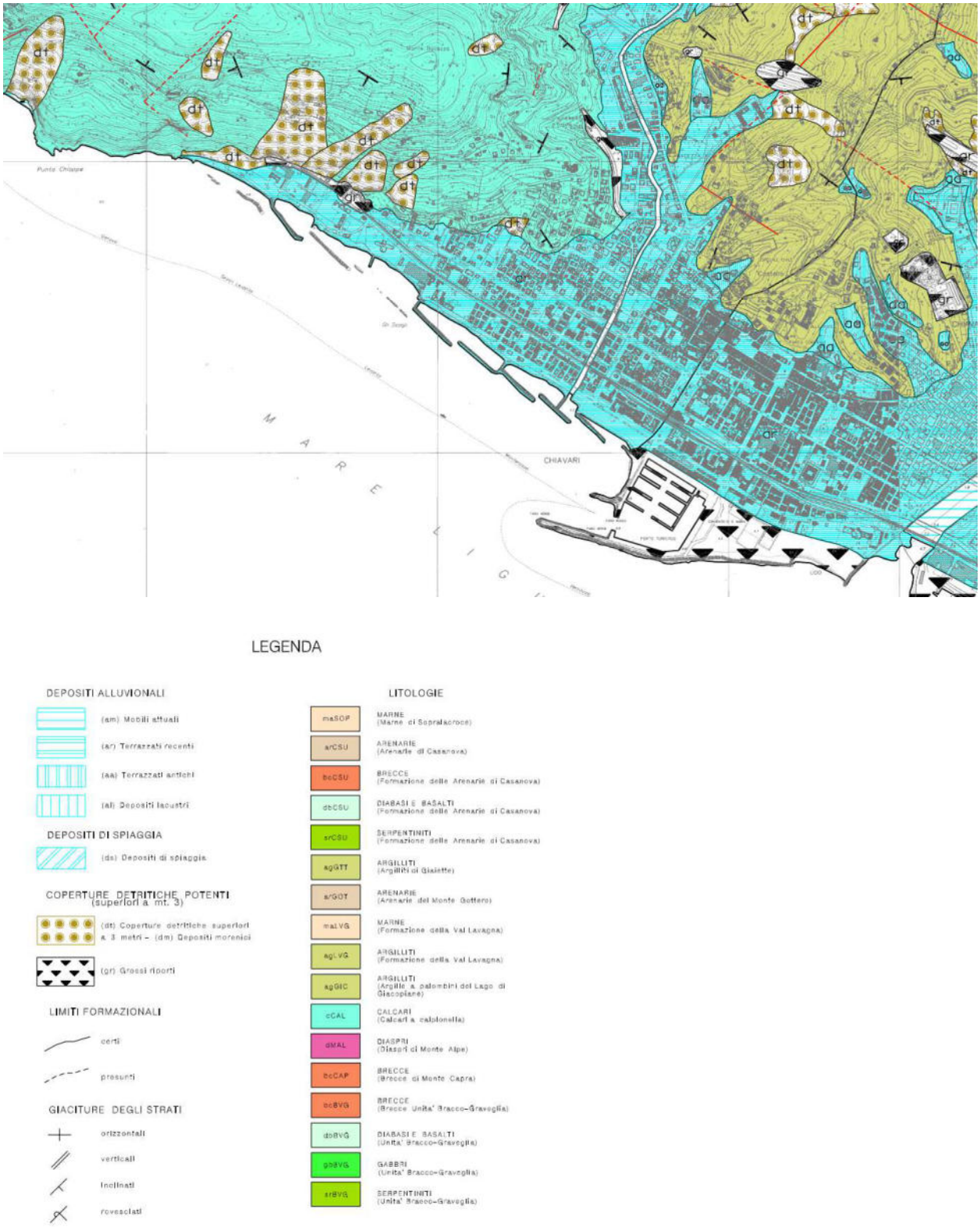
per l'affioramento della Formazione dei Flysch di Monte Antola, costituita da alternanze ritmiche di banchi calcareo-marnosi, arenarie micacee, argilloscisti e strati argilloso-marnosi.

La Formazione dei Calcari di Monte Antola, in bella esposizione sulla falesia della collina delle Grazie, caratterizza inoltre l'intero versante litoraneo tra Chiavari e Genova, salvo il localizzato mascheramento dovuto ai Conglomerati oligocenici di Portofino sull'omonimo promontorio.

Presso la collina delle Grazie la giacitura media della discontinuità principale denuncia giaciture 220°-240° (Ovest – Sud Ovest) ed inclinazioni comprese tra 30°-45° configurando rispetto alla costa assetti a prevalente franappoggio.

I rilievi collinari che bordano verso Nord il tratto litoraneo investigato (salita al Castello, corso Lima, viale Devoto, ecc.) e che immergono entro i depositi marini-alluvionali litoranei, risultano modellati nella Formazione degli "argilloscisti manganesiferi con lenti di scisti rossi e strati di arenaria quarzosa compatta" (cfr. R. Terranova, 1966).

Con questa definizione si intende indicare gli argilloscisti stratigraficamente soprastanti a quelli con intercalazioni di calcari pseudopalombini e direttamente sottostanti alla Formazione delle Ardesie.



Tav.1: Carta Geologica (Piano di bacino – Ambito 16)

2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La variabilità dei litotipi affioranti sulla costa e nei bacini, unitamente all'evoluzione geologica, è responsabile dell'assetto geomorfologico della zona che si riflette sulla differente erodibilità dei bacini imbriferi e delle falesie, con importanti ripercussioni sul bilancio sedimentario dell'unità fisiografica.

I lineamenti morfologici essenziali della costa risentono dunque del profilo geologico del territorio apparendo più morbidi a levante della Collina delle Grazie, con versanti degradanti sul mare in forma per lo più regolare, e più aspri a ponente ove sulla costa, quasi ovunque alta e con significative falesie, l'abrasione marina ha posto in evidenza strati a composizione prevalentemente calcarea, inarcati da un tettonismo localmente così intenso da non consentire talvolta di determinare una geometria prevalente del complesso roccioso. Tale tratto è quindi parte integrante di una falesia attiva in continua e rapida evoluzione geomorfologica, come testimoniato dai numerosi episodi di crollo manifestatisi. In questo settore assume una notevole rilevanza l'azione del moto ondoso in funzione sia della disposizione della linea di costa rispetto ai vento dominanti, sia in rapporto alla natura eterogenea dei litotipi affioranti ed alle loro caratteristiche geomeccaniche: in questo caso l'azione erosiva comporta la formazione di scarpate d'altezza anche superiore a 25m e di grotte marine d'interstrato determinate dall'erosione selettiva.

I territori sui cui sono insediate le cittadine di Chiavari e Lavagna propongono piane estese, sopraelevate alcuni metri e fino ad una decina di metri slm e motivate dalla presenza dei corsi d'acqua che le attraversano (fiume Entella e torrente Rupinaro).

I depositi alluvionali della piana dei due corsi d'acqua presentano spessori variabili, comunque significativi, destinati a diminuire longitudinalmente risalendo i rispettivi bacini e trasversalmente spostandosi dall'asse verso i fianchi; in prossimità della foce i depositi assumono potenza pluridecametrica.

Il bedrock sotto le piane terminali dell'Entella e del Rupinaro è da riferire alla Formazione della Val Lavagna e dunque a litologie rapportabili alla serie cretacea già richiamata.

Il materasso alluvionale costituente la piana del torrente Entella presenta spessori variabili di potenza maggiore lungo l'alveo ed il corso del t. Rupinaro, con una progressiva diminuzione laterale procedendo verso l'ambito di versante. La mancata coincidenza tra l'asse superficiale attuale del t. Entella e la massima potenza del deposito alluvionale, dell'ordine dei 50m

in prossimità della foce, può essere ascrivibile ad un differente andamento del corso d'acqua in epoche storiche.

Per quel che riguarda le caratteristiche granulometriche delle alluvioni dell'Entella, indagini pregresse hanno appurato che in generale presentano una forte variabilità longitudinale dovuta presumibilmente sia agli apporti differenziali degli affluenti maggiori (Sturla e Graveglia) sia ad episodi sedimentari strettamente legati alla paleogeografia.

Circa il fattore paleogeografico, riferibile in particolare ai rapporti del corso d'acqua con il mare, risulta probabile il costituirsi a partire da circa 2,5 km dalla foce dell'Entella di un orizzonte intermedio prevalentemente argilloso e limoso-argilloso (alluvionamento di tipo deltizio con bassa velocità, probabilmente di retro barra) interposto tra le ghiaie recenti e attuali e le alluvioni più antiche di fondo, come testimoniato dal forte artesianesimo nei pozzi che raggiungono profondità superiori ai 20-30m.

Spostandosi a ponente, verso ed oltre la foce del Rupinaro, numerose prospezioni geognostiche recenti sulla piana urbanizzata a supporto di opere di ingegneria civile, hanno dimostrato una netta prevalenza dei depositi sabbiosi e ghiaiosi.

Tale settore, dunque, caratterizza un'area di pertinenza dei depositi marini; ciò evidenzia come questo tratto di fascia costiera sia stata influenzata dalla vicinanza del mare che ha agito come selezionatore, sottraendo le frazioni fini di origine alluvionale ed apportando sedimenti a granulometria maggiore.

La stratigrafia di seguito allegata si riferisce a un sondaggio eseguito su Piazza N.S. dell'Orto (piazza della Cattedrale) posta ad una distanza di circa 290 dalla spiaggia attuale.

Committente: Comune di Chiavari					Ubicazione: Piazza N.S. dell'Orto - Chiavari (GE)	
Sondaggio: S1					Ditta esecutrice: Borghi Drill s.r.l.	
Pz	Metri	LITOLOGIA	Campioni	SPT	Prof. (m)	DESCRIZIONE
	1.00 2,00 3.00			7-8-6	3,60	Rimaneggiamenti, materiale con prevalenza sabbio-limosa con rari ciottoli, frammenti di laterizi; colore bruno chiaro
	4.00				4,40	Sabbia limoso-argillosa; colore bruno
	5.00 6,00			4-9-20	6,00	Sabbia grossolana con ciottoli subordinati
	7.00			6-8-15	7,50	Ghiaia
	8.00 9.00 10.00			10-10-6	10,80	Sabbia fine limoso-argillosa colore grigio-bruno; la frazione fine diminuisce con la profondità
	11.00 12.00				12.50	Sabbia fine con limo e frazione argillosa subordinata; colore bruno
	13.00			2-5-7	13,00	Sabbia medio-fine con limo e frazione argillosa subordinata; colore grigio-bruno
	14.00				14,50	Sabbia fine con limo e frazione argillosa subordinata; colore bruno
	15.00				15,00	Sabbia medio-fine con limo e frazione argillosa subordinata; colore grigio-bruno
	16,00 17.00 18.00			6-7-13	18,30	Sabbia medio-grossolana; colore grigio
	19.00				19,00	Sabbia fine con limo; colore grigio-bruno
	20,00				20,00	Ciottoli arrotondati e/o subangolosi in frazione argillosa; colore bruno chiaro (eluvio)

Fig, 2.1

Esiti coerenti con quanto detto sono stati riscontrati nel corso dei sondaggi in C.so Millo (sottopasso Ferrovia) e in C.so Buenos Aires nell'ambito di interventi edilizi privati.

Al contrario delle condizioni descritte, relative al limite occidentale del settore di piana, la costa bassa rappresenta il bordo della piana alluvionale quaternaria generata prevalentemente dagli apporti dell'Entella e in minor misura del Rupinaro.

Questo importante corso d'acqua possiede un bacino imbrifero di 376 km^2 dal quale provengono, in relazione alle complesse condizioni geologiche del territorio, materiali litoidi estremamente diversificati quali ad esempio calcari, arenarie, argilliti, ardesie, diaspri, basalti,

serpentiniti, gabbri, brecce ofiolitiche, ecc. che dopo un articolato percorso sono sedimentate a valle costituendo il materasso alluvionale della piana costiera e le spiagge.

Circa l'evoluzione del percorso dell'Entella nell'ultimo tratto interferente con la piana, studi storici ipotizzano un andamento spostato significativamente verso occidente.

I depositi alluvionali e litorali, progradanti dal Medio Evo, hanno subito una erosione progressiva dalla metà del 1800, interrotta solo per il breve periodo 1955-1970 in conseguenza della apertura di discariche a mare derivanti da lavori stradali e ferroviari.

Una valutazione secolare dell'erosione (per il settore Chiavari-Lavagna) è stata espressa da Cortemiglia & Fierro (1965) e Cortemiglia & Terranova (1970) in circa 3 m^2 al giorno di area di spiaggia su di un fronte di circa 3 km.

La costruzione dei porti di Chiavari e Lavagna,rispettivamente in sponda destra e sinistra della foce dell' Entella, ha aggravato i fenomeni erosivi, privando i litorali interdeltizi dell'apporto sedimentario e convogliando i sedimenti su fondali più profondi.

Una sintesi delle condizioni evolutive del tratto di costa esaminato è desumibile dall'esame dello stralcio dal Foglio 83-94 Rapallo-Chiavari dell'Atlante delle Spiagge Italiane (Cortemiglia, 1985) di seguito allegato.

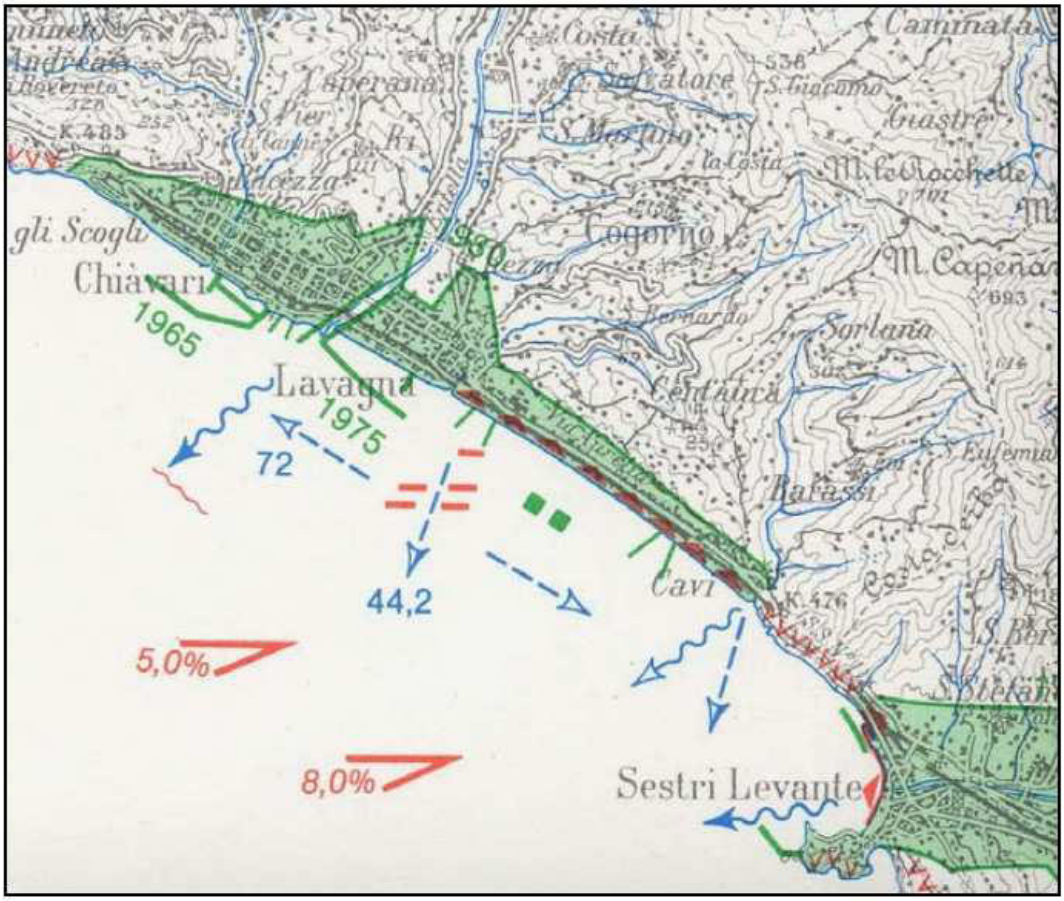
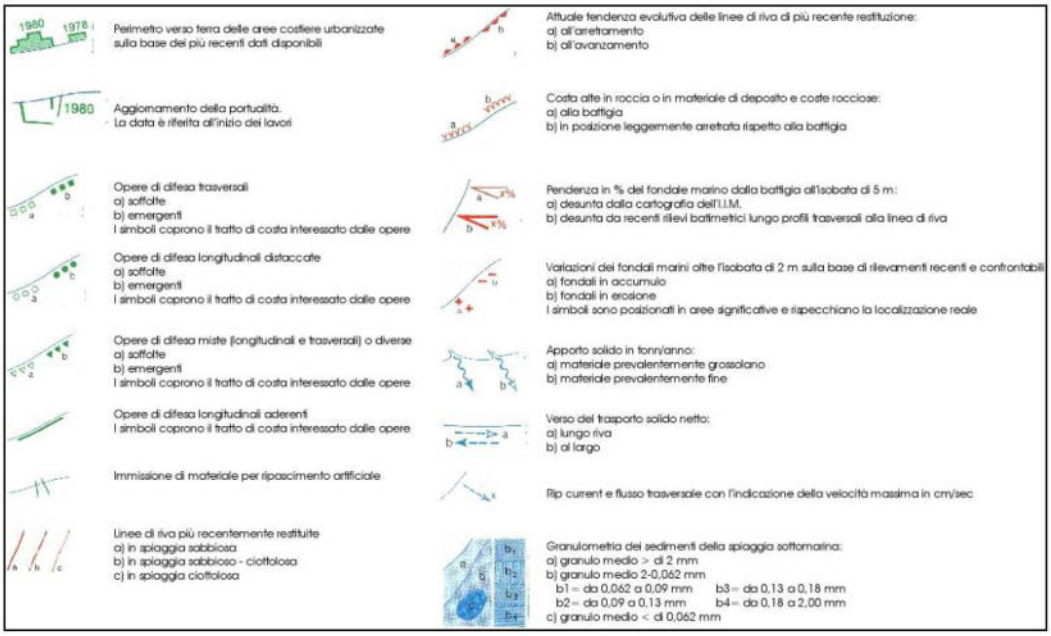

Costa
Cammata
Andrea
Speranza
Giastre
S. Giacomo
M. Capenardo
gli Scogli
Chiavari
1965
Cogorno
Sorlana
Lavagna
1975
72
Barassi
Cavi
44,2
5,0%
8,0%
Sestri Levante

Fig. 2.2


Perimetro verso terra delle aree costiere urbanizzate sulla base dei più recenti dati disponibili
Aggiornamento della portualità. La data è riferita all'inizio dei lavori
Opere di difesa trasversali
a) soffolte
b) emergenti
I simboli coprono il tratto di costa interessato dalle opere
Opere di difesa longitudinali distaccate
a) soffolte
b) emergenti
I simboli coprono il tratto di costa interessato dalle opere
Opere di difesa miste (longitudinali e trasversali) o diverse
a) soffolte
b) emergenti
I simboli coprono il tratto di costa interessato dalle opere
Opere di difesa longitudinali aderenti
I simboli coprono il tratto di costa interessato dalle opere
Immissione di materiale per ripascimento artificiale
Linee di riva più recentemente restituite
a) in spiaggia sabbiosa
b) in spiaggia sabbioso - ciottolosa
c) in spiaggia ciottolosa
Attuale tendenza evolutiva delle linee di riva di più recente restituzione:
a) all'arretramento
b) all'avanzamento
Costa alte in roccia o in materiale di deposito e coste rocciose:
a) alla battigia
b) in posizione leggermente arretrata rispetto alla battigia
Pendenza in % del fondale marino dalla battigia all'isobata di 5 m:
a) desunta dalla cartografia dell'I.I.M.
b) desunta da recenti rilievi batimetrici lungo profili trasversali alla linea di riva
Variazioni dei fondali marini oltre l'isobata di 2 m sulla base di rilevamenti recenti e confrontabili
a) fondali in accumulo
b) fondali in erosione
I simboli sono posizionati in aree significative e rispecchiano la localizzazione reale
Apporto solido in tonn/anno:
a) materiale prevalentemente grossolano
b) materiale prevalentemente fine
Verso del trasporto solido netto:
a) lungo riva
b) al largo
Rip current e flusso trasversale con l'indicazione della velocità massima in cm/sec
Granulometria dei sedimenti della spiaggia sottomarina:
a) granulo medio > di 2 mm
b) granulo medio 2-0,062 mm
b1 = da 0,062 a 0,09 mm
b2 = da 0,09 a 0,13 mm
b3 = da 0,13 a 0,18 mm
b4 = da 0,18 a 2,00 mm
c) granulo medio < di 0,062 mm

Il litorale di Chiavari è costituito indicativamente da 2,5 km di costa alta, 2,2 km di costa deposita e circa 800 m di lunghezza del porto.

La presenza di quest'ultimo impedisce il naturale transito dei materiali provenienti dall'Entella che, trasportati dalle mareggiate di scirocco, alimenterebbero l'arenile.

Dunque si può ragionevolmente affermare che l'interruzione dell'alimentazione naturale da parte dei sedimenti provenienti dall'Entella e l'effetto negativo indotto dalle barriere emerse sulla stabilità della spiaggia, così come nel seguito ribadito, il paraggio costiero di Chiavari si trova in una situazione di deficit sedimentario piuttosto marcato.

Nei capitoli a seguire si vedrà come la distribuzione dei sedimenti nella spiaggia sommersa indichi un ambiente fortemente influenzato dalle azioni antropiche, ripascimenti e tipologie/ubicazione di opere fisse risultate inadeguate per il riequilibrio della spiaggia e per la riproposizione di condizioni dinamiche proprie dell'ambiente.

Relativamente all'apporto del Rupinaro esso risulta soprattutto legato agli eventi di piena contestuali a fenomeni di dissesto idrogeologico sui versanti di competenza; in tal senso le sedimentazioni a carico del corso d'acqua sono da ritenersi mediamente trascurabili e, comunque, occasionali.

E' tuttavia da rimarcare la presenza della conoide antistante la sua foce, ben rappresentata dalla morfologia batimetrica frutto di accumuli in tempi medio-lunghi e di dinamiche marine che non hanno consentito ridistribuzione dei sedimenti nelle porzioni laterali della costa.

Relativamente ai fondali dello specchio acqueo immediatamente antistante il tratto in esame, le batimetrie scontano gli aspetti geologico-geomorfologici delle terre emerse proponendo maggiori acclività a ponente, in corrispondenza delle falesie che perimetrano la base della collina delle Grazie, e acclività più contenute spostandosi verso levante ove si riscontrano prima la suddetta conoide depositata dal Rupinaro e, dopo l'area portuale, quella correlata all'Entella.

Di interesse le anomalie morfologiche del fondale provocate dalla presenza delle scogliere parallele alla costa, in termini di localizzati depositi e/o stretti canali erosivi, entrambi anche da correlare alla turbolenza determinata dalle opere e dalla conseguente mobilitazione dei materiali depositati in sito nel corso dei ripascimenti effettuati nel tempo.

Si rimanda in tal senso ai successivi capitoli inerenti agli aspetti sedimentologici.

Sotto il profilo idrogeologico, l'assetto stratigrafico della piana e la vicinanza con il mare determinano la presenza di una falda attestata circa alla profondità del lmm.

La piezometrica può subire sensibili escursioni in relazione alla piovosità ed alle condizioni del moto ondoso sul litorale; considerata peraltro la limitatezza del bacino alimentatore a monte del centro cittadino (aree scolanti non tributarie dell'Entella e del Rupinaro) si stima che dette escursioni siano di entità pari a qualche decimetro.

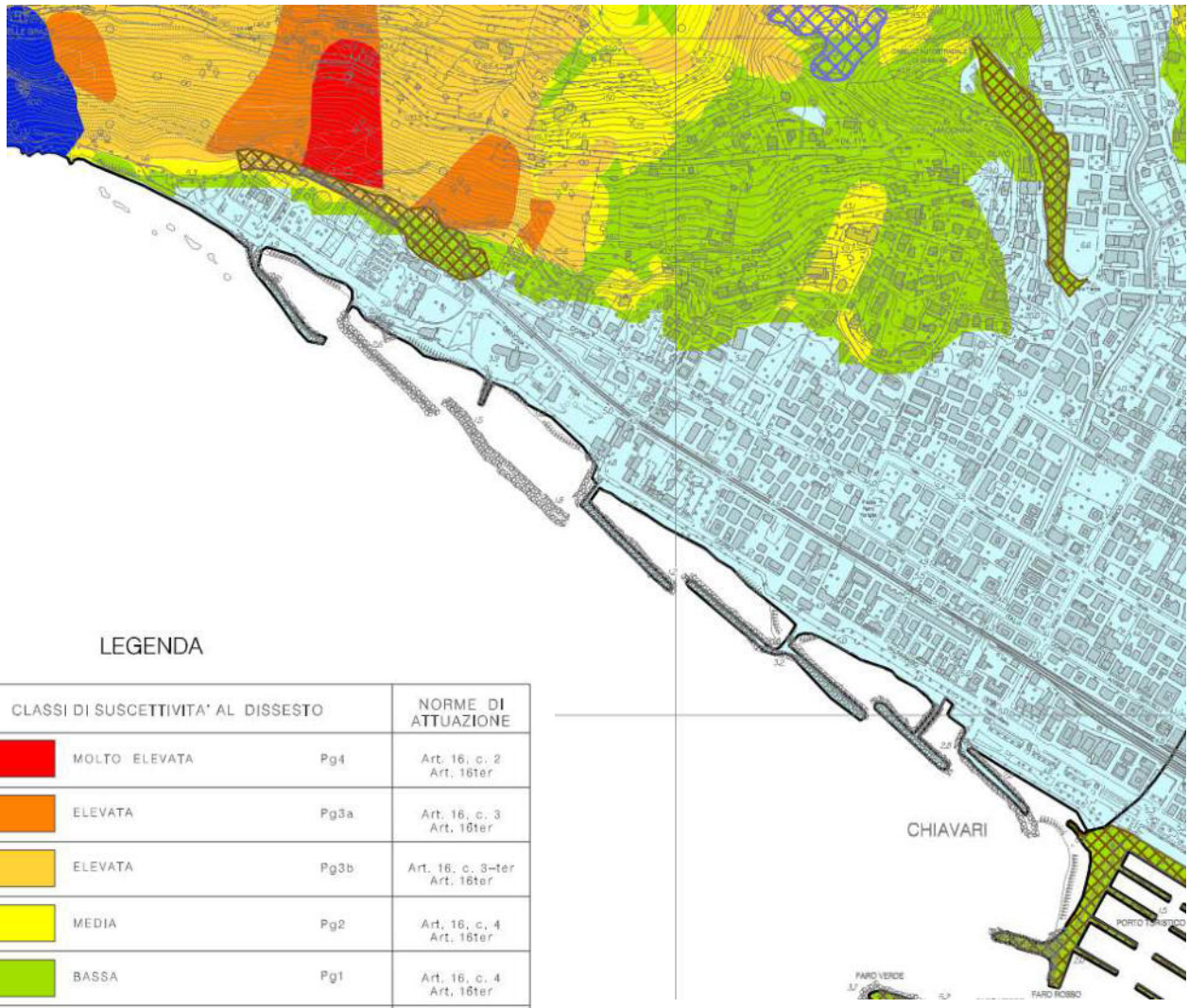
I monitoraggi svolti dal Comune sui due piezometri di Piazza N.S. Dell'Orto risultano in accordo con le ipotesi formulate.

In superficie le acque meteoriche sono disciplinate da reti di raccolta e smaltimento, alcune delle quali più recenti e facilmente individuabili, altre correlate ai deflussi di versante e realizzate in epoca storica di dubbia individuazione, sia planimetrica che altimetrica.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il tratto costiero di studio è sottoposto alla disciplina normativa del Piano di Bacino - Ambito 16 e a quella del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino Costiero – Ambito 15 di cui si allegano di seguito alcuni stralci significativi degli aspetti di competenza; per completezza di analisi si riportano inoltre stralci cartografici di Regione Liguria relativi al Reticolo Idrografico Regionale e alle Rocce Verdi.

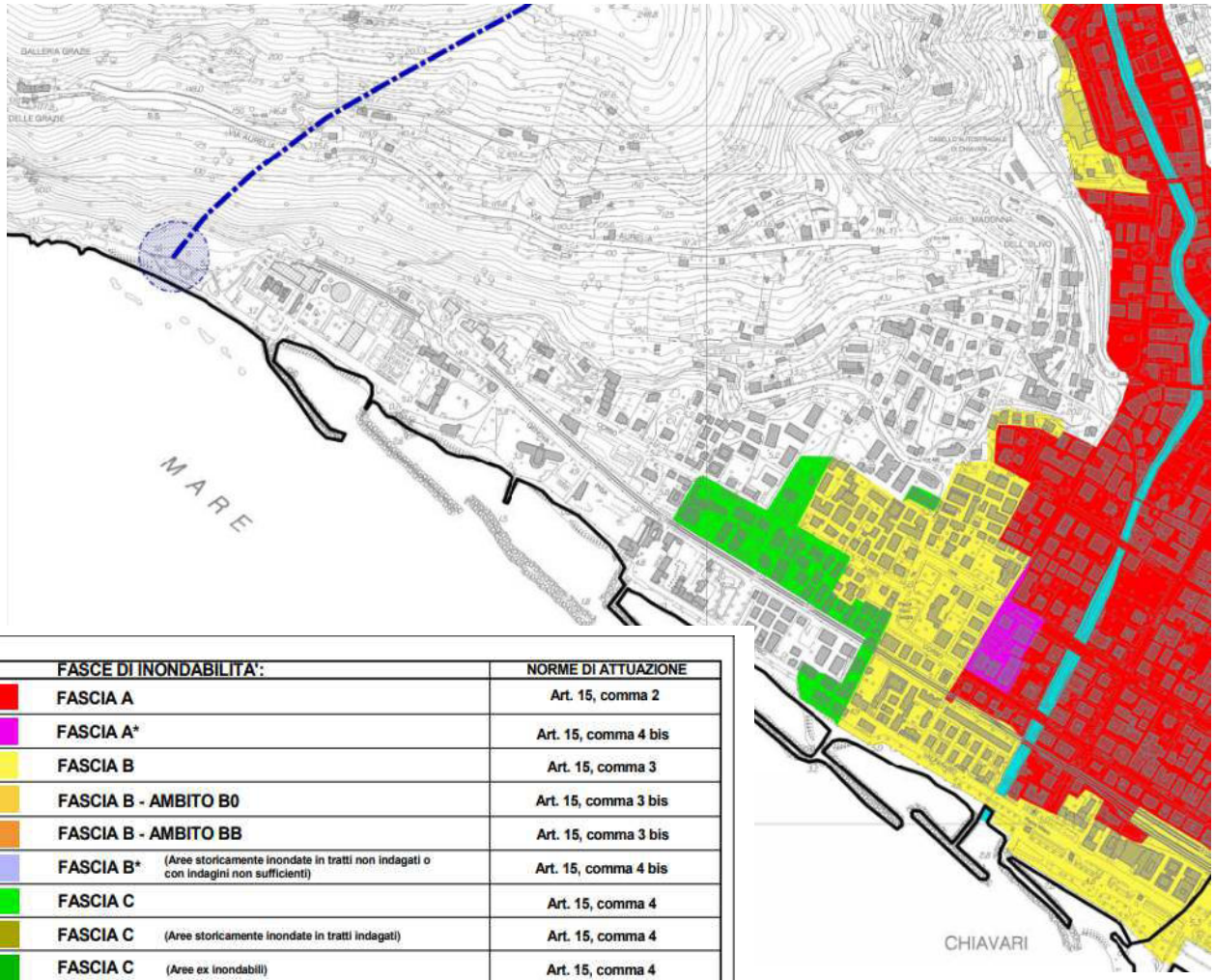
TAV. 2A: CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il settore di studio, in accordo con la sua morfologia, è classificato a suscettività al dissesto molto bassa (Pg0), ad eccezione di una limitata porzione all'estremo ponente che risulta a bassa suscettività al dissesto (Pg1)



LEGENDA

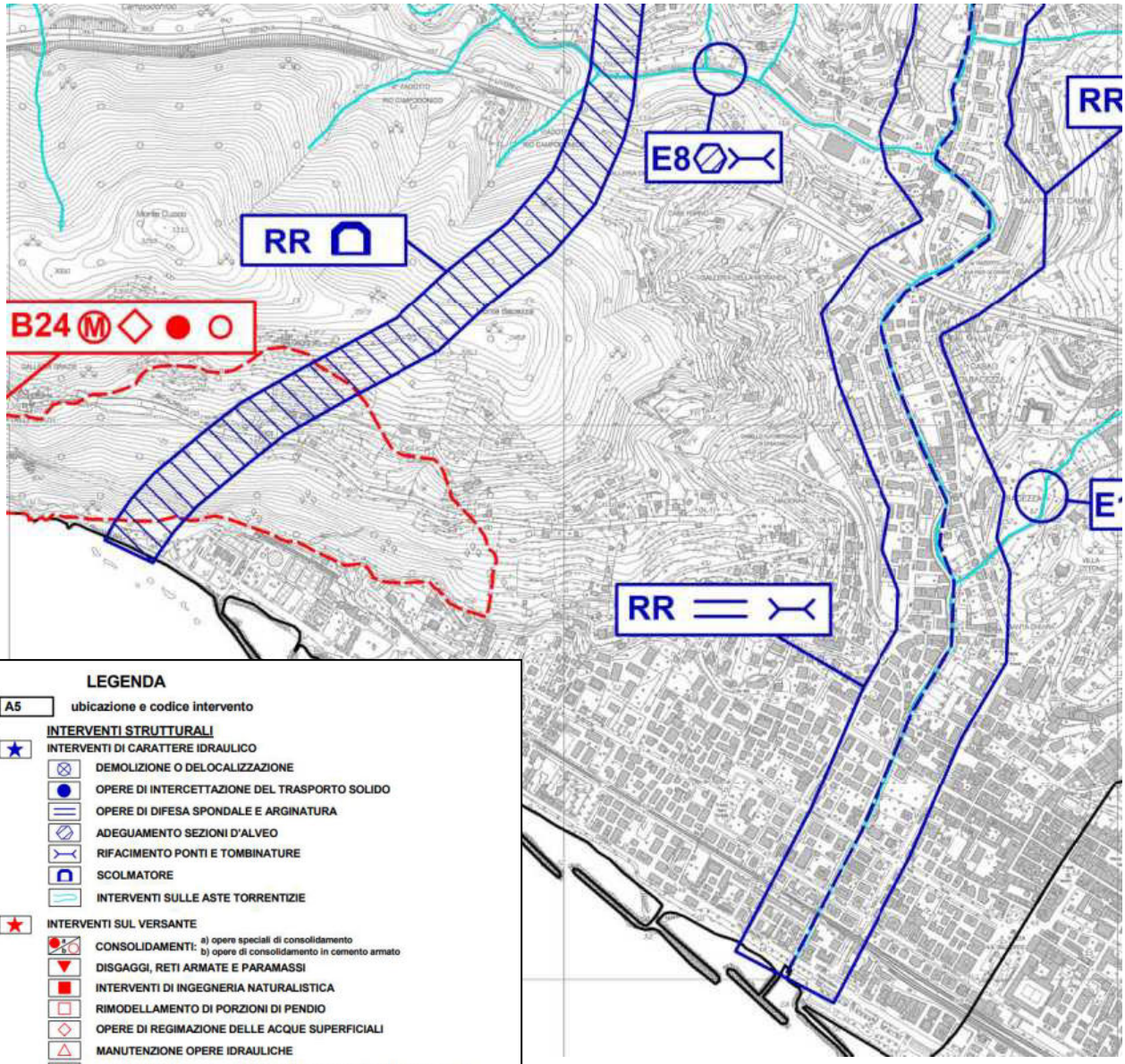
CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		NORME DI ATTUAZIONE
MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
CLASSI SPECIALI		
TIPO A – Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
TIPO B_1 – Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
TIPO B_2 – Discariche dismesse e riporti antropici		Art. 16bis, c. 5
Aree di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		

TAV. 2B: CARTA DELLE AREE INONDABILI: il settore limitrofo al torrente Rupinaro risulta inondabile per tempo di ritorno duecentennale (Fascia B) e subordinatamente cinquecentennale (Fascia C). L'area all'estremità di ponente è intersecata dal tracciato in previsione del canale scolmatore del torrente Rupinaro

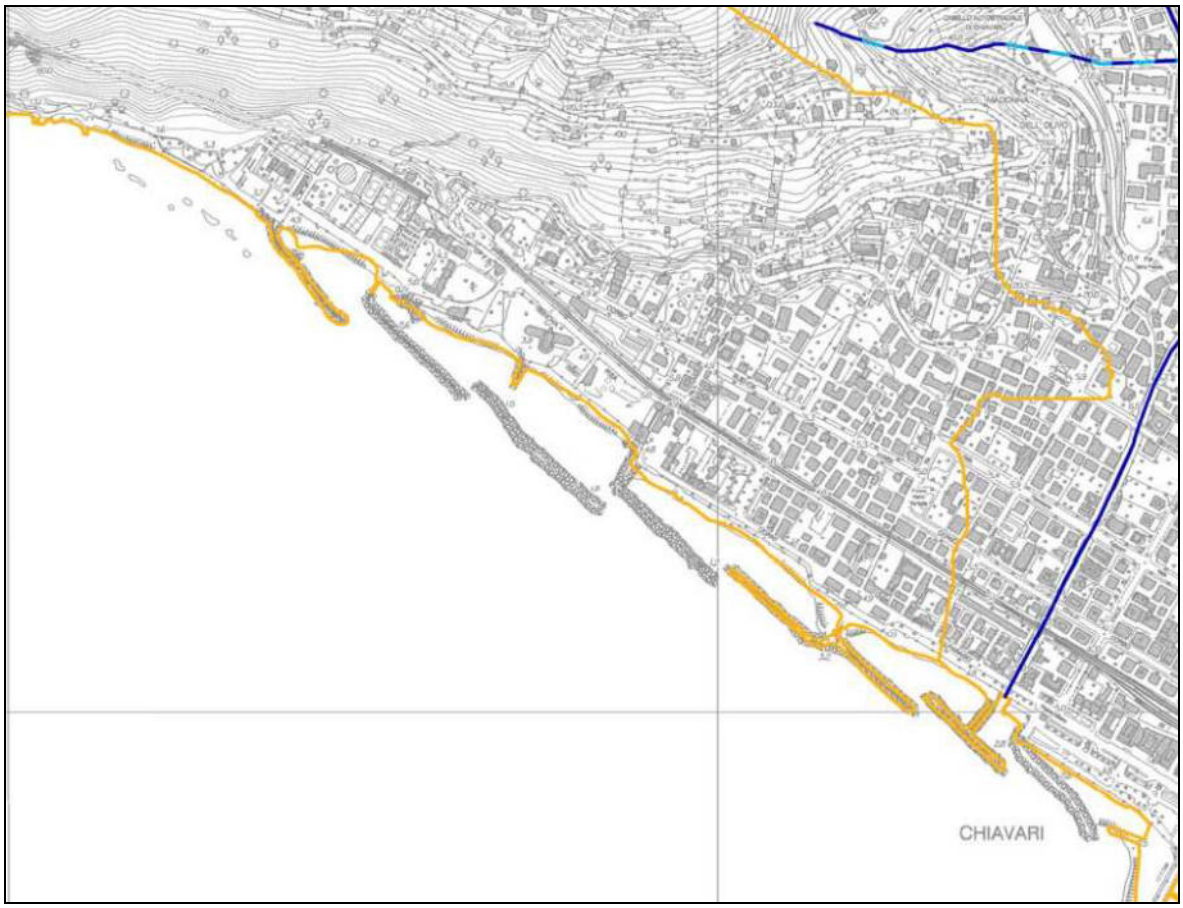


FASCE DI INONDABILITA':		NORME DI ATTUAZIONE
FASCIA A		Art. 15, comma 2
FASCIA A*		Art. 15, comma 4 bis
FASCIA B		Art. 15, comma 3
FASCIA B - AMBITO B0		Art. 15, comma 3 bis
FASCIA B - AMBITO BB		Art. 15, comma 3 bis
FASCIA B*	(Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, comma 4 bis
FASCIA C		Art. 15, comma 4
FASCIA C	(Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, comma 4
FASCIA C	(Aree ex inondabili)	Art. 15, comma 4
ALVEO	a cielo aperto tombinato	Art. 13
FASCIA DI RIASSETTO FLUVIALE		Art. 14 Art. 14, comma 4
CRITICITA' IDRAULICHE PUNTUALI:		
Manufatto o copertura non verificata per T = 50 anni		
Manufatto o copertura non verificata per T = 200 anni		
Manufatto o copertura non verificata per T = 500 anni		
Tracciato scolmatore a progetto		
Proiezione dei viadotti		
Limite del bacino		

TAV. 2C: CARTA DEGLI INTERVENTI: il settore sarà interessato dalla progettazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica del torrente Rupinaro, che comprendono la sistemazione dell'area fociva con opere arginali e più a ponente la realizzazione dello sbocco del canale scolmatore



TAV. 2D: CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE: nell'area di studio sfocia esclusivamente il torrente Rupinaro; non si esclude tuttavia la presenza di collettori secondari alimentati da scarichi urbani delle acque bianche



Legenda

Reticolo idrografico

- a cielo aperto
- tombinato
- scolmatore/opera idraulica
- Rete di drenaggio urbano
- Confini comunali
- Bacini idrografici

TAV. 2E: CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO: il settore di Ponente dell'area d'intervento è sottoposto a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n° 3267/1923 e della L.R. n° 4/1999



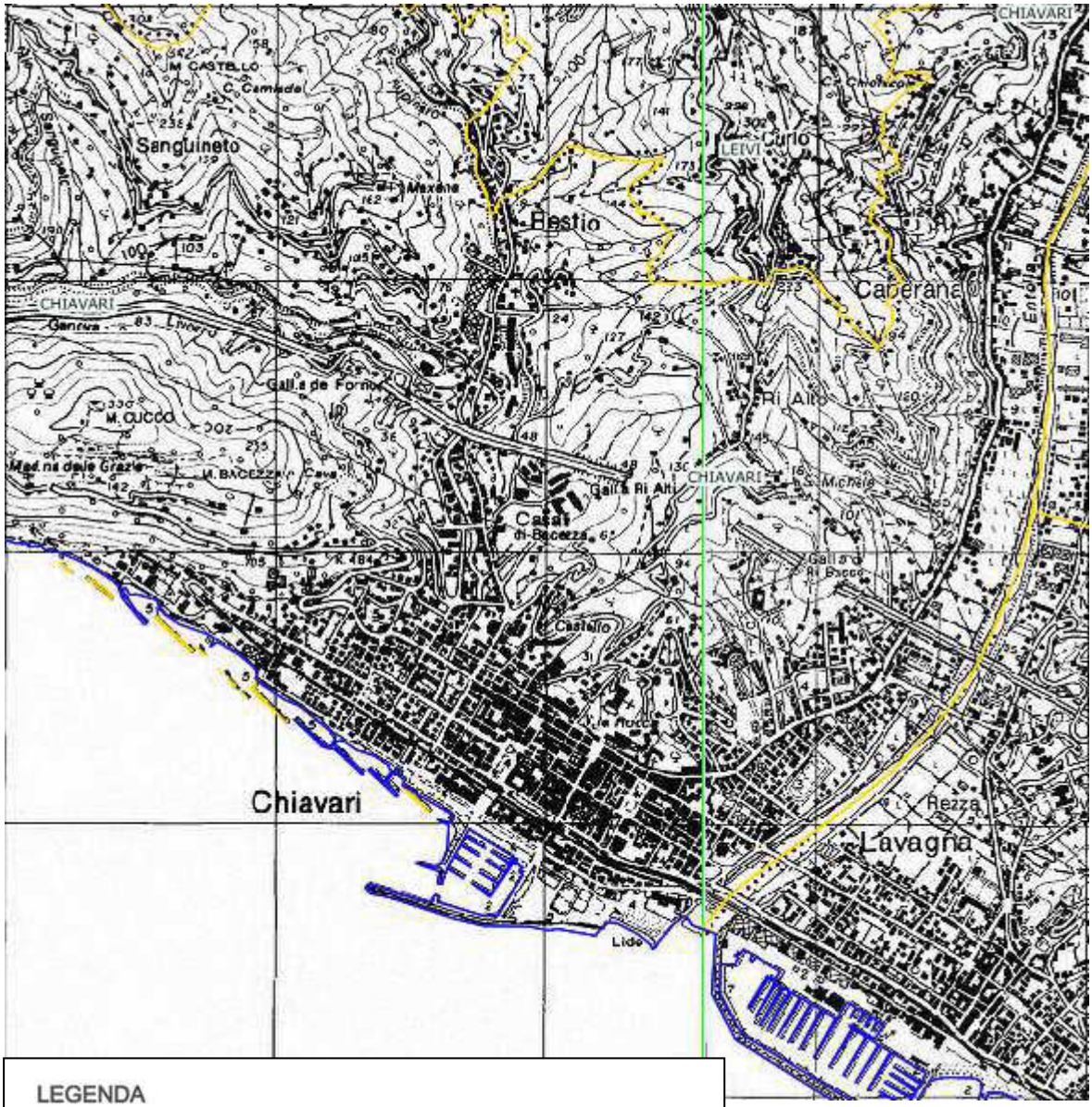
LEGENDA

AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

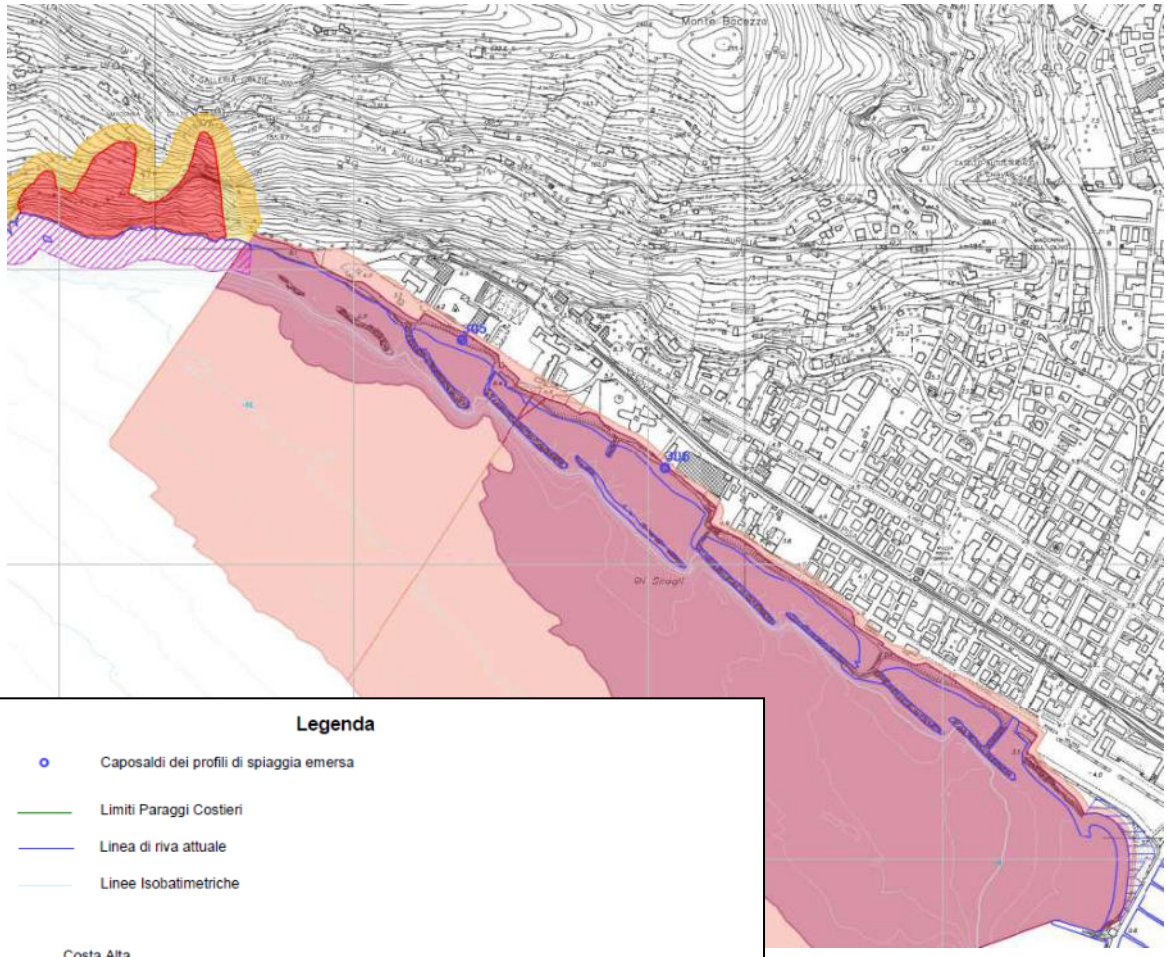
AREE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

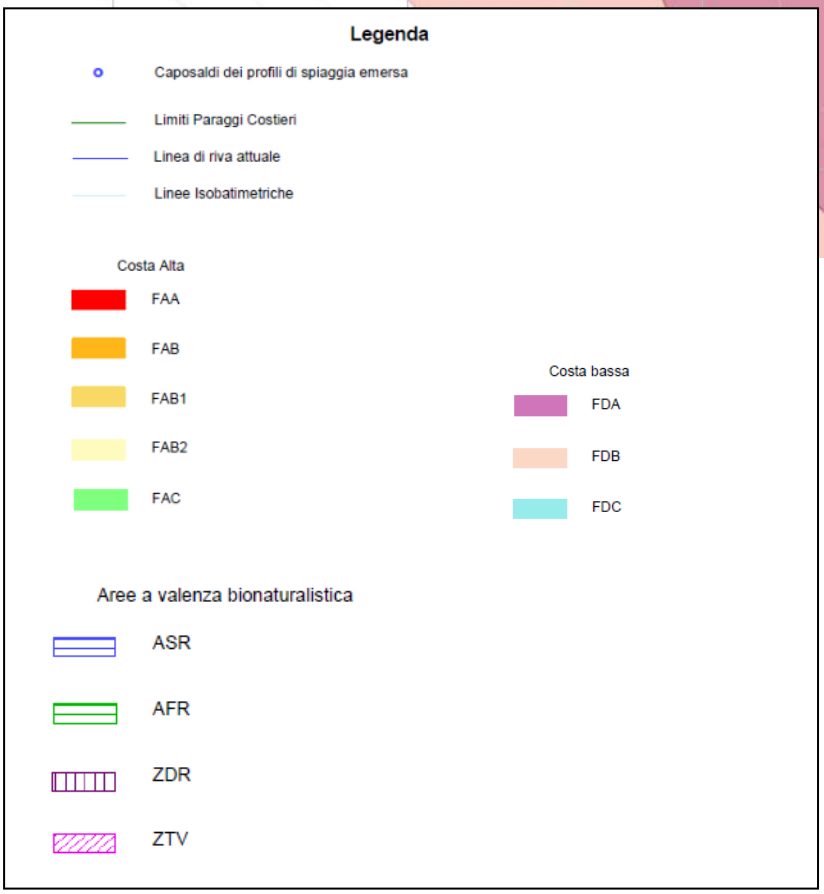
LIMITE DEL PIANO DI BACINO

TAV. 2F: CARTA DELLE PIETRE VERDI - REGIONE LIGURIA: il sito ricade in un'area in cui non è riconosciuta la presenza di rocce verdi



TAV. 2G: CARTA DEI REGIMI NORMATIVI – PTAMC AMBITO 15: il comparto è classificato Costa Bassa FDA e FDB (area a pericolosità alta e media), mentre il settore posto a ponente risulta Costa Alta FAB1 e FAB (alta suscettività al dissesto)





4. CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI

Al fine di caratterizzare sotto il profilo sedimentologico i materiali costituenti la spiaggia emersa e quella sommersa, sono stati prelevati n° 22 campioni da sottoporre ad analisi granulometriche di laboratorio dei quali n° 6 rappresentativi della spiaggia emersa (C20-C21-C22-C23-C24-C25). Su tali campioni, oltre la determinazione della curva granulometrica, sono stati calcolati i parametrici statistici secondo il Protocollo ARPAL - Criteri Ripascimento L.R. 13-1999.

Come noto, per la determinazione della distribuzione granulometrica di un sedimento, si ricorre alla separazione mediante setacciatura avente maglia decrescente al fine di separare e quantificare le diverse frazioni granulometriche. Queste, espresse percentualmente (%) rispetto all'intero campione analizzato, consentono di visualizzare quanto materiale è passato (passante) o è trattenuto (trattenuto) da ogni staccio.

La classificazione di riferimento è la Udden Wentworth (1922).

I parametri statistici determinati sono i seguenti, ottenuti mediante l'applicazione delle note relazioni di Folk & Ward:

- Diametro medio (in phi e in mm) : $\frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$

che rappresenta il valore medio della dimensione dei granuli (media aritmetica), corrispondente alla parte centrale della curva di frequenza.

- Mediana $\mathbf{D_{50}}$

che rappresenta il 50° percentile (ϕ 50), ovvero il punto che separa geometricamente a metà la distribuzione dei granuli (dimensione granulometrica corrispondente al 50% dell'intera popolazione)

- Classazione (sorting o deviazione standard σ) $\sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{6.6}$

che misura il classamento del sedimento, ovvero l'ampiezza della distribuzione granulometrica (grado di dispersione o variabilità dei singoli granuli dalla dimensione media).

Quest'ultimo è un parametro molto importante poiché indica il grado di elaborazione a cui è stato sottoposto il sedimento, cioè la capacità selettiva o "classatrice" del mezzo di trasporto. Sedimenti ben cerniti (o classati) sono costituiti da poche classi granulometriche, distribuite attorno a quella modale; quelli scarsamente selezionati (cattiva classazione) mostrano invece granulometrie distribuite in un ampio campo dimensionale.

- Skewness (asimmetria) : $$Sk = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_{5} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

che esprime lo scostamento di una distribuzione granulometrica dalla simmetria, cioè lo spostamento del valore della media rispetto a quello della mediana.

Curve asimmetriche suggeriscono una prevalenza, un eccesso di componenti fini o grossolani, rispetto alla moda che la classe dimensionale più rappresentata nel campione, cioè quella di massima frequenza.

Scala Udden-Wentworth

Diametro delle particelle in ϕ	Diametro delle particelle in mm	Definizione		
	> 256	Masso	Boulder	Rudite
256-	128	Ciottolo molto grossolano	Cobble	
128-	64	Ciottolo grossolano	Cobble	
64-	32	Ciottolo medio-grossolano	Pebble	
32-	16	Ciottolo medio	Pebble	
16-	8	Ciottolo medio-fine	Pebble	
8-	4	Ciottolo fine	Pebble	
4-	2	Granulo	Granule	Arenite
2-	1	Sabbia molto grossolana	Very coarse sand	
1-	½	Sabbia grossolana	Coarse sand	
½-	¼	Sabbia media	Medium sand	
¼-	1/8	Sabbia fine	Fine sand	
1/8-	1/16	Sabbia molto fine	Very fine sand	
1/16-	1/32	Silt grossolano	Coarse silt	Pelite
1/32-	1/64	Silt medio	Medium silt	
1/64-	1/128	Silt fine	Fine silt	
1/128-	1/256	Silt molto fine	Very fine silt	
	<1/256	Argilla	Clay	

Tab.4.1: tabella di riferimento classificazione di Udden – Wentworth

I risultati ottenuti vengono proposti sinteticamente nelle seguenti tabelle:

SPIAGGIA EMERSA

Campione	C20	C21	C22	C23	C24	C25
Ciottoli	97.91	84.78	0.00	29.87	7.37	0.00
Ghiaia (%)	1.76	8.25	43.04	55.42	87.72	0.93
Sabbia (%)	0.32	6.95	56.64	14.66	4.89	97.56
Pelite(%)	0.01	0.02	0.32	0.05	0.02	1.51
Descrizione	Ciottoli	Ciottoli con ghiaia e sabbia	Sabbia ghiaiosa	Ghiaia con ciottoli e sabbia	Ghiaia	Sabbia poco gradata
d50 mm	33	35	2.0	10	6.0	0.3
Diametro medio ϕ	-4.68	-4.33	-0.94	-3.05	-2.62	1.66
Diametro medio mm	27.13	28.28	1.98	10.06	6.22	0.30
Classazione	1.21	1.73	1.53	1.61	1.06	0.99
Dispersione	1.18	1.83	1.55	1.74	1.10	1.02
Skewness	0.06	0.67	-0.11	0.33	-0.03	-0.20
Classificazione Classazione	**Mal classato**	**Mal classato**	**Mal classato**	**Mal classato**	**Mal classato**	**Mod. classato**
Classificazione Skewness	simmetrico	Asimmetrico molto pos	Asimmetrico neg	Asimmetrico molto pos	Simmetrico	Asimmetrico neg

Tab. 4.2

SPIAGGIA SOMMERSA

Campione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C16	C18
Ciottoli	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	55.50	62.79	30.59	34.05	0.00	58.48	0.00	0.00	0.00
Ghiaia (%)	0.08	2.62	0.03	0.10	0.15	0.07	0.01	25.68	25.05	26.35	15.00	0.02	20.53	0.14	87.15	3.01
Sabbia (%)	98.63	96.14	87.20	95.67	95.84	97.46	97.76	18.79	11.73	43.04	50.92	97.32	20.96	95.98	12.84	93.28
Pelite(%)	1.29	1.24	12.77	3.56	4.01	2.47	2.23	0.03	0.43	0.02	0.03	2.66	0.03	3.88	0.01	3.71
Descrizione	Sabbia poco gradata	Sabbia ben gradata	Sabbia limosa	Sabbia poco gradata	Sabbia poco gradata	Sabbia poco gradata	Sabbia poco gradata	Ciottoli ghiaiosi con sabbia	Ciottoli ghiaiosi con sabbia	Sabbia ciottolosa con ghiaia	Sabbia ciottolosa con ghiaia	Sabbia poco gradata	Ciottoli sabbiosi con ghiaia	Sabbia poco gradata	Ghiaia poco gradata con sabbia	Sabbia poco gradata
d50 mm	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	5.0	7.0	2.0	2.0	0.2	6.0	0.2	3.0	0.2
Diametro medio ϕ	1.17	1.10	2.84	2.69	2.63	2.55	2.25	-2.62	-2.83	-1.67	-1.45	2.69	-2.33	2.72	-1.75	2.27
Diametro medio mm	0.43	0.47	0.15	0.16	0.16	0.17	0.19	6.85	7.92	3.27	3.23	0.16	6.03	0.15	3.00	0.19
Classazione	0.76	1.00	1.33	0.60	0.68	0.61	0.64	1.71	1.55	1.57	1.89	0.58	1.62	0.65	0.79	0.84
Classificazione Classazione	Mod. classato	Mod. classato	Mal classato	Mod. classato	Mod. classato	Mod. classato	Mod. classato	Mal classato	Mal classato	Mal classato	Mal classato	Mod. classato	Mal classato	Mod. classato	Mod. classato	Mod. classato
Skewness	-0.02	-0.09	0.47	0.34	0.20	0.17	-0.12	-0.11	0.14	-0.27	-0.33	0.33	0.17	0.27	-0.17	-0.01
Classificazione Skewness	Simmetrico	Simmetrico	Asimmetrico molto pos	Asimmetrico molto pos	Asimmetrico pos	Asimmetrico pos	Asimmetrico neg	Asimmetrico neg	Asimmetrico pos	Asimmetrico neg	Asimmetrico molto neg	Asimmetrico molto pos	Asimmetrico pos	Asimmetrico pos	Asimmetrico neg	Simmetrico

Tab. 4.3

Al fine di facilitare la lettura dei dati si riporta la composizione granulometrica dei campioni sotto forma di grafico.

SPIAGGIA EMERSA

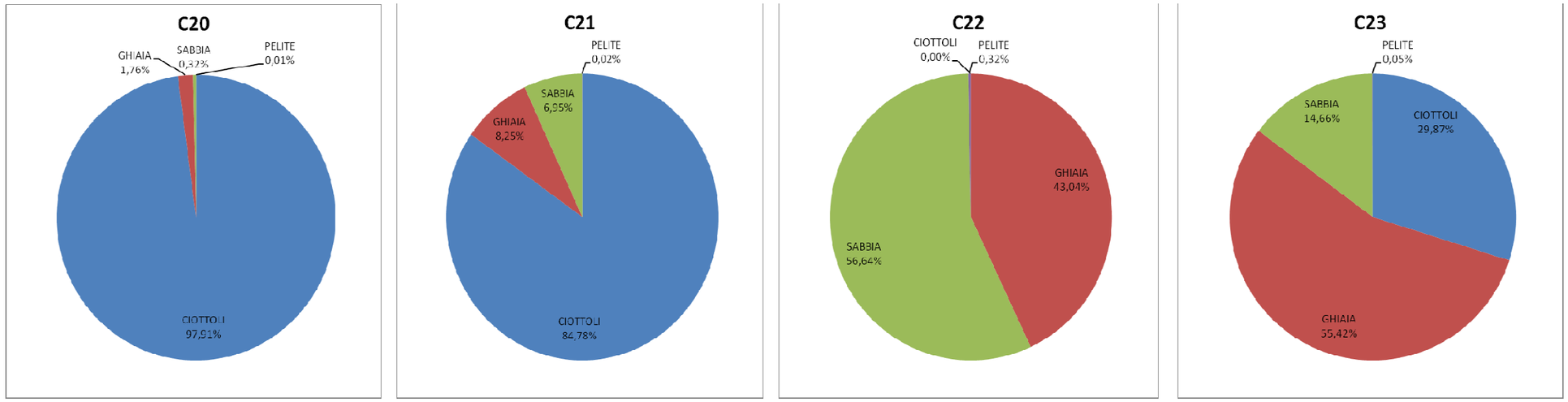


Fig. 4.1

FOCE ENTELLA

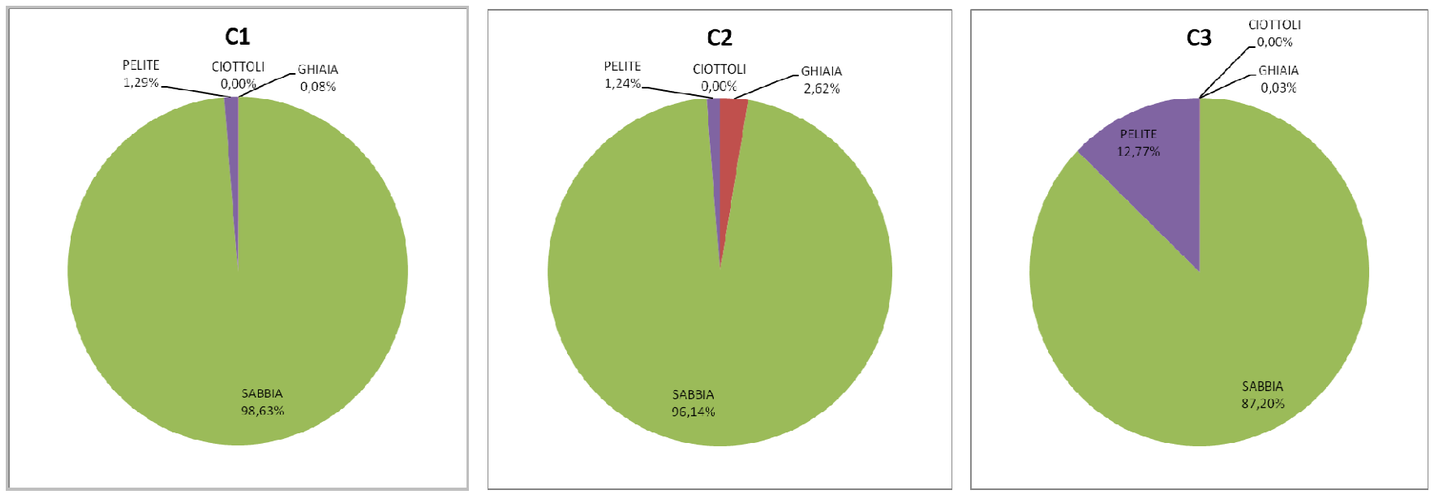
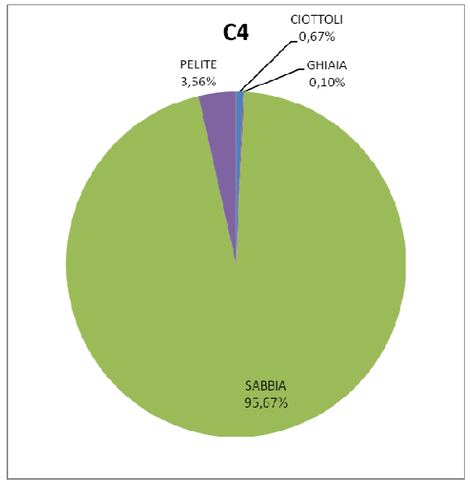
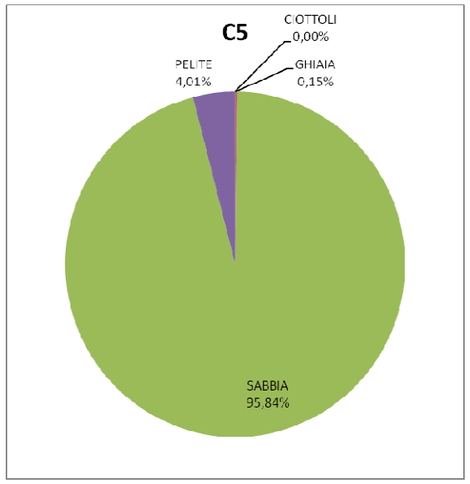
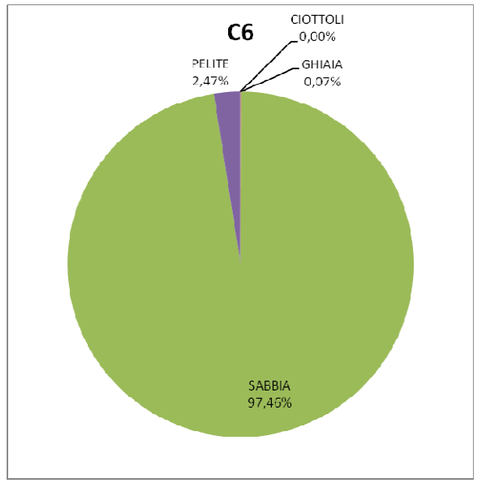


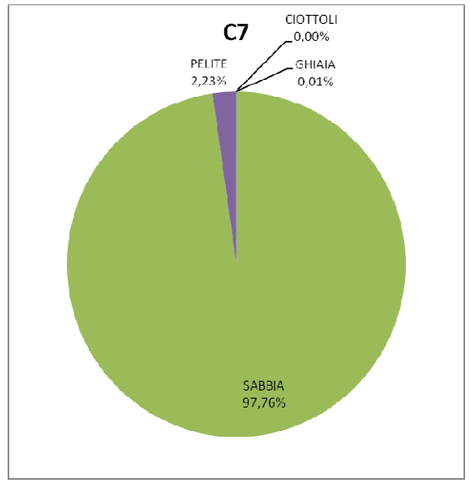
Fig. 4.2

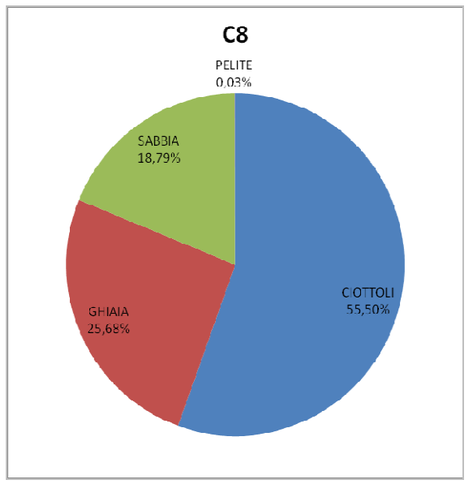
SPIAGGIA SOMMERSA

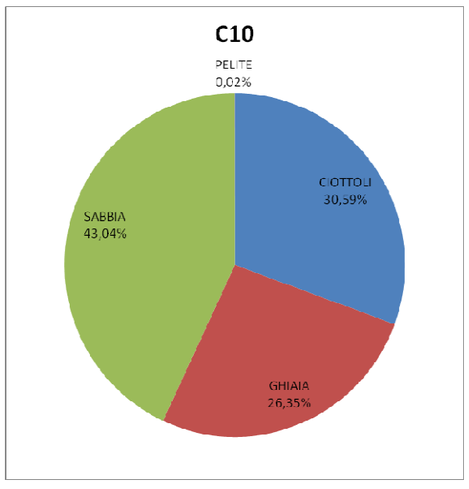


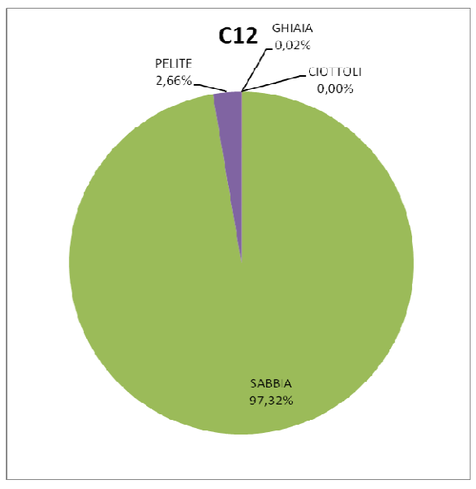


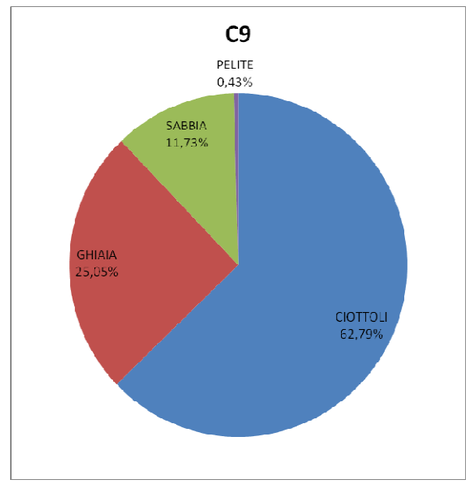


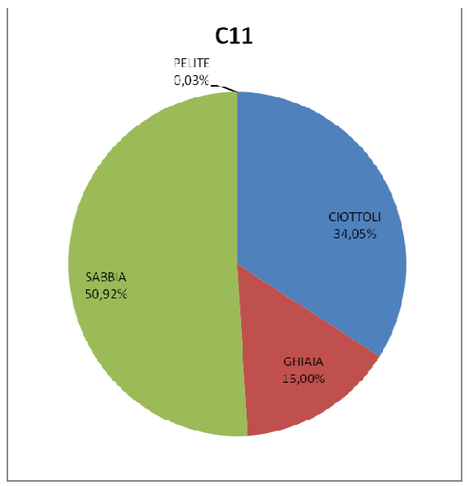


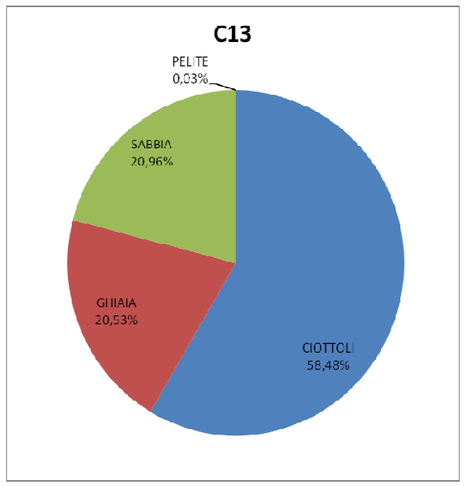


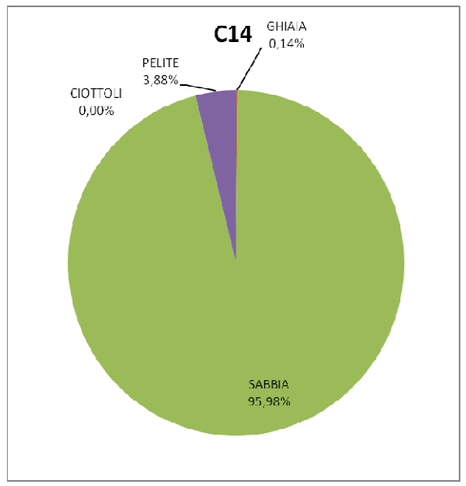


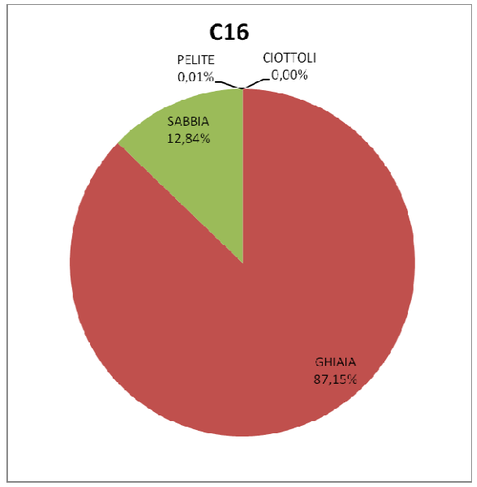





C11
PELITE
0,03%
CIOTTOLI
34,05%
SABBIA
50,92%
GHIAIA
15,00%


C13
PELITE
0,03%
SABBIA
20,96%
GHIAIA
20,53%
CIOTTOLI
58,48%


C14
GHIAIA
0,14%
PELITE
3,88%
CIOTTOLI
0,00%
SABBIA
95,98%


C16
PELITE
0,01%
CIOTTOLI
0,00%
SABBIA
12,84%
GHIAIA
87,15%

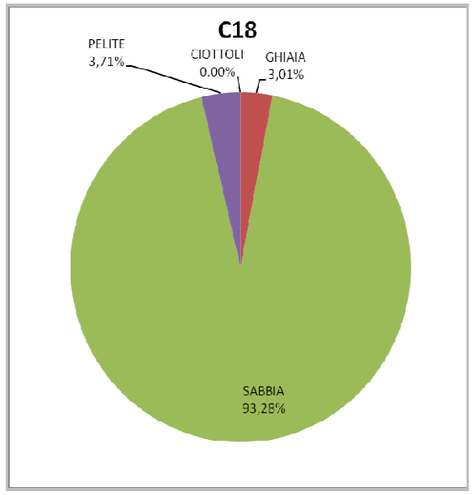

C18
PELITE
3,71%
CIOTTOLI
0.00%
GHIAIA
3,01%
SABBIA
93,28%

Fig. 4.3

La spiaggia emersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterogenea, con componente ciottolosa predominante e a seguire ghiaia e sabbia. Unico campione che si discosta è il C25, prelevato nel comparto di levante dell'area di studio, che denuncia una composizione pressoché esclusivamente sabbiosa.

I ciottoli presentano percentuali comprese tra 0 e 97.91 %., a seguire la ghiaia con percentuali comprese tra 0.93 e 51.38%.

La sabbia risulta subordinata con percentuali variabili tra 0.93 e 87.72%.

La frazione pelitica può essere considerata trascurabile in quanto la percentuale massima riscontrata è pari a 1.51%.

Complessivamente per la spiaggia emersa risulta difficoltoso individuare un andamento predominate sotto il profilo granulometrico, tale eterogeneità è ragionevolmente da imputarsi anche ai ripascimenti stagionali che si sono susseguiti nel corso degli anni.

Si evidenzia comunque che nel settore di ponente fino alla Colonia Fara (sezione CH23) risulta predominante la frazione ciottolosa mentre in direzione levante aumentano la frazione ghiaiosa e sabbiosa fino alla postazione corrispondente al campionamento C25 che risulta costituito quasi esclusivamente di sabbia (97.56%)

Il diametro medio presenta valori compresi tra 0.30 e 27.13mm (da sabbia medio-grossolana a ciottoli medio-grossolani) e d50 compreso tra 0.3 e 35mm.

La spiaggia sommersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterogenea; si possono comunque trarre le seguenti considerazioni.

I campioni C9 – C11 - C13, rappresentativi dei sedimenti presenti all'interno delle scogliere esistenti, sono caratterizzati da una componente ciottolosa predominate (percentuale variabile dal 34.05 al 62.79%) e sabbia (percentuale variabile dal 11.73 al 50.92%), la frazione ghiaiosa è subordinata ma in percentuale meno variabile (dal 15.00 al 25.05%).

La frazione pelitica è quasi assente con percentuali massime pari a 0.43%. Il diametro medio è compreso tra 3.23 e 7.92mm (circa ciottolo medio – fine) e d50 compreso tra 2 e 7mm.

I campioni C4-C5-C6-C7-C8-C10-C12-C14-C16-C18 sono invece rappresentativi della spiaggia sommersa esterna alle scogliere esistenti. Complessivamente si può affermare che si tratta principalmente di sedimenti sabbiosi, ad eccezione dei campioni C8 e C16: il primo a componente principalmente ciottolosa (55.50%) mentre il secondo risulta costituito prevalentemente da ghiaia (87.15%).

Il campione C10, pur avendo composizione prevalentemente sabbiosa (43.04%) evidenzia anche elevate percentuali di ciottoli (30.59%) e ghiaia (26.35%). La composizione di C16 è condizionata dalla detrizione del versante retrostante, mentre C8 e C10 sono probabilmente influenzati dalla mobilitazione del materiale posizionato mediante i ripascimenti attuati nel corso degli anni. I restanti campioni C4-C5-C6-C7-C12-C14-C18, rappresentativi della spiaggia sommersa fino al limite delle batimetrie indagate, sotto il profilo sedimentologico sono rappresentativi di depositi quasi esclusivamente sabbiosi: più precisamente la sabbia è compresa tra il 93.28 e il 97.76%, la ghiaia presenta una percentuale massima pari al 3.01% e i ciottoli pari allo 0.67%; la pelite è sempre inferiore al 4.01%.

Il diametro medio è compreso tra 0.15 e 0.19mm (sabbia fine) e il d50 pari a 0.2mm.

Complessivamente si può affermare che la spiaggia esterna alle opere di difesa parallele alla costa è costituita principalmente da sedimenti sabbiosi ad eccezione dei settori dove la granulometria più grossolana evidenzia un apporto di materiale proveniente dall'area interna alle scogliere. Tale condizione è da relazionarsi a fenomeni meteo marini particolarmente intensi durante i quali i sedimenti, anche a granulometria più grossolana, possono essere trasportati all'esterno conseguentemente a fenomeni di tracimazione delle opere di protezione e alle correnti che si generano in uscita lungo i varchi esistenti che interrompono la loro continuità.

Per quanto concerne il grado di classazione si fa riferimento alla seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE	CLASSAZIONE σ
MOLTO BEN CLASSATO	0-0.35
BEN CLASSATO	0.35-0.50
MODERATAMENTE CLASSATO	0.50 – 1.00
MAL CLASSATO	1.00 – 2.00
MOLTO MAL CLASSATO	2.00 – 4.00
ESTREMAMENTE MAL CLASSATO	>4.00

Tab.4.4: FOLK & WARD

Per la spiaggia emersa i valori di classazione sono compresi tra 0.99 (C25) e 1.73, a testimonianza di una mal classazione dei sedimenti.

La spiaggia sommersa presenta invece valori compresi tra 0.58 e 1.89 con conseguente grado di classazione da moderato a mal classato; si evidenzia comunque che i sedimenti risultano prevalentemente con grado di classazione moderato. Tendenzialmente dunque i sedimenti risultano mal classati nelle aree caratterizzate da granulometria più grossolana.

Per quanto concerne la Skewness si specifica che questo parametro è correlabile con le oscillazioni dell'energia del mezzo di trasporto che alterano la teorica log-normalità della distribuzione granulometrica del sedimento; se le variazioni hanno come tendenza un aumento dell'energia si ha una troncatura nelle classi più fini (quanto dovrebbe essere depositato viene invece asportato), il contrario se la tendenza è in diminuzione (si deposita quanto dovrebbe essere allontanato).

Questo parametro fornisce dunque notizie sulla natura di un accumulo e quindi, in genere, hanno la coda più grossolana (Sk1<0) i sedimenti residuali, una asimmetria negativa e una media elevata sono indice di tendenza all'erosione.

Sulla base di tali valori il sedimento può essere definito secondo la tabella seguente:

CLASSIFICAZIONE	Sk
asimmetrico molto negativo	-1.00- -0.30
asimmetrico negativo	-0.30 - -0.10
simmetrico	-0.10 – 0.10
asimmetrico positivo	0.10 – 0.30
asimmetrico molto positivo	0.30 – 1.00

Tab.4.5: FOLK & WARD

I campioni rappresentativi della spiaggia emersa presentano valori di Sk molto eterogenei: si passa da sedimenti con asimmetrie negative a molto positive a simmetrici.

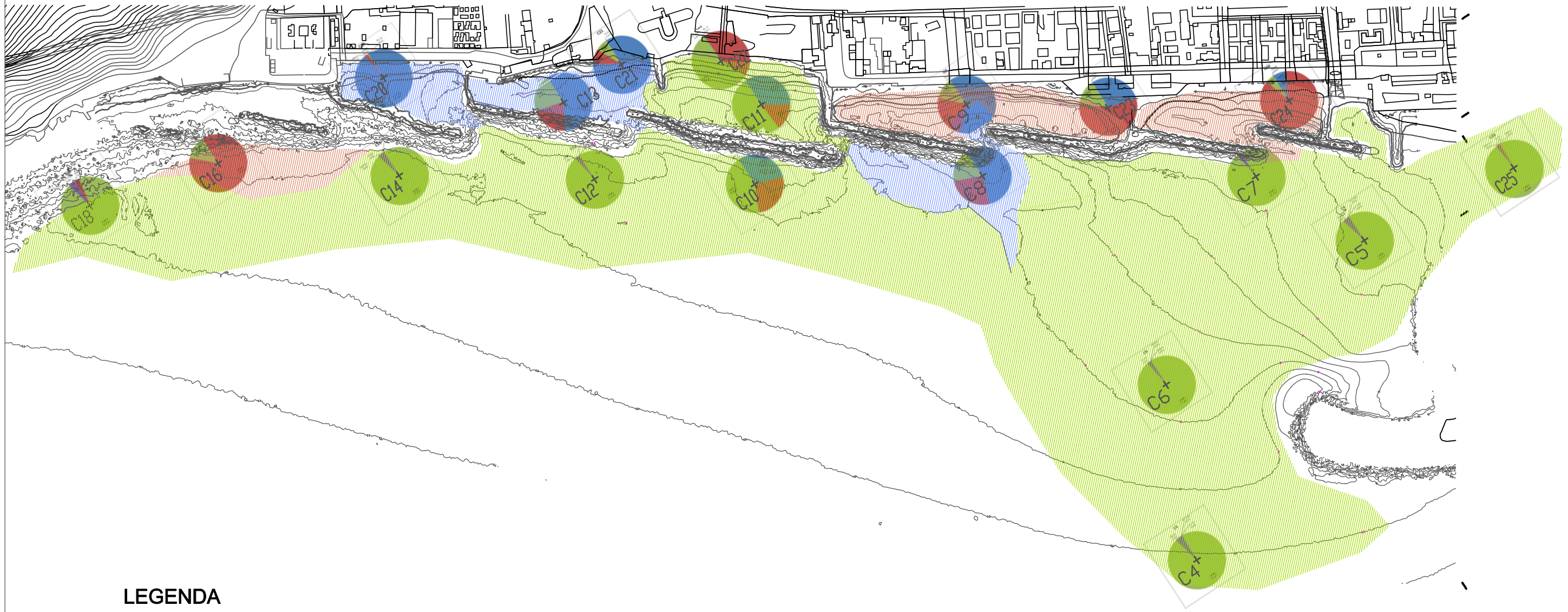
I sedimenti sommersi tendenzialmente mostrano un andamento con asimmetria da positiva a molto positiva. I sedimenti che presentano asimmetria negativa/molto negativa sono invece C7-C8-C10-C11-C16: tendenzialmente si tratta dei campioni prelevati off shore rispetto alle scogliere tranne che il C11.

I campioni C1 – C2 – C3 sono esterni all'area direttamente interessata dalla progettazione in quanto prelevati presso la foce del fiume Entella: si tratta di sedimenti fini con percentuale di sabbia compresa tra 87.20 e 98.63% e frazione ghiaiosa - ciottolosa minore del 2.62. Nel campione C3 è presente una importante frazione pelitica (12.77%).

Il diametro medio è compreso tra 0.15 e 0.47mm (sabbia medio-fine) e d50 compreso tra 0.2 e 0.4mm.

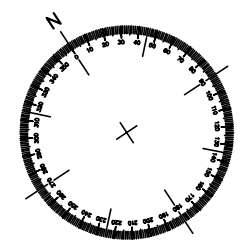
I sedimenti sono da moderatamente a mal classati (valori compresi tra 0.76-1.33), e tendenzialmente sono simmetrici e in subordine con assimetria molto positiva.

TAV. 3: UBICAZIONE POSTAZIONI DI PRELIEVO E DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

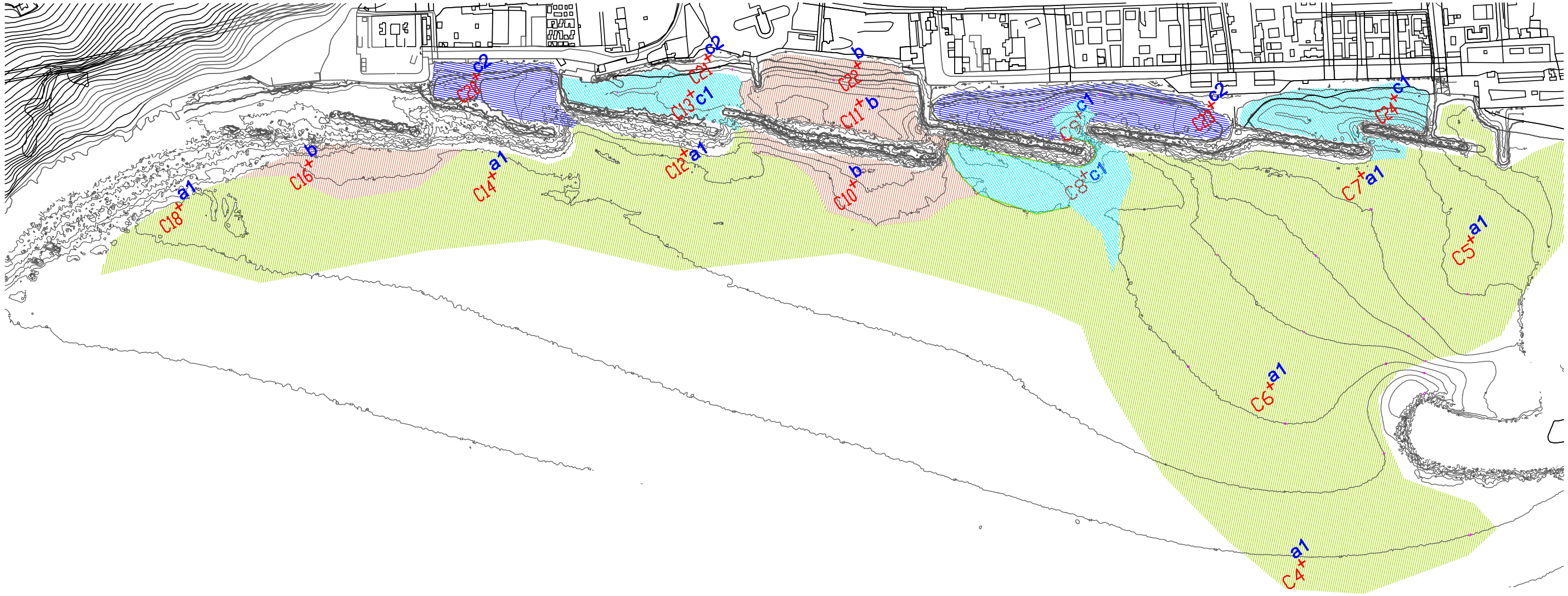


LEGENDA

- ciottoli
- ghiaia
- sabbia
- pelite

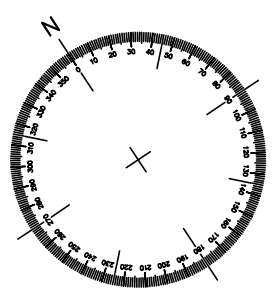


TAV. 4: DISTRIBUZIONE DIAMETRO MEDIO DEI SEDIMENTI



LEGENDA

- a1: < 0,25 mm - sabbia finissima
- a2: 0,25 mm - 0,50 mm - sabbia fine
- b: 2 mm - 4 mm - ghiaia
- c1: 4 mm - 8 mm - ciottoli fini
- c2 > 8 mm - ciottoli



TAV. 5: DISTRIBUZIONE DEL COEFFICIENTE DI ASSIMETRIA DEI SEDIMENTI



LEGENDA

ASN assimetria negativa Sk: -1,00 / -0,10

S simmetrico Sk: -0,10 / 0,10

ASP assimetria positiva Sk: 0,10 / 1,00

