

Regione
EMILIA-ROMAGNA

Provincia di RAVENNA

COMUNE DI
CERVIA



Proponente:

DALIA RINNOVABILI s.r.l.

**Largo Augusto n°3
20122 Milano (MI)**



Società controllata al 100% da BayWa r.e. Italia srl
Largo Augusto n°3 - 20122 Milano (MI)

Gruppo di lavoro:



Piazza Marini 25
47822 Santarcangelo di R. (RN)
Tel. 0541/624073 - geologica.2022@gmail.com

Dr. Daniele Bronzetti
*tecnico in sistemi informativi territoriali
consulente ambientale*

Dr. Geol. Arianna Lazzerini
tecnico in Valutazione di Impatto Ambientale

Oggetto:

PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI TIPO FLOATING (GALLEGGIANTE) DI POTENZA PARI A 19,01 MWp DA REALIZZARSI NELL'INVASO DELLA CAVA DENOMINATA "ADRIATICA" IN LOC. SAVIO IN COMUNE DI CERVIA (RA) E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Elaborato:

BYW-CVDR-PRG_REL02

Scala:

Rev./Data:

00/Gennaio 2024



Dott. Geol. Fabio Fabbri
Viale Voltumo 141, 48015 Cervia (RA)
cell. 335.5246445 - geofabiofabbr@gmail.com

Dr. Antonio Portanova
antonioportanova71@gmail.com

*Esperto ambientale
Ph.D. in Geobotanica*



via ezio balducci, 53 d-1
serravalle 47899 repubblica di san marino
telefono/fax 0549-900014
e-mail pampa@pampastudio.eu

Dott. Filippo Piva
Paesaggista

Dott. For. Cristian Guidi
Forestale

SL s.n.c.

Via Birbantea 2, 40055 Castenaso (BO)
slsnc@pec.confartigianato.it

Ing. Mario Vitale
mario.vitale@sl.progemis.it



Descr. elaborato

Folder

Cod. Elaborato

Elaborato:

Disegnatore:

Data disegno:

Versione:

Approvazione

Codice Pratica

SOMMARIO

| | |
|---|----|
| PREMESSA..... | 2 |
| I - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO | 3 |
| II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO TERRITORIALE | 8 |
| II.1 - Struttura Geologica..... | 8 |
| II.2 - Caratteri Sedimentari | 9 |
| II.3 - Stratigrafia | 11 |
| II.4 - Geomorfologia..... | 14 |
| III - ANALISI STORICA DELLE CAVE DI SABBIA E GHIAIA NELLA ZONA LITORALE NEL TERRITORIO FRA CERVIA E RAVENNA..... | 17 |
| III.1 - Note preliminari | 17 |
| III.2 - Notizie storiche | 18 |
| III.3 - Caratteristiche litologico stratigrafiche..... | 19 |
| IV - CARATTERI GEOLOGICI AREA DI PROGETTO | 23 |
| IV.1 - Generalità | 23 |
| IV.2 - Stratigrafia Litologica | 23 |
| IV.3 - Stratigrafia Geotecnica | 26 |
| V - SISMICITA' | 31 |
| IV.1 - Categoria Sottosuolo | 31 |
| IV.2 - Condizioni Topografiche | 31 |
| CONCLUSIONI..... | 32 |

PREMESSA

In relazione al *progetto di un impianto fotovoltaico di tipo floating (galleggiante) di potenza pari a 19,01 MWp da realizzarsi nell'invaso della cava denominata Adriatica in località Savio in Comune di Cervia (RA)*, la proponente Società Dalia Rinnovabili S.r.l. mi ha conferito l'incarico di eseguire un'indagine geologica redatta con lo scopo di identificare gli aspetti salienti dei caratteri geologici territoriali e il modello geologico locale.

Nel presente rapporto è riportata la sintesi delle seguenti principali determinazioni:

- I caratteri geologici e geomorfologici dell'area di intervento e di un intorno dove è riconoscibile una reciproca potenziale interazione.
- L'andamento lito - stratigrafico dell'immediato sottosuolo e della eventuale presenza di circolazione/concentrazione idrica sotterranea.

L'acquisizione dei dati necessari a formulare un attendibile quadro conoscitivo si è risolta tramite l'attuazione del seguente programma di indagini:

- Raccolta e analisi critica dei dati esistenti editi e inediti.
- Analisi dei caratteri geologici e geomorfologici.
- Investigazioni geognostiche reperite: sondaggio a rotazione con carotaggio continuo e prova penetrometrica statica con punta elettrica

I – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

Il territorio oggetto di indagine è compreso nella Sezione N. 241090Cervia CTR scala 1:10.000.

La collocazione geografica della cava dismessa, corrisponde all'estremità occidentale della fascia litorale compresa fra la linea di costa e la pianura retrostante.

Il sito, sotto il profilo altimetrico, è incluso nel range di quote compreso fra 0 -1,0 metri.

Il centroide dell'area di progetto, è identificato dalle coordinate UTM:

Latitudine: 4907138,43 m N

Longitudine:285210,37 m E



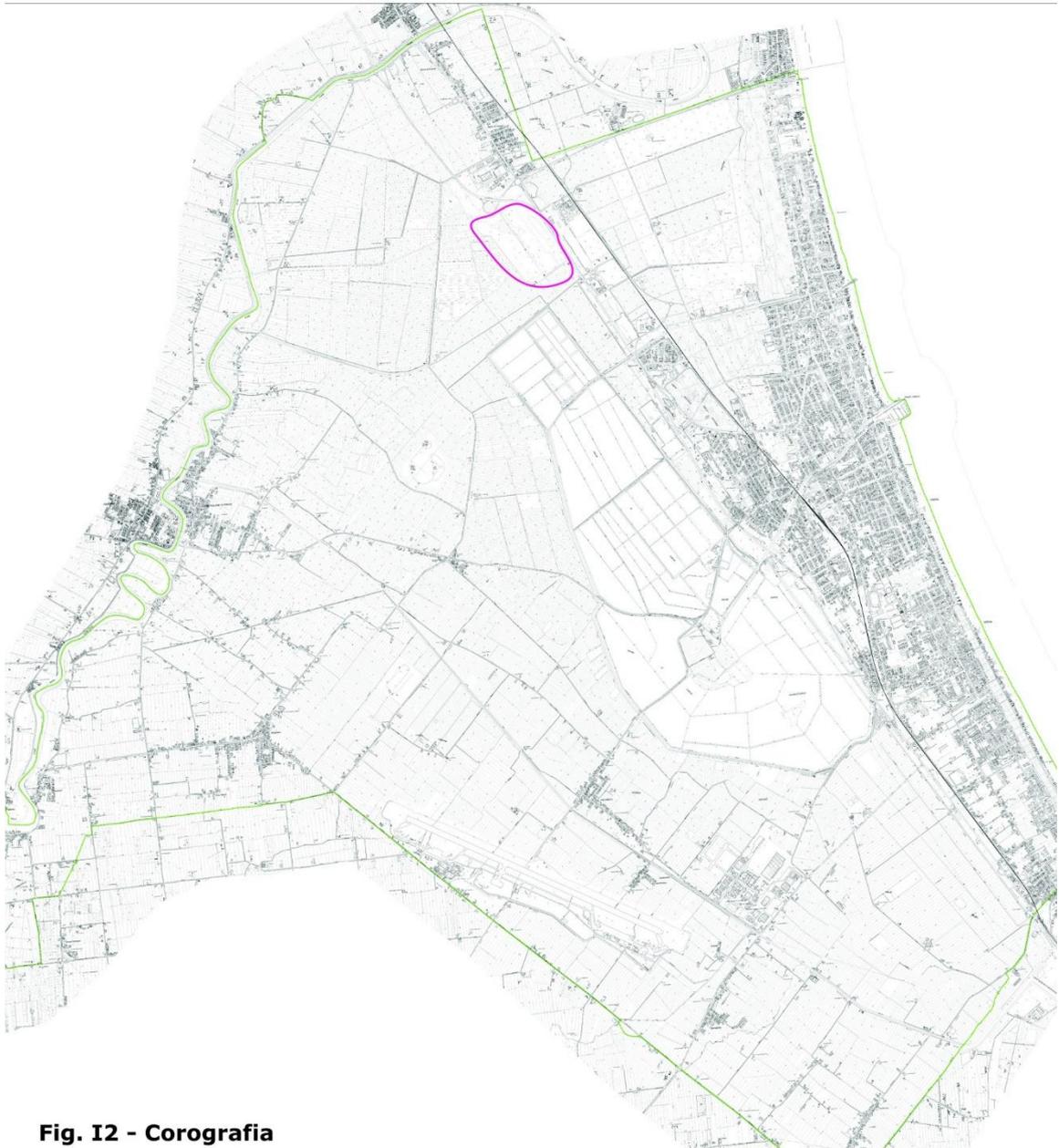


Fig. I2 - Corografia



Fig. I3 - Panoramica da SE



Fig. I4 - Panoramica da NO

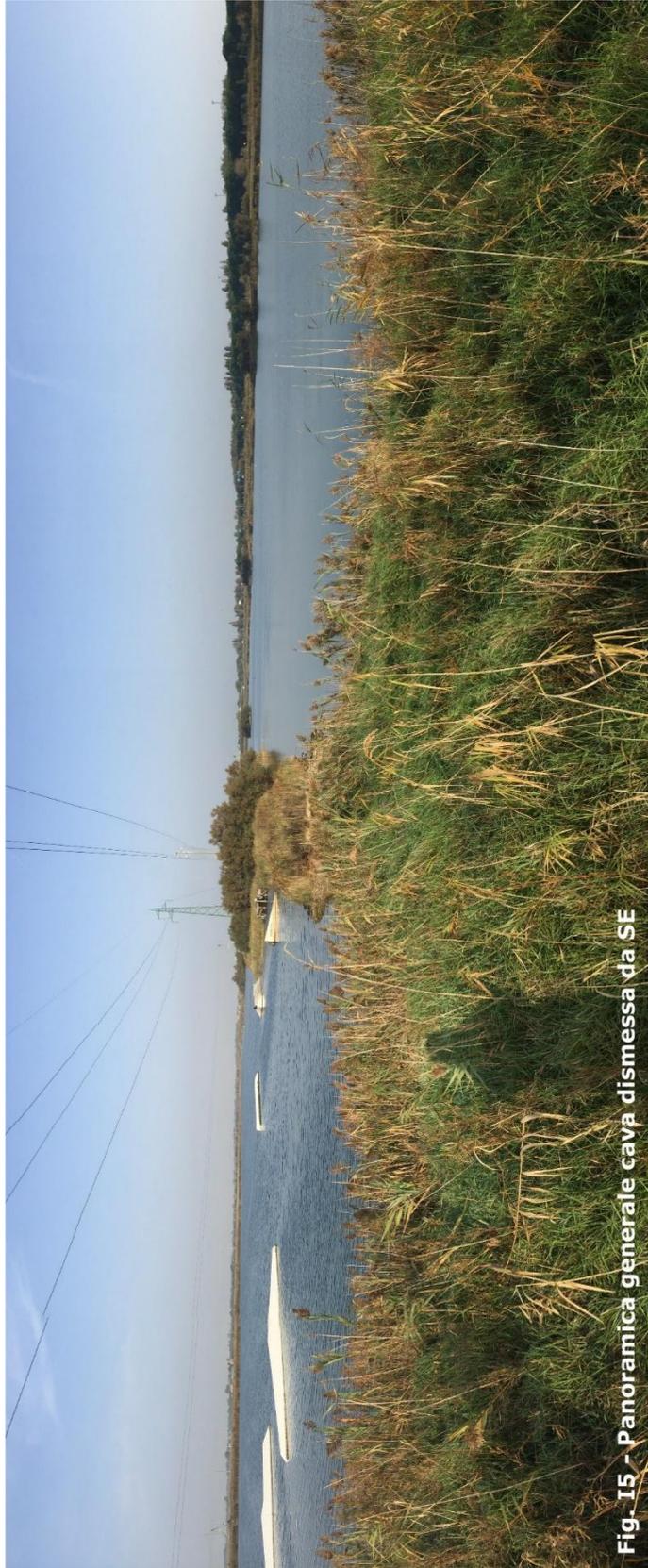


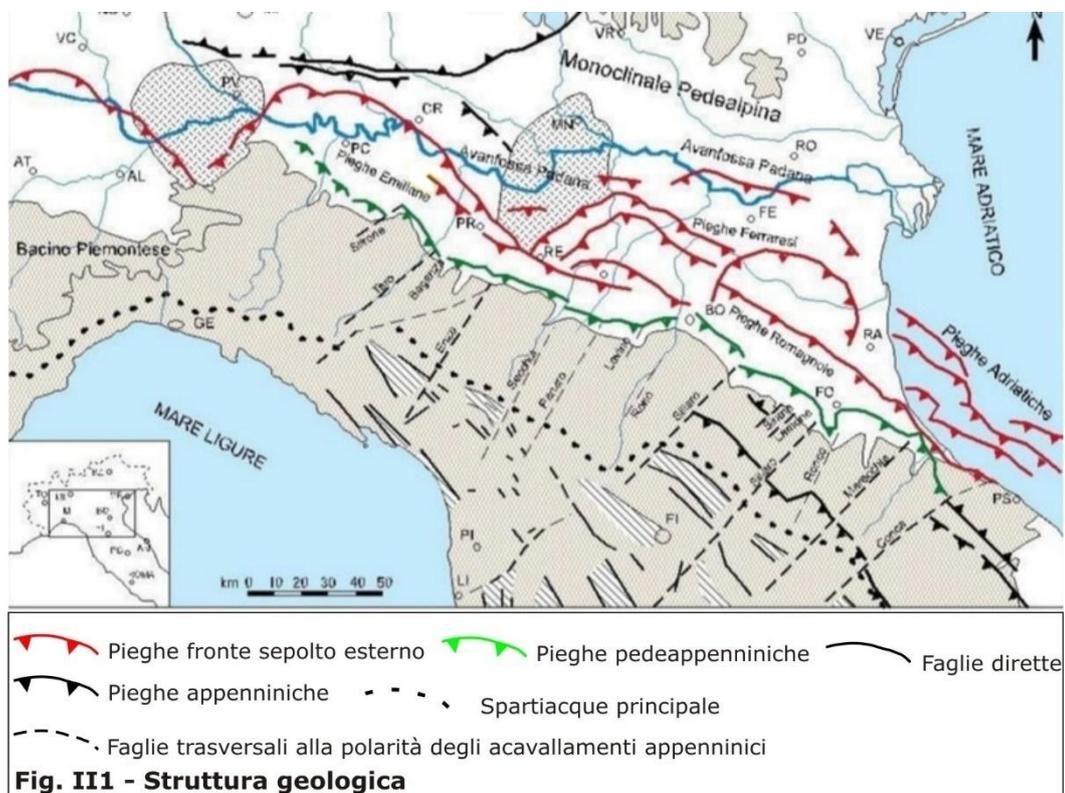
Fig. 15 - Panoramica generale cava dismessa da SE

II – INQUADRAMENTO GEOLOGICO TERRITORIALE

II.1 – Struttura Geologica

L'area oggetto di indagine compresa nella fascia litorale e il territorio retrostante della pianura, sono occupati da depositi plio – quaternari di riempimento dell'avanfossa appenninica. L'evoluzione dei processi orogenetici che hanno promosso il sollevamento e la progradazione in senso adriatico della catena appenninica, sono espressi da accavallamenti e strutture tettoniche coeve alle fasi compressive di parossismo orogenetico che, nelle fasce litorali e della pianura, sono oblitrate dai cospicui spessori di sedimenti quaternari. Le investigazioni profonde, indicano fronti sepolti di sovrascorrimenti connessi all'attività ancora in corso di avanzamento verso NE dell'Appennino settentrionale. I sovrascorrimenti, sia di forma arcuata sia quelli più apprezzabilmente lineari, sono convenzionalmente riuniti in famiglie di pieghe definite, da NO verso SE, dalle seguenti principali sequenze: Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi, Pieghe Romagnole, Pieghe Adriatiche.

In Fig. II1 è graficamente schematizzata la struttura geologica della catena affiorante e di quella sepolta.



I fronti di sovrascorrimento, sono interrotti da faglie trasversali polarizzate in senso antiappenninico (NE-SO) che, intervenendo come svincoli cinematici con carattere trascorrente, hanno indotto anche importanti movimenti verticali e confinamenti di continuità laterale degli accavallamenti.

L'interazione fra i complessi meccanismi tettonici e quelli deposizionali, sulla fronte e nella parte retrostante dei sovrascorrimenti, ha originato bacini associati ad anticlinali soggetti a migrare con l'avanfossa, favorendo l'impilamento di sedimenti associabili alla sequenza plio - pleistocenica. I sedimenti post pliocenici sono interessati da ondulazioni assimilabili a deformazioni passive di assestamento sul substrato pliocenico il quale continua a regolare i processi di subsidenza.

II.2 – Caratteri Sedimentari

I processi che hanno regolato la sedimentazione nel territorio cervese, si correlano ai meccanismi deposizionali tipici dell'ambiente fluviale e di fluttuazione della costa. Consistenti apporti di materiali, sono sopraggiunti per effetto delle inondazioni prodotte dai fiumi bradi, preesistenti alle opere di regimazione idraulica e di inalveamento. L'intercalare degli episodi di alluvionamento, hanno progressivamente sepolto gli antichi piani campagna provocando l'ispessimento della copertura olocenica. Conferme in merito alla recente età geologica dei sedimenti insediati nella pianura, sono fornite dal ritrovamento di manufatti sepolti protostorici (necropoli del IV-III secolo a.C. a - 12 metri nella pianura cesenate) e storici (piano di posa bizantino a - 2÷4 metri dal p.c. nel ravennate).

L'ambiente litorale, rappresenta un sistema sedimentario di transizione confinato fra il limite superiore raggiunto dalle acque marine verso terra (durante le tempeste e le maree maggiori), e il limite inferiore di deposizione della sabbia. Nell'accezione più corretta, la zona costiera in senso lato comprende ambienti continentali associati a quelli misti e in parte marini che, definiscono, la zona litorale o *nearshore* (letteralmente, vicina alla costa o sottocosta).

Sotto il profilo geomorfologico, la zona litorale in esame è del tipo semplice o aperta, consistente di spiagge, cordoni litorali o piane di marea direttamente attaccate alla terraferma. Nel contesto oggetto di studio, i meccanismi di deposito dei sedimenti trasportati da fiumi, sono regolati dall'elaborazione marina che trasforma l'originaria geometria canalizzata in un assetto tabulare parallelo alla linea di costa. Vengono così a formarsi cordoni sabbiosi separati da superfici erosive.

La sequenza di cordoni che producono la piana di sabbia, si assottigliano a cuneo verso mare con graduale diminuzione di granulometria della sabbia e transizione a fanghi di *offshore*.

L'accrezione di una piana di sabbia è dominata dai processi marini (con deposizione subaerea nei periodi di massima intensità, subacquea nei periodi normali) e produce una coltre continua di sabbia (*sand sheet*) i cui incrementi di sedimentazione sono dati dai successivi cordoni litorali (Fig. II2).

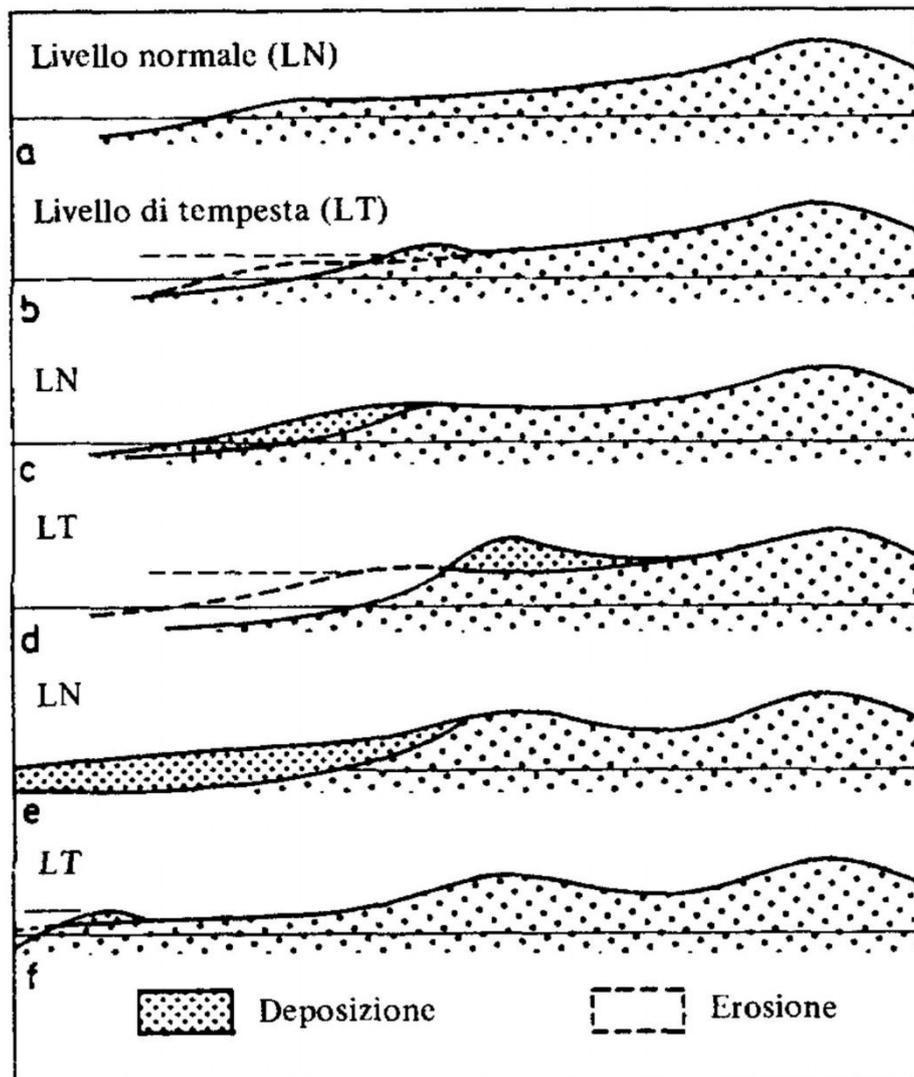


Fig. II2 - Progradazione di una piana di sabbia (da REINECK & SINGH, 1973)

L'eventuale presenza, nella sequenza stratigrafica, di livelli fangosi o comunque di sedimenti a granulometria medio-fine (limi, sabbie fini limose), rappresentano segni residuali dell'abbondante deposizione di materiali introdotti durante gli eventi di

piena fluviale. In queste circostanze, sopraggiungono alla foce grandi quantità di sedimenti ed una parte considerevole del carico sospeso è depositata rapidamente (flocculazione), permettendo la formazione di piane fangose. Durante i periodi di magra invece, l'apporto di sedimenti alla costa è molto ridotto. Le onde e le correnti marine costiere attaccano e rielaborano la piana fangosa, concentrando selettivamente i materiali grossolani (granuli di sabbia e conchiglie o ciottoli) e allontanando invece il fango in sospensione. Si sviluppa così una situazione trasgressiva.

Il processo di graduale progradazione della costa, è invece testimoniato dalle argille sottoposte ai banchi sabbiosi (fanghi di *offshore*) che, nel litorale Cervese si intercettano a profondità variabili da 9 a 15 metri.

A tergo dei banchi sabbiosi del litorale progradanti verso est, si formava un ambiente lagunare, caratterizzato dalla sedimentazione di argille limose molli con livelli di torba e biosomi di ambiente salmastro; sopra si sono depositati prima sedimenti di transizione poi depositi alluvionali recenti, costituiti prevalentemente da argille o argille limose continentali legati alla dinamica fluviale recente.

II.3 – Stratigrafia

I depositi presenti nel territorio incluso in Fig. II3 – Carta Geologica che comprende l'area di progetto, sono attribuiti al Sistema Emiliano - Romagnolo superiore - Subsystema di Ravenna, indicato con sigla AES8. Il Subsystema di Ravenna costituisce l'elemento sommitale dell'Alloformazione Emiliano - Romagnolo Superiore (AES), ed è formato da sabbie argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico. In particolare, come risulta dalle cartografie geologiche redatte dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, l'area è localizzata su depositi appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) che, costituisce, la parte sommitale del Subsystema di Ravenna.

L'Unità AES8a è costituita da argille e limi in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro.

L'area di progetto, in particolare, risulta localizzata sui depositi sabbiosi di cordone litorale sedimentati in ambiente di Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia che, interessano, tutta la fascia costiera compresa tra il mare Adriatico e l'ambiente di piana alluvionale sottesa ad ovest della SS Adriatica caratterizzata da depositi argilloso limosi.

La Carta Geologica, riporta con tratteggio rosso i principali elementi strutturali (sovrascorrimenti e contatti tettonici profondi), con linee blu marca elementi geomorfologici legati alla dinamica marina recente e con tratteggio marrone l'isobata della base del pliocene (-3.500 metri).

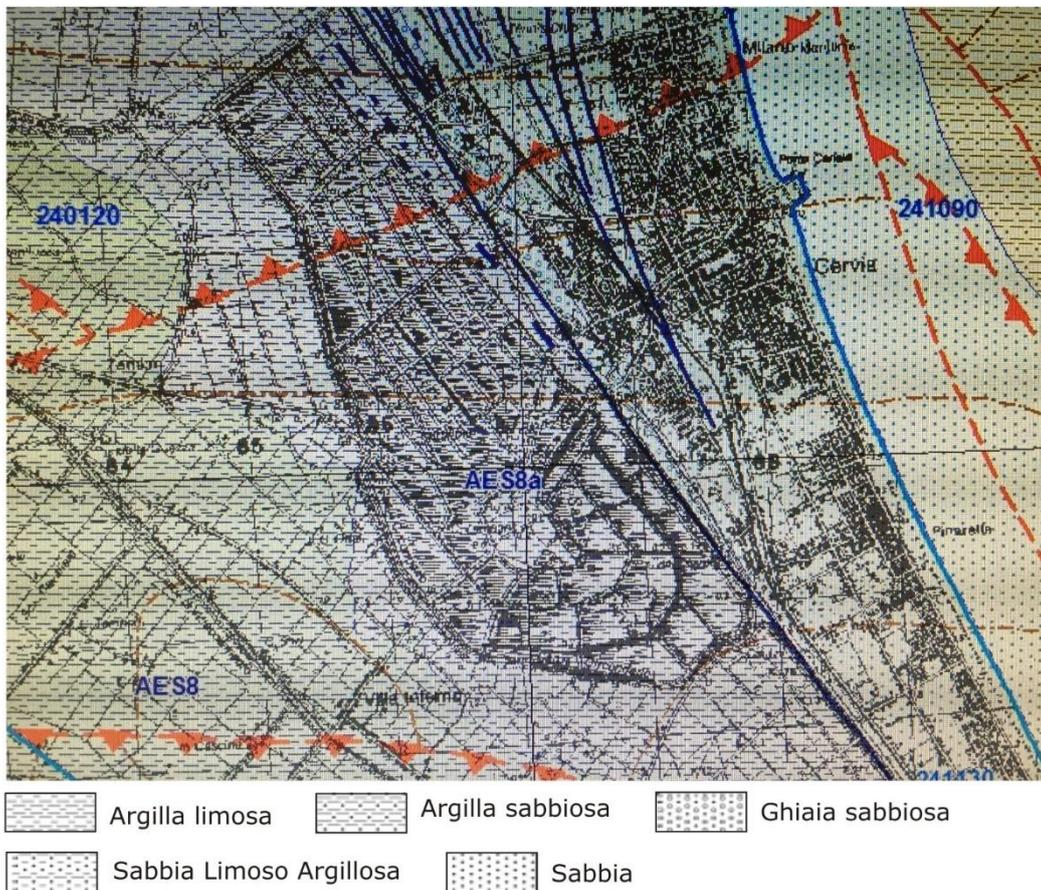


Fig. II3 - Carta Geologica Territoriale

Le dinamiche di sedimentazione, in rapporto all'addensamento dei corsi d'acqua naturali, hanno impresso all'orografia territoriale della pianura caratteri peculiari e distinti. In generale, fra i subsistemi ad Argini Naturali che realizzano aree topograficamente più rilevate e forme allungate secondo l'asse del corpo idrico, si formano zone depresse con endemica difficoltà di drenaggio.

I processi sedimentari alluvionali, propongono un assortito panorama di classi granulometriche e di rapporti stratigrafici regolati tendenzialmente da geometrie lenticolari, con contatti spesso eteropici.

La spiccata variabilità di composizione granulometrica espressa dai depositi continentali della pianura, anche fra aree contigue, è fondamentale correlata ai seguenti principali fattori genetico - evolutivi:

1. Caratteristiche litologiche preminenti del bacino imbrifero.
2. Distanza dagli alvei.
3. Episodi di divagazioni dei talweg e di abbandono dei meandri.
4. Differenziata attività idrodinamica stagionale e intensità degli eventi meteorici che hanno regolato gli episodi di inondazione.

I depositi alluvionali Pleisto - Olocenici, possono quindi presentare la predominanza di sabbie e sabbie limose, ovvero acquistare composizioni più francamente pelitiche (argille, argille siltoso - limose e limi).

Nell'ampia pianura occupata dai sedimenti continentali Pleisto - Olocenici retro litorali, prodotti dalla progradazione dei conoidi fluviali, si intercalano, infatti, in maniera affatto regolare, ambiti occupati da prevalenti materiali sabbioso - limosi oppure fasce di depositi argillosi. I depositi olocenici, possono essere essenzialmente trattivi di alveo e di tracimazione, oppure assumere caratteri indistintamente trattivi e di decantazione collegati ai cicli eustatici tardo - quaternari.

La sezione geologica territoriale di Fig. II4 (G.C. Parea modificato), riproduce schematicamente i principali orizzonti stratigrafici relativi ai processi di sedimentazione marina e continentale intervenuta nella pianura romagnola e nel litorale.

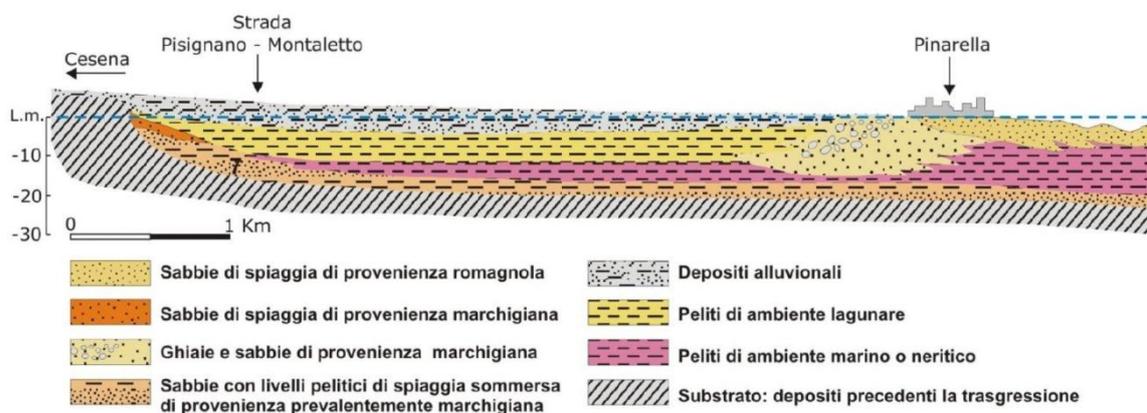


Fig. II4 - Sezione Geologica del litorale e pianura cervese (G.C. Parea modificato)

La sequenza stratigrafica graficamente riprodotta nella Sezione Geologica, evidenzia il contributo indotto dai cicli trasgressivo – regressivi marini. Di questi, particolarmente evidente si manifesta la regressione marcata dal seppellimento delle sabbie con livelli pelitici di spiaggia sommersa a prevalente provenienza marchigiana, da parte di peliti di ambiente neritico (ambiente marino che si estende dalla linea di spiaggia fino a 200 metri di profondità).

La fascia litorale è fissata da ghiaie e sabbie di provenienza marchigiana che determinano l'alto morfologico a tergo del quale si sottende una zona depressionaria lagunare gradualmente colmata da peliti e depositi alluvionali. Lungo la fascia litorale, infine, i processi di progradazione della costa sono regolati dal contributo di sabbie di spiaggia di provenienza romagnola. Nella Sezione Geologica, si può discriminare il ruolo fondamentale di stabilizzazione verso terra della fascia litorale assunto dal deposito di ghiaie e sabbie di provenienza marchigiana che, a tergo, ha predisposta una vasta area depressionaria lagunare marcando una separazione netta, anche in profondità, tra depositi marini e continentali.

II.4 – Geomorfologia

La morfologia pianeggiante della fascia litorale che comprende l'area di progetto, esclude l'influenza della gravità, orientando gli aspetti geomorfologici salienti di questo territorio, verso dinamiche evolutive che, attengono:

- Assestamento dei depositi quaternari che si risolve in processi di subsidenza compresi mediamente in 1,0 cm/anno con incrementi fino a 1,3 cm/anno a Milano Marittima (dati dell'Amministrazione Comunale). L'area costiera, dai dati in possesso dell'Amministrazione Comunale, sarebbe interessata da una subsidenza naturale dell'ordine di 0,1 cm/anno, sensibilmente inferiore a quella monitorata, con la differenza di 0,9÷1,2 cm/anno attribuita a cause artificiali antropiche.
- Erosione costiera, incentrata soprattutto in tratti di costa dove è fortemente limitato il ripascimento naturale.
- Rischio idraulico da esondazione.

In Fig. II.5 – Carta Fisiografica del territorio, sono rappresentate le classi altimetriche e gli elementi fisiografici (bassi morfologici, aree depressionarie, aree subsidenti).

Relativamente agli aspetti che attengono l'idrografia, idrogeologia e rischio idraulico, si rimanda alla relazione che tratta specificatamente questi temi.

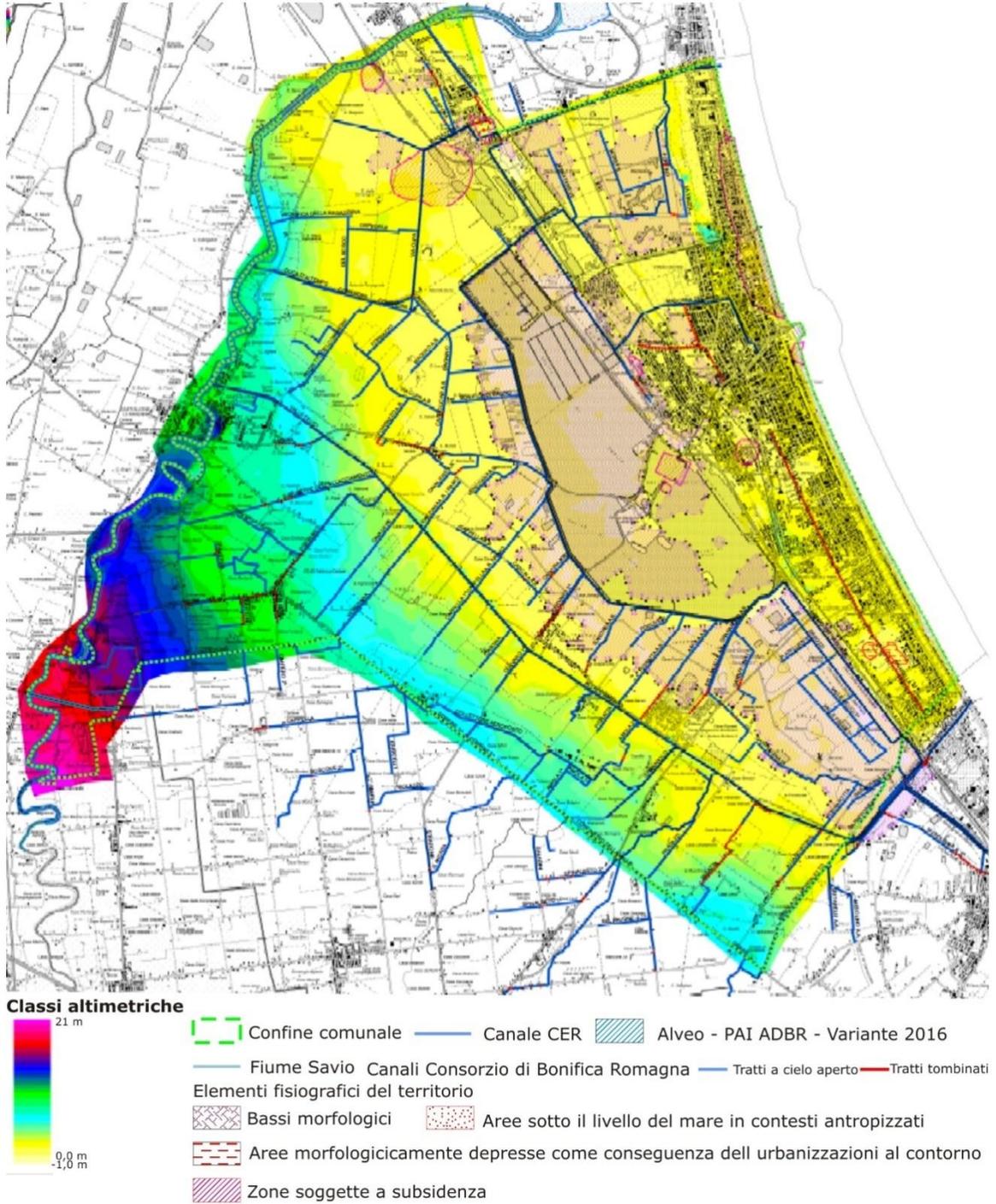
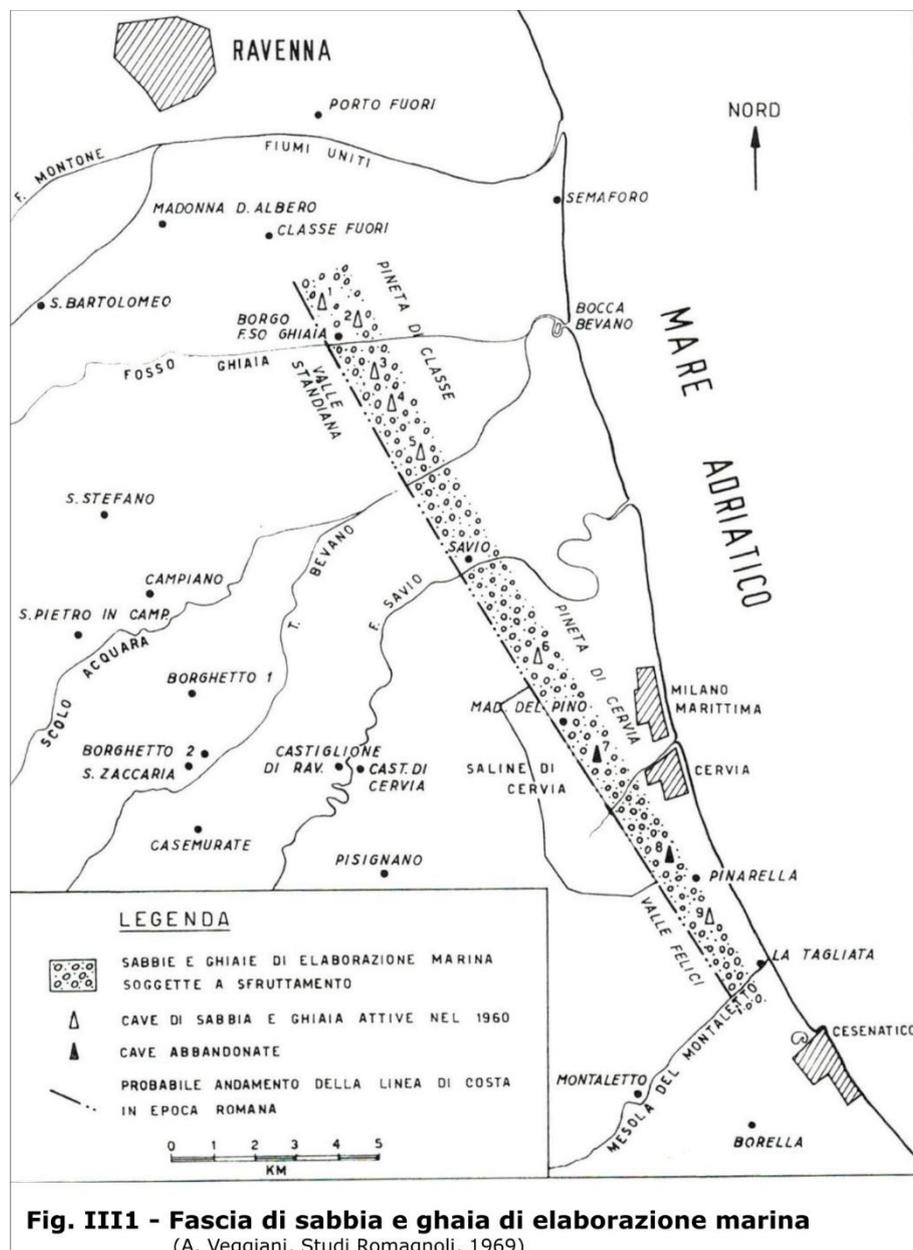


Fig. II5 - Carta fisiografica territoriale

III – ANALISI STORICA DELLE CAVE DI SABBIA E GHIAIA NELLA ZONA LITORALE NEL TERRITORIO FRA CERVIA E RAVENNA

III.1 – Note preliminari

Lungo la Strada Statale n. 16 Adriatica, fra Borgo Fosso Ghiaia, Cervia e Cesenatico, si insedia una caratteristica fascia di terreni sabbiosi e ghiaiosi di elaborazione marina dove sono state aperte numerose cave (Fig. III1).



- La presenza in questi depositi di manufatti fluitati di epoca romana, il loro contatto in profondità con argille di tipo continentale, la natura dei ciottoli non provenienti dall'Appennino romagnolo, sono elementi che rivestono sostanziale importanza sia per:
 - valutare le variazioni della linea di costa in epoca storica;
 - lo studio dei fenomeni di trasporto dei materiali ghiaiosi lungo le coste ad opera delle correnti marine;
 - considerazioni di carattere paleogeografico e paleoclimatico.

III.2 – Notizie storiche

L'estrazione della ghiaia risale a epoca molto antica, quantomeno dal V-IV secolo d.C. in coincidenza con la costruzione dei più rilevanti monumenti ravennati. Nelle chiese di S. Apollinare Nuovo, di S. Vitale, di S. Francesco, nel Battistero, nel palazzo di Teodorico e nella Tomba di Galla Placidia, nella malta spessa 2÷3 cm posta tra le file dei mattoni, si rileva un impasto che contiene ghiaietto caratteristico delle cave aperte nei depositi sottesi lungo la S.S. N. 16 Adriatica fra Fosso Ghiaia e Cervia¹. Uguale impasto A. Veggiani ha constatato fra i resti della pieve di S. Pietro in Cerreto e nei muri dell'antica chiesa di S. Giovanni in Compito, dove si riconosce la stessa tecnica di costruzione delle chiese ravennati accomunate dalla medesima presenza di ghiaietto nella malta legante. Nonostante l'antichità di questa peculiare pratica estrattiva, è verosimile che, il materiale, non sia stato usato in epoca romana quando il territorio era ancora occupato dal mare ma subito dopo il suo ritiro e la contestuale progradazione della linea di costa. In proposito, si sottolinea che, nel 1956 ad una profondità di circa m 5 in corrispondenza della cava posta al Km 169 della S.S. Adriatica, furono rinvenuti resti di un'imbarcazione romana.

La presenza della frazione grossolana ghiaiosa nella pianura romagnola, caratterizzata da corsi d'acqua che trasportavano solo sabbie e limo, nonché la composizione degli elementi lapidei della ghiaia non correlabile a quella delle formazioni geologiche presenti nel tratto di Appennino sotteso a monte, hanno stimolato ricerche e approfondimenti per identificarne la provenienza ed i correlati meccanismi di trasporto.

¹ Prevalenza di ciottoli silicei di colore rossastro, frammenti di selce grigiastra e biancastra e più raramente ciottoli calcarei appiattiti.

III.3 – Caratteristiche litologico stratigrafiche

I ciottoli costituenti l'intervallo grossolano ghiaioso, sono in prevalenza silicei e calcarei, scarsissimi quelli di arenarie e rarissimi quelli di rocce vulcaniche.

Le caratteristiche litologiche delle ghiaie si mantengono pressoché uguali in tutte le cave del giacimento da Cervia a Fosso Ghiaia. Gli studi eseguiti da U. Buli (*Ricerche climatiche sulle pinete di Ravenna*, Bologna 1949, p. 9), hanno permesso di identificare le percentuali dei singoli tipi litologici, come risulta dalla tabella sotto riportata dove la loro proporzione viene distinta in quattro qualità del materiale estratto.

| QUALITA' MATERIALE | DEL | CALCARE | SELCE | ARENARIA E GUSCI DI CONCHIGLIE |
|--------------------|-----|---------|--------|--------------------------------|
| Ghiaia | | 30,50% | 64,60% | 4,90% |
| Ghiaietto | | 27,20% | 70,80% | 2,00% |
| Granisello I | | 25,40% | 73,20% | 1,40% |
| Granisello II | | 33,40% | 61,60% | 5,00% |

L'analisi micropaleontologica dei ciottoli più caratteristici, ha permesso di associarli alle seguenti formazioni geologiche:

- I. Calcarea rupestre o maiolica (*Cretaceo inferiore*): ciottoli silicei biancastri e grigiastri, raramente azzurrini.
- II. Scaglia bianca (cretaceo superiore): pochi ciottoli silicei con sottili intercalazioni di calcarea biancastro.
- III. Scaglia rossa (*Eocene medio - inferiore*): caratteristici per il colore rossastro della selce e del calcarea. Sono molto frequenti.

Il secondo gruppo di ciottoli, esclusivamente calcarei, è associabile alle seguenti formazioni:

- I. Formazione di Monte Morello o Alberese (*Eocene inferiore - medio*): ciottoli di calcarea marnoso finemente detritico trasportati a valle dai fiumi appenninici soprattutto dal Marecchia.
- II. Formazione di San Marino - Calcari a Briozoi (*Burdigaliano superiore - Serravalliano inferiore*): abbondanti ciottoli di calcari biancastri a struttura

microcristallina provenienti da depositi miocenici diffusamente affioranti in Valmarecchia.

La distribuzione delle formazioni geologiche associabili ai ciottoli presenti nel giacimento, si può suddividere in due distinti ambiti territoriali:

1. Le formazioni calcaree (*Alberese* e *Calcare a Briozoi*) affiorano nella Valmarecchia.
2. Le formazioni mesozoiche ed eoceniche della Scaglia rossa, Scaglia Bianca e Rupestre, riconosciute nei ciottoli silicei, sono presenti nell'Appennino marchigiano a sud del Fiume Foglia ed incisi dal Fiume Metauro. Inoltre, si riscontrano nelle alluvioni di altri fiumi marchigiani: Cesano, Misa ed Esino posti più a sud.

A fronte di quanto sin qui argomentato, i depositi ghiaiosi fra Cesenatico e Ravenna non sono correlabili all'azione di trasporto e sedimentazione da parte dei fiumi romagnoli Ronco, Montone e Savio che sfociano in questo tratto della pianura e del litorale da epoche antiche. I fiumi romagnoli non solo attualmente ma anche in epoche storiche e negli ultimi periodi preistorici, hanno trasportato nel loro ultimo tratto in pianura solo limo e sabbia. Inoltre, fra il materiale ghiaioso estratto nelle cave in fregio alla S.S. N. 16 Adriatica, sono quasi assenti le arenarie che, predominano invece, nelle alluvioni recenti ed antiche entro le vallate dei fiumi romagnoli.

Ne consegue che, è dimostrabile una provenienza dei materiali da SE ad opera delle correnti litorali (*longshore currentes*) che hanno spostato i sedimenti in senso longitudinale alla costa (Fig. III2).

La locuzione americana *longshore currentes* si riferisce alle correnti che agiscono fra la linea di battigia e la zona dei frangenti, energizzate da componenti di moto parallele alla riva. L'intensità e la capacità di trasporto delle correnti lungo costa, dipendono dall'intensità delle onde di alto mare in arrivo e dal loro angolo di incidenza rispetto all'andamento della riva. Le correnti di riva o litorali, sono legate ai venti e lungo la costa romagnola anche attualmente il prevalere di venti sciroccali e di levante, si risolve nel trasporto di materiale prevalentemente sabbioso da SE a NO. Ne sono prova, gli insabbiamenti a destra dei moli di Fano, Pesaro, Cattolica, Riccione, Rimini, Cesenatico e Cervia e il ripiegamento a sinistra delle foci di molti fiumi. Anche in tempi antichi le correnti lungo costa si sono orientate nella medesima direttrice, dimostrandosi, tuttavia, più intense di quelle attuali e capaci di mobilitare materiali alquanto più grossolani delle sabbie come i ciottoli dell'orizzonte ghiaioso

costituente il giacimento delle cave sottese lungo la S.s. N. 16 Adriatica fra Cesenatico, Cervia e Ravenna.

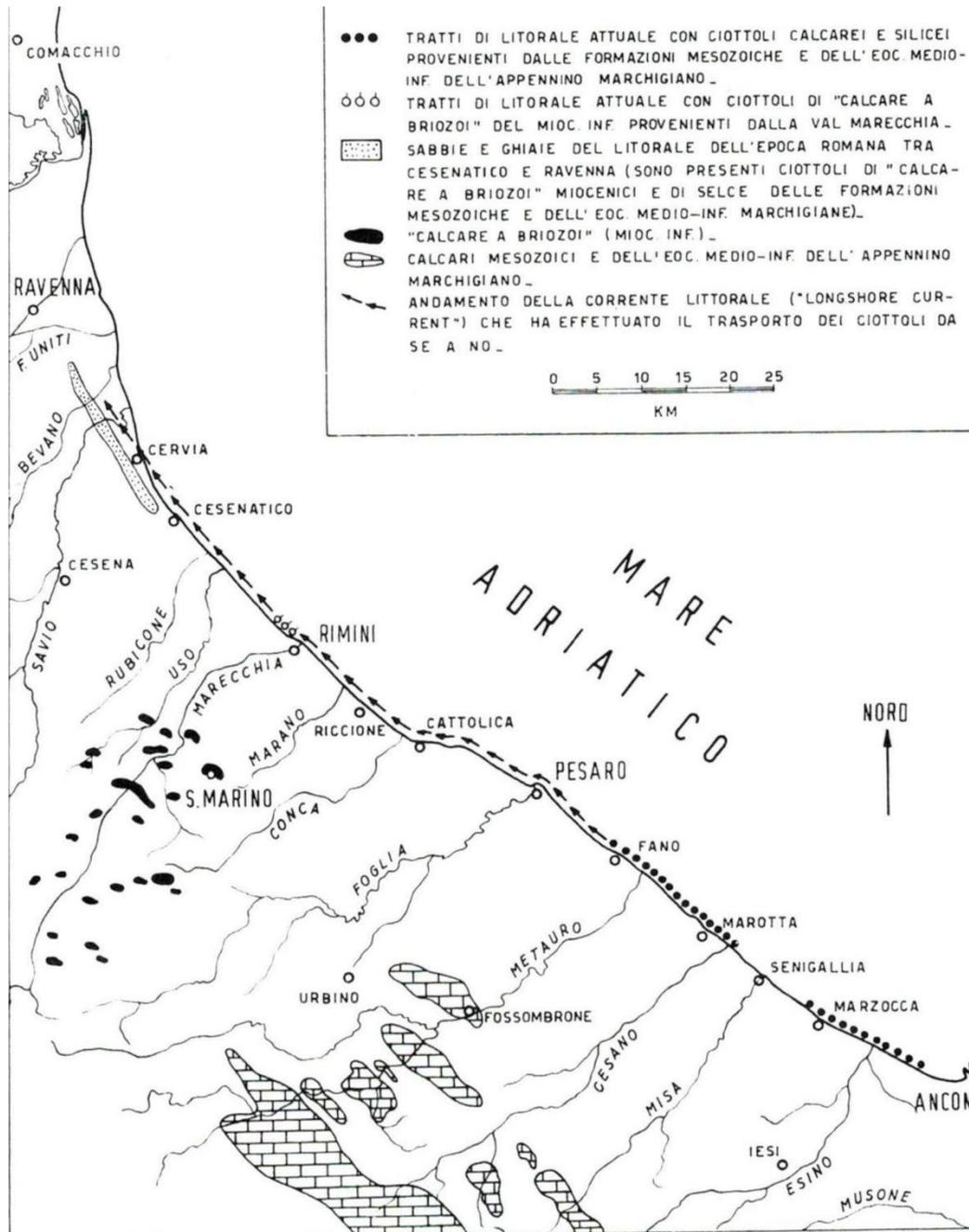


Fig. III2 - Affioramenti formazioni geologiche e polarità di trasporto ciottoli
(A. Veggiani, Studi Romagnoli, 1969)

Il deposito sabbioso - limoso e ghiaioso di elaborazione marina oggetto di coltivazione, fino quando le tecniche estrattive non hanno permesso di procedere in

profondità, è rimasto indeterminato negli aspetti che attengono i suoi caratteri litostratigrafici. Complicazioni operative, erano connesse nell'antichità anche all'esistenza di una falda superficiale salmastra soggetta a escursione del pelo freatico di circa 1 metro all'anno in relazione al regime pluviometrico.

Le prospezioni geognostiche e l'approfondimento della coltivazione del giacimento, correlate alle informazioni storiche, hanno fornito elementi per identificare l'ordine di sovrapposizione litostratigrafica schematizzato in Fig. III3, dove si è omessa la potenza dei vari orizzonti a causa della loro variabilità nell'ambito del giacimento.

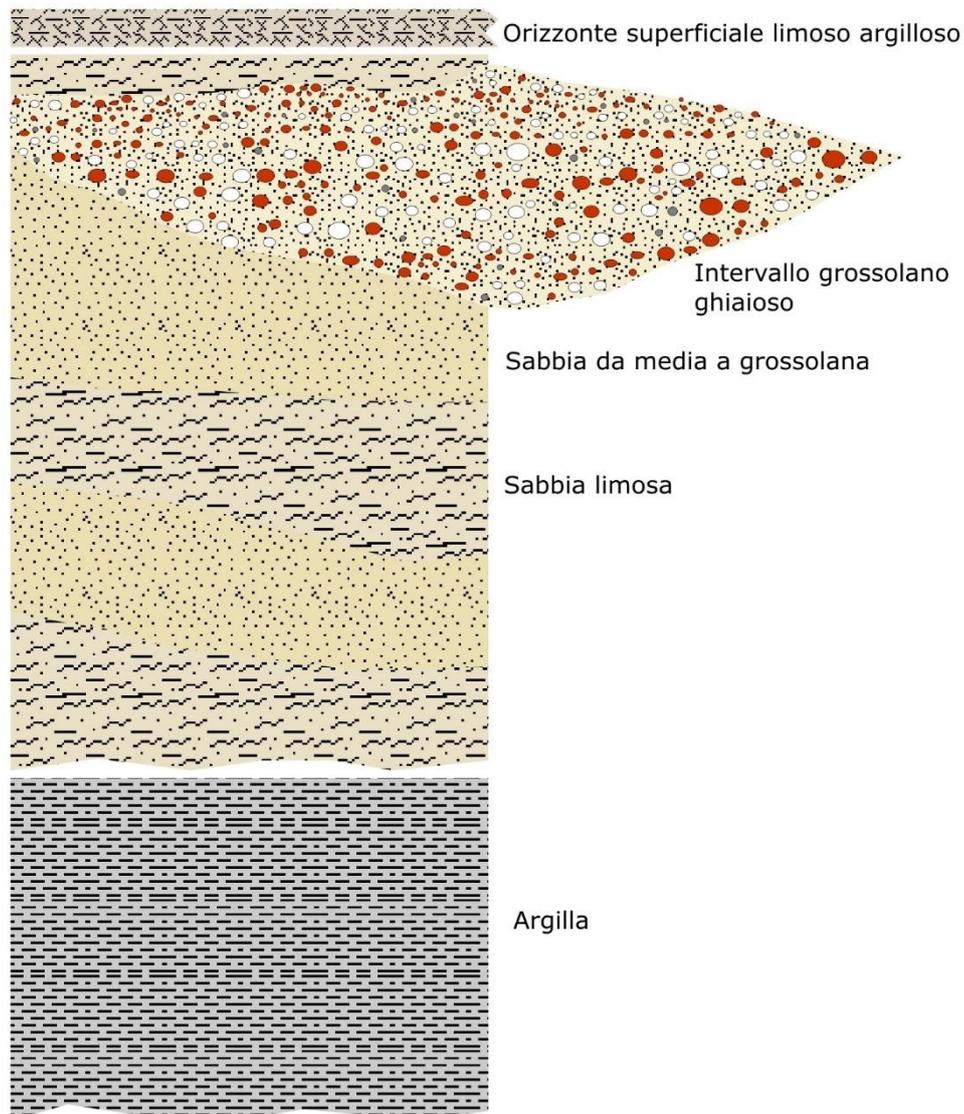


Fig. III3 - Stratigrafia litologica

IV – CARATTERI GEOLOGICI AREA DI PROGETTO

IV.1 – Generalità

L'area dicava dismessa si sottende in fregio alla S.S.N. 16 Adriatica nei pressi dell'abitato di Savio di Cervia.

Dalla scheda monografica del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Ravenna relativa alla *Cava Adriatica*, lo Studio di Bilancio Ambientale (SBA) attribuisce al sito il livello di criticità LKII. Criticità moderate (assenza di tutele e grandi dimensioni o tutela nelle vicinanze e medie dimensioni o tutele sul sito e piccole dimensioni).

Rispetto al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico Bacini regionali Romagnoli, il sito ricade in Art. 3 – *Aree ad elevata probabilità di esondazione*, tuttavia, come rappresentato in Fig. II6a - Esondazioni storiche STB Romagna e Consorzio di Bonifica Romagna, il sito non risulta tra quelli interessati da allagamenti storici con eccezione del recente intenso fenomeno alluvionale del maggio 2023 quando, per la rotta dell'argine destro del Fiume Savio nei pressi di Castiglione di Cervia, tutta la pianura, le saline e porzioni di territorio a est della strada statale(Bassona) sono state invase dalle acque.

IV.2 – Stratigrafia Litologica

I materiali estratti sono compresi nelle frazioni granulometriche delle sabbie grossolane (*Granisello*) e delle sabbie medio – fini con subordinata frazione limosa. Il tetto delle argille alluvionali attestato alla base del giacimento, si intercetta circa a metri 10 dal piano campagna. Le condizioni litostratigrafiche locali, sono rimaste inalterate solo nelle aree esentate dall'attività estrattiva che, risultano inevitabilmente, modificate e nell'ambito dei bacini residuali rappresentate dalle argille di base.

A titolo indicativo, si riportano gli esiti di investigazioni geognostiche reperite, una rappresentata da un sondaggio profondo a rotazione con carotaggio continuo eseguito dalla Regione Emilia – Romagna e realizzato nell'ambito del progetto CARG (L. 305/89), l'altra da una prova penetrometrica statica con punta elettrica che,

propone, un intervallo stratigrafico superiore di depositi sabbiosi di elaborazione marina e alla base le argille alluvionali.

In Fig. IV.1 è riportata la stratigrafia del sondaggio e in Fig. IV.2 quella della prova penetrometrica.



Servizio Cartografico e Geologico – Ufficio Geologico

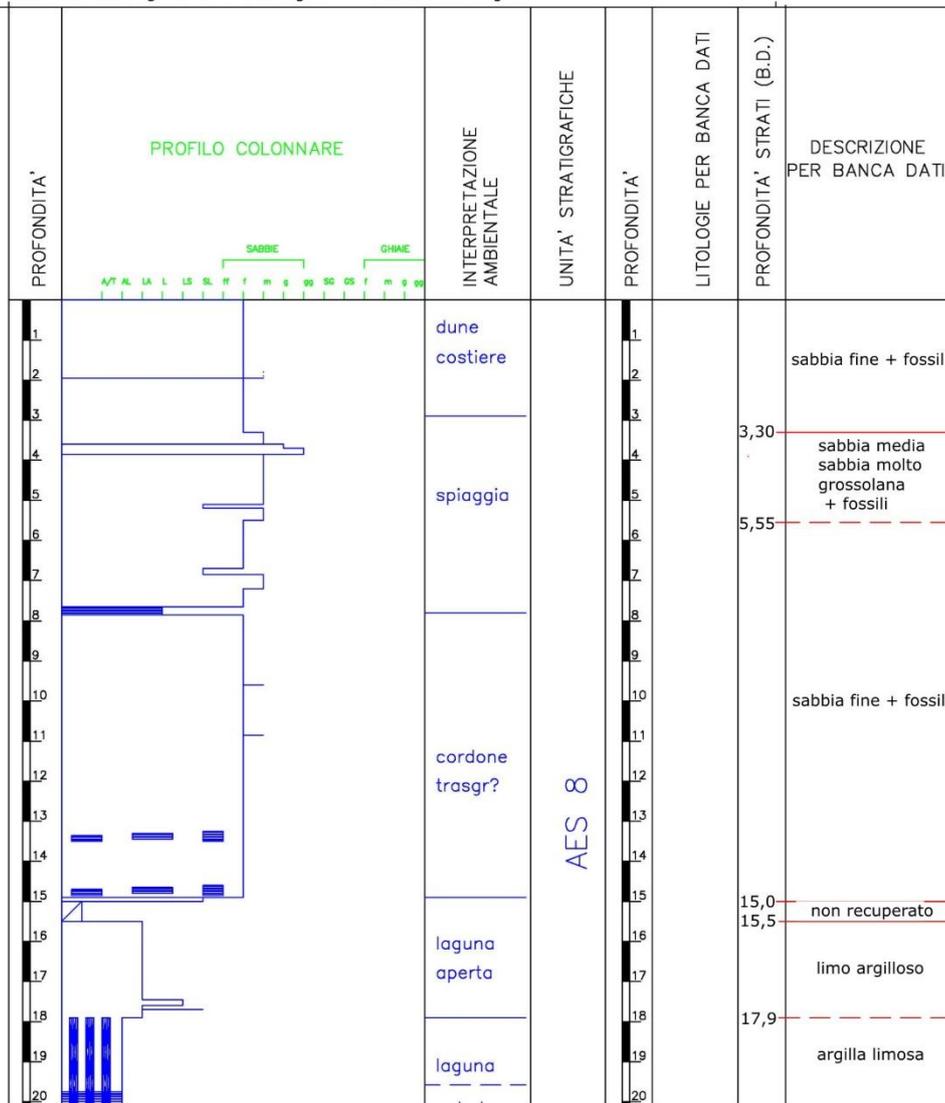


Fig. IV1 - Stratigrafia sondaggio

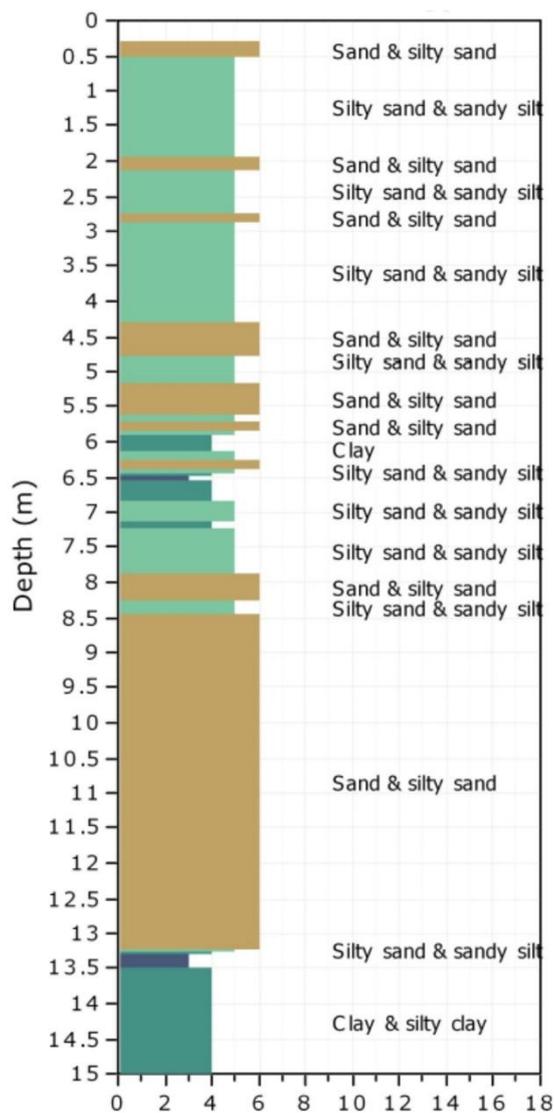


Fig. IV2 - Stratigrafia litologica CPT

IV.3 – Stratigrafia Geotecnica

I terreni insediati nell'area di intervento, sotto il profilo litotecnico sono assimilabili a due principali tipologie di materiali:

1. Granulari dotati di attrito in corrispondenza degli orizzonti superiori sabbiosi;
2. Coesivi alla base in corrispondenza delle peliti basali.

I parametri geotecnici dei terreni insediati nelle aree di intervento si sono ricavati dalla prova CPTe ricorrendo alle relazioni proposte da: Robertson P.K., Cabal K.L. *Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling e Testing, Inc. 5th Edition, (20012)* e Robertson P.K. *Interpretation of Cone Penetration Tests – a unified approach., Can. Geotech. I. 46(11): 1337-1355, (2009)*.

Le velocità delle onde di taglio registrate dalla indagine geofisica, si sono utilizzate per la determinazione del peso di volume tramite la relazione di *Mayne, 2001*:

$$\gamma = 8,32 \text{ Log } (V_s) - 1,61 \text{ Log } (z)$$

In Fig. III3 è riprodotta la stratigrafia geotecnica dei terreni insediati nell'area di progetto.

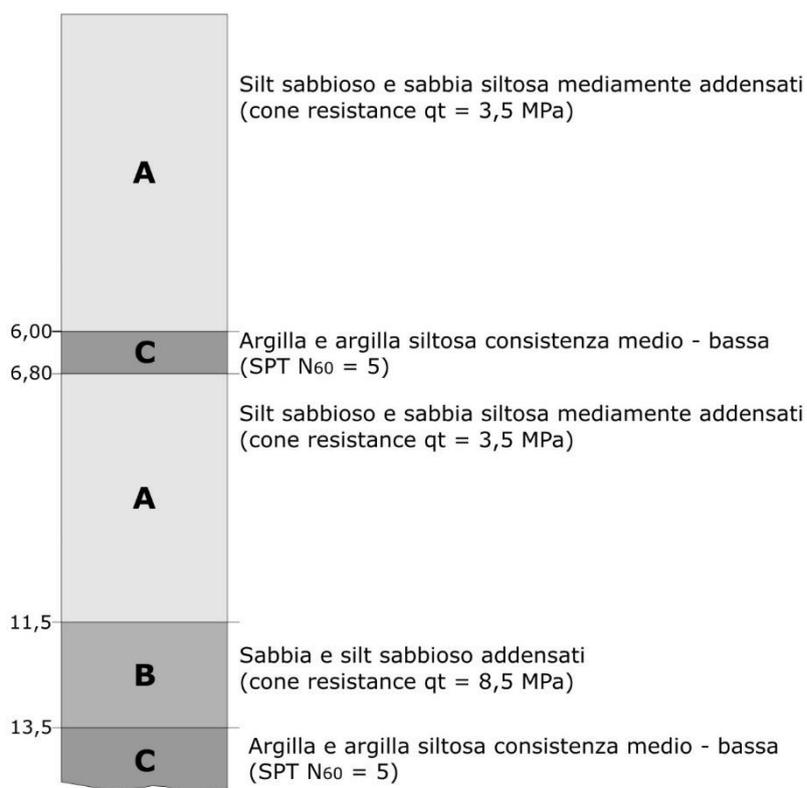


Fig. IV3 - Stratigrafia geotecnica

ORIZZONTE A

$$\gamma = 8,32 \text{ Log (Vs)} - 1,61 \text{ Log (z)} \quad 18,2 \text{ kN/m}^3 \quad [1,82 \text{ g/cm}^3]$$

$$\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 12,0 \text{ kN/m}^3 \quad [1,20 \text{ g/cm}^3] \text{ (peso di volume immerso da m 1,9 p.c. attuale)}$$

$$\phi = 32 \text{ gradi (angolo di attrito)}$$

$$E = 31,5 \text{MPa} \quad (315,0 \text{ Kg/cm}^2) \quad [\text{modulo di Young}]$$

$$G_0 = 25,0 \text{MPa} \quad (250,0 \text{Kg/cm}^2) \quad [\text{modulo dinamico di taglio}]$$

ORIZZONTE B

$$\gamma = 8,32 \text{ Log (Vs)} - 1,61 \text{ Log (z)} \quad 19,3 \text{ kN/m}^3 \quad [1,93 \text{ g/cm}^3]$$

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 14,0 \text{ kN/m}^3 \quad [1,40 \text{ g/cm}^3]$$

$$\phi = 37 \text{ gradi (angolo di attrito)}$$

$$E = 62,5 \text{MPa} \quad (625,0 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$G_0 = 88,5 \text{MPa} \quad (885,0 \text{Kg/cm}^2)$$

ORIZZONTE C

$$\gamma = 8,32 \text{ Log (Vs)} - 1,61 \text{ Log (z)} \quad 18,2 \text{ kN/m}^3 \quad [1,82 \text{ g/cm}^3]$$

$$c_u = 50,0 \text{kPa} \quad [0,50 \text{ Kg/cm}^2] \quad (\text{coesione non drenata da Sanglerat})$$

$$\phi = 18 \div 20 \text{ gradi (angolo di attrito)}$$

$$E_d = 25,0 \text{MPa} \quad (250,0 \text{ Kg/cm}^2) \quad [\text{modulo edometrico da } \textit{Stroud e Butler}]$$

$$G_0 = 4,91 \text{MPa} \quad (49,1 \text{ Kg/cm}^2) \quad [\text{modulo dinamico di taglio da } \textit{Ohsaki \& Iwasaki}]$$

In rapporto al DM 17 gennaio 2018 i caratteri di resistenza vanno regolarizzati a seconda degli approcci di verifica adottati così come indicato dalla Tabella 6.2.II (*Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*).

Approccio 1 Combinazione 1 e Approccio 2:

$$\gamma_d = \gamma_k / 1$$

$$\phi'_d = \tan \phi'_k / 1$$

$$c_{u,d} = c_{u,k} / 1$$

Approccio 1 Combinazione 2:

$$\gamma_d = \gamma_k / 1$$

$$\phi'_d = \tan \phi'_k / 1,25$$

$$c_{u,d} = c_{u,k} / 1,40$$

Nelle Figure IV4 – IV5 – IV6 sono riportati gli esiti della prova CPTe.

Project: CPTE
Location: Cervia (RA), via Volturmo

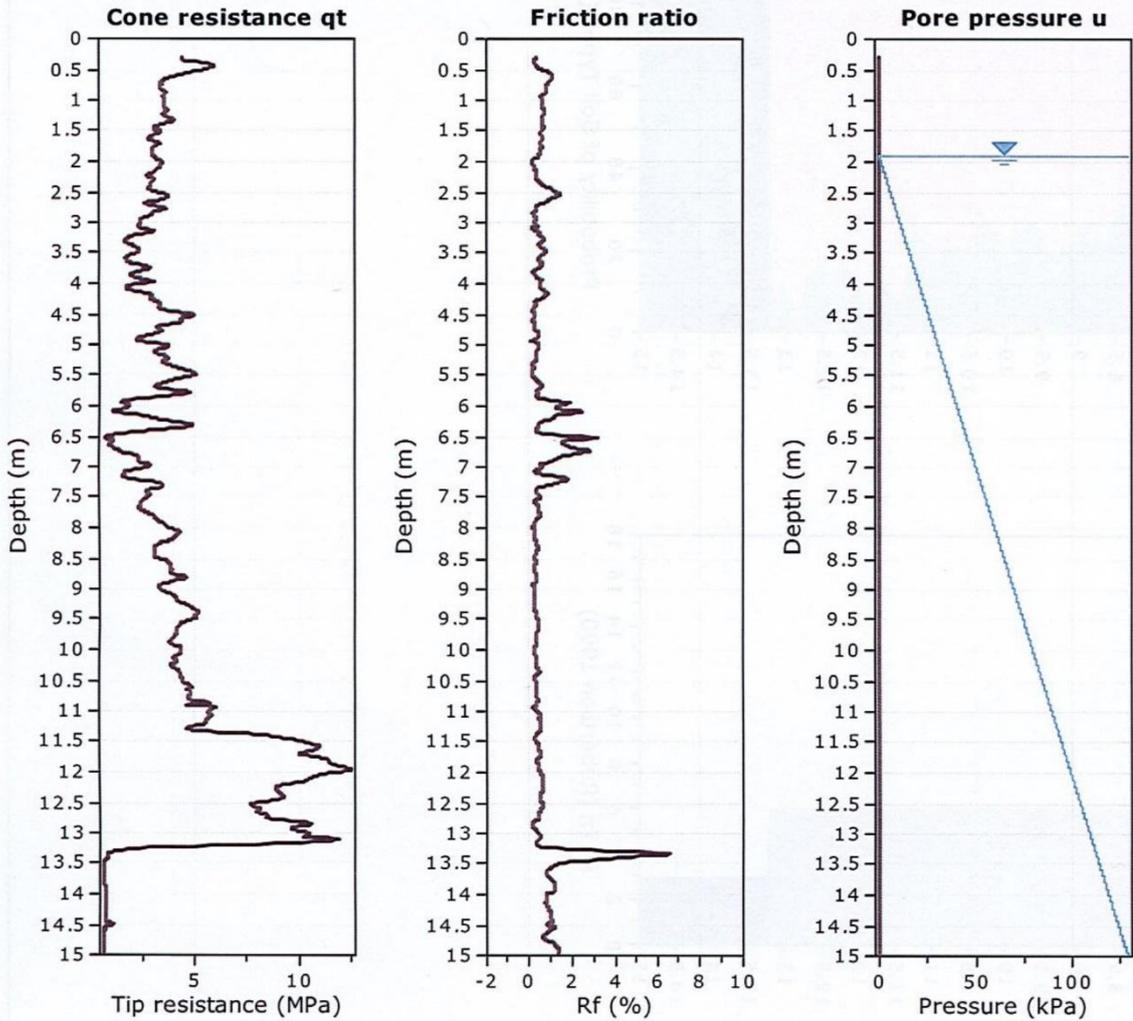
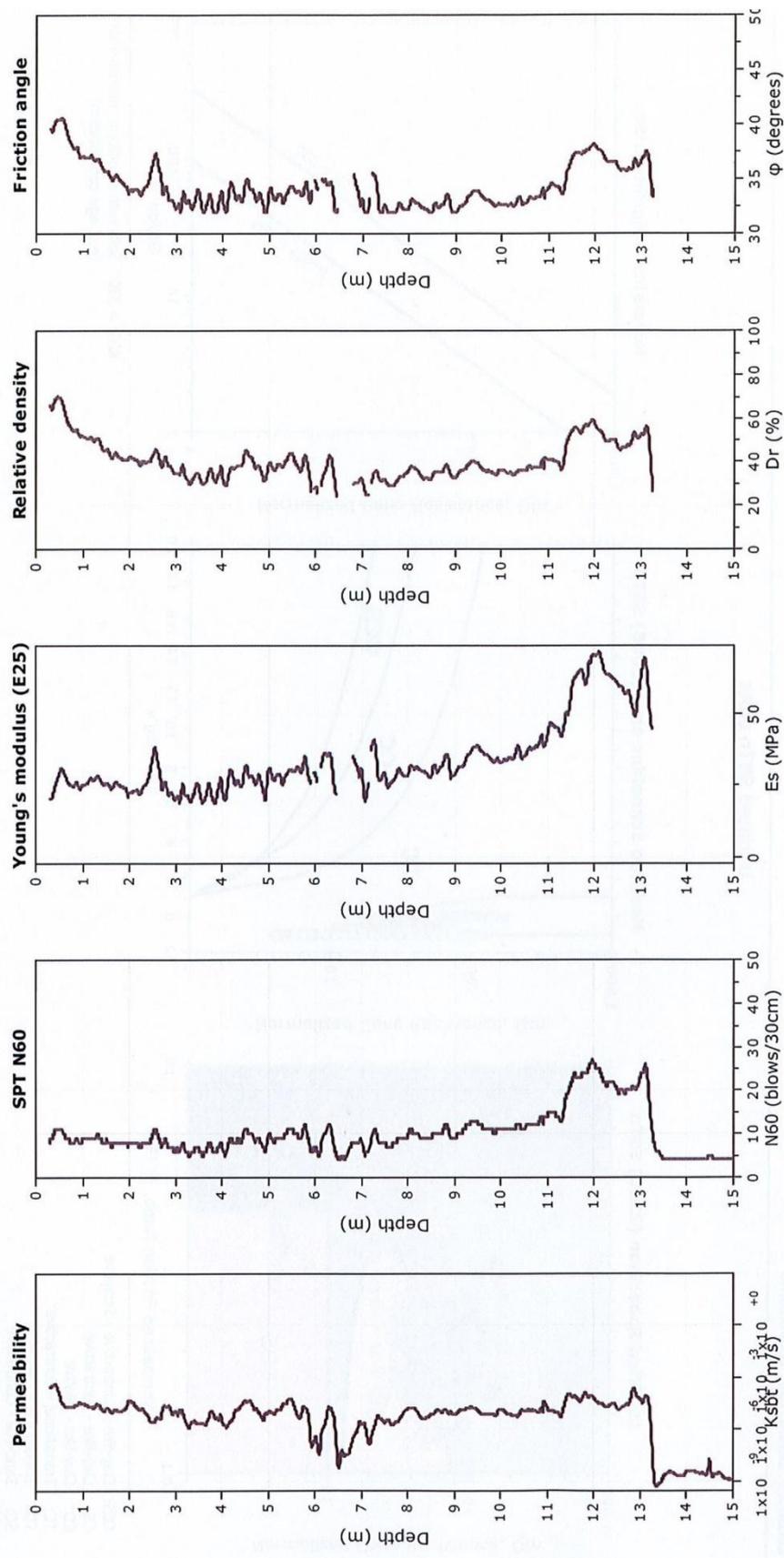


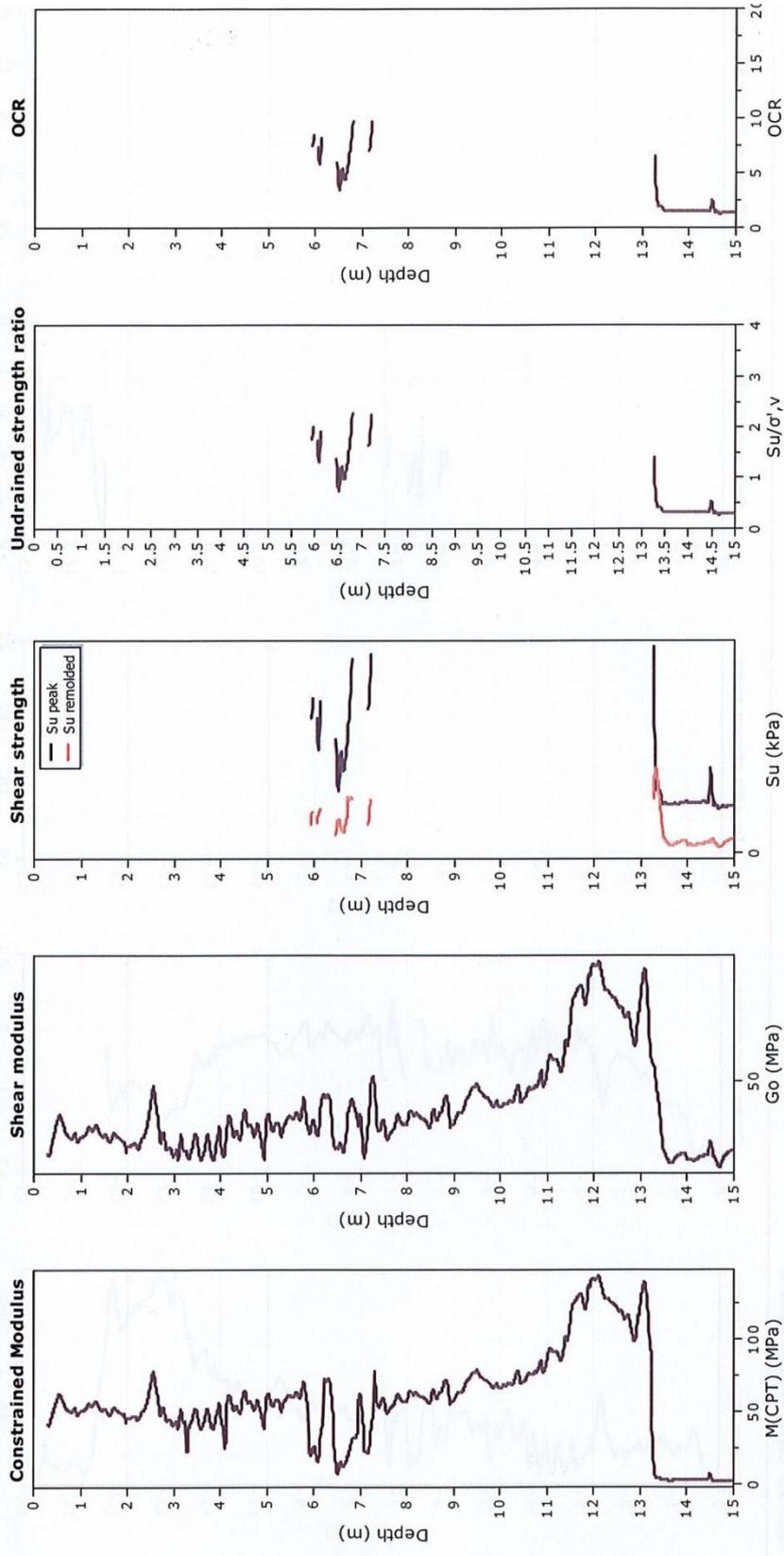
Fig. IV4 - CPTE

Project: CPTe
Location: Cervia (RA), via Volturmo
CPT: :
 Total depth: 15,00 m



Calculation parameters
 Permeability: Based on SBT_n
 SPT N₆₀: Based on I_c and q_t
 Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) ● User defined estimation data
 Relative density constant, C_r: 350.0
 Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Fig. IV5 - ELABORAZIONI DA CPTe



Calculation parameters
 Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)
 Go: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)
 Undrained shear strength cone factor for clays, N_{sk} : 14

OCR factor for clays, N_{sk} : 0.33
 User defined estimation data
 Flat Dilatometer Test data

Fig. IV6 - ELABORAZIONI DA CPTe

V – SISMICITA'

IV.1 – Categoria Sottosuolo

La determinazione delle proprietà dinamiche dei terreni e nello specifico la valutazione della risposta sismica del sottosuolo necessaria a determinare la categoria di suolo, si è ricavata tramite indagine geofisica sismica a stazione singola (HVSr) reperita (Fig. V.1). La prova geofisica HVSr ha misurato velocità delle onde di taglio da 0 a 30 metri pari a 233 m/sec cui corrisponde una categoria di suolo C.

IV.2 – Condizioni Topografiche

Le condizioni topografiche locali, sono configurate da un assetto morfologico dotato di assetto pianeggiante che, corrispondono, alla categoria T1 (Tab. 3.2IV delle NTC).

| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.20 | 0.20 | 90 | 0.42 |
| 0.40 | 0.20 | 240 | 0.42 |
| 3.40 | 3.00 | 190 | 0.42 |
| 6.40 | 3.00 | 200 | 0.42 |
| 9.40 | 3.00 | 210 | 0.42 |
| 11.40 | 2.00 | 240 | 0.42 |
| 16.40 | 5.00 | 250 | 0.42 |
| 36.40 | 20.00 | 260 | 0.42 |
| 176.40 | 140.00 | 330 | 0.42 |
| inf. | inf. | 480 | 0.42 |

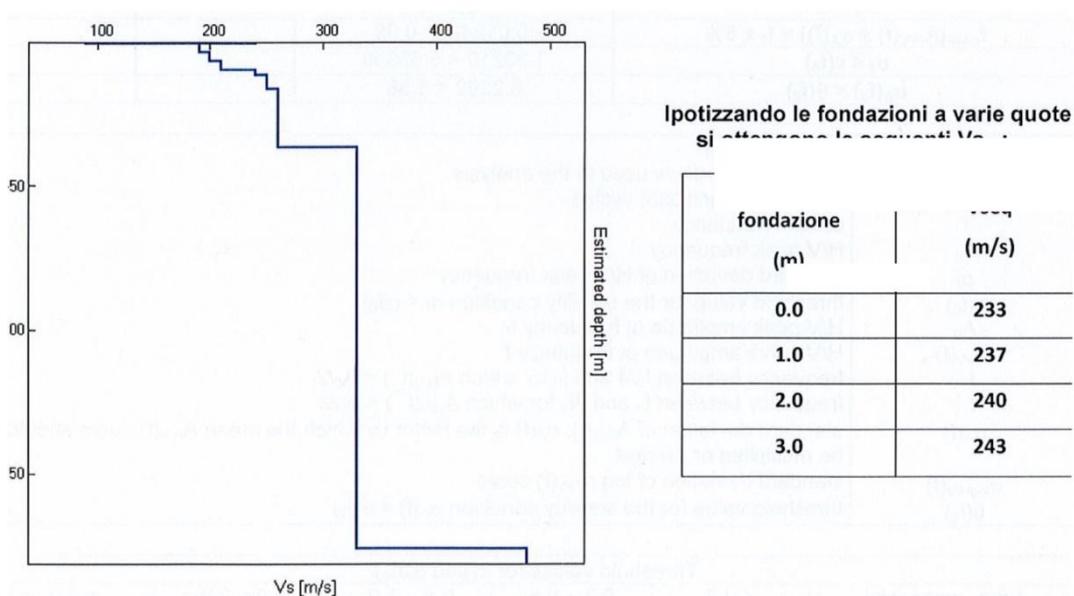


Fig. V1 - Stratigrafia velocità onde trasversali Vs

CONCLUSIONI

La collocazione geografica della cava dismessa dove si intende realizzare un impianto fotovoltaico galleggiante, corrisponde all'estremità occidentale della fascia litorale compresa fra la linea di costa e la pianura retrostante. Il sito, sotto il profilo altimetrico, è incluso nel range di quote compreso fra 0 -1,0 metri.

L'area oggetto di indagine compresa nella fascia litorale e il territorio retrostante della pianura, sono occupati da depositi plio - quaternari di riempimento dell'avanfossa appenninica.

L'evoluzione geologica del territorio è regolata dai processi che hanno promosso il sollevamento e la progradazione in senso adriatico della catena appenninica, espressi da accavallamenti e strutture tettoniche coeve alle fasi compressive di parossismo orogenetico che, nelle fasce litorali e della pianura, sono obliterate dai cospicui spessori di sedimenti quaternari. Le investigazioni profonde, indicano fronti sepolti di sovrascorrimenti connessi all'attività ancora in corso di avanzamento verso NE dell'Appennino settentrionale.

I depositi presenti nel territorio che comprende l'area di progetto, sono attribuiti al Sistema Emiliano - Romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna, indicato con sigla AES8. Il Subsistema di Ravenna costituisce l'elemento sommitale dell'Alloformazione Emiliano - Romagnola Superiore (AES), ed è formato da sabbie argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico. In particolare, come risulta dalle cartografie geologiche redatte dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, l'area è localizzata su depositi appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) che, costituisce, la parte sommitale del Subsistema di Ravenna (limi in contesti di piana inondabile; alternanze di sabbie, limi ed argille in contesti di piana deltizia; sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale). L'area di progetto, in particolare, risulta localizzata sui depositi sabbiosi di cordone litorale sedimentati in ambiente di Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia che, interessano, tutta la fascia costiera compresa tra il mare Adriatico e l'ambiente di piana alluvionale sottesa ad ovest della SS Adriatica caratterizzata da depositi argilloso limosi.

La fascia litorale è fissata da ghiaie e sabbie di provenienza marchigiana che, determinano, l'alto morfologico a tergo del quale si sottende una zona depressionaria lagunare gradualmente colmata da peliti e depositi alluvionali. Lungo la fascia

litorale, infine, i processi di progradazione della costa sono regolati dal contributo di sabbie di spiaggia di provenienza romagnola.

La morfologia pianeggiante della fascia litorale che comprende l'area di progetto, esclude l'influenza della gravità, orientando gli aspetti geomorfologici salienti di questo territorio, verso dinamiche evolutive che, attengono:

- Assestamento dei depositi quaternari che si risolve in processi di subsidenza compresi mediamente in 1,0 cm/anno con incrementi fino a 1,3 cm/anno a Milano Marittima (dati dell'Amministrazione Comunale). L'area costiera, dai dati in possesso dell'Amministrazione Comunale, sarebbe interessata da una subsidenza naturale dell'ordine di 0,1 cm/anno, sensibilmente inferiore a quella monitorata, con la differenza di $0,9 \div 1,2$ cm/anno attribuita a cause artificiali antropiche.
- Erosione costiera, incentrata soprattutto in tratti di costa dove è fortemente limitato il ripascimento naturale.
- Rischio idraulico da esondazione.

Lungo la Strada Statale n. 16 Adriatica, fra Borgo Fosso Ghiaia, Cervia e Cesenatico, si insedia una caratteristica fascia di terreni sabbiosi e ghiaiosi di elaborazione marina dove sono state aperte numerose cave, compresa quella dismessa oggetto di intervento, attive fino dall'antichità. L'analisi dei ciottoli costituenti l'orizzonte grossolano ghiaioso, ha permesso di attribuire la loro provenienza da affioramenti dell'Appennini marchigiano, quantomeno per quelli a composizione silicea. Tale riscontro, accredita un trasporto lungo costa da SE verso NO con correnti dotate di energia apprezzabilmente elevata capaci di mobilitare elementi granulometricamente grossolani. Si aggiungono anche ciottoli calcarei attribuibili ad affioramenti diffusi in Valmarecchia che, confermano, la polarità della corrente verso NO.

L'area di cava dismessa si sottende in fregio alla S.S.N. 16 Adriatica nei pressi dell'abitato di Savio di Cervia. Dalla scheda monografica del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Ravenna relativa alla *Cava Adriatica*, lo Studio di Bilancio Ambientale (SBA) attribuisce al sito il livello di criticità LKII (*criticità moderate*).

I materiali estratti dalla cava dismessa, sono compresi nelle frazioni granulometriche delle sabbie grossolane (*Granisello*) e delle sabbie medio - fini con subordinata frazione limosa. Il tetto delle argille alluvionali attestato alla base del giacimento, si intercetta circa a metri 10 dal piano campagna.

Sotto il profilo geotecnico, lungo gli argini e nelle superfici esentate da attività estrattiva, l'orizzonte sabbioso propone materiali granulari dotati di attrito, immersi in falda, mentre alla base, le argille alluvionali esprimono i caratteri peculiari dei terreni coesivi. Riferimenti da investigazioni geognostiche reperite, assegnano ai materiali sabbiosi angoli di attrito compresi fra 32 e 37 gradi che, si riducono a 18÷20 gradi nelle argille alluvionali di base. Quest'ultime, dall'elaborazione delle resistenze opposte all'avanzamento penetrometrico, esprimono valori di coesione in termini di sforzi totali (c_u) prossimi a 50 kPa mentre la coesione efficace (c') è pressoché nulla.

La stratigrafia litologica, l'addensamento e la consistenza dei depositi quaternari presenti nel territorio in esame e più in generale in quello cervese, esprimono sotto il profilo sismico stratigrafie di velocità delle onde di taglio V_s correlabili a una categoria del suolo C.