

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI RUSSI

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI INSEDIAMENTO INDUSTRIALE CON LA COSTRUZIONE DI FABBRICATO PER LA LAVORAZIONE DI CARPENTERIA METALLICA E RELATIVA MODIFICA ALLA DESTINAZIONE URBANISTICA DELL'AREA PREVISTA DELL'INTERVENTO.

RELAZIONE GEOLOGICA

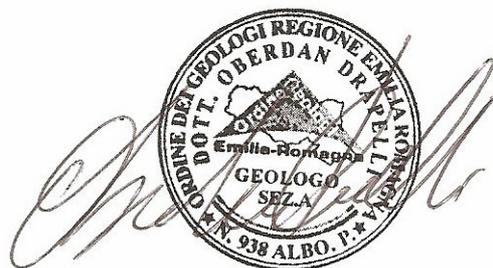
INTEGRAZIONI -AGGIORNAMENTO AL DECRETO DELLA GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 2193/2015

| | |
|---------------------|--|
| COMMITTENTE: | OFFICINA GRAZIANI S.R.L - VIA 4 NOVEMBRE 80 - 48026 RUSSI (RA) - |
| PROPRIETA': | SOC. EMAS S.A.S DI SILVAGNI GABRIELE VIA AMMONITE N.46/A - SANTERNO |

REDATTO:

Dott. Geol.Oberdan Drapelli

N°938 ORDINE DEI GEOLOGI DELL'EMILIA ROMAGNA



| | | | | |
|------|---|-----------------------|--|--|
| REV. | 0 | EMISSIONE GIUGNO 2016 | | |
| | 1 | | | |
| | 2 | | | |

DRAPELLI DR. OBERDAN -GEOLOGO-
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE
48121 RAVENNA, VIA CERCHIO, 57
TEL E FAX 0544-202700 CELL. 338 8439633
E-MAIL oberdandrapelli@alice.it
C.F. DRP BDN 68T22 H199Z P.IVA 01442260392

INDICE:

| | |
|--|----|
| 1: GENERALITA' | 2 |
| 1.1: RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI..... | 3 |
| 2: MODELLO GEOLOGICO..... | 8 |
| 2.1: GEOLOGIA LOCALE..... | 13 |
| 2.2. SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)..... | 15 |
| 2.3. - SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) | 17 |
| 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO | 20 |
| 4. IDROGEOLOGIA LOCALE..... | 21 |
| 5: INDAGINI ESEGUITE SUL TERRENO | 25 |
| 5.1: STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO | 26 |
| 6: SISMICITA' DELL'AREA | 28 |
| 6.1. MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL "TROMINO" – SASW-MASW | 29 |
| 6.2: FATTORI DI AMPLIFICAZIONE..... | 32 |
| 6.3: STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE | 39 |

1: GENERALITA'

La presente relazione, a corredo degli adempimenti amministrativi, viene redatta per la richiesta di progetto per la realizzazione di insediamento industriale con la costruzione di fabbricato per la lavorazione di carpenteria metallica e relativa modifica alla destinazione urbanistica dell'area prevista dell'intervento da realizzarsi nel Comune di Russi nella Frazione di Borgo Zampartino un'area compresa tra via Godo Vecchia, via Renzi e Via Gallignani. Il terreno in esame si trova nella porzione di pianura romagnola compresa tra i fiumi Lamone e Montone. Il presente studio inteso a verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi proposti, è basato sull'analisi estesa ad un adeguato intorno degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l'area nel suo insieme in quanto rivestono particolare importanza ai fini della futura edificazione. Una volta definiti gli obiettivi dell'indagine, si è proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. Per meglio caratterizzare la natura dei terreni si sono realizzate n° 2 prove penetrometriche statiche eseguite con punta meccanica (cpt) spinte fino alla profondità di -15/20 m ciascuna dal piano di campagna originario in modo da acquisire i parametri litologici e geotecnici necessari a verificare l'edificabilità di massima. Inoltre per determinare il parametro Vs 30 si è eseguita una indagine geofisica mediante masw abbinata al tomografo digitale. Tale indagine è stata realizzata dal dott. Geol. Strocchi Stefano.

La relazione ad integrazione della precedente viene realizzata in quanto prima della presentazione del progetto è entrata in vigore il Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015, che cambiava sostanzialmente alcune indicazioni in materia di normativa sismica regionale. Pertanto la presente risulta essere semplicemente un adeguamento della relazione già presentata a novembre 2015, e non sono state effettuate indagini in sito aggiuntive.

1.1: RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- •Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008. •Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- •Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 Maggio 2007, N. 112.
- •A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977). •A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)". •A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- •C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- •Eurocode EC7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- •Eurocode EC8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

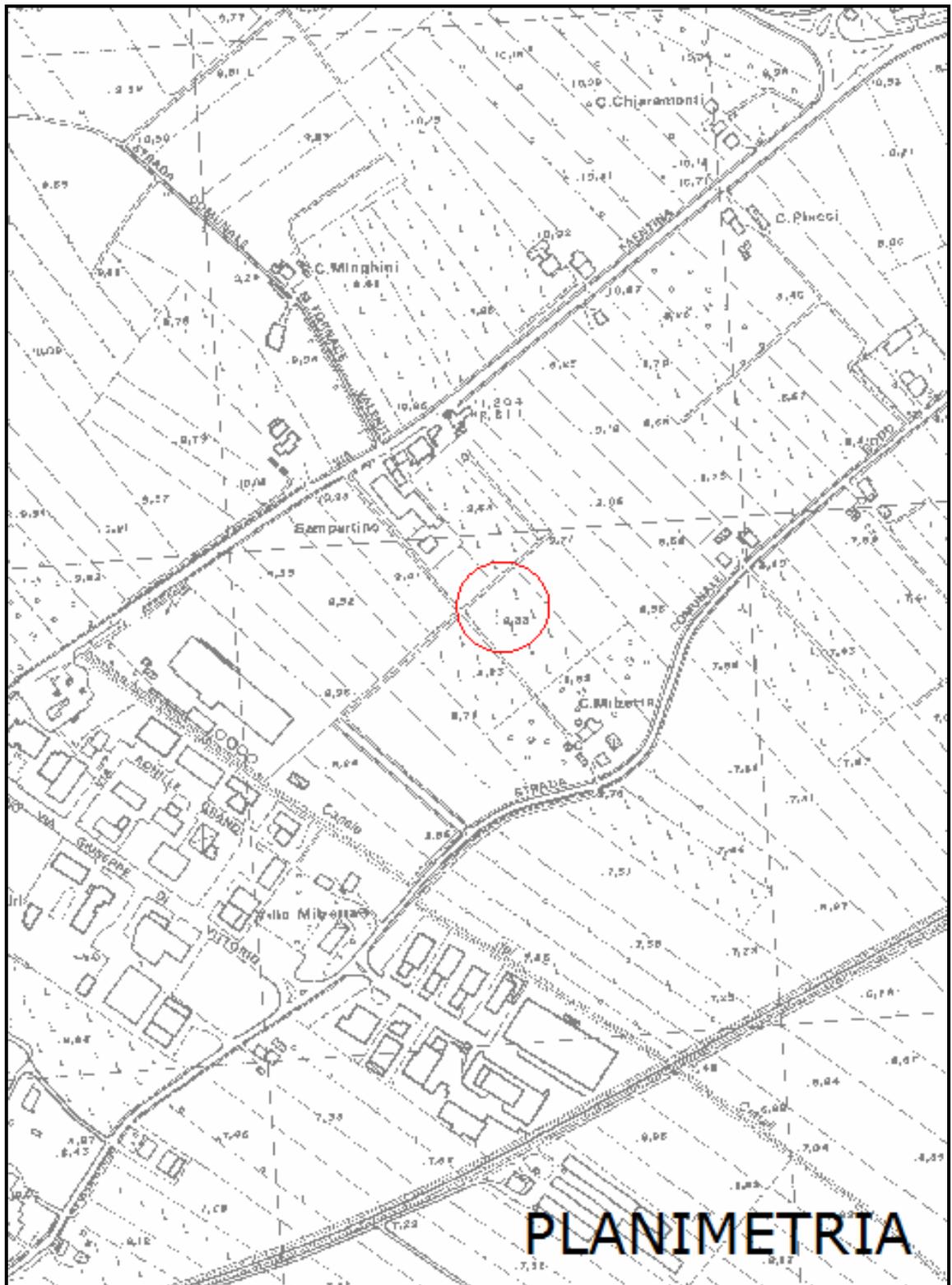


Figura 1: planimetria (base ctr)

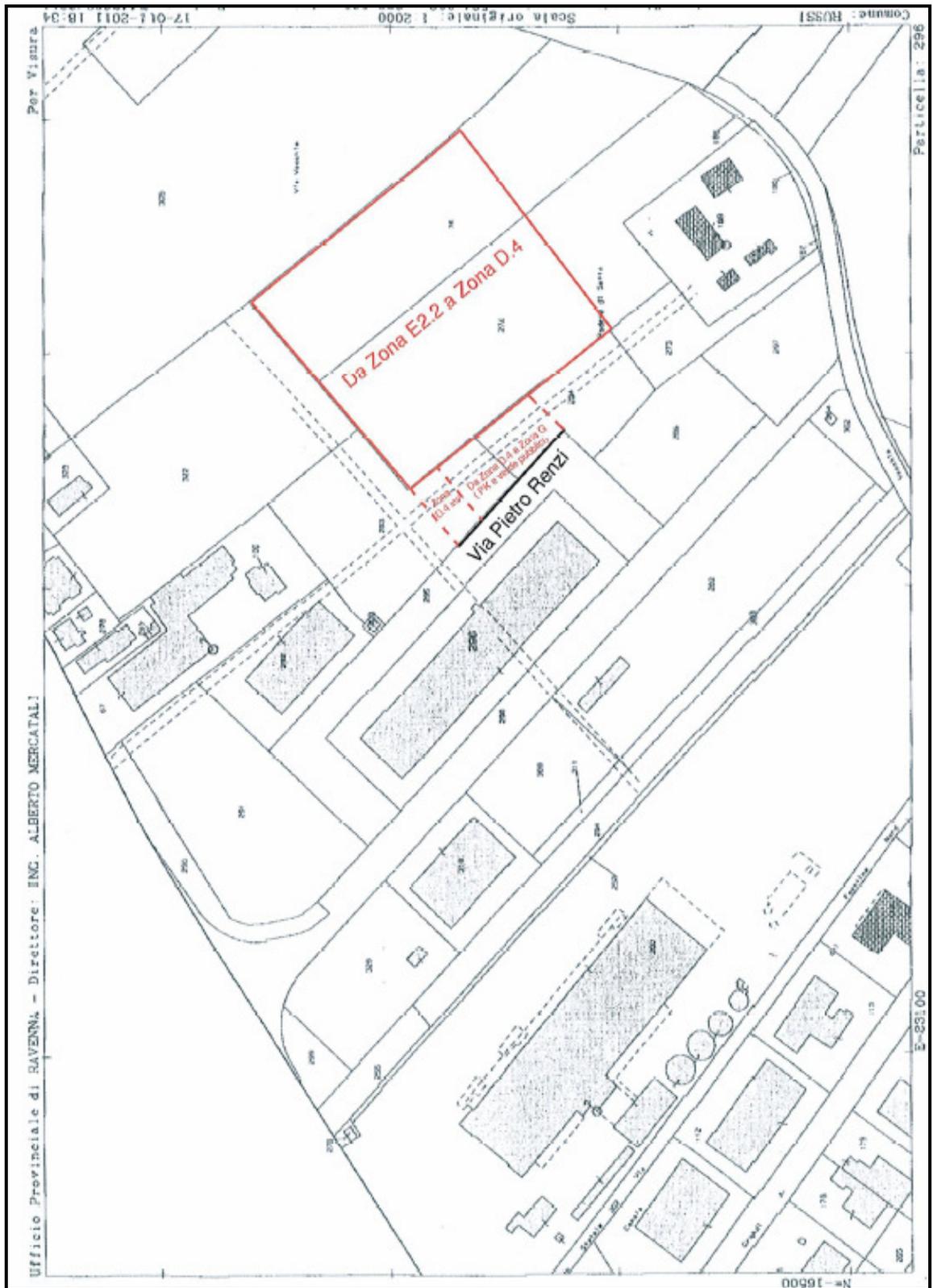


Figura 2: planimetria CATASTALE

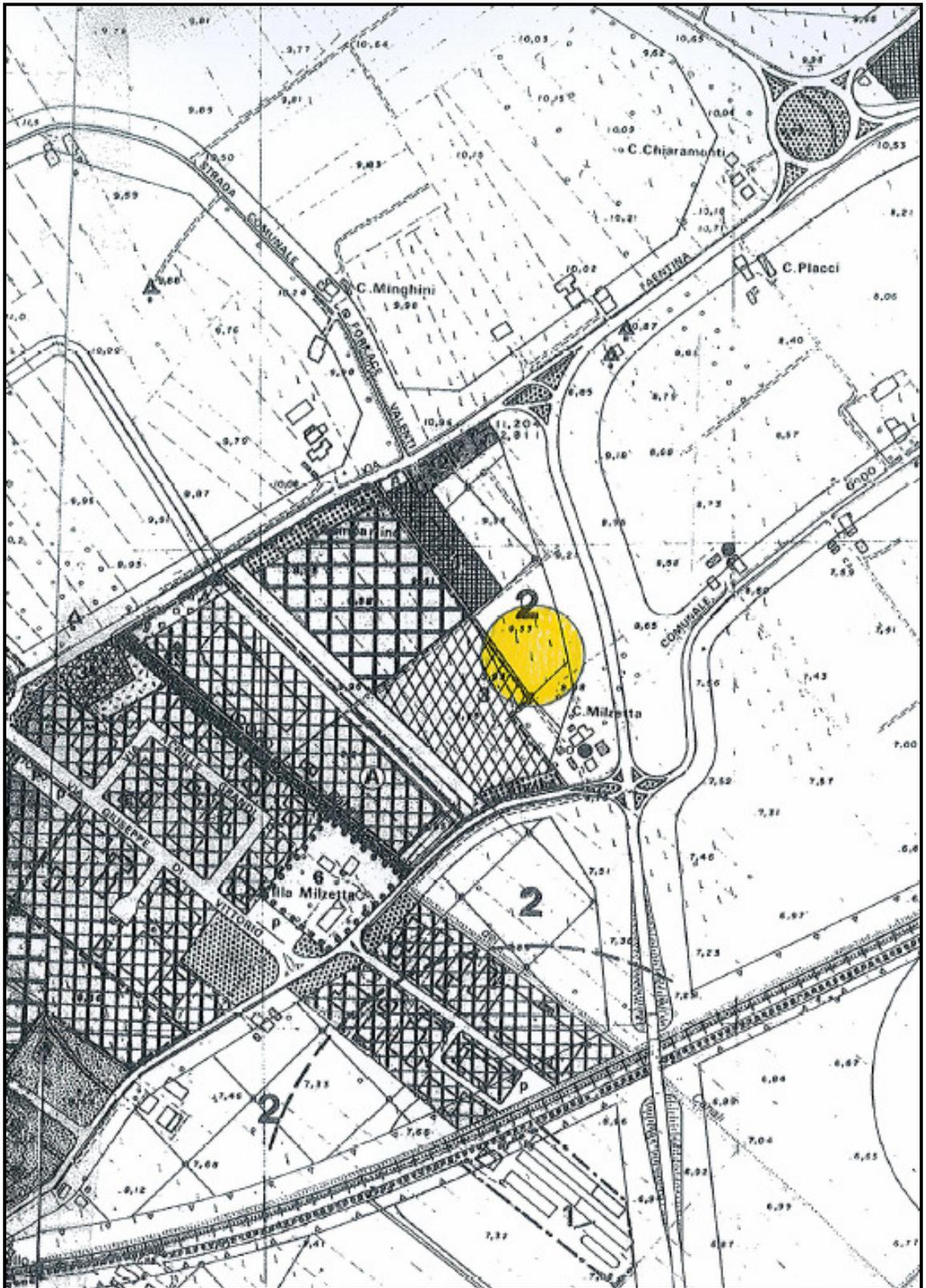


Figura 3: planimetria; stralcio p.r.g.



Figura 4: planimetria (base google)

2: MODELLO GEOLOGICO

Nella FIGURA 5 si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

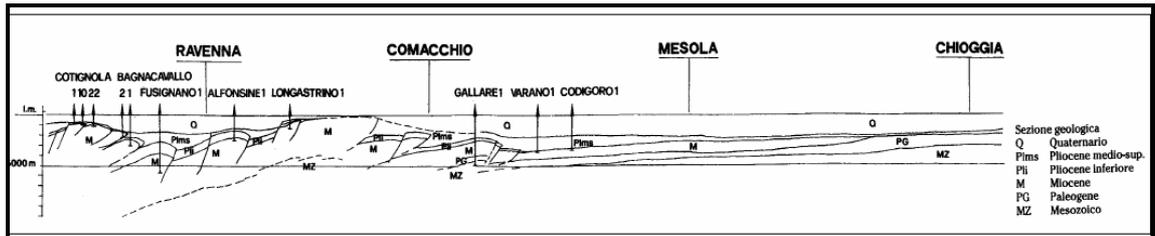


Fig. 5: sezione geologica della bassa pianura padana

Nella FIGURA 6 si riporta uno stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 2, in cui Russi è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

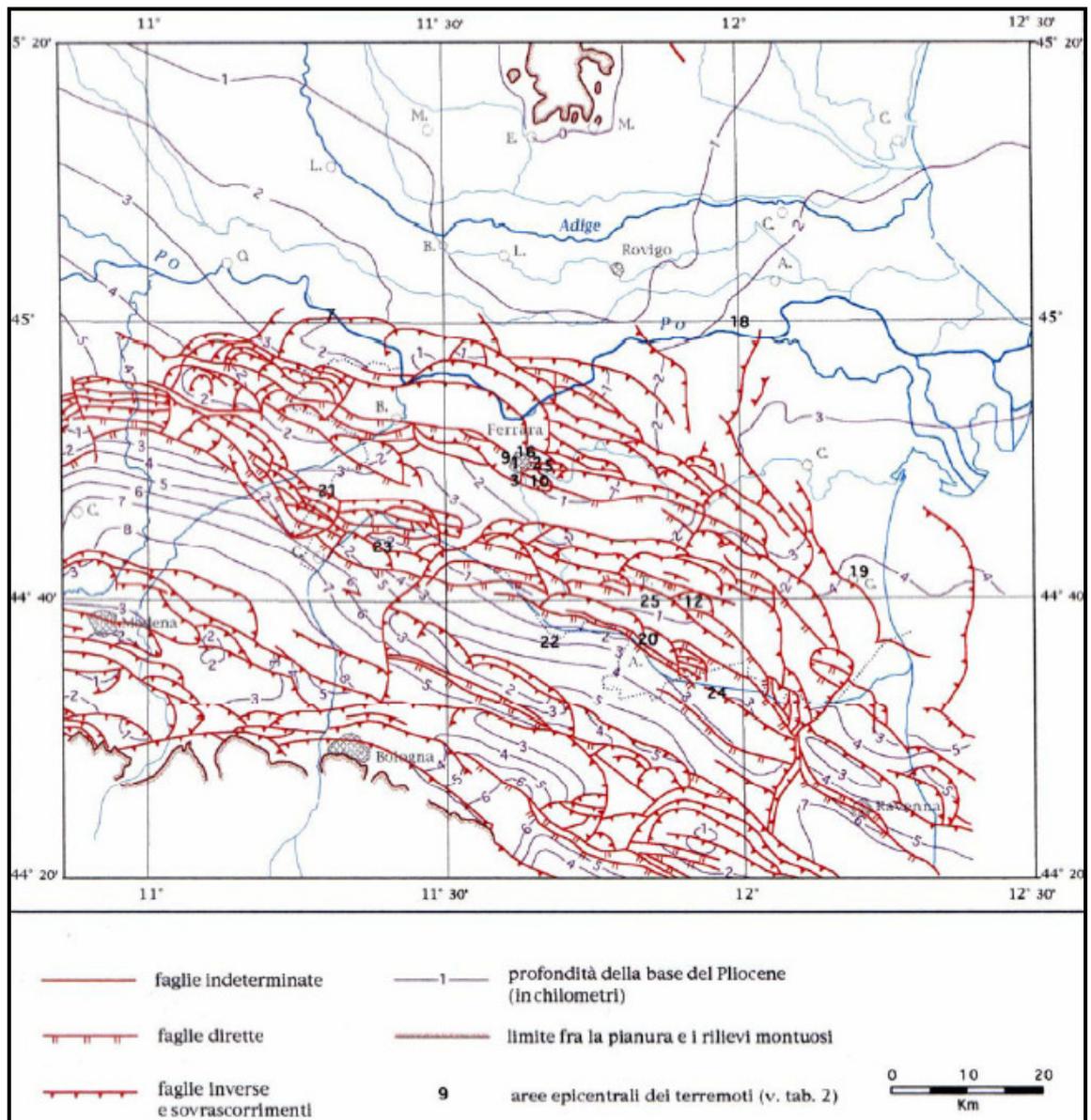


Fig. 6: Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Il territorio del Comune di Russi, è inserito nel settore romagnolo dell'ampio bacino sedimentario padano; nel sottosuolo sono presenti successioni di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria che poggiano su un substrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe-faglie. Gli elementi tettonici profondi, rilevati principalmente tramite prospezioni geofisiche effettuate dall'AGIP per la ricerca di idrocarburi, fanno parte

delle pieghe adriatiche con asse parallelo ai principali lineamenti strutturali appenninici NO - SE e sono procedendo da nord verso sud:

- anticlinale di Argenta, Alfonsine
- sinclinale di Miravalle, Conselice
- anticlinale di Minerbio, Villa Serraglio
- sinclinale di Budrio, Bubano

Su questo substrato, caratterizzato da pieghe e faglie, si sono deposte le prime formazioni marine del Pliocene superiore e del Quaternario marino caratterizzati da frequenti variazioni litologiche con corpi sabbiosi isolati intercalati da livelli argillosi sabbiosi e limo argillosi. In seguito col Quaternario continentale si sono avuti depositi clastici di varia natura e dimensioni, messi in posto dalle alluvioni dei fiumi appenninici.

Il Comune di Russi è inserito nel Foglio 240 della Carta geologica d'Italia al 50.000. L'analisi del Foglio 240 è stata affrontata con l'obiettivo di ricostruire l'assetto tridimensionale dei depositi della pianura e di rappresentarlo tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica *sensu stricto*), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Per questo motivo il rilevamento geologico del Foglio è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie e di sottosuolo e, nell'ambito della Carta Geologica d'Italia, proprio la cartografia di sottosuolo qui prodotta costituisce un elemento di novità che viene considerato dai realizzatori del Foglio un importante strumento propedeutico per le analisi geologiche delle aree di pianura. Questo lavoro è stato realizzato grazie alla disponibilità di un archivio di dati stratigrafici: la banca dati geognostici, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. La banca

dati, inoltre, è stata arricchita di nuove prove geognostiche, quali sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali, eseguite ad hoc durante il rilevamento del Foglio. I Fogli 240 e 241 (Fig. 1) si estendono dalle città di Forlì e Russi (rispettivamente a SO e NO del Foglio 240) fino al tratto di costa del Mare Adriatico compreso fra Cesenatico ed il Lido di Dante (Ravenna). Tutta l'area in esame è occupata dai depositi tardo-quadernari della Pianura Padana mentre i depositi pedecollinari del margine appenninico affiorano poco più a sud, nell'area di interesse del Foglio 255 Cesena. Le quote topografiche più elevate sono intorno a 45-50 m s.l.m. e si hanno nell'angolo di SO, presso Forlì. Il piano topografico scende progressivamente verso NE fino a raggiungere il livello del mare nella zona costiera. L'unica area topograficamente depressa al di sotto del livello del mare ha un'estensione relativamente limitata ed è presente nella pianura costiera a ridosso di Fosso Ghiaia (Valle Standiana). Anche a SO di Cervia è presente un'area relativamente depressa, sebbene non raggiunga quote inferiori al livello del mare, che è occupata da un'ampia salina (le saline di Cervia). Nell'area in esame è presente un fitto reticolo di corsi d'acqua. I fiumi principali, che scorrono da SO verso NE, seguendo il gradiente topografico regionale, sono (da O verso E) il F. Lamone, presente solo marginalmente nello spigolo di NO, il F. Montone (compresa la sua confluenza con il F. Rabbi, presente nello spigolo SO presso Forlì), il F. Ronco ed il F. Savio. I fiumi Montone e Ronco confluiscono insieme immediatamente a sud di Ravenna e formano i Fiumi Uniti. I corsi d'acqua secondari sono dati da una fitta rete di torrenti, fossi, scoli e canali di bonifica che drenano, in gran parte, la bassa pianura nord orientale. Il settore orientale del Foglio 240 e l'intera

porzione emersa del Foglio 241 sono occupati dalla pianura costiera, che si assottiglia progressivamente verso SE e si caratterizza per la presenza di estesi cordoni dunari, localmente solcati dai corsi d'acqua che raggiungono il Mare Adriatico. Sia i Fiumi Uniti che il F. Savio hanno la loro foce in questo settore del litorale adriatico. L'area marina, è caratterizzata da una fascia interna sabbiosa, corrispondente alla spiaggia sommersa, che si estende fino all'isobata -6 m e da una esterna con fondale a basso gradiente e prevalentemente fangoso.

L'assetto strutturale dei depositi quaternari riflette in parte l'andamento delle strutture che interessano la base del Pliocene sopra descritte. Esso è illustrato nella sezione 6 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) che parte dal margine appenninico a ridosso di Forlì e prosegue fino a Ravenna. Da questo lavoro è possibile apprezzare il significativo controllo strutturale sulle geometrie dei depositi quaternari. In particolare si segnala: 1) la marcata espansione stratigrafica dei depositi pleistocenici medio superiori dal margine appenninico verso la pianura aperta con spessori che variano da 0 a c.a. 600 m; 2) la segmentazione di questo settore del bacino padano in due aree depocentrali presenti una a NO fra gli alti strutturali di Ravenna e Forlì e l'altra fra l'alto di Forlì ed il margine appenninico (quest'ultima è stata ulteriormente enfatizzata nell'interpretazione di sottosuolo presentata in questa edizione della Carta Geologica).

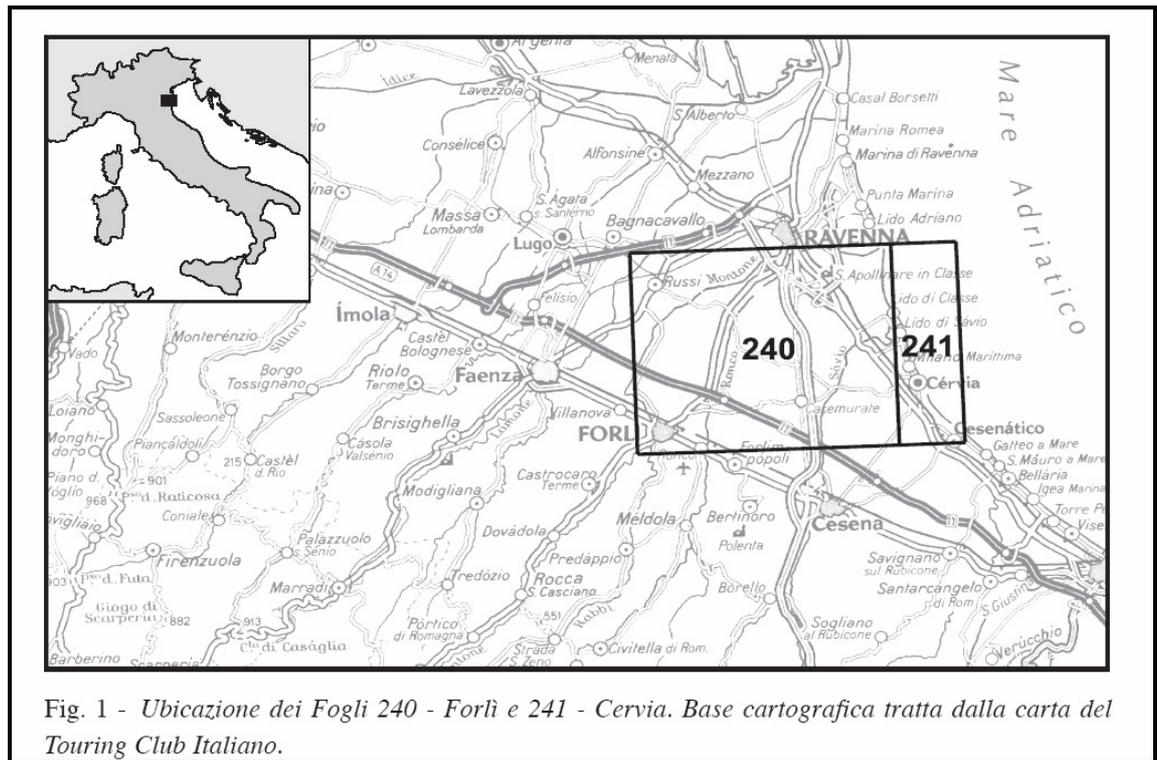


Fig. 1 - Ubicazione dei Fogli 240 - Forlì e 241 - Cervia. Base cartografica tratta dalla carta del Touring Club Italiano.

Figura 7: ubicazione del foglio 240/241

2.1: GEOLOGIA LOCALE

Questo territorio della pianura, dista circa 20 chilometri dal margine collinare, dove affiorano le successioni sedimentarie marine che nella zona di Voltana si trovano a grandissima profondità (circa un migliaio di metri) sotto la superficie topografica. Dalla parte opposta troviamo il mare ad una distanza di circa 20-25 chilometri, dall'attuale linea di costa. Nel sottosuolo i sedimenti Pliocenici e Quaternari ricoprono un substrato di età Miocenica, il quale risulta essere fortemente ripiegato e tettonizzato con strutture e successioni stratigrafiche molto simili a quelle rinvenibili nell'Appennino; il territorio comunale a tal proposito è situato sul fianco SO della "sinclinale romagnola", la quale è delimitata a SO dalla sinclinale di Cotignola e a NE dalla sinclinale di Alfonsine-Ravenna. Il substrato Miocenico è caratterizzato da una successione di pieghe anticlinali e sinclinali con vergenza NE ed andamento appenninico; è situato a profondità crescenti da un minimo di 1500 m ad un massimo di 4000 m. Al substrato miocenico si sovrappongono in giacitura

trasgressiva e discordante le argille del Pliocene inferiore con intercalati frequenti livelli di sabbia. Questi terreni hanno spessore molto variabile essendo ridotti od addirittura mancanti al culmine delle anticlinali, mentre sono di spessore notevole nelle sinclinali. Ciò è conseguenza sia di emersione ed erosione nelle zone di anticlinale alla fine del Miocene e nel Pliocene inferiore, sia della subsidenza differenziata fra zone di anticlinali e di sinclinali. Gli strati del Pliocene inferiore sono ed interessati da fenomeni disgiuntivi simili a quelli che interessano il substrato miocenico, ma di minore intensità. Le formazioni più recenti, a partire dal Pliocene medio superiore, sono caratterizzate da deformazioni meno intense. I sedimenti del Pliocene medio superiore (argille marnose con intercalazioni di sabbie) sono trasgressivi sul Pliocene inferiore; lo spessore di questi sedimenti è condizionato dalla tettonica con uno spessore modesto (circa 100 m) sulle anticlinali ed uno spessore più rilevante nelle sinclinali (anche e oltre 1000 m).. L'influenza della tettonica si riduce e si attenua nel Quaternario; ai sedimenti del Pliocene superiore seguono con una certa continuità di sedimentazione le argille e argille limoso sabbiose tipiche del Calabriano, a sua volta seguite da sedimenti di ambiente marino litorale e salmastro consistenti in intercalazione di sabbie e di argille con banchi ricchi di macrofossili attribuibili al periodo post Calabriano (Emiliano, Siciliano e Milazziano). Seguono terreni prevalentemente di ambiente continentale (alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose) a cui si intercalano livelli marini con depositi di ambiente litorale (sabbie di spiaggia e duna) legate alle fasi interglaciali pleistoceniche, terminate le quali ha inizio il depositarsi di sedimenti continentali depositate durante la glaciazione Wurmiana. Il territorio del Comune, non è stato raggiunto dal mare durante la trasgressione dell'Olocene; la linea di massima avanzata del mare, databile a circa 5000 anni fa, coincide circa con la S.S16 Adriatica che collega Ravenna a Ferrara. I sedimenti Olocenici nel territorio, sono rappresentati superficialmente da alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose a cui si intercalano episodi lagunari argilloso limosi molli (circa

normalconsolidati), a cui seguono strati sabbiosi, che rappresentano depositi di spiaggia o duna, alternati a livelli argilloso limosi molli fino a oltre i 20 metri di profondità. Nell'area in esame le quote rispetto al livello medio del mare, sono di circa 4-5 metri più alti rispetto a questo livello (dati dedotti dalla ctr). Il livello della falda nella zona è superficiale ed in certi periodi dell'anno può essere prossimo alla superficie topografica.

2.2. SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Nel Foglio 240 comprende tutti i depositi continentali affioranti. In affioramento AES è costituito da depositi di pianura alluvionale ed, in parte, di piana deltizia. Nel sottosuolo sono più abbondanti i depositi di piana costiera. Il limite inferiore del sintema non affiora nel Foglio 240: nei Fogli immediatamente a sud è dato da un contatto erosivo e fortemente discordante sui depositi marini mio-pliocenici dell'Appennino e su IMO e corrisponde a quello dell'intero supersintema. Nel sottosuolo il limite inferiore è chiaramente espresso nel settore meridionale dove è dato da un contatto erosivo e discordante delle ghiaie di conoide alluvionale (AES) su depositi limosi, sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi fluviali e fluvio-deltizi (AEI; si veda in particolare Fig. 18). Verso NE tale limite si fa via via meno marcato da un punto di vista litologico, poiché mette a contatto i depositi fluvio-deltizi padani di AES con quelli di AEI ed è riconoscibile solo come superficie di avanzamento verso NE a scala regionale dei sistemi deposizionali più prossimali. Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica. La ciclicità sedimentaria.

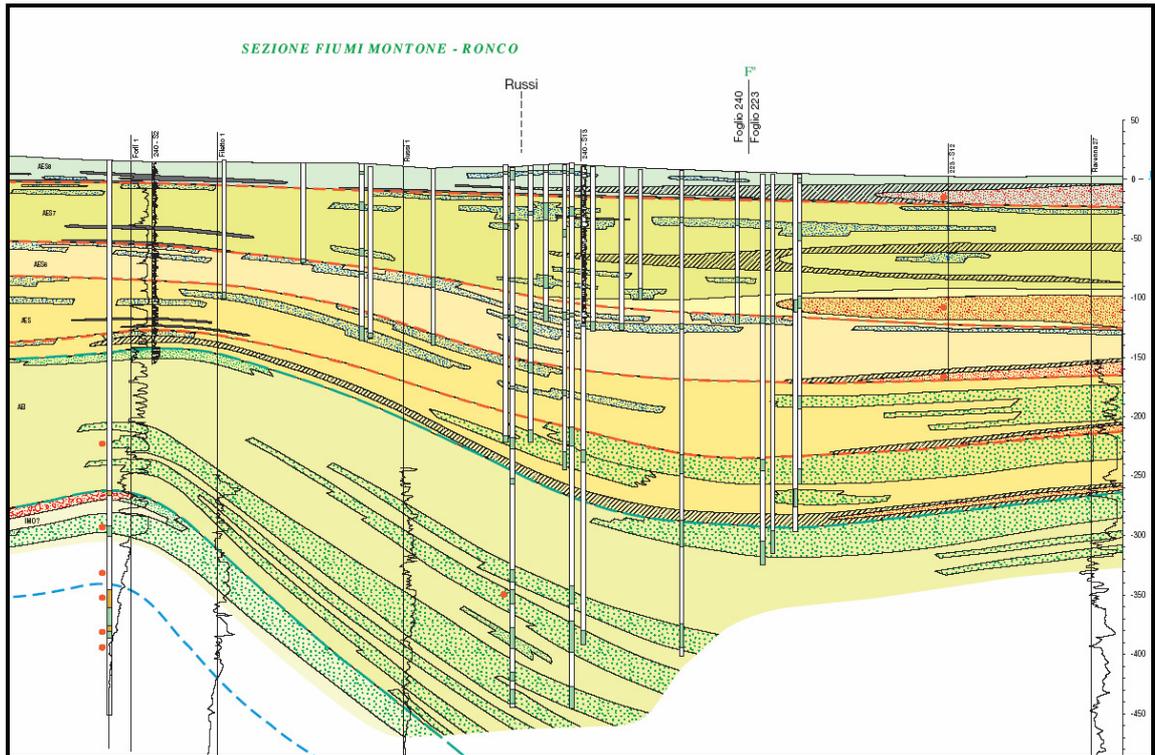
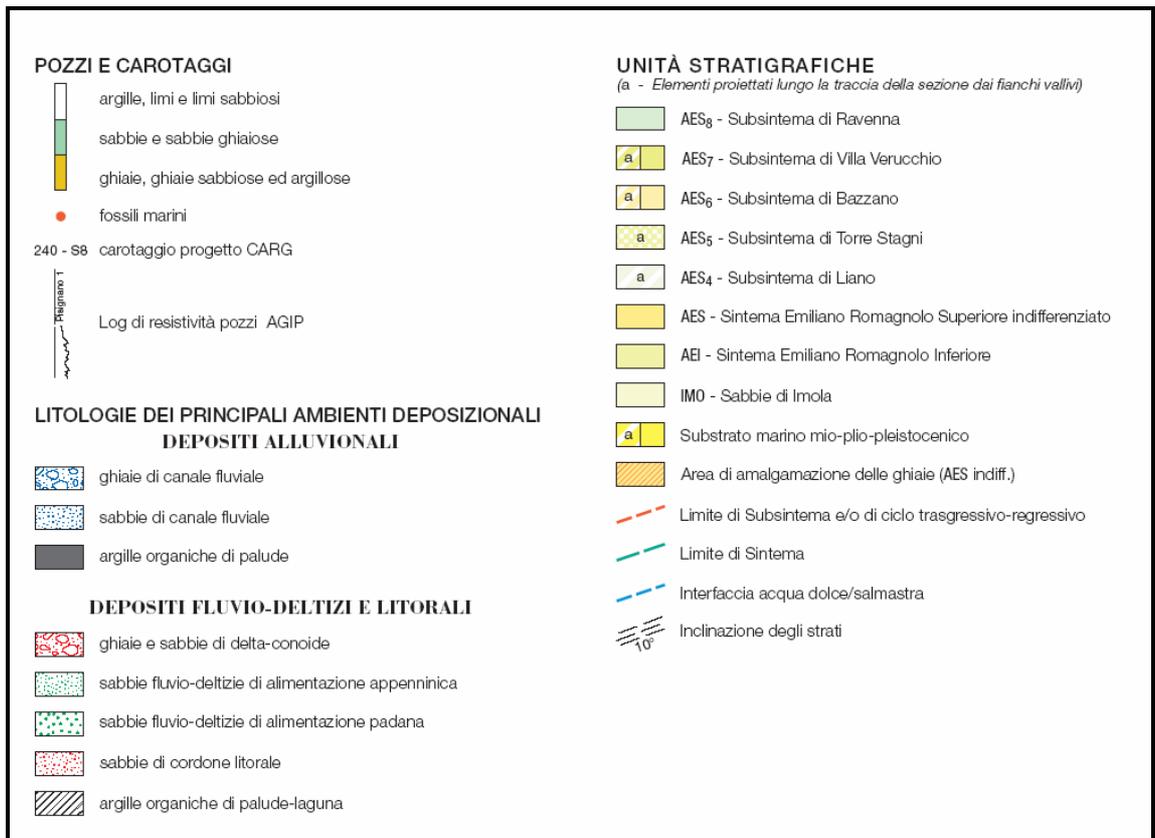


fig. 8: sezione geologica



2.3. - SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8)

Tutti i depositi quaternari affioranti nel Foglio 240 sono stati attribuiti a questo subsintema. Esso è attraversato per intero dalla gran parte delle indagini geognostiche della banca dati geologici trattandosi dell'unità affiorante e di spessore inferiore ad una trentina di metri, ed è pertanto l'unità meglio caratterizzata fra i depositi quaternari della pianura, per quanto riguarda sia la superficie sia il sottosuolo. La continuità fisica dei suoi depositi e delle superfici che la definiscono lungo tutta la pianura emiliano-romagnola orientale, la posizione stratigrafica e l'età hanno consentito di correlare questa unità con quella affiorante nell'area tipo (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223 Ravenna, 2002). Nel margine NE del Foglio questi depositi alluvionali passano ai depositi limoso-sabbiosi ed argillosi più meridionali dell'apparato deltizio del fiume Po. Il tetto del subsintema, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione, i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei, affiorano prevalentemente nel margine meridionale del Foglio. Essi hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (Hue 10YR-2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-4) ed uno spessore degli orizzonti decarbonatati da 0,5 ad 1 m. Al di sotto dell'orizzonte decarbonatato si sviluppano orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o concentrazioni soffici (profilo A-Bw-Bk: Inceptisuolo).

Sulla base di quanto detto si possono riassumere i 2 principali elementi caratterizzanti AES8 in tutta l'area del Foglio:

1) il limite inferiore è ben definito come contrasto di facies nel settore di alta pianura dove i primi depositi di AES8 sono caratterizzati da facies di piana alluvionale non drenata e palude e poggiano direttamente sui depositi di conoide alluvionale di AES7 e nel settore di pianura costiera dove i primi depositi di AES8 sono costituiti da depositi lagunari e marini e poggiano sui depositi fluviali di AES7. Nella porzione intermedia (settore centrale della pianura) il limite è espresso in modo meno marcato, non

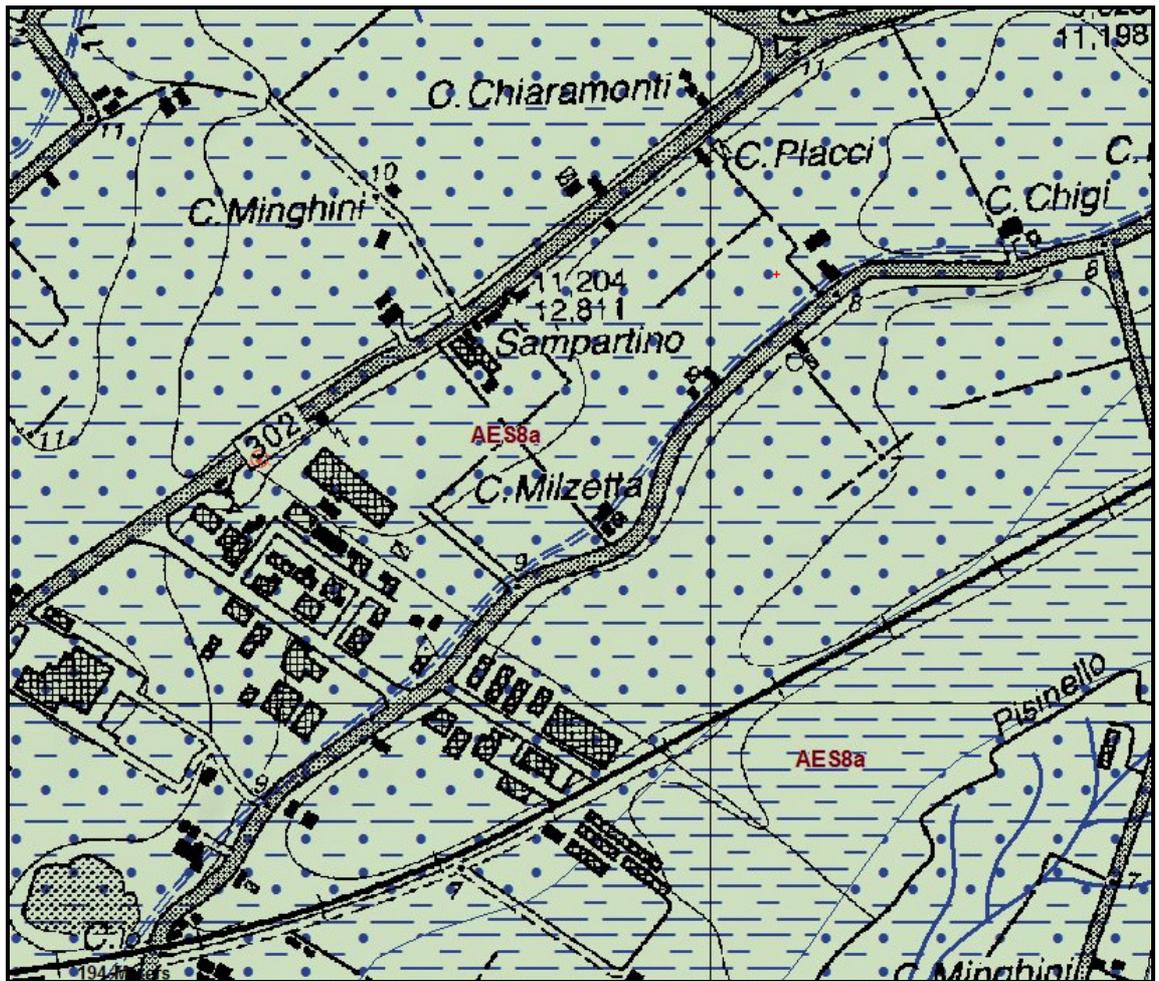
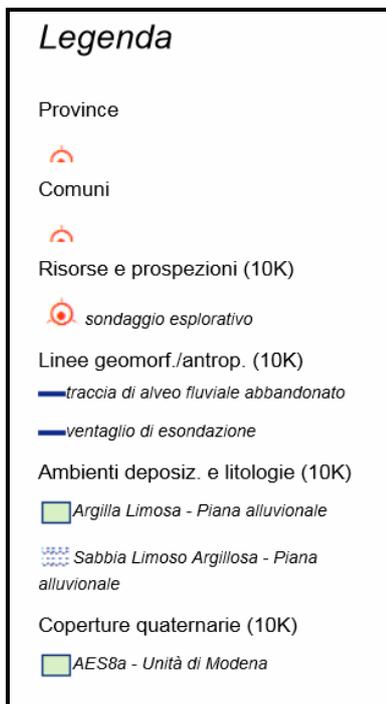


fig. 9 bis: carta geologica



3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale configurazione morfologica dell'area compresa nel foglio Forlì/Cervia, è il risultato della complessa interazione dei processi fluviali, marini costieri che hanno caratterizzato la dinamica de posizionale tardo-olocenica. I Fogli 240 e 241 (di cui il comune di Russi fa parte) si estendono dalle città di Forlì e Russi (rispettivamente a SO e NO del Foglio 240) fino al tratto di costa del Mare Adriatico compreso fra Cesenatico ed il Lido di Dante (Ravenna). Tutta l'area in esame è occupata dai depositi tardo-quadernari della Pianura Padana mentre i depositi pedecollinari del margine appenninico affiorano poco più a sud, nell'area di interesse del Foglio 255 Cesena. Le quote topografiche più elevate sono intorno a 45-50 m s.l.m. e si hanno nell'angolo di SO, presso Forlì. Il piano topografico scende progressivamente verso NE fino a raggiungere il livello del mare nella zona costiera. Anche a SO di Cervia è presente un'area relativamente depressa, sebbene non raggiunga quote inferiori al livello del mare, che è occupata da un'ampia salina (le saline di Cervia). Nell'area in esame è presente un fitto reticolo di corsi d'acqua. I fiumi principali, che scorrono da SO verso NE, seguendo il gradiente topografico regionale, sono (da O verso E) il F. Lamone, presente solo marginalmente nello spigolo di NO, il F. Montone (compresa la sua confluenza con il F. Rabbi, presente nello spigolo SO presso Forlì), il F. Ronco ed il F. Savio. I fiumi Montone e Ronco confluiscono insieme immediatamente a sud di Ravenna e formano i Fiumi Uniti. Il bacino idrografico complessivo del settore montano dei fiumi Montone-Rabbi è di c.a. 470 km², quello del Ronco è di c.a. 500 km² e quello del F. Savio è di c.a. 630 km². Nel settore di SO i Fiumi Montone, Rabbi e Ronco sono incisi nei depositi della pianura, lungo scarpate di terrazzo di pochi metri. Nell'area restante i fiumi sono confinati tramite argini, in gran parte artificiali, che diventano particolarmente elevati nel settore della bassa pianura nord orientale.

4. IDROGEOLOGIA LOCALE

Le caratteristiche idrogeologiche ed idrochimiche delle acque sotterranee dei Fogli 240 e 241 sono illustrate in vari lavori di carattere regionale (la sintesi più recente è in REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2000; si veda anche VENTURINI *et alii*, 1990). Altri lavori riguardano invece più specificamente la conoide del F. Ronco (DJOKIC *et alii*, 1999) e la conoide del F. Savio che è presente solo in modo marginale nel foglio (AMGA, 1988). A questi lavori si rimanda per ogni approfondimento. Il principale contributo fornito dagli elaborati della Carta Geologica, del Foglio allegato e delle presenti note alla risoluzione dei problemi di tipo idrogeologico è sicuramente lo schema stratigrafico e geometrico tridimensionale dei corpi geologici di sottosuolo. Questo schema, illustrato nelle sezioni e nelle carte geologiche di sottosuolo del Foglio allegato, propone una chiave per prevedere la distribuzione nel sottosuolo dei principali acquiferi ed acquitardi. La natura degli acquiferi di sottosuolo presenti nei Fogli 240 e 241 è abbastanza complessa. Nei settori più meridionali del Foglio 240 sono presenti depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi riferibili alle propaggini più settentrionali delle conoidi dei fiumi appenninici (Montone, Rabbi, Ronco e Savio); più a nord si individuano depositi alluvionali sabbiosi di origine padana, variamente interdigitati con depositi sabbiosi costieri. Le porzioni più a monte illustrano la situazione delle conoidi alluvionali dei fiumi Montone e Rabbi rispettivamente. Queste conoidi sono costituite da una zona apicale in cui le ghiaie sono amalgamate tra loro e formano un acquifero freatico monostrato, compreso tra la superficie topografica ed il substrato marino prevalentemente argilloso. La zona di amalgamazione delle ghiaie è quella in cui si ha la ricarica diretta di tutta la conoide, sia dalle infiltrazioni efficaci, sia dagli alvei; essa quindi costituisce l'areale in cui prestare la massima attenzione ai fini della protezione idrogeologica. A valle della zona di amalgamazione i diversi lobi di conoide si separano e tra essi si interpongono dei depositi fini di spessore crescente procedendo verso nord. I diversi acquiferi sono quindi disconnessi dalla

superficie e acquisiscono tutti le caratteristiche di acquiferi confinati. Più a valle, come ben illustrato nella sezione di Figura 10b, sono presenti depositi alluvionali sabbiosi di origine padana, variamente interdigitati con depositi sabbiosi costieri. Essi non sono connessi fisicamente con i sistemi alluvionali appenninici e quindi contengono acque di provenienza padana o, più in generale, alpina come anche indicato in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) e in VENTURINI *et alii* (1990). Tutta l'area si inserisce in un insieme già parzialmente lottizzato e quindi risulta molto difficile trovare dei pozzi nelle immediate vicinanze, ed è profondamente influenzato dal canale delle saline che lambisce il lotto in esame. Allo scopo di determinare la profondità del pelo libero e dell'andamento della falda, si è attinto a dati da bibliografia si sono misurati i livelli freaticometrici della zona mediante il ritrovamento e la relativa misurazione di alcuni pozzi rinvenuti nonché misurando il livello della falda nel foro rimasto aperto della prova penetrometrica eseguita. Sulla base dei valori misurati, riportati nella sottostante tabella sono state elaborate le carte tematiche. La carta delle isofreatiche costruita per interpolazione grafica fra i punti di misura, i valori non si discostano in modo sostanziale da quelli registrati in occasione del massimo di precipitazioni avutosi nel periodo aprile '95 maggio '96. Sono state inoltre tracciate per interpolazione grafica le isobate, cioè le curve che uniscono i punti in cui la superficie freatica ha uguale profondità dalla superficie topografica. Questa direzione, abbastanza simile alla pendenza del terreno, fa supporre una situazione idrogeologica normale così dell'alimentazione come del deflusso, ed in ultima analisi, ad una sostanziale omogeneità delle caratteristiche fisiche del terreno; è comunque da segnalare che tale posizione è regolamentata dalla rete fognaria cittadina; la direzione risulta comunque essere NORD OVEST/SUD EST. Pur tenendo conto che il livello della falda freatica subisce inevitabili oscillazioni in rapporto alle mutevoli condizioni climatiche stagionali ed annuali, tuttavia, il modello strutturale della falda sembra ben delineato nei suoi principali aspetti.

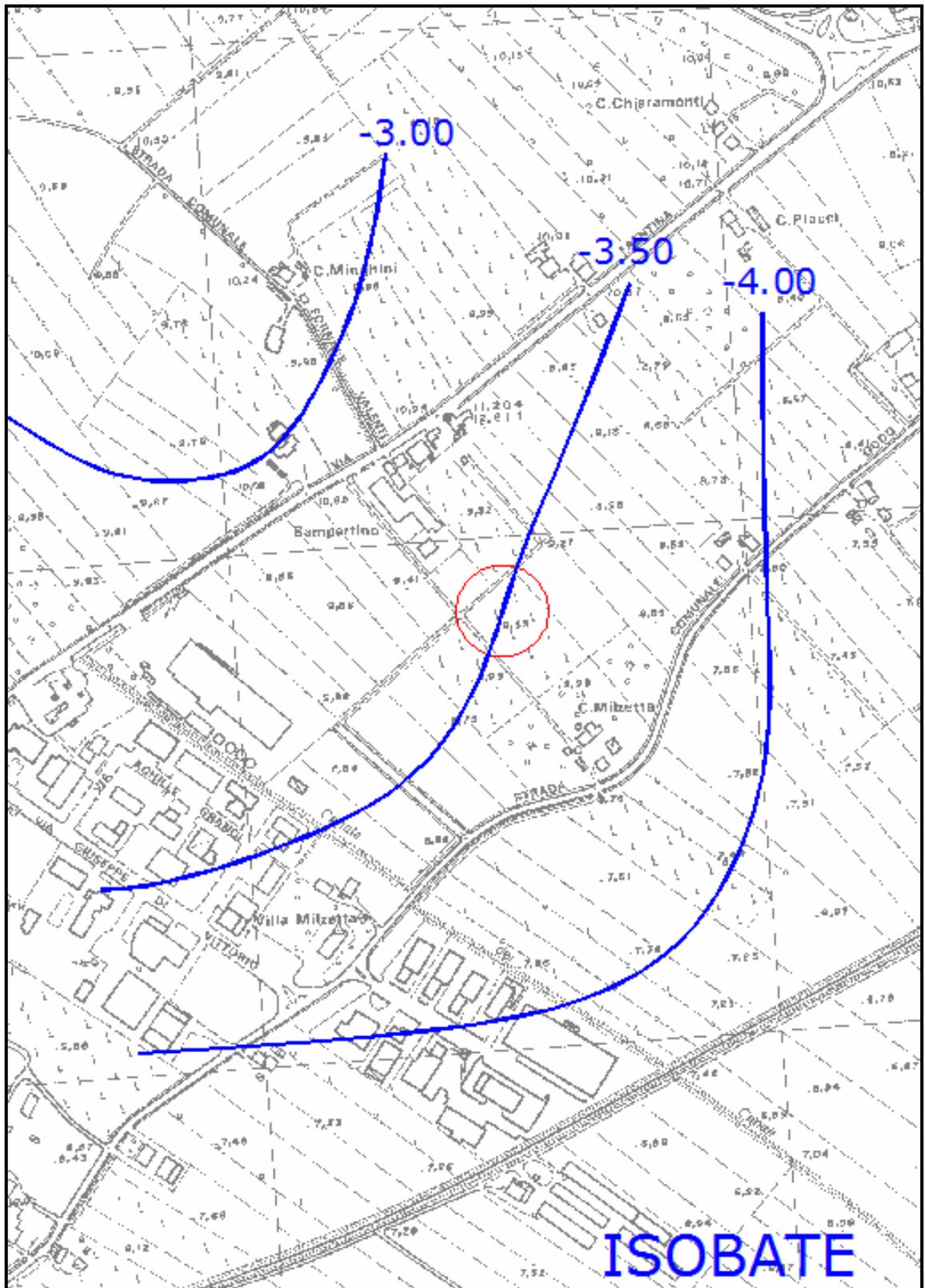


fig. 10: carta delle isobate della falda

5: INDAGINI ESEGUITE SUL TERRENO

Per la realizzazione e la stesura della relazione si è reso opportuno eseguire due prove penetrometriche statiche spinte fino alla profondità di 15/20.00 metri. Le prove sono state eseguite al piano campagna originario che risulta essere coincidente con il piano delle strade circostanti. Le prove sono state eseguite con attrezzo Pagani da 20 tonnellate di spinta massima con punta meccanica (tipo Begemann). Si sono eseguite misure, ogni 20 cm di avanzamento, di resistenza alla punta locale (R_p) e misure di resistenza all'attrito laterale locale (R_f). Si è inoltre calcolato il rapporto R_p/R_f utile alla interpretazione stratigrafica. La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale (punta / manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\emptyset = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta conica..... $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto... $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture dei manometri, durante l'infissione dello strumento):

- **qc** (kg/cm²) = resistenza alla punta (conica)
- **fs** (kg/cm²) = resistenza laterale (manicotto)
- **Rt** (kg) = resistenza totale (aste esterne)

Oltre all'elaborazione dei **valori di resistenza** del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto Q_c / F_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di Q_c e del rapporto $FR = (F_s / Q_c) \%$ (Esperienze di Schmertmann 1978).

Il livello della falda è variabile e si attesta ad una profondità di circa - 3.50/3.60 m ed è soggetto a variazioni stagionali. I diagrammi delle prove eseguite e l'ubicazione sono in calce allegate.

5.1: STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Le prove penetrometriche eseguite nell'area in esame, sono risultate sostanzialmente omogenee e la stratigrafia ad esse correlata, viene di seguito riportata.

1. 0.00 m a – 2.00 m circa: ARGILLA LIMOSA SOVRACONSOLIDATA.
2. -2.00 m a – 4.00 m circa: ARGILLA LIMOSA DI MEDIA CONSISTENZA.
3. -4.00 m a – 10.80 m circa: LIMO ARGILLOSO/ARGILLA LIMOSA.
4. -10.80 m a – 12.00 m circa: LIMO ARGILLOSO SABBIOSO.
5. -12.00 m a – 15.20 m circa: LIMO ARGILLOSO MOLLE.
6. -15.20 m a – 16.00 m circa: SABBIA LIMOSA.
7. -16.00 m a – 20.00 m circa: ARGILLA LIMOSA.

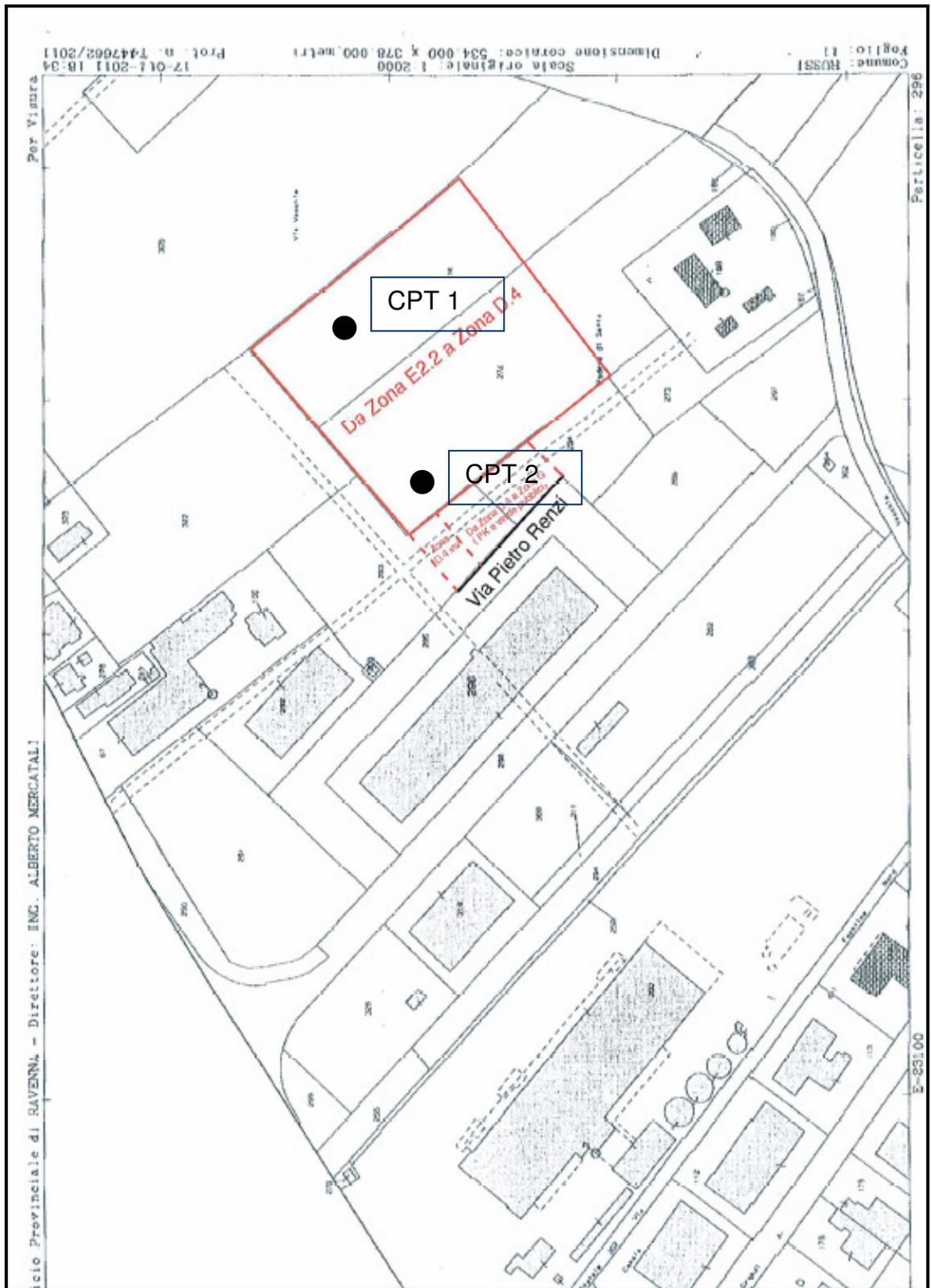


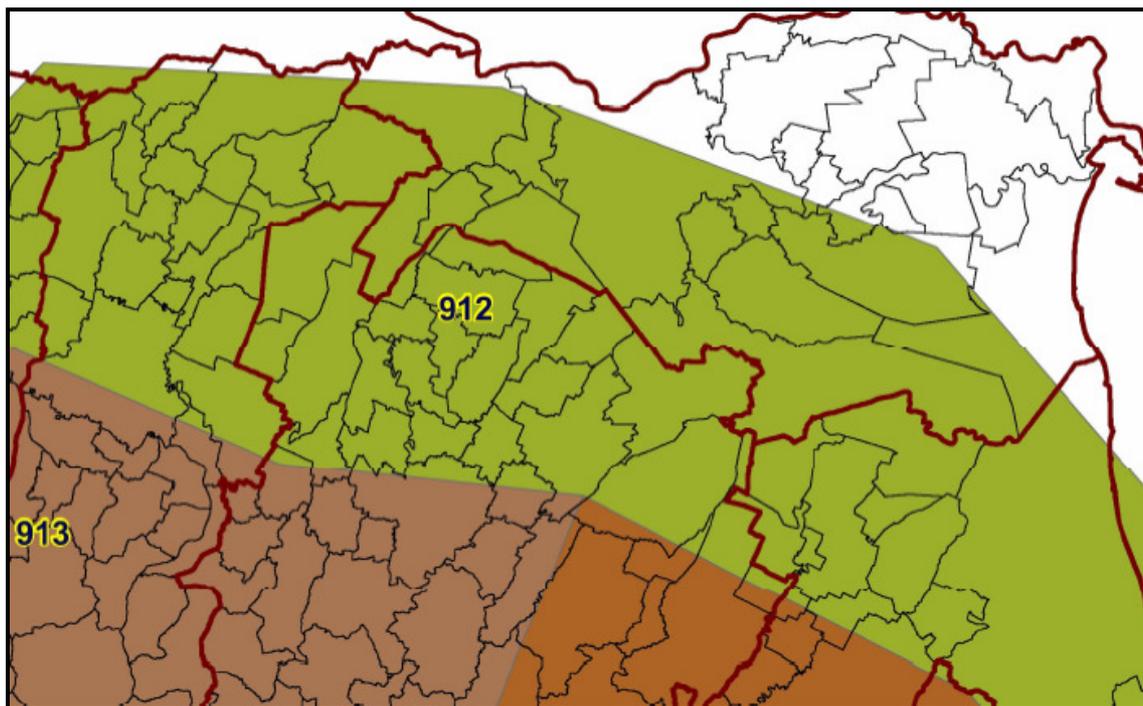
fig. 12: ubicazione delle prove penetrometriche

6: SISMICITA' DELL'AREA

L'attribuzione alla Zona sismica 2, in cui Russi è stato inserito nella OPCM 3274/2003, in cui l'area comunale è entrata a far parte delle aree definite a "rischio sismico" ed inserita in zona 2; la nuova classificazione sismica mette il territorio del comune di Russi in zona sismica 2 con accelerazione pari **a 0.25 g secondo la normativa nazionale**. La Regione Emilia Romagna ha emanato "L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". In queste linee di indirizzo si danno i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), per ogni comune della regione.

Per Russi si è data una accelerazione di 0.184.

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Russi ricade all'esterno della zona sismogenetica 912 infatti si può affermare che l'area in esame è fuori dalla Dorsale Ferrarese, e dunque non è sede epicentrale di eventi sismici. Di conseguenza in questa zona è previsto che si verifichino sismi con energie piuttosto limitate, di Magnitudo non superiori a 5,0.



“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismotettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IXX grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sudorientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004). Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo massima 5,9.

6.1. MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL “TROMINO” – SASW-MASW

Dall'integrazione delle misure sismiche passive (Tromino) e attive (Masw) è possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30, Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremeri. Il tremore sismico, comunemente definito “rumore sismico”, esiste ovunque sulla superficie

della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 \times H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione. L'inversione richiede l'analisi delle singolo componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza , b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici. La misurazione attiva delle SASW/MASW, permettono la misurazione della velocità delle onde di Rayleigh, comparabili con la velocità delle onde Vs, attraverso l'esecuzione di sismica attiva. Si utilizza il Tromino come acquirente e a distanza prefissata lungo uno stendimento lineare si posiziona un Trigger e si energizza il punto. Nel caso specifico è stato realizzato stendimento secondo uno schema X-X con campionature ogni 3 m. Stendimento X (m)= 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 42 45 48 51 La calibrazione delle misure dei microtremori e delle misure Masw è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine. La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, combinata con la MASW, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), correlata ed integrata con le

misure attive MASW, una $V_{s30} = 171$ m/s. Nel caso specifico è possibile individuare, in prima analisi, la sottostante frequenza fondamentale per il deposito esaminato, anche se non ben evidenziata dalla curva H/V.

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.

Anche se lo spettro nei ns terreni risulta alquanto complesso da identificare in quanto non è presente un picco ben definibile, dalla esperienza si è potuto notare che la frequenza caratteristica del deposito risulta essere (almeno nelle ns pianure) attorno a circa 0.9/1.0 hz.

| Frequenza fondamentale di vibrazione del deposito | |
|--|----------------|
| Frequenza f (hz) | Periodo T(sec) |
| 0.90 | 1.11 |

Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, e in assenza di indagini profonde, il sottosuolo presenta caratteristiche tipiche della categoria "D" aventi una $V_{s30} < 180$ m/s che corrisponde ad un valore di $N_{spt} < 15$ $c_u < 70$ kPa

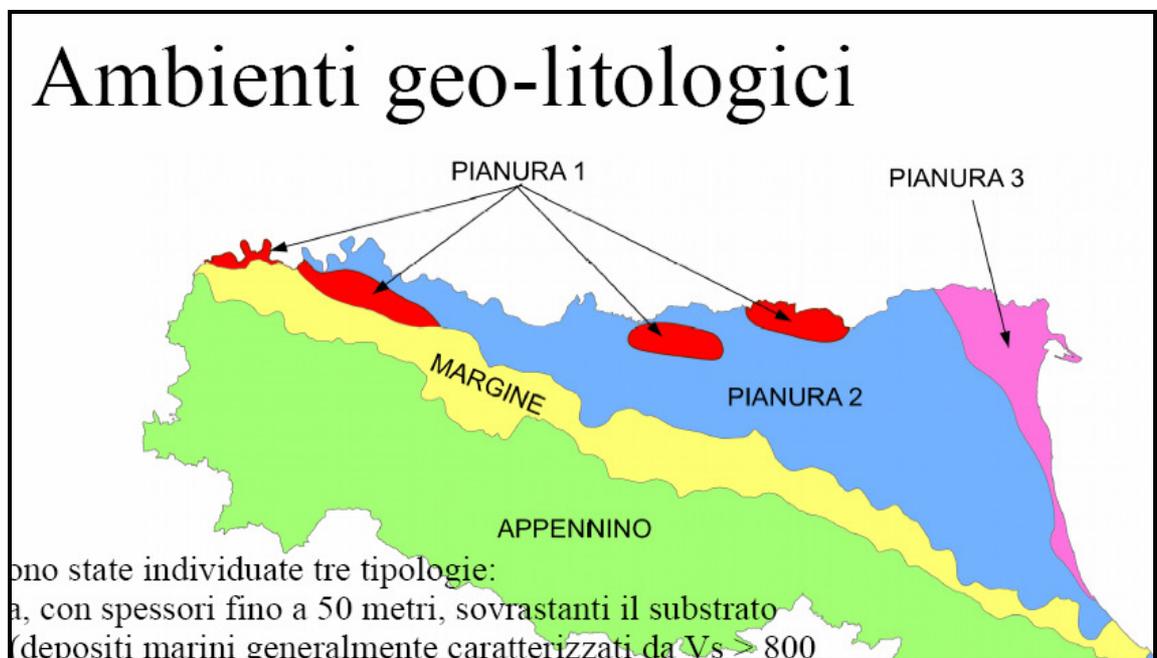
Questo valore viene calcolato mediante la restituzione dell'indagine geofisica che ha dato un valore di V_{s30} di circa **171 m/sec**. Il report della MASW viene in calce allegato.

6.2: FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del *bedrock* (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura. Per il calcolo del fattore di amplificazione, secondo Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015.

Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 La Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica, atto d'indirizzo ai sensi dell'art. 16 della LR 20/2000 (deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007). In FIGURA viene mostrata la suddivisione delle zone sismogenetiche, i colori indicano i settori in cui è stato suddiviso il territorio.

Il sito allo studio è collocato in PIANURA 2 e per Vs30 inferiori a 200 m/s la classificazione del DGR 2193/2015 prevede un fattore di amplificazione F.A. pari a 1,3.



PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

Considerando una V_{s30} di inferiore 200 m/sec (come indicato dalla relazione geofisica allegata) si sono ottenuti i seguenti Fattori di Amplificazione:

| $V_{s30}(m/s) \rightarrow$ | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A. PGA | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.5 |
| F.A. SI1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 |
| F.A. SI2 | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.4 | 2.1 | 2.0 |
| F.A. SI3 | 3.6 | 3.3 | 2.9 | 2.5 | 2.2 | 2.0 |

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

$$\mathbf{SI1} : 0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$$

$$\mathbf{SI2} : 0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$$

$$\mathbf{SI3} : 0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$$

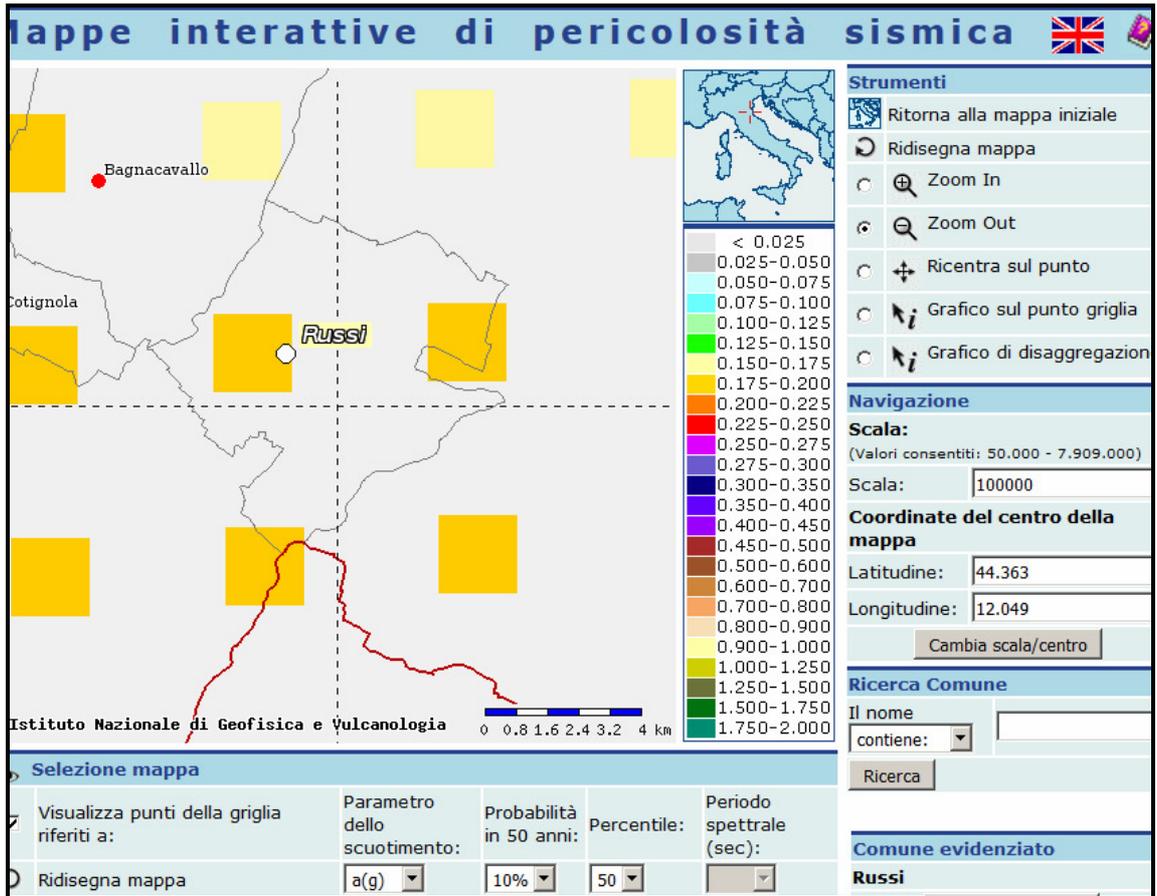
F.A. P.G.A.= 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.1s < T_0 < 0.5s = 2.0$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.0s = 3.1$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.5s = 3.6$

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14/01/2008, prevede per il comune di Russi una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$ e su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/sec), appartenente all'intervallo 0,175g – 0,200g, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale. In FIGURA si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.



Parametri sismici

| | |
|---------------------------------|------------|
| Categoria sottosuolo: | D |
| Categoria topografica: | T1 |
| Periodo di riferimento: | 50anni |
| Coefficiente cu: | 1 |
| Operatività (SLO): | |
| Probabilità di superamento: | 81 % |
| Tr: | 30 [anni] |
| ag: | 0,054 g |
| Fo: | 2,449 |
| Tc*: | 0,261 [s] |
| Danno (SLD): | |
| Probabilità di superamento: | 63 % |
| Tr: | 50 [anni] |
| ag: | 0,067 g |
| Fo: | 2,450 |
| Tc*: | 0,276 [s] |
| Salvaguardia della vita (SLV): | |
| Probabilità di superamento: | 10 % |
| Tr: | 475 [anni] |
| ag: | 0,178 g |
| Fo: | 2,439 |
| Tc*: | 0,296 [s] |
| Prevenzione dal collasso (SLC): | |
| Probabilità di superamento: | 5 % |
| Tr: | 975 [anni] |
| ag: | 0,233 g |
| Fo: | 2,422 |
| Tc*: | 0,300 [s] |

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss: 1,800
Cc: 2,450
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 0,949
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,380
St: 1,000
Kh: 0,024
Kv: 0,012
Amax: 1,191
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,750
Cc: 2,300
St: 1,000
Kh: 0,075
Kv: 0,037
Amax: 3,053
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,550
Cc: 2,280
St: 1,000
Kh: 0,101
Kv: 0,051
Amax: 3,540
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 [Geostru software - www.geostru.com](http://www.geostru.com).

6.3: STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Essendo gli strati sabbiosi saturi presenti nei primi 15/20 metri di profondità quelli potenzialmente liquefacibili, occorre valutare tale potenzialità di liquefazione per gli eventuali strati granulari di potenza superiore al metro, riscontrati nel corso della prova CPT

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Dall'analisi dei fattori che predispongono un terreno alla liquefazione, tra i quali la granulometria, la profondità del livello potenzialmente liquefacibile, il grado di addensamento dei depositi, in linea generale si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti costituiti da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile dallo 0 al 25%, si trovano sotto falda, sono da poco a mediamente addensati e si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori a 15/20 metri). Per la presenza di depositi granulari/incoerenti con spessori > 1,00 m e saturi d'acqua, si ritiene necessario eseguire la verifica a liquefazione.

Per la verifica a liquefazione si è utilizzata la procedura semplificata originariamente sviluppata da Seed & Idriss (1971), basata sulla correlazione della capacità di resistenza del terreno alla liquefazione CRR ed un parametro definito domanda di resistenza ciclica indotta dal sisma CSR. La valutazione della resistenza alla liquefazione CRR è stata eseguita sulla base dei valori di resistenza alla punta q_c ottenuti dalle prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT, opportunamente trasformati in N° colpi prova SPT attraverso la metodologia proposta da Jefferies & Davies (1993):

$$N_{SPT} = q_c / \{0,85[1 - (I_c/4,75)]\}$$

dove q_c è espresso in MPa e I_c è l'indice di comportamento di terreno calcolato in accordo a Jefferies ($2,05 < I_c < 2,60$ da sabbie limose a limi sabbiosi).

Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FS_L , definito dal rapporto CRR su CSR.

Il valore di CRR ottenuto si riferisce ad eventi sismici di magnitudo M pari a 7,5; diversi studi hanno permesso di definire un fattore di scala per la magnitudo sismica di riferimento, denominato MSF.

Nelle verifiche è stato adottato un fattore di scala modificato secondo il metodo NCEER (Seed R. B. et al; 1997, 2003)

La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo:

- $FS_L > 1,25$ **liquefazione assente**
- $1,0 < FS_L < 1,25$ **liquefazione possibile**
- $FS_L < 1,00$ **liquefazione molto probabile**

Secondo la normativa i livelli di sabbia presenti alla varie profondità potrebbero avere problematica secondo questa problematica ma tale livello risulta essere troppo sottile per poter essere preso in considerazione per tale pericolo. E' necessario considerare che, secondo alcuni autori (Sherif-Ishibashi, 1978), occorre che i depositi siano costituiti da sabbie o sabbie limose con frazione fine inferiore al 25% che si trovino sotto il livello statico di falda e che siano sovrastati da livelli non liquefacibili con spessore inferiore a 3 metri. I valori dei fattori di sicurezza ottenuti dalle verifiche, comunque superiori all'unità, uniti alla presenza di depositi coesivi dello spessore di almeno 10 metri al di sopra degli strati sabbiosi potenzialmente liquefacibili portano a concludere che i rischi in tal senso nell'area interessata dall'intervento edilizio si possono considerare estremamente ridotti. Si segnala comunque che, nel caso specifico, alcuni livelli degli strati considerati presentano fattori di sicurezza inferiore a 1; pertanto, per maggiore dettaglio, si è proceduto alla Valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo quanto riportato nell'Allegato A3 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 2131 del 2 Maggio 2007. Il rischio di liquefazione in base ai valori di tale indice risulta essere:

$0 < I_L \leq 5 \rightarrow$ **RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "BASSO"**

$5 < I_L \leq 15 \rightarrow$ **RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ELEVATO"**

$I_L > 15 \rightarrow$ **RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ESTREMAMENTE ELEVATO"**

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0.5z$; ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale:

$F = 1 - FL$ se $FL \leq 1.0$

$F = 0$ se $FL > 1.0$

dove FL è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Dallo sviluppo dei calcoli attraverso il software CLIQ, si ottiene un valore di $I_L = 2.29$ per la cpt 1 che consente, nel caso specifico, di attribuire al sito in questione un **rischio di liquefazione basso**.

7: VINCOLI NEI PIANI DI BACINO

Analizzando le tavole e le relazioni tecniche dei vari piani sovra comunali per l'identificazione dei vincoli paesaggistici-ambientali-geologici, si è potuto verificare che l'unico vincolo presente riguarda una porzione dell'area in oggetto di studio che è regolata dall'art. 3.20d del P.T.C.P ripreso a sua volta da Regolamento comunale che riguarda le dune costiere di rilevanza storico paesistica.

Questo sistema di paleodossi indicato, è presente nell'area ma non più documentabile in quanto l'area risulta fortemente antropizzata e il terreno è stato lavorato nel corso degli anni, modificando sostanzialmente la morfologia dell'area. **La verifica ha dato un esito confortante dal punto di vista edificatorio e geologico non compromettendo in alcun modo forme sepolte non più visibili.**

RAVENNA GIUGNO 2016

REDATTO:

DOTT. GEOLOGO OBERDAN DRAPELLI