



Aleanna Resources LLC

**Procedimento V.I.A. (ex D. Lgs. 152/06 e s.m.i.)
Progetto di Concessione di Coltivazione di idrocarburi
“Gradizza”**

INTEGRAZIONI AL S.I.A.

**Nota MATTM n° 1621 del 22/01/2016 e
Regione Emilia-Romagna n° PG.2015.860060 del 03/12/2015**

ALLEGATO 4

REGIONE EMILIA ROMAGNA

COMUNE DI COPPARO E FORMIGNANA

Provincia di Ferrara (FE)

"CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI
GRADIZZA"

OPERE PER LA MESSA IN PRODUZIONE DEL GIACIMENTO
GRADIZZA

INTEGRAZIONI

allo STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

ed ai DOCUMENTI PROGETTUALI

A seguito della richiesta del M.A.T.T.M. del 22.01.2016

19 – Caratterizzazione Geologica e Idrogeologica del sito

MARZO 2016

Sommario

1	Premessa	2
2	Inquadramento geologico della pianura emiliano-romagnola	3
2.1	STRATIGRAFIA DEL SETTORE DI PIANURA.....	5
2.1.1	SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	6
2.1.1.1	<i>Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI)</i>	<i>8</i>
2.1.1.2	<i>Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).....</i>	<i>8</i>
2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA D'INTERESSE	10
2.2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE - STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO.....	11
2.2.1.1	<i>Indagini Pregresse</i>	<i>11</i>
2.2.1.2	<i>Indagini in situ.....</i>	<i>12</i>
2.2.1.3	<i>- Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento</i>	<i>15</i>
3	Inquadramento idrogeologico.....	18
3.1	IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA	18
3.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERESSE	23
3.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO SITO SPECIFICO	26
3.3.1	CENSIMENTO POZZI E DATI PIEZOMETRICI	27
4	Considerazioni conclusive	30
5	Riferimenti Bibliografici	32

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 2 di 27
---	---	-------------

1 Premessa

Il presente documento è stato redatto con la finalità di rispondere in modo esaustivo al punto 19 della sezione Suolo e sottosuolo di cui alla Richiesta di Integrazioni ai sensi dell'articolo 26, comma 3, del D. Lgs. N.152/2006 e ss.mm.ii., pervenuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione generale per le valutazioni e le autorizzazioni ambientali, in relazione al Progetto di "Concessione di coltivazione idrocarburi Gradizza – derivante dal permesso di ricerca "La Prospera" – realizzazione opere per la messa in produzione del pozzo **Gradizza 1**".

Nello specifico, si richiede che *"Venga effettuata una più profonda caratterizzazione idrogeologica e geologica del sito, con particolare riferimento alle unità neo autoctone di pianura, che coprono il substrato appenninico"*.

Per gli approfondimenti relativi alla caratterizzazione idrogeologica e geologica del sito, con particolare riferimento alle unità neo autoctone di pianura, sono state consultate le "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:50.000 – Foglio 204 Porto Maggiore e Foglio 187 Codigoro" – ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, 2009, i database della Regione Emilia-Romagna (Servizio geologico, sismico e dei suoli) e di ISPRA, la Relazione Generale (Quadro conoscitivo – Capitolo I) del Piano di Tutela delle Acque (PTA, adottato con Del. C.R. 633 del 22/12/2004 ed approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.40 del 21/12/2005), il rapporto "Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna - Report 2003" della Regione Emilia Romagna ed ARPA e successivi report (2010-2012 e 2013). Tra gli studi consultati si cita anche "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998, sui risultati del quale sono basati gran parte dei lavori successivi.

2 Inquadramento geologico della pianura emiliano-romagnola

Per l'inquadramento geologico generale e la caratterizzazione geologica del sito in cui è localizzato il pozzo esplorativo "Gradizza 1", si è fatto riferimento alle "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:50.000 – Foglio 204 Porto Maggiore e Foglio 187 Codigoro" – ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, 2009 (Progetto CARG) ed alla relativa cartografia geologica (data la non pubblicazione del Foglio 186 Copparo, alla scala 1:50.000, nel quale ricade l'area oggetto di interesse); e alle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:100.000 – Foglio 76 Ferrara" e relativa cartografia.

Oltre alla revisione dei dati CARG di ISPRA, per l'analisi sito specifica dell'area d'intervento sono stati raccolti i dati geognostici disponibili nella banca dati della Regione Emilia Romagna (pozzi e indagini geotecniche) ed eseguite direttamente in situ indagini geognostiche, comprensive di 2 prove penetrometriche con piezocono (CPTU), un'indagine sismica di superficie tipo MASW, un'acquisizione di linea sismica con tecnica a rifrazione in onde SH e 3 misure di sismica passiva tipo HVSR.

Oltre all'analisi dei numerosi lavori precedenti, lo studio del sottosuolo da parte di ISPRA per il settore di pianura si è articolato in più fasi di lavoro, comprendenti la realizzazione di una banca dati geognostici, l'elaborazione di uno schema geologico preliminare e l'esecuzione di nuove indagini appositamente predisposte.

L'evoluzione sedimentaria plio-quadernaria del bacino padano registra una generale tendenza "regressiva", identificata al margine appenninico da Ricci Lucchi et alii (1982), da depositi marini di ambiente progressivamente meno profondo fino a depositi continentali. Il riconoscimento di una chiara superficie di inconformità di significato regionale da parte di questi autori ha consentito il primo inquadramento stratigrafico di tipo sequenziale della successione quadernaria affiorante al margine appenninico, portando alla identificazione di due cicli sedimentari principali, uno marino (Qm) e uno continentale (Qc). La superficie di discontinuità che separa i cicli Qm e Qc è stata successivamente identificata da Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) anche nel sottosuolo della Pianura Padana in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quaternario Marino (corrispondente al ciclo Qm di Ricci Lucchi et alii, 1982) e il sovrastante Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente del ciclo Qc), si veda la sezione di Figura 7 e lo schema stratigrafico di Figura 6.

La successione quaternaria continentale dell'area pedeappenninica emiliano-romagnolo comprende da un lato l'insieme dei depositi alluvionali terrazzati affioranti nelle piane intravallive dei fiumi e torrenti appenninici e, dall'altro, i depositi di conoide e piana alluvionale della pianura antistante.

Dal punto di vista litologico, la successione quaternaria continentale al margine della pianura emiliano-romagnola è caratterizzata dall'organizzazione ciclica di depositi prevalentemente grossolani (corpi sedimentari ghiaiosi e sabbiosi di conoide alluvionale) e fini (limi e argille, con subordinate ghiaie e sabbie di piana alluvionale), in successioni di vario ordine gerarchico (Amorosi & Farina, 1995; Amorosi et alii, 1996; Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

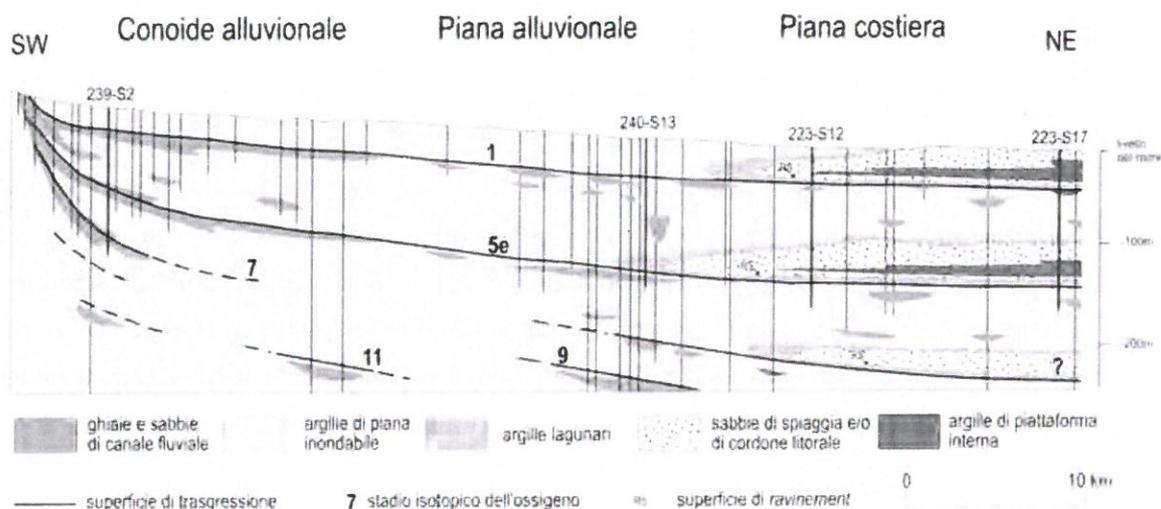


Figura 1 - Schema stratigrafico di correlazione dei depositi tardoquaternari, dai conoidi alluvionali alla piana costiera e distinzione dei principali cicli trasgressivo-regressivi alla scala dei 100ka (= subsintemi) (da Amorosi & Colalongo, 2005).

L'identificazione, all'interno della successione quaternaria continentale della pianura emiliano-romagnola, di un'alternanza ciclica di depositi grossolani e fini, quindi a grado di permeabilità molto differente, ha creato i presupposti per l'istituzione di unità idrostratigrafiche (complessi acquiferi A1-A4 e B1-B4 di Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998). La porzione inferiore di ogni complesso acquifero è data da un sistema

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 5 di 27
---	---	-------------

acquitrando, costituito prevalentemente di depositi fini, passante verso l'alto ad un'unità prevalentemente ghiaiosa, corrispondente a un sistema acquifero (vedi capitoli successivi).

Al di sotto dei depositi quaternari continentali, si trovano i depositi marini dell'unità Sabbie di Imola del Pleistocene medio, delle Argille azzurre del Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, dalle Marne di Cella del Pliocene inferiore, che poggiano sulle unità evaporitiche messiniane, e sul sottostante basamento appenninico (Successione Umbro-Marchigiana-Romagnola).

2.1 STRATIGRAFIA DEL SETTORE DI PIANURA

Di seguito, sempre facendo riferimento alle "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:50.000 – Foglio 204 Porto Maggiore e Foglio 187 Codigoro" – ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, 2009, vengono riportate le unità stratigrafiche che interessano l'area in esame.

Il quadro stratigrafico generale dei depositi quaternari della Pianura Padana si basa largamente su quanto riportato in Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998). Tutte le unità continentali vengono raggruppate all'interno del Supersistema Emiliano-Romagnolo, suddiviso nel Sistema Emiliano- Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), all'interno di quest'ultimo sono presenti unità di rango inferiore (subsistemi), corrispondenti nei settori intravallivi della pianura a depositi di terrazzo fluviale e correlati nel sottosuolo della pianura e del Mare Adriatico a cicli trasgressivo-regressivi (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998; Amorosi & Colalongo, 2005) che registrano la ciclicità elementare glacio-eustatica tardoquaternaria di frequenza attorno ai 100.000 anni (Amorosi et alii, 2004a).

Le unità stratigrafiche cartografate e qui di seguito descritte presentano in genere il requisito di base inconforme che ne consente l'attribuzione alla categoria delle UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Units). Localmente, tuttavia, le superfici di discontinuità che delimitano queste unità possono passare a superfici di continuità stratigrafica.

	<p align="center">PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u></p>	<p align="right">Pag 6 di 27</p>
---	---	----------------------------------

2.1.1 SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano e dei sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Questi ultimi comprendono depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini, organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico. In affioramento, al margine appenninico padano, il Supersistema Emiliano-Romagnolo coincide con il ciclo Qc di Ricci Lucchi et alii (1982) e presenta un limite inferiore inconforme, evidenziato da una discordanza angolare sui depositi litorali delle Sabbie di Imola o su quelli marini pliocenici di età più antica. Il Supersistema Emiliano-Romagnolo comprende due sistemi distinti (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES), correlati con i depositi coevi di sottosuolo.

L'architettura deposizionale del Supersistema Emiliano-Romagnolo nell'area in studio è illustrata nella sezione geologica di Figura 2 estratta dalle Note illustrative del foglio 187 - Codigoro. Nell'insieme, la geometria dell'unità è marcatamente cuneiforme, con spessori variabili da poche decine di metri nei pressi del margine pedecollinare sino a circa 330 metri nella zona depocentrale. L'età del Supersistema è attribuibile al Pleistocene medio - Olocene (~700.000 anni B.P. - Attuale).

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 8 di 33
---	---	-------------

2.1.1.1 *Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI)*

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore costituisce la porzione più antica, non affiorante, del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Considerata la profondità mediamente elevata (sino ad oltre 200 metri dal piano campagna) alla quale viene intercettato il tetto di AEI nel sottosuolo della pianura, sono pochi i casi di sondaggi in grado di descriverne l'organizzazione delle facies. In accordo con quanto riscontrato su gran parte del sottosuolo bolognese (Amorosi & Farina, 1995; Amorosi et alii, 1996; 2001; Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 Foglio 221 – Bologna, in stampa) AEI è costituita prevalentemente dall'alternanza di limi/argille e sabbie, con una quantità estremamente subordinata di ghiaie. L'ambiente deposizionale è di piana alluvionale con abbondante sviluppo d'aree topograficamente depresse di tipo palustre, colmate in seguito ad episodi di rotta fluviale. Lo spessore di AEI diminuisce rapidamente verso il margine della pianura, a causa di fenomeni erosivi precedenti la messa in posto di AES e il sintema non è mai affiorante al margine appenninico. L'osservazione della porzione più settentrionale della sezione geologica riportata in Figura 2 mostra che in AEI sono presenti pure dei corpi sabbiosi spessi fino a una ventina di metri. Tali livelli sabbiosi, che non proseguono verso il margine appenninico, dove AEI è caratterizzato da depositi alluvionali decisamente fini, sono probabilmente di origine padana. L'età attribuita a AEI è, per posizione stratigrafica, il Pleistocene medio. In Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998), l'unità è datata tra 350-450 ka e 650 ka.

2.1.1.2 *Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)*

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione più recente del Supersintema Emiliano-Romagnolo e corrisponde ai depositi continentali affioranti nell'area in studio. Lo spessore di AES varia da pochi metri al margine appenninico fino a un massimo di 210 metri nel sottosuolo di Borgo Cotignola, in corrispondenza della zona depocentrale. Proseguendo verso Nord-Ovest, dove il margine del Bacino Padano, segnato dall'adiacente catena appenninica, è più vicino, lo spessore di AES è di circa 80-100 metri.

Nelle porzioni intravallive e di margine appenninico, l'unità è costituita da depositi terrazzati di piana alluvionale intravalliva che appoggiano in discordanza su depositi marini più antichi e localmente su AEI. Si tratta di ghiaie e sabbie di canale fluviale passanti ad alternanze di argille, limi e sabbie di piana inondabile variamente pedogenizzati. Il rilevamento geologico

effettuato nell'ambito del progetto CARG ha permesso di suddividere AES in alcune unità stratigrafiche di rango inferiore (subsintemi), riconosciute nelle porzioni intravallive e lungo il margine appenninico emiliano-romagnolo. I singoli subsintemi, correlabili su più aste fluviali, corrispondono a singoli terrazzi alluvionali o a insiemi di terrazzi alluvionali attribuibili a più ordini. Dei diversi subsintemi che compongono AES, AES₄, AES₅, AES₆ e AES₇ affiorano unicamente nel settore intravallivo e allo sbocco dei torrenti appenninici in pianura, mentre AES₈ affiora in tutta l'area di pianura.

AES è caratterizzata al suo interno dall'alternanza ciclica, su spessori dell'ordine di 20-40 m, di pacchi di materiale fine (limi e argille, frequentemente torbose, e subordinate sabbie di piana inondabile) con depositi in cui la componente grossolana (definita principalmente da ghiaie di canale fluviale) è prevalente o comunque abbondante. Lo spessore dei corpi grossolani diminuisce in modo evidente sottocorrente, muovendosi da SW verso NE. Il caratteristico pattern radiale delle paleocorrenti e l'apertura a ventaglio in pianta dei corpi grossolani a partire dalla terminazione in pianura delle valli intramontane consente l'attribuzione della parte alta dei cicli a sistemi coalescenti di conoidi alluvionali dominate da processi fluviali (Amorosi et alii, 1997).

Per quanto riguarda i subsintemi sommitali (AES₈ e AES₇), il grande numero di sondaggi disponibili e, soprattutto, il controllo cronologico tramite datazioni al ¹⁴C, forniscono un quadro sufficientemente affidabile per la correlazione tra le porzioni affioranti e quelle sepolte. I subsintemi sottostanti possono essere correlati tentativamente, per posizione stratigrafica, ai complessi acquiferi A2-A4 di Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) (vedi capitoli successivi). L'età della base di AES è attribuita al Pleistocene medio (350-450 ka secondo Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

- *Subsistema di Ravenna (AES₈)*

Come predetto, in tutta l'area di pianura (area d'intervento) affiora il *Subsistema di Ravenna* (AES₈). È l'elemento sommitale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore. Nei settori intravallivi e allo sbocco delle valli appenniniche il Subsistema di Ravenna è costituito da depositi di terrazzo alluvionale. I depositi di terrazzo sono generalmente costituiti da circa due metri di ghiaie, sovrastati da una copertura limoso-sabbiosa il cui profilo di alterazione pedogenetica può raggiungere circa un metro di spessore. In posizione più distale rispetto allo sbocco delle valli appenniniche, AES₈ affiora estesamente e la sua parte sommitale è costituita da depositi sabbioso-limosi, organizzati in corpi sedimentari di spessore

plurimetrico a geometria prevalentemente nastriforme. Questi fanno transizione laterale a sedimenti prevalentemente argillosi e subordinatamente limosi e sabbiosi di piana inondabile (bacino interfluviale). I corpi ghiaiosi sono rari. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. Età: Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione C14).

Tutti i depositi quaternari affioranti nell'area sono stati attribuiti dalla RER a questo subsistema. Esso rappresenta l'unità affiorante nell'area ed ha uno 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. Nel settore di pianura alluvionale dell'area di studio questi depositi sono costituiti da argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta, ecc..).

- *Unità di Modena (AES_{8a})*

Al tetto di AES₈ è stata inoltre distinta e cartografata un'unità di rango inferiore denominata Unità di Modena (AES_{8a}), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione. AES_{8a} è un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che nell'area in esame non supera i 5.00-5.50 m. Nel settore di alta pianura, la base di AES_{8a} è data da una superficie di erosione fluviale che passa lateralmente ad una scarpata di terrazzo in cui sono confinati i depositi di canale. Nei settori di bassa pianura la base di AES_{8a} è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES₈ che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto. Il tetto di AES_{8a} è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro.

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA D'INTERESSE

Come predetto, nell'area d'interesse, tutti i depositi quaternari affioranti nell'area sono stati attribuiti dalla RER al subsistema di Ravenna (AES₈). Esso rappresenta l'unità affiorante nell'area ed ha uno 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. Nel settore di pianura alluvionale dell'area di studio questi depositi sono costituiti da argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta, ecc..).

Queste caratteristiche litologiche e stratigrafiche sono state evidenziate, come precisato in seguito, nell'ambito dell'area d'intervento, sia dalle indagini geognostiche disponibili e raccolte nel database della Regione Emilia Romagna (prove penetrometriche e pozzi), che dalla campagna d'indagine sito specifica eseguita nel mese di febbraio 2016 in corrispondenza del sito del pozzo Gradizza 1.

2.2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE - STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

2.2.1.1 Indagini Pregresse

Per una caratterizzazione litologica e stratigrafica dei terreni superficiali dell'area d'intervento è stato consultato il data base della Regione Emilia Romagna (<http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>); sono state inoltre consultate le indagini di sottosuolo disponibili sul sito ISPRA, ma la ricerca non ha fornito risultati utili per la presente scala di approfondimento di studio.

Nella seguente tabella sono elencati i dati geognostici raccolti dalla banca dati della Regione Emilia Romagna, in un intorno significativo del pozzo Gradizza 1; l'ubicazione è riportata in Figura 3.

SIGLA	TIPOLOGIA	PROFONDITA' (m da p.c.)
C001	Prova CPT con punta meccanica	9
P607	Pozzo per acqua	40
P601	Pozzo per acqua	45

Tabella 1 – Elenco dati geognostici geoportale Regione Emilia Romagna (<http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>) circoscritti al pozzo Gradizza 1.



Figura 3 – Ubicazione indagini geognostiche disponibili (geoportale Regione Emilia Romagna – <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>)

2.2.1.2 Indagini in situ

Nel mese di febbraio 2016 è stata realizzata una campagna geognostica in corrispondenza dell'area in cui è stato realizzato il pozzo esplorativo Gradizza 1. Tale indagine, che ha avuto la finalità primaria di ottenere una caratterizzazione fisico meccanico dei terreni superficiali, a supporto della relazione geotecnica e sismica (elaborati 20, 26 27) per le opere di superficie connesse allo sfruttamento della risorsa, ha permesso di definire le caratteristiche stratigrafiche, litologiche ed idrogeologiche dei terreni superficiali.

La campagna geognostica ha compreso (vedi ubicazione in Figura 4):

- Realizzazione di n° 2 prove penetrometriche con piezocono CPTU;
- Esecuzione di indagine sismica MASW;
- Esecuzione di linea sismica con tecnica a rifrazione in onde SH;
- 3 misure di sismica passiva.

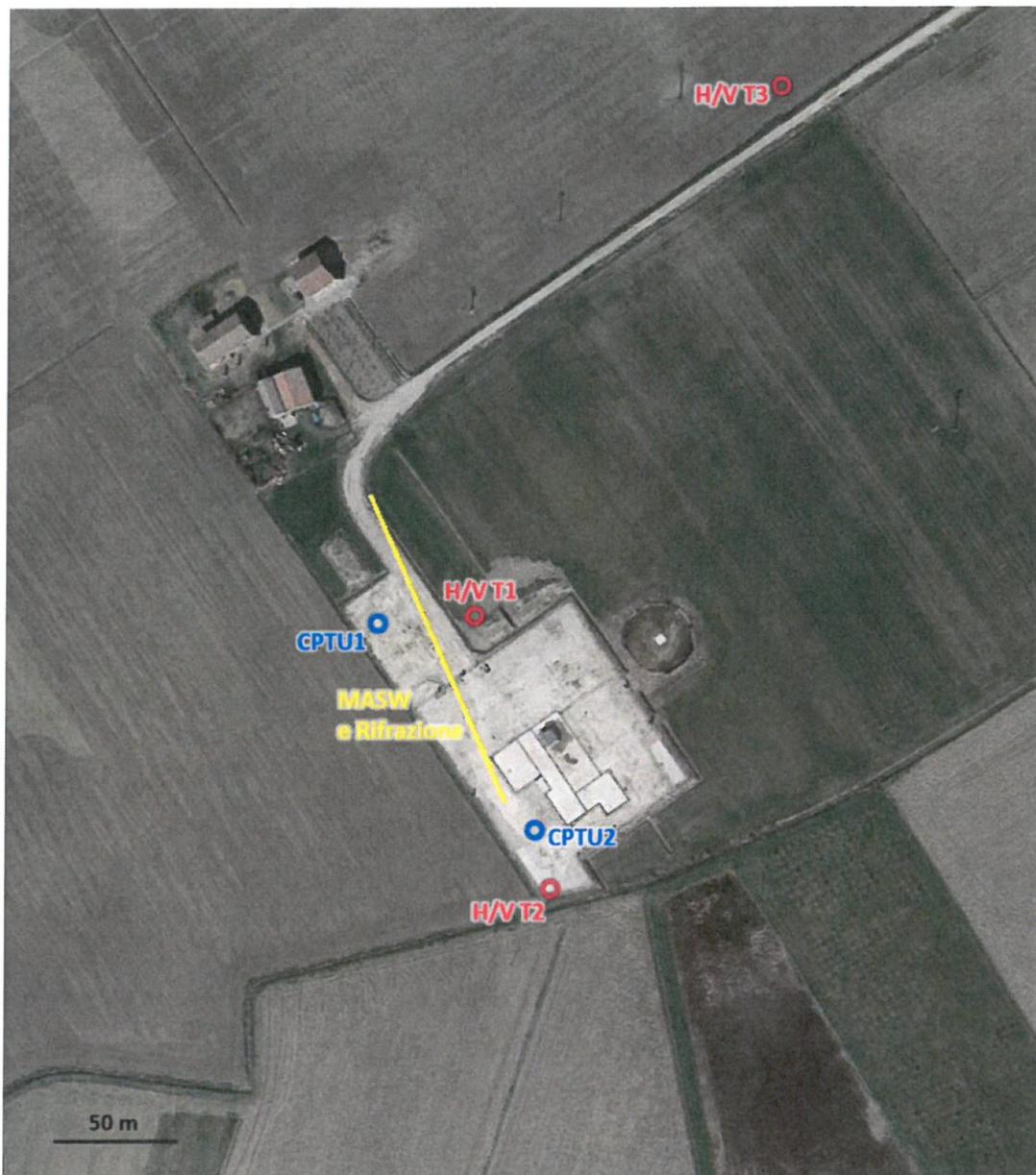


Figura 4 – ubicazione indagini geognostiche di dettaglio

L'apparecchio utilizzato per l'esecuzione delle prove penetrometriche con piezocono è un penetrometro statico da 20 tonnellate fornito di punta elettrica digitale e piezocono per la CPTU. La CPTU consente l'infissione nel terreno, a mezzo di un martinetto idraulico, della punta elettrica digitale, registrando ogni 2 cm la resistenza alla penetrazione, l'attrito

laterale locale, il rapporto di attrito e le sovrappressioni interstiziali. Elaborando le letture di campagna, è possibile risalire alle principali caratteristiche dei terreni attraversati (caratteristiche fisico meccaniche e pressione neutra). I fori penetrometrici CPTU1 e CPTU2 sono stati spinti fino alle profondità rispettivamente di -24 m e -25,36 m da p.c. e sono stati attrezzati con tubo piezometrico per rilevare eventuali livelli acquiferi. I certificati delle prove penetrometriche sono riportati in allegato alla Relazione geologica, modellazione sismica e modellazione geotecnica (elaborato 20).

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio VS. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La metodologia per la realizzazione di un'indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs.

Per il presente intervento è stato realizzato uno stendimento sismico di lunghezza di 120 m. Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi della prova MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro Vs30 relativi al sottosuolo del sito indagato. La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con la seguente espressione: $Vs30 = 30/(hi/Vi)$. I profili MASW indicano una Vs30 media pari a 135 m/s (vedi allegato 2 alla Relazione geologica, modellazione sismica e modellazione geotecnica).

La prospezione di sismica a rifrazione permette di stimare l'andamento delle velocità delle onde di taglio su una sezione del sottosuolo, con la definizione del grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e l'individuazione di eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche. Entrando più nello specifico, la

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 15 di 33
---	---	--------------

tecnica consiste nel produrre sulla superficie del terreno da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione delle onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle eseguenti fasi:

- individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- ricostruzione delle relative dromocrone;
- interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

Per il presente intervento è stato realizzato uno stendimento di lunghezza di circa 120 m e sono state raggiunte profondità di 25 m. Le elaborazioni hanno messo in evidenza una velocità delle onde di taglio stimabile in V_s 150 m/s.

Le misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola (HVSr – Horizontal to Vertical Spectral Ratios) permettono di determinare la frequenza di risonanza del sito. Vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridimensionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza tra le componenti orizzontali e verticali del moto. Le curve ricavate per il sito d'esame mettono in evidenza deboli contrasti di impedenza rappresentati da picchi di bassa ampiezza intorno a frequenze di 4 Hz, che descrivono l'alternanza di livelli sabbiosi e argillosi superficiali.

2.2.1.3 – Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento

Dall'analisi dei dati disponibili (anche dati esistenti ed indagini in situ) è stata effettuata una ricostruzione stratigrafica e litologica schematica dei depositi alluvionali nell'area d'intervento.

Le indagini hanno confermato la presenza di depositi alluvionali a composizione argilloso limosi alternati a livelli sabbioso limosi, di caratteristiche fisico-meccaniche variabili, che migliorano con l'aumentare della profondità.

In particolare, le prove penetrometriche eseguite nella presente fase di studio indicano che nella prova CPTU1, al di sotto dell'orizzonte superficiale di suolo/terreno rimaneggiato, di

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 16 di 33
---	---	--------------

spessore di circa 0,70 m, sono state incontrate argille e argille limose poco consistenti, fino alla profondità di -6,00 m da p.c.. Al di sotto di tale orizzonte, sono state incontrate limi sabbiosi e sabbie limose da poco addensate a mediamente addensate fino a -7,00 m da p.c.; procedendo in profondità, sono state trovate argille e argille limose poco consistenti fino a -11,00 m da p.c. e da tale profondità e fino a -12,20 m da p.c. sono state trovati limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensate. Da tale profondità e fino a -14,00 m da p.c. sono state trovate argille e argille limose poco consistenti. Procedendo, sono stati trovati limi sabbiosi e sabbie limose da mediamente addensate a addensate fino a -15,00 m da p.c. e al di sotto di tale orizzonte si sono incontrate argille e argille limose poco consistenti fino a -19,60 m da p.c.. Da tale profondità e fino a -22,50 m da p.c. sono state trovate sabbie e sabbie limose addensate per poi passare a argille e argille limose mediamente consistenti fino a -23,60 m da p.c.; da tale profondità e fino alla massima profondità indagata di -24,00 m da p.c. attuale, sono stati trovati limi sabbiosi e sabbie limose addensate.

Nella prova penetrometrica con piezocono digitale CPTU2, al di sotto dell'orizzonte superficiale di suolo/terreno rimaneggiato, di spessore di circa 0,80 m, sono state incontrate argille e argille limose poco consistenti fino alla profondità di -3,90 m da p.c. attuale. Al di sotto di tale orizzonte, sono stati incontrati limi sabbiosi e sabbie limose da poco addensate a mediamente addensate fino a -5,10 m da p.c.; procedendo in profondità, sono state trovate argille e argille limose poco consistenti fino a -6,00 m da p.c. e da tale profondità e fino a -7,10 m da p.c. sono stati trovati limi sabbiosi e sabbie limose da poco addensate a mediamente addensate. Da tale profondità e fino a -10,20 m da p.c. sono state trovate argille e argille limose poco consistenti. Procedendo, sono stati trovati limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensate fino a -11,30 m da p.c. e al di sotto di tale orizzonte si sono incontrate argille e argille limose poco consistenti fino a -17,30 m da p.c.; da tale profondità e fino a -18,00 m da p.c. sono stati trovati limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensate per poi passare a argille e argille limose poco consistenti fino a -19,10 m da p.c.; da tale profondità e fino a -21,90 m da p.c. si sono incontrate sabbie e sabbie limose addensate e fino alla massima profondità indagata di -25,36 m da p.c. attuale, sono state trovate argille e argille limose mediamente consistenti.

In sintesi, nell'area in esame si possono raggruppare i seguenti orizzonti litologico-stratigrafici principali incontrati:

1 – suolo/terreno rimaneggiato (spessore massimo rilevato pari a 0,80 m in CPTU2);

2 – argille e argille limose poco consistenti con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose da poco addensate a mediamente addensate (dalla base dell'orizzonte 1 fino a una profondità di circa -6,00 m da p.c. in CPTU2);

3 – limi sabbiosi e sabbie limose da poco addensate a mediamente addensate (dalla base dell'orizzonte 2 fino a una profondità di circa -7,10 m da p.c. in CPTU2);

3 – argille e argille limose poco consistenti con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensate (dalla base dell'orizzonte 2 fino a una profondità di circa -19,10 m da p.c. in CPTU1);

5 – sabbie e sabbie limose addensate (dalla base dell'orizzonte 3 fino a una profondità di circa -22,50 m da p.c. in CPTU1);

6 – argille e argille limose mediamente consistenti alternate con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose addensate (dalla base dell'orizzonte 5 fino alla massima profondità indagata di -25,36 m da p.c. in CPTU2).

Sulla base della successione stratigrafica riportata viene confermata quindi la presenza nell'area di studio dei depositi alluvionali del Subsistema di Ravenna (AES₈), come descritto nei paragrafi precedenti.

3 Inquadramento idrogeologico

3.1 IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA

Gli acquiferi della pianura emiliano – romagnola sono costituiti principalmente dai depositi di origine alluvionale, per uno spessore massimo di circa 400-500 m e, in minima parte, da depositi marino marginali. La distribuzione di questi corpi idrogeologici nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di Figura 5 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po.

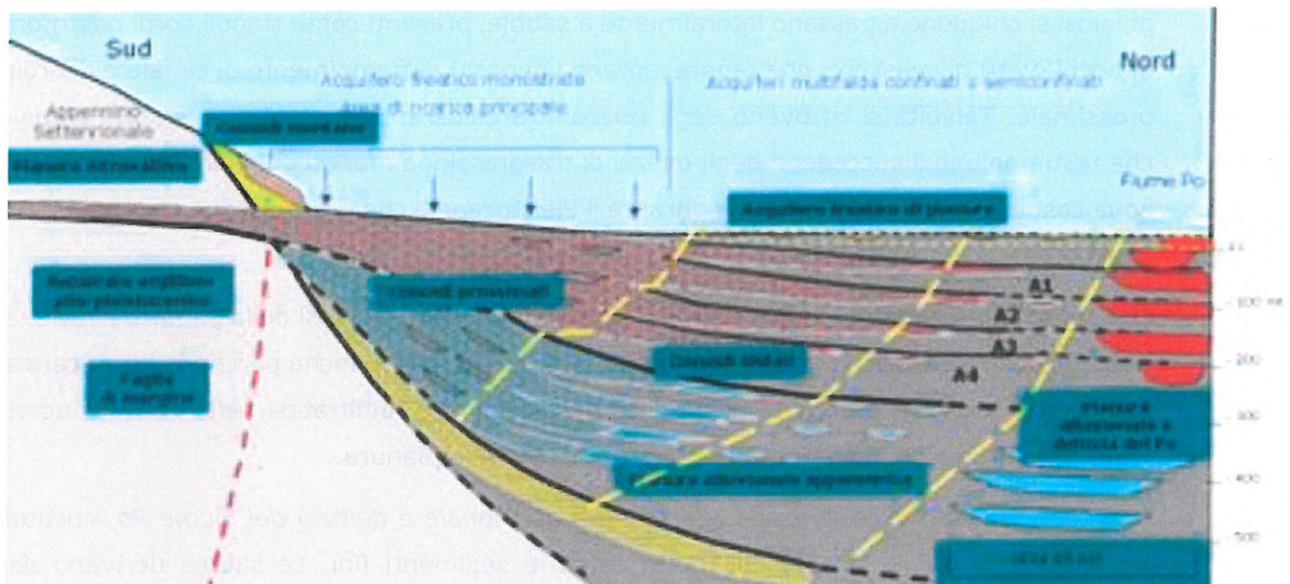


Figura 5 – Schema distribuzione corpi sedimentari (Regione Emilia Romagna)

Procedendo quindi dal margine verso nord, si trovano nell'ordine i seguenti complessi sedimentari: **le conoidi alluvionali, la pianura alluvionale appenninica e la pianura alluvionale e deltizia del Po.**

Per quanto riguarda le *conoidi alluvionali*, nella porzione più vicina al margine (conoidi prossimali o pedemontane), allo sbocco del fiume nella pianura, prevalgono le ghiaie grossolane e frequentemente affioranti, che proseguono nel sottosuolo con spessori anche di alcune centinaia di metri, mentre i depositi fini sono rari e discontinui; procedendo verso la pianura aumenta invece la presenza di depositi fini, che si alternano a quelli ghiaiosi (qui sepolti) in corpi tabulari molto estesi (conoidi distali).

Dal punto di vista idrogeologico le conoidi alluvionali, con i loro depositi molto permeabili e molto spessi, sono i principali acquiferi della pianura emiliano – romagnola. In particolare, le conoidi prossimali sono sede di un esteso acquifero freatico ricaricato direttamente dalle acque superficiali dei fiumi e dalle piogge, mentre le conoidi distali costituiscono un complesso sistema di acquiferi multistrato con falde confinate e semiconfinate. Le conoidi si possono differenziare sulla base del volume dei depositi grossolani in esse presenti, suddividendole in: conoidi maggiori, conoidi intermedie e conoidi minori.

La *pianura alluvionale appenninica* è caratterizzata da una pendenza topografica inferiore ed è formata dai sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici a distanze maggiori, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille e sabbie limose. Essa inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di spessore, che rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine prossimale. Talvolta si ritrovano degli orizzonti argillosi molto ricchi di sostanza organica che testimoniano il succedersi degli eventi di trasgressione marina che hanno interessato la zona costiera dell'Emilia-Romagna durante il Pleistocene e che costituiscono dei veri e propri livelli guida.

Dal punto di vista idrogeologico i rari e discontinui depositi sabbiosi della pianura alluvionale appenninica, costituiscono degli acquiferi di scarso interesse, anche perché la loro ricarica è decisamente scarsa e deriva unicamente dall'acqua che, infiltratasi nelle zone di ricarica delle conoidi, riesce molto lentamente a fluire sino alla pianura.

Procedendo verso nord si passa alla *pianura alluvionale e deltizia del Fiume Po*, costituita dall'alternanza di corpi sabbiosi molto estesi e sedimenti fini. Le sabbie derivano dalla sedimentazione del Fiume Po e sono presenti in strati amalgamati tra loro a formare livelli spessi anche alcune decine di metri ed estesi per svariati chilometri. Nella parte occidentale della Regione questi depositi hanno sempre un'origine alluvionale, mentre verso est rappresentano i diversi apparati deltizi che il Po ha sviluppato nel corso del Pleistocene. I sedimenti fini che si alternano a questi strati sabbiosi sono formati da limi più o meno argillosi, argille, sabbie limose e più raramente sabbie. Anche nella pianura alluvionale del Po sono presenti dei depositi argillosi ricchi in sostanza organica che fungono da livelli guida.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi della pianura alluvionale e deltizia del Po costituiscono degli acquiferi confinati molto permeabili e molto estesi e dunque molto importanti. Il più superficiale di questi è in contatto diretto col fiume, da cui viene ricaricato,

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 20 di 33
---	---	--------------

mentre quelli più profondi ricevono una ricarica remota che viene in parte dallo stesso Po (da zone esterne alla Regione Emilia-Romagna) e in parte dalle zone di ricarica appenniniche ed alpine, poste rispettivamente molto più a sud e a nord.

Al di sopra dei depositi descritti, fatto salvo per le conoidi prossimali dove le ghiaie sono affioranti, si trova l'acquifero freatico di pianura, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici.

Gli acquiferi presenti nelle zone intravallive sono i terrazzi alluvionali risultanti dall'azione erosiva dei corsi d'acqua, che generalmente hanno una topografia pianeggiante e sono costituiti da ghiaie e sabbie di canale fluviale, sovrastate da sottili spessori di materiali più fini pedogenizzati. Si tratta di acquiferi freatici molto sottili, alimentati dalle piogge locali, dai canali e dal drenaggio dei versanti adiacenti.

Tra gli acquiferi di pianura e quelli di montagna, si trova la zona del margine appenninico, formato da depositi ghiaiosi coperti da sedimenti fini pedogenizzati (conoidi montane) che, in una breve distanza verso la pianura, passano da spessori sottili a spessori anche molto considerevoli a formare le conoidi alluvionali precedentemente descritte. Al di sotto di questi depositi ghiaiosi si trovano le sabbie costiere attribuibili all'ultimo episodio della sedimentazione marina nell'Appennino e che proseguono fino alle porzioni più distali della pianura (Sabbie Gialle).

Con la pubblicazione del volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998 e la realizzazione del progetto di Cartografia Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (progetto CARG), il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia - Romagna ha proposto una nuova stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella Figura 6.

UNITA' STRATIGRAFICHE	SEQUENZE DEPOSIZIONALI	ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO
SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	Qc	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE	A	A1	
		~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO		A2	
SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc ₂				B	A3
	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	Qc ₁	B1			
SABBIE DI IMOLA		Qm	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE	C	B2
	~0.8		B3			
GRUPPO DEL SANTERNO	P2	~1.0	PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	B4		
		~2.2		C1		
		~3.3-3.6		C2		
		~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	C3		
			ACQUITARDO BASALE	C4		
				C5		

— Superficie di discontinuità principale — Superficie di discontinuità minore

Figura 6 - Schema stratigrafico ed idrogeologico della Pianura emiliana-romagnola (modificato da Regione Emilia Romagna & ENI AGIP, 1998)

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C: il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 - 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B, intermedio, va da 350.000 - 450.000 anni sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. In prossimità dei principali

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 22 di 33
---	---	--------------

sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta conoide dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio.

Esiste una corrispondenza tra i Gruppi Acquiferi (definiti come Unità Idrostratigrafiche) e le Unità Stratigrafiche utilizzate nella Carta Geologica d'Italia. Nello specifico, il Gruppo Acquifero A corrisponde al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) , il Gruppo acquifero B al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), il Gruppo Acquifero C a diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO).

Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza.

Oltre che nello schema di Figura 6, la stratigrafia proposta è ben rappresentata nella Figura 7, dove è ben visibile la suddivisione nel sottosuolo dei diversi Gruppi Acquiferi e la rispettiva distinzione dei vari Complessi Acquiferi.

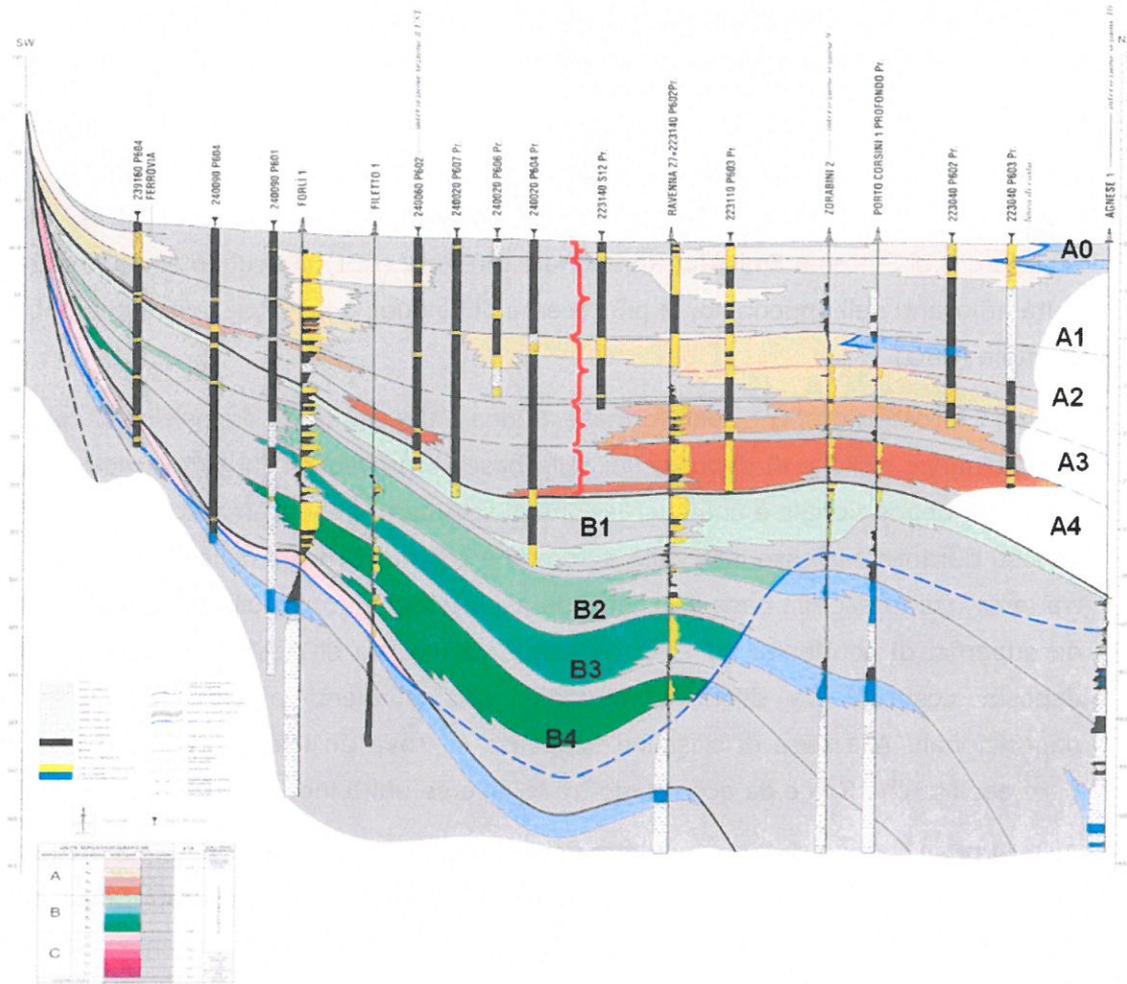


Figura 7 - Sezione geologica sottosuolo pianura emiliano-romagnola con distinzione delle principali unità idrostratigrafiche all'interno della successione sedimentaria del Quaternario (Regione Emilia Romagna & ENI AGIP, 1998). L'esagerazione verticale è di 50x.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERESSE

Prendendo a riferimento il solo Gruppo Acquifero A, che comprende la porzione superficiale dei sedimenti che costituiscono il bacino padano, il sito su cui è stato realizzato il pozzo "Gradizza 1" è localizzato in corrispondenza del complesso idrogeologico della "pianura alluvionale appenninica" (Figura 8).

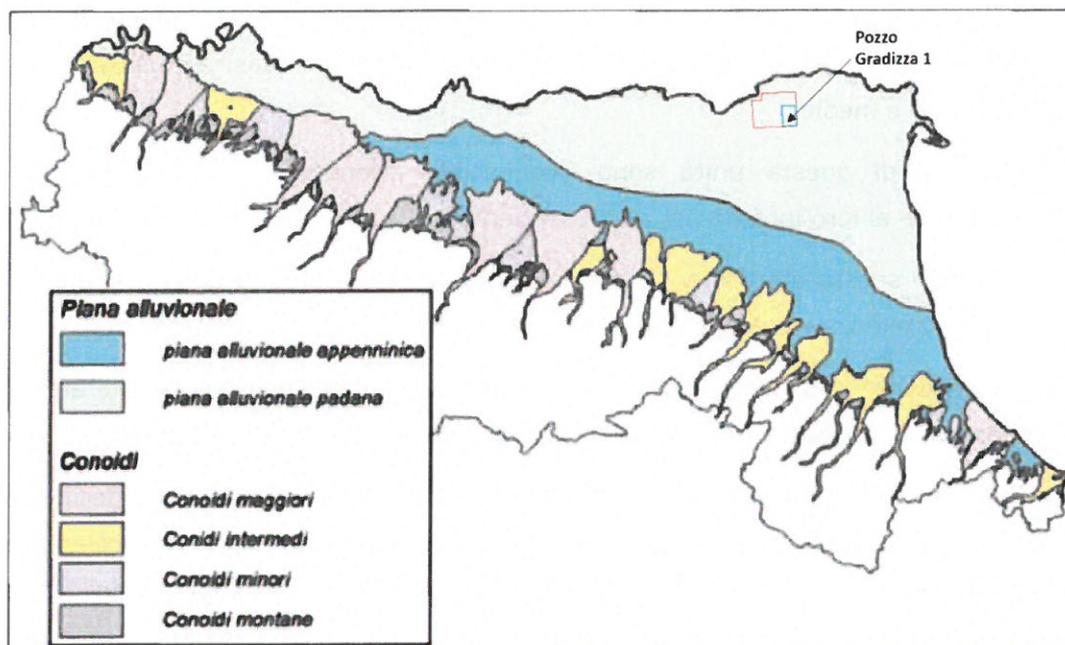


Figura 8 – distribuzione dei complessi sedimentari-idrogeologici (Regione Emilia Romagna – ARPA, 2003). Il poligono rosso rappresenta il Permesso di Ricerca "La Prospera", il poligono blu l'ingombro della concessione Gradizza, con la freccia viene localizzato il pozzo Gradizza 1.

Di seguito vengono pertanto descritti più nel dettaglio gli aspetti geologici-idrogeologici del complesso sedimentario-idrogeologico della *piana alluvionale padana*.

LA PIANURA ALLUVIONALE PADANA

Secondo quanto riportato ne "le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna" (2003), i depositi di pianura alluvionale padana si sviluppano nel settore centrale della pianura e seguono l'andamento est-ovest dell'attuale corso del Fiume Po. Verso est fanno transizione ai sistemi del delta padano che a loro volta si estendono fino al settore della piana costiera adriatica. La distinzione dei sistemi padani rispetto a quelli appenninici si basa sul fatto che i corpi sabbiosi di origine padana sono molto più abbondanti e più spessi di quelli appenninici ed hanno una maggiore continuità laterale, a scala delle decine di chilometri. I depositi di pianura alluvionale padana sono ben individuabili nel settore piacentino e parmense dove sono limitati verso sud dai depositi ghiaiosi delle conoidi alluvionali dei fiumi appenninici. In questo settore i depositi padani più grossolani sono

costituiti da sabbie ghiaiose. Verso est, a partire dal settore reggiano fino alla pianura costiera, i depositi fluviali e deltizi padani sono costituiti quasi esclusivamente da sabbie grossolane e medie.

All'interno di questa unità sono riconoscibili alternanze cicliche lungo la verticale, organizzate al loro interno nel modo seguente:

- la base - spessa mediamente una decina di metri è costituita da limi-argillosi, a cui sono associati nelle zone più orientali della regione depositi lagunari e costieri;
- la porzione intermedia - di spessore decametrico con continuità laterale di decine di chilometri è composta da depositi limoso-sabbiosi spesso alternati a depositi sabbiosi;
- la parte sommitale - di spessore decametrico con continuità laterale di decine di chilometri è caratterizzata dalla presenza di depositi sabbiosi. Localmente, in particolare nelle zone di alto strutturale interne al bacino, lo spessore di depositi grossolani può arrivare a costituire la quasi totalità dello spessore dell'unità.

Nonostante complessivamente vi sia una elevata percentuale di depositi sabbioso-grossolani, la circolazione idrica all'interno di questi depositi è complessivamente ridotta. Gli scambi fiume-falda sono possibili solamente con gli acquiferi meno profondi, mentre nei sottostanti il flusso avviene in modo francamente compartimentato in condizioni quindi confinate. I valori medi di gradiente idraulico sono quindi pari a circa lo 0.2-0.3 per mille.

Il complesso idrogeologico della piana alluvionale padana si mostra come un contenitore idrico di acqua a qualità non idonea dal punto di vista qualitativo all'uso potabile, con progressivo peggioramento dalle parti occidentali verso le parti orientali della piana padana. Sono molti i parametri di origine naturale che si riscontrano in tale ambito:

- ferro, manganese, boro, fluoro e azoto ammoniacale presentano valori molto elevati;
- l'arsenico è presente in quantità non elevate, inferiori a 10 microg/l, e spesso non è rilevabile; Non sono invece assenti inquinanti di tipo antropico, con particolare riferimento a composti organici anche nelle porzioni orientali.

Le acque contenute sono quindi definibili come stato chimico particolare, anche se localmente può verificarsi una qualità scadente. Nelle parti più prossime al Po, lo stretto rapporto di alimentazione da fiume a falda fornisce una consistente diluizione delle acque per alcuni parametri quali azoto ammoniacale, boro e fluoro. Ciò viene ulteriormente amplificato in prossimità della città di Ferrara dove è cospicua l'attività di prelievo. Un

ulteriore elemento di scadimento della qualità degli acquiferi padani è legato ai flussi di acque salate o salmastre di origine naturale provenienti dal substrato dell'acquifero attraverso faglie e fratture. Ciò avviene nelle zone di culminazione degli alti strutturali interni al bacino padano, permettendo la risalita di acque ricche in cloruri e solfati sino a poche decine di metri dal piano campagna. In questo contesto la pressione antropica in termini di eccessivo prelievo può accentuare il normale processo di scadimento della qualità delle acque.

Si riporta di seguito un sintesi delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e di qualità delle acque, tratta dalla Relazione Generale del Piano di Tutela delle Acque (Regione Emilia Romagna, 2005).

	Caratteristiche geologiche	Caratteristiche quantitative	Caratteristiche qualitative
PIANURA ALLUVIONALE DELTIZIA PADANA	Livelli di sabbie di spessore decametrico ed estensione plurichilometrica, localmente Amalgamati, generalmente Alternati a depositi fini.	Scarsa circolazione idrica Rapporto idrico da fiume a falda Visibile in relazione al Po Compartimentazione del sistema Acquifero Falda confinata	Contaminazioni occasionali di Origine puntuale Nitrati generalmente assenti Presenza di contaminanti di Origine naturale (ferro, Manganese, ammoniaca)

Tabella 2 – Sintesi delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del Complesso Idrogeologico all'interno del Gruppo Acquifero A di interesse per l'area in esame (Regione Emilia Romagna - Relazione Generale Piano di Tutela delle Acque, 2005).

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO SITO SPECIFICO

In sintesi, dal quadro sopra descritto si deduce che la circolazione idrica negli acquiferi superficiali della pianura alluvionale non è molto veloce e che la loro produttività idrica non è molto elevata. Si osserva inoltre che la parte maggiore dell'alimentazione della falda è laterale, in connessione con la rete di scolo e con i corsi d'acqua principali.

Come desunto dai dati disponibili (pozzi e prove penetrometriche da banca dati Regione Emilia Romagna – vedi Tabella 1) e dalle indagini eseguite in questa fase di studio, i sedimenti presenti sono soprattutto fini, limi e argille, caratterizzati da una scarsa o nulla permeabilità, alternati a lenti costituite da limi e sabbie, dove in ragione del maggior grado di permeabilità relativa, il deflusso idrico è maggiore.

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 27 di 33
---	--	--------------

L'area risulta caratterizzata dalla presenza di una falda freatica superficiale prevalentemente in equilibrio con i canali di bonifica e i corsi d'acqua che attraversano la zona.

L'area interessata dall'intervento appartiene ad una fascia di bassa pianura, sulla destra del F. Po, al margine delle Grandi Bonifiche Ferraresi, caratterizzata da un notevole spessore dei depositi alluvionali quaternari che costituiscono i gruppi acquiferi A e B (Risorse Idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna-Regione Emilia Romagna – ENI, 1998).

Nell'area in esame lo spessore complessivo degli acquiferi considerati è di circa 200 – 250 m mentre l'interfaccia acque dolci-acque salate è individuabile alla profondità di circa -150 m circa. Il regime della falda freatica è caratterizzato da livelli piezometrici variabili e generalmente compresi entro i primi 3.00/4.00 m s.l.m., con piccole variazioni stagionali caratterizzate da un massimo ad aprile maggio, ed un minimo nel mese di settembre.

Le indagini eseguite hanno rilevato la presenza di una falda freatica superficiale con livello statico posto a circa -1.30 m dal p.c. (febbraio 2016).

3.3.1 CENSIMENTO POZZI E DATI PIEZOMETRICI

Come predetto, consultando la banca dati della Regione Emilia Romagna (<http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>), è stato effettuato un censimento dei pozzi e dei dati geognostici esistenti nell'intorno del pozzo Gradizza 1.

Nel dettaglio, secondo quanto già riportato in Tabella 1 e Figura 3, in prossimità dell'area d'intervento sono state individuate 1 prova CPT con punta meccanica e n.2 pozzi per acqua, di varie profondità ed utilizzi. Da banca dati non sono note le profondità dei livelli piezometrici. Tale informazione è stata però ricavata dalle indagini geognostiche eseguite in situ, nel febbraio 2016. L'ubicazione dei punti di misura è riportata nella Figura 3 e Figura 4. Si ritiene che i livelli acquiferi registrati, valori di -1,33m da p.c. e -0,90 m da p.c., nelle prove penetrometriche siano riferibili all'acquifero freatico superficiale, di scarsa produttività e poco significativo ai fini del possibile sfruttamento per usi civili della risorsa idrica.

Tra i pozzi esistenti, anche se localizzati a maggiore distanza da Gradizza 1, si segnalano inoltre ulteriori 7 pozzi che fanno parte della rete di monitoraggio acque sotterranee della Regione Emilia Romagna. La Regione Emilia Romagna è infatti dotata di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee, che è stata progettata nel 1976, nell'ambito della predisposizione del Progetto di Piano per la salvaguardia e l'utilizzo ottimale delle risorse idriche (Regione Emilia-Romagna & Idroser, 1978), limitatamente al controllo della

piezometria e della conducibilità elettrica specifica con una frequenza stagionale. Negli anni 1987-88 sono state estese le indagini alla componente qualitativa, venendo così a realizzarsi una prima rete di controllo "quali-quantitativo", dove i rilievi piezometrici ed i campionamenti dei parametri fisico-chimici e microbiologici vengono condotti da Arpa con la frequenza semestrale.

La rete di controllo è stata nel tempo sottoposta ad un processo di revisione/ottimizzazione, il cui principale obiettivo era quello di essere funzionale alla classificazione delle acque sotterranee in base a quanto contenuto nel D.Lgs. 152/99 e s.m.i. (Figura 9 e Figura 10).

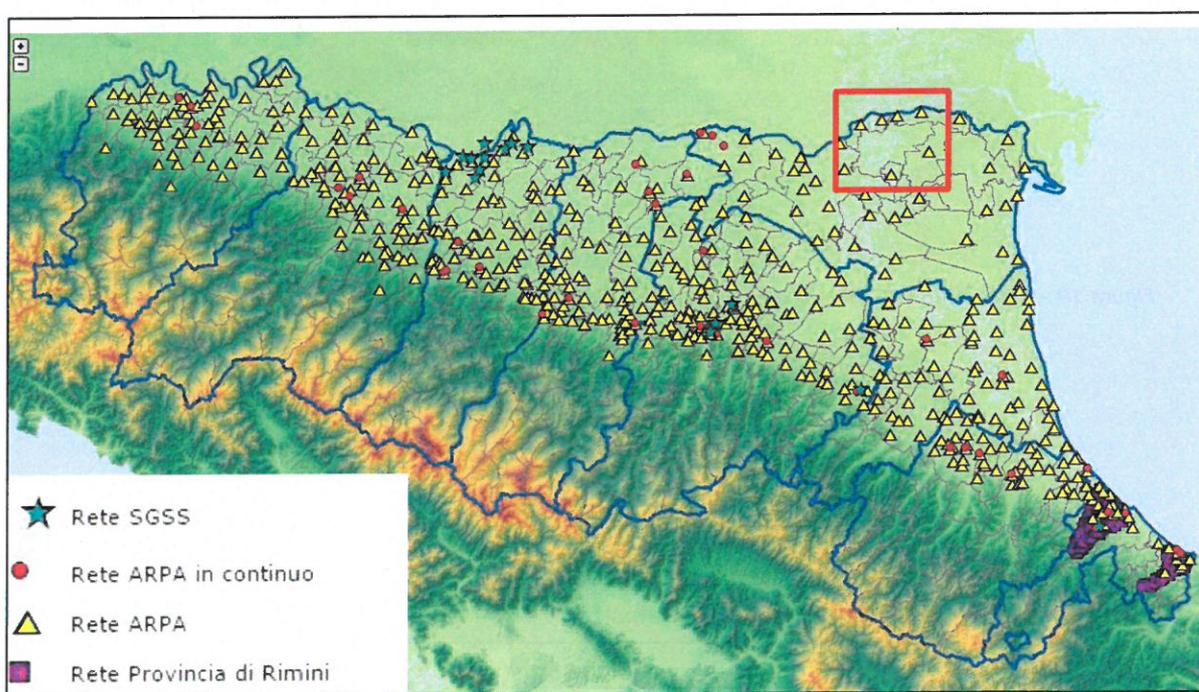


Figura 9 – Rete di monitoraggio acque sotterranee Regione Emilia Romagna - https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=ewater. Il riquadro rosso rappresenta l'esploso in Figura 10.

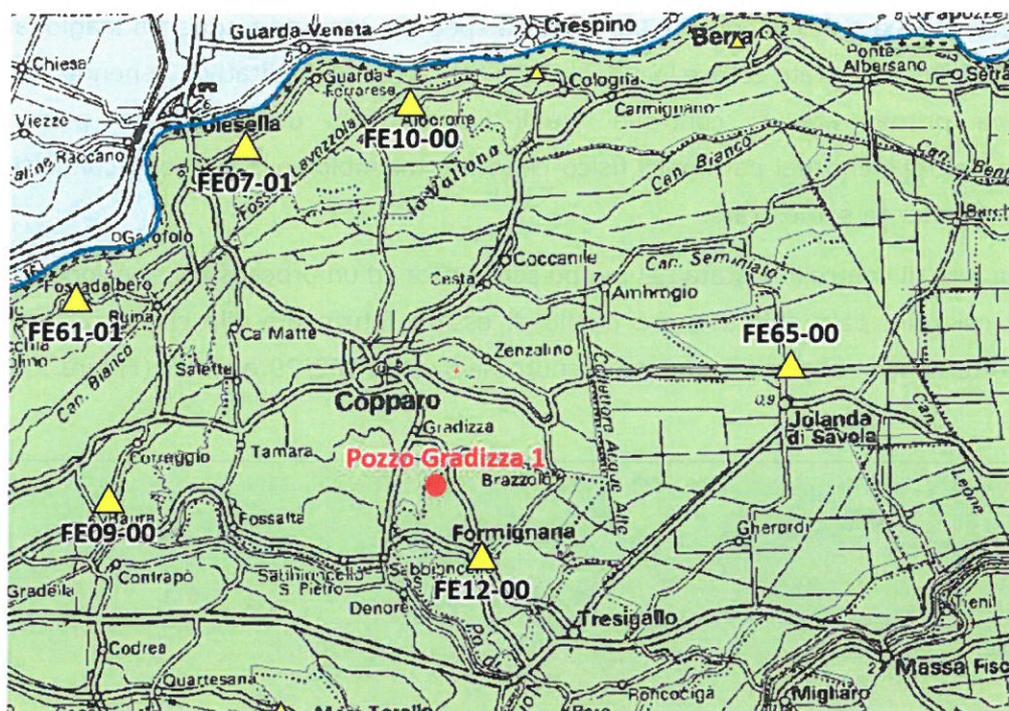


Figura 10 - Rete di monitoraggio acque sotterranee Regione Emilia Romagna in prossimità del sondaggio Gradizza 1.

SIGLA	TIPOLOGIA	PROFONDITA' (m da p.c.)
FE12-00	Pozzo antincendio	130,00
FE65-00	Pozzo antincendio	36,00
FE09-00	Pozzo inattivo	35,00
FE07-01	Pozzo acquedottistico	50,00
FE61-01	Pozzo ad uso civile	38,00
FE10-00	Pozzo antincendio	44,00

Tabella 3 - elenco stazioni di misura Rete di monitoraggio acque sotterranee Regione Emilia Romagna in prossimità del pozzo Gradizza 1

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 30 di 33
---	---	--------------

4 Considerazioni conclusive

Il pozzo esplorativo Gradizza 1 è stato realizzato in corrispondenza dell'unità idrostratigrafica della pianura alluvionale padana.

In sintesi, dagli approfondimenti eseguiti nell'area d'intervento, all'interno dei depositi quaternari prevale la presenza di depositi alluvionali a composizione argilloso limosi alternati a livelli sabbioso limosi, di caratteristiche fisico-meccaniche variabili, che migliorano con l'aumentare della profondità. L'area interessata dall'intervento appartiene ad una fascia di bassa pianura, sulla destra del F. Po, al margine delle Grandi Bonifiche Ferraresi, caratterizzata da un notevole spessore dei depositi alluvionali quaternari che costituiscono i gruppi acquiferi A e B (Risorse Idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna-Regione Emilia Romagna – ENI, 1998).

Nell'area in esame lo spessore complessivo degli acquiferi considerati è di circa 200 – 250 m mentre l'interfaccia acque dolci-acque salate è individuabile alla profondità di circa -150 m circa. Il regime della falda freatica è caratterizzato da livelli piezometrici variabili e generalmente compresi entro i primi 3.00/4.00 m s.l.m., con piccole variazioni stagionali caratterizzate da un massimo ad aprile maggio, ed un minimo nel mese di settembre. Le indagini eseguite hanno rilevato la presenza di una falda freatica superficiale con livello statico posto a circa -1.30 m dal p.c. (febbraio 2016).

Secondo le indicazioni fornite dall'elaborato 1A Progetto Impianti, "l'impianto da realizzare prevedrà al posizionamento degli skids di disidratazione sulle preesistenti platee in calcestruzzo armato, del compressore e dei tre containers alloggiati su traversine in calcestruzzo prefabbricato. Tubazioni e cavi di collegamento saranno collocate fuori terra, appoggiate su traversine in cemento. Utilizzando un escavatore di piccola taglia, viene previsto lo scavo di una trincea, nella quale verrà estesa agli impianti la rete di terra esistente secondo la planimetria dedicata".

Tra gli interventi citati, sottolineiamo che il tratto interrato da escavare interesserà una profondità di circa 1,50 m per l'installazione della rete di terra, di collegamento al gasdotto SNAM. Come specificato dal dettaglio progettuale in oggetto, la condotta di acciaio, di qualità calmato, avrà diametro di 2" e sarà dotato di rivestimento esterno di protezione.

Alla luce di quanto sopra indicato, e considerando il già presente posizionamento della rete di distribuzione del gas, a pochi metri di distanza da quello che sarà il nuovo tratto, si

	<p>PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u></p>	<p>Pag 31 di 33</p>
---	---	---------------------

esclude ogni possibile interferenza tra il gasdotto e le restanti opere per la messa in produzione del giacimento Gradizza, con gli acquiferi presenti.

Marzo, 2016

Dott. Geol. Alessandro Murratzu

Dott. Geol. Simone Fiaschi

	PERMESSO DI RICERCA LA PROSPERA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI GRADIZZA <u>Geologia ed Idrogeologia di sito</u>	Pag 32 di 33
---	---	--------------

5 Riferimenti Bibliografici

- Amorosi A. & Farina M. (1995) – Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (northern Italy). *Giornale di Geologia*, 57/1-2, 3-16.
- Amorosi A., Farina M., Severi P., Preti D., Caporale L. & Di Dio G. (1996) - Genetically related alluvial deposits across active fault zones: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy. *Sedimentary Geology*, 102, 275-295.
- Amorosi A., Caporale L., Farina M., Preti D. & Severi P. (1997) - Late Quaternary sedimentation at the southern margin of the Po Basin (northern Italy). *Geologia Insubrica*, 2/2, 149-159.
- Amorosi A., Forlani L., Fusco F. & Severi P. (2001) - Cyclic patterns of facies and pollen associations from Late Quaternary deposits in the subsurface of Bologna. *GeoActa*, 1, 83-94.
- Amorosi A., Colalongo M.L., Fiorini F., Fusco F., Pasini G., Vaiani S.C. & Sarti G. (2004a) - Palaeogeographic and palaeoclimatic evolution of the Po Plain from 150-ky core records. *Global and Planetary Change*, 40, 55-78.
- Amorosi A. & Colalongo M.L (2005) - The linkage between alluvial and coeval nearshore marine successions: evidence from the Late Quaternary record of the Po River Plain, Italy. In: M.D. Blum, S.B. Marriott & S.F. Leclair (Eds.), *Fluvial Sedimentology VII*. Spec. Publs int. Ass. Sediment.35, 257-275.
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 187 – Codigoro ISPRA – Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 204 – Porto Maggiore (2009). ISPRA – Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 76 – Ferrara ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.

- Idroser s.p.a., Regione Emilia Romagna (1978) – Progetto di Piano per la salvaguardia e l'utilizzo ottimale delle risorse idriche in Emilia-Romagna, Bologna.
- Ricci Lucchi F., Colalongo M.F., Cremonnini G., Gasperi G., Iaccarino S., Papani G., Raffi S., & Rio D. (1982) – Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico. In: G. Cremonini & F. Ricci Lucchi (a cura di) "Guida alla geologia del margine appenninico-padano", Guide Geol. Reg. della S.G.I., pp.17-46.
- Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) – Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G. Di Dio. S.El.CA., Firenze, 120 p.
- Regione Emilia-Romagna & ARPA (2003) – Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia-Romagna, Report 2003.
- Regione Emilia-Romagna, ARPA Emilia-Romagna – Le acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna: modello concettuale. In supporto tecnico alla Regione Emilia-Romagna, alle Province ed alle Autorità di Bacino per la elaborazione del Piano Regionale Di Tutela delle Acque e Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Art. 44 del D.Lgs. 152/99 e Art. 115 L.R. 3/99) – Quadro conoscitivo Attività B (2002).
- Regione Emilia-Romagna (2005) – Piano di Tutela delle acque – Relazione generale.

Siti internet:

- <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/acque/idrogeologia-della-pianura-emiliano-romagnola>
- https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=ewater
- <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>