

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 1 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, N. 50)
FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

MONITORAGGIO AMBIENTALE
COMPONENTE: ACQUE SOTTERRANEE

REPORT MONITORAGGI
FASE POST OPERAM
Stazione AS08

0	Emissione per permessi	M.Longhini	G.Mattioli	M.Begini	19/08/2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 2 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INQUADRAMENTO	4
2.1.	Idrografia	4
2.2.	Precipitazioni	4
2.3.	Idrogeologia	4
2.4.	Situazione idrogeologica locale	6
3.	METODOLOGIA	7
3.1.	Individuazione delle aree da monitorare	7
3.2.	Misurazioni	7
3.3.	Articolazione temporale del monitoraggio	8
4.	RISULTATI	9
4.1.	AS08 – MT Pineta di Punta Marina	10
4.1.1.	<i>Dati quantitativi</i>	11
4.1.2.	<i>Stato qualitativo</i>	11
5.	CONCLUSIONI	14
6.	BIBLIOGRAFIA	15
7.	ALLEGATI	15

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 3 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

1. PREMESSA

Il monitoraggio della componente ambientale delle Acque Sotterranee ha come obiettivo la conservazione delle falde idriche sub-superficiali, con particolare riferimento alle potenziali interazioni legate agli attraversamenti in trenchless previsti in fase di cantiere. L'obiettivo del presente documento è quello di rappresentare gli esiti dei rilievi eseguiti durante la fase Post Operam (PO) ed un confronto rispetto a quanto rilevato durante le campagne in Ante Operam (AO) e Corso d'Opera (CO).

Nello specifico sono stati analizzati i risultati relativi alla stazione/piezometro AS08, posta in corrispondenza dell'attraversamento della Pineta di Punta Marina realizzato con tecnologia *trenchless* MT (microtunnel).

Per l'attraversamento della Pineta di Punta Marina, il monitoraggio è stato finalizzato principalmente al controllo dell'intrusione salina e a garantire l'equilibrio del sistema idrico.

Per quanto concerne le risultanze, per la fase di Post Operam, della campagna relativa alle restanti stazioni piezometriche previste dal Piano di monitoraggio Ambientale (rif. doc. REL-AMB-E-09009), le stesse saranno riportate in ulteriore report.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 4 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

2. INQUADRAMENTO

2.1. Idrografia

Reticolo idrografico naturale

Numerosi corsi d'acqua appenninici, che nascono fuori comune o fuori provincia, sfociano in mare dopo aver transitato nel territorio comunale di Ravenna. Si tratta del Reno, del Lamone, del Montone e del Ronco, del Bevano e del Savio. Tra questi, il fiume Montone ed il fiume Ronco, che a sud del capoluogo sono stati fatti confluire artificialmente a formare i Fiumi Uniti, interessano direttamente l'area progettuale.

Reticolo idrografico artificiale

Tutta l'area della Provincia di Ravenna è caratterizzata da una fittissima rete di canali artificiali, costruiti e tenuti in efficienza dai consorzi di bonifica, nei quali confluiscono tutte le acque di scolo dei territori tra un fiume e l'altro, e dove i livelli idrici sono costantemente regolati da numerosi impianti idrovori. La quasi totalità del territorio comunale di Ravenna rientra nelle competenze del Consorzio di Bonifica della Romagna, che gestisce l'attività di bonifica e di irrigazione, oltre a provvedere alla vigilanza e alla manutenzione delle opere connesse.

2.2. Precipitazioni

Le precipitazioni mostrano, nel periodo 1991-2005, una media annuale di circa 755 mm.

Le precipitazioni medie mensili presentano una maggiore piovosità da agosto a dicembre (>75mm/mese) con picchi in ottobre e novembre (>85mm/mese); per i restanti mesi dell'anno si rileva un picco primaverile nel mese di aprile (≈75mm/mese).

Le piogge massime mensili si concentrano nei mesi di settembre e novembre (>200mm/mese), mentre le precipitazioni massime assolute giornaliere sono state registrate nel periodo estivo luglio – settembre (>85mm/giorno).

2.3. Idrogeologia

Per quanto riguarda l'idrogeologia, nella pianura Emiliano-Romagnola si distinguono 3 unità idrostratigrafiche, superficiali e profonde, ciascuna separata da quelle sovrastanti e sottostanti da estesi livelli impermeabili argillosi (v. Fig. 2.3-a).

Il settore studiato è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a cui segue in profondità un acquifero multistrato in pressione.

Quest'ultimo appartiene al sistema acquifero della Pianura Padana che può essere sinteticamente considerato come un sistema multistrato formato dai complessi delle conoidi appenniniche ed alpine e dai complessi della media e bassa pianura. Tale struttura è limitata lateralmente dai rilievi montuosi, Alpi ed Appennini a N, W e S, e dall'Adriatico ad E.

Nel settore occidentale del territorio ravennate la principale struttura idrogeologica dell'immediato sottosuolo è costituita dai terreni a granulometria limoso-argilloso-sabbiosa sedimentatisi a seguito di processi di origine fluviale e che normalmente sono confinati da depositi di copertura alluvionale recente.

Verso la costa, la falda superficiale è contenuta all'interno dei sedimenti grossolani principalmente sabbiosi che costituiscono il sistema di cordoni dunosi depositatisi a partire dall'età flandriana ed il cui assetto dipende dalle oscillazioni della linea di riva avvenute negli ultimi 5.000÷6.000 anni. Tra i due è

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 5 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

presente una zona di transizione, costituita non tanto da un particolare ambiente sedimentologico ma, ad una lettura puramente idrogeologica, dalla presenza di una copertura alluvionale sopra le sabbie oloceniche.

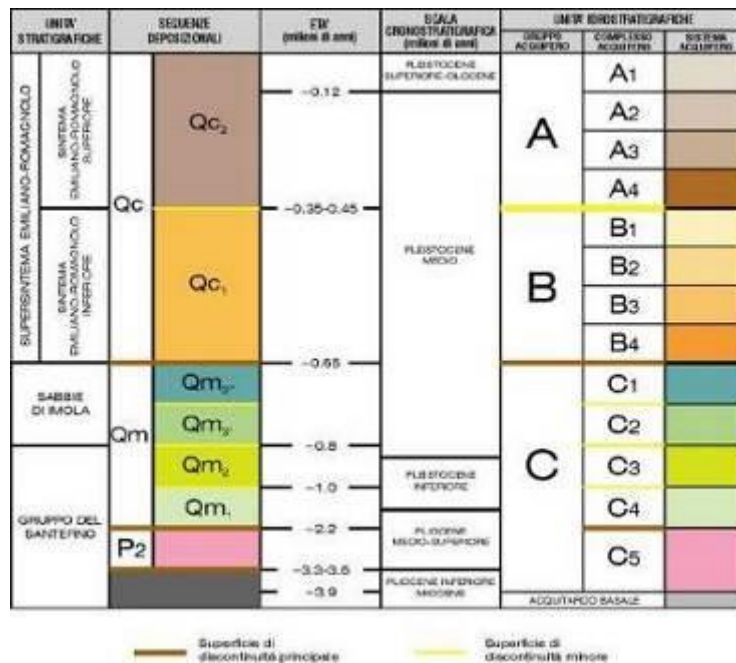


Fig. 2.3-a: Schema idro-stratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola (da Eni-Agip, RER)

Schematicamente si hanno allora da monte verso valle:

- terreni in genere fini e finissimi di origine alluvionale continentale, spesso impermeabili, che talvolta passano a limi sabbiosi sede di piccoli acquiferi superficiali, solo raramente freatici, come accade lungo i percorsi fluviali recenti ed antichi, più spesso confinati. La geometria ed i reciproci rapporti tra questi acquiferi sono assai variabili e possono essere ricostruiti solo con indagini di molto dettaglio; ugualmente, il rapporto tra questi ed i corpi idrici superficiali sono in larga misura sconosciuti;
- terreni come i precedenti che, nella fascia centrale del Comune di Ravenna, tengono in pressione l'acquifero superficiale contenuto nei sottostanti sedimenti olocenici. La copertura può essere considerata abbastanza continua, anche se, data l'eterogeneità della coltre alluvionale, non può essere esclusa la presenza di lembi emergenti dell'Olocene.
- terreni olocenici, prevalentemente sabbiosi, spesso ghiaiosi, in cui non mancano talvolta lenti di materiali molto fini in associazione con sostanza organica. Questi sono sede del vero e proprio acquifero freatico di Ravenna, la cui continuità laterale e longitudinale è interrotta solo dai corpi idrici superficiali con cui è, nella gran parte dei casi, in comunicazione diretta; in altri casi, il rapporto falda-fiumi è tutto da verificare, stante anche la pensilità di molti di essi negli ultimi chilometri di percorso.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 6 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

alluvionale del Po ci sono presenti dei depositi argillosi ricchi in sostanza organica che fungono da livelli guida.

Al di sopra dei depositi descritti, 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. È invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici, ove non sussistano problemi di salinità.

L'acquifero profondo è considerato di bassa qualità potabile in quanto i pozzi scavati alla profondità di 200-400 m denotano elevata presenza di ammoniaca, ferro, manganese e metano.

2.4. Situazione idrogeologica locale

Nel territorio di interesse è presente una falda freatica superficiale alimentata dall'infiltrazione diretta, dalle perdite di subalveo del reticolo idrografico e dall'irrigazione, regimata dalla rete di canali e scolì consorziali e soggetta ad emungimenti da parte dei pozzi presenti in zona.

L'acquifero superficiale ha uno spessore che, nell'area di indagine, in genere non eccede i 15 metri.

La struttura è costituita per lo più in sedimenti fini, costituiti da limi sabbiosi e argillosi, ma risulta difficile identificare un acquifero ben definito, poiché i termini sedimentari misti prevalgono su quelli ben classati e di conseguenza, anche in questo caso, vi è scarsa rappresentanza di lenti sabbiose vere e proprie.

Il livello statico della falda freatica è contenuto tra 0 a 2 m s.l.m., quindi, a seconda della posizione morfologica, a profondità variabili fra 0 e 4 m dal piano campagna, risultando quindi molto superficiale.

Una caratteristica particolare della falda è la sua bassissima velocità di flusso, stimata nell'ordine di 1m/anno.

È importante menzionare che negli ultimi anni lo sfruttamento della risorsa acqua sotterranea è stato abbandonato non per motivi legati a quantità e qualità, ma per contenere il fenomeno della subsidenza.

L'oscillazione della falda, includendo gli estremi stagionali e quelli interannuali, è di circa 0,8÷3,0 m.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 7 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

3. METODOLOGIA

3.1. Individuazione delle aree da monitorare

Il monitoraggio delle acque sotterranee prevede, nel complesso, il campionamento presso n. 8 stazioni ciascuna delle quali è costituita da una coppia di piezometri (installati a monte ed a valle in senso idrogeologico, a meno della stazione AS08 caratterizzata da un unico punto) per totale di n. 15 piezometri.

Il punto AS08 è stato destinato al prelievo di campioni di acqua relativamente all'attraversamento della pineta di Punta Marina.

3.2. Misurazioni

Sulla scorta di quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale (rif. doc. REL-AMB-E-09009) per ciascuna stazione sono stati rilevati i parametri chimici e fisici stabiliti riportati qui di seguito (Tab. 3.2-a):

Tabella 3.1-a: Parametri chimico-fisici da analizzare sulle acque sotterranee

Parametro	Unità di misura
<i>Livello freaticometrico</i>	<i>m da p.c.</i>
<i>Temperatura dell'acqua</i>	°C
<i>pH</i>	<i>unità pH</i>
<i>Conduttività elettrica specifica</i>	<i>μS/cm</i>
<i>Potenziale Redox</i>	<i>mV</i>
<i>Ossigeno disciolto</i>	<i>mg/l</i>
<i>Torbidità</i>	<i>NTU</i>
Sb	μg/l
O ₂	mg/l
Cloruri	mg/l
Cromo totale	μg/l
Cromo VI	μg/l
Idrocarburi (n-esano)	mg/l
Alluminio	μg/l
Arsenico	μg/l
Cadmio	μg/l
Ferro	μg/l
Manganese	μg/l
Mercurio	μg/l
Nichel	μg/l
Piombo	μg/l
Rame	μg/l
Zinco	μg/l

I parametri fisici (Tab. 3.2-b) sono stati rilevati *in situ* tramite sonda multiparametrica portatile.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 8 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

Tab. 3.2-b: Parametri fisici analizzati *in situ* sulle acque sotterranee tramite sonda multiparametrica

PARAMETRO	UM	LR	Metodo
Temperatura dell'acqua	°C	0.1	Sonda Multiparametrica portatile 2004/108/EC e 1999/5/EC
pH	unità pH	0.1	
Conducibilità elettrica specifica	µS/cm	5	
Ossigeno disciolto	mg/l	0.1	
Torbidità	NTU	1	

In situ è stata rilevato anche il livello piezometrico ovvero la profondità della falda freatica dal piano di campagna.

Terminata la lettura dei parametri fisici *in situ* si è proceduto con il prelievo dei campioni da sottoporsi ad analisi presso laboratori accreditati ACCREDIA; i parametri chimici rilevati dal laboratorio sono quelli riportati nella tabella 3.2-c.

Per questi parametri il laboratorio incaricato, in conformità al D.Lgs. n. 152/2006, applicherà metodi analitici riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale.

I parametri oggetto di monitoraggio sono indicati nella seguente tabella del PMA.

Tabella 3.2-c: Parametri chimici analizzati in laboratorio sulle acque sotterranee

Parametro	Unità di misura
Cloruri	mg/l
Cromo totale	µg/l
Cromo VI	µg/l
O ₂	mg/l
Idrocarburi (n-esano)	mg/l
Alluminio	µg/l
Antimonio	µg/l
Arsenico	µg/l
Cadmio	µg/l
Ferro	µg/l
Manganese	µg/l
Mercurio	µg/l
Nichel	µg/l
Piombo	µg/l
Rame	µg/l
Zinco	µg/l

3.3. Articolazione temporale del monitoraggio

Relativamente alla fase di Post Operam (PO) i monitoraggi sono stati eseguiti secondo la seguente tempistica:

- No. 3 letture (campionamento) nei 3 mesi successivi al termine dei lavori del microtunnel.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 9 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

4. RISULTATI

Nei paragrafi che seguono sono riportati i risultati del monitoraggio delle acque sotterranee in fase Post Operam (PO) ed un confronto con quanto rilevato in fase Ante-Operam (AO) e Corso d'Opera (CO). Il monitoraggio è finalizzato a:

- 1) intercettare i valori di profondità (o livello statico) della falda freatica ed il gradiente lungo la direttiva di deflusso delle acque sotterranee;
- 2) verificare la situazione lo stato idrochimico della falda interferita, da impiegare come termine di confronto (bianco) per la verifica degli eventuali effetti degli interventi progettuali sulla stessa;
- 3) al controllo dell'intrusione salina e a garantire l'equilibrio del sistema idrico

In generale, per ogni stazione di monitoraggio, la campagna Ante Operam e i dati raccolti in Corso d'Opera a monte degli interventi progettuali rappresentano la caratterizzazione chimica delle acque non sottoposte alle eventuali interferenze da parte degli interventi (*bianco* di riferimento). Allo stesso modo, i dati raccolti in Corso d'Opera e Post Operam nel piezometro a valle caratterizzano le acque che in qualche modo possono avere interferenza con gli interventi progettuali.

Per l'attraversamento della Pineta di Punta Marina, il monitoraggio è stato finalizzato principalmente al controllo dell'intrusione salina e a garantire l'equilibrio del sistema idrico.

In realtà vanno evidenziati i bassissimi gradienti o pendenze della tavola d'acqua, la presenza di numerosi canali e corsi d'acqua che possono, a seconda delle portate, alimentare o drenare la falda e la presenza di numerosi laghi di emersione della falda soggetti agli effetti dell'evaporazione. Tutti questi elementi possono deprimere o innalzare localmente la superficie freatica, a volte invertendo la direzione di deflusso delle acque: ne consegue che la situazione Ante-Operam è sicuramente la più rappresentativa della situazione di *bianco* di riferimento, mentre nella caratterizzazione in Corso d'Opera, anche i dati del campionamento a monte possono risultare influenzati dalla realizzazione delle opere.

Va specificato inoltre che la segregazione chimica degli analiti nei vari livelli più o meno argillosi o sabbiosi da un lato, e l'oscillazione spesso elevata stagionale o poliennale dei livelli di falda, possono causare un forte oscillazione della concentrazione degli analiti stessi, in forma del tutto naturale.

Con riferimento alle indagini svolte presso la stazione AS08 si precisa che le stesse sono state avviate:

- Fase di Ante Operam (AO) nel periodo estivo 2023 (tra giugno e agosto);
- Fase di Corso d'Opera (CO) tra febbraio e marzo 2024;
- Fase di Post Operam (PO) tra aprile e giugno 2024.

In particolare, in accordo a quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale (rif. doc. REL-AMB-E-09009), la campagna di monitoraggio è stata avviata e conclusa nel tre mesi successivi al termine dei lavori di realizzazione dell'attraversamento in microtunnel.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 10 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

4.1. AS08 – MT Pineta di Punta Marina

Codice punto	Coordinate		Note
	Latitudine	Longitudine	
AS08	44°27'6.36" N	12°16'57.81" E	Pineta di Punta Marina

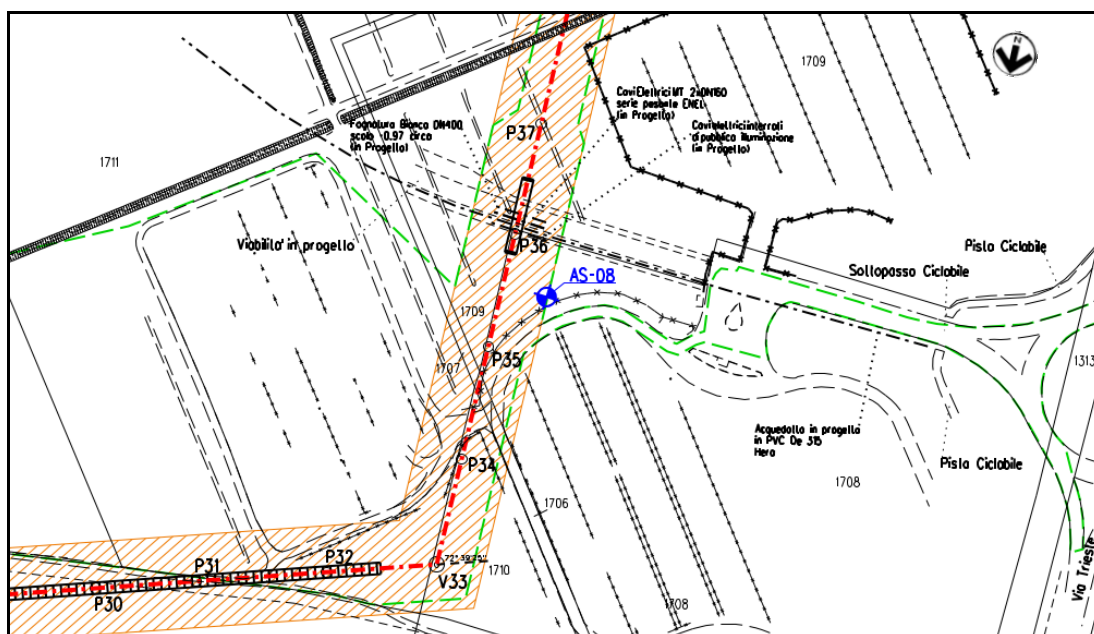


Fig. 4.1-a: Planimetria Piezometri

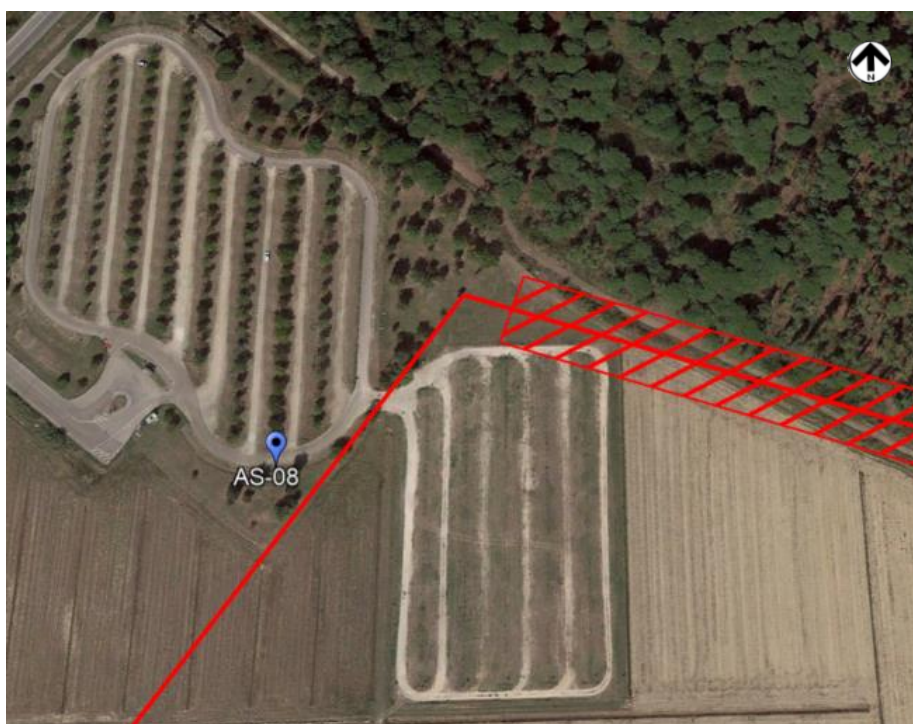


Fig. 4.8-b: Localizzazione Piezometro

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 11 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

4.1.1. Dati quantitativi

Per individuare le caratteristiche di soggiacenza della tavola d'acqua, come già evidenziato, le misurazioni sono state effettuate con sonda freaticometrica.

I risultati delle campagne di misurazione sono esposti nella seguente tabella 4.1.

Tab. 4.1: Misurazioni freaticometriche di falda (soggiacenza)

Cod.	LS - livello statico m (soggiacenza)							
	AO 07/06/23	AO 11/07/23	AO 11/08/23	CO 26/02/24	CO 11/03/24	PO 29/04/24	PO 27/05/24	PO 22/06/24
AS08	1,22	1,84	1,95	1,49	1,30	1,63	1,54	1,73

I dati reperiti sono in linea con quanto stimato preventivamente sulla base dell'inquadramento territoriale, idrologico ed idrogeologico.

Livelli freatici e oscillazione della falda

Il territorio interessato dagli interventi progettuali appartiene alla pianura costiera.

I livelli idrici reperiti confermano la presenza della falda freatica in prossimità della superficie: il livelli medi di soggiacenza dal piano di campagna dipendono dalla situazione morfologica e topografica, ma in generale sono posti mediamente a 1,55 m di profondità, con minime di 1,22 m e massime di 1,95 m circa (valori minimo e massimo registrati durante la campagna Ante Operam).

4.1.2. Stato qualitativo

Parametri fisici in situ o in laboratorio

Le misurazioni dei parametri fisici sono effettuate in situ al momento del campionamento, tramite sonda multiparametrica, oppure tramite analisi di laboratorio. I risultati sono esposti nella seguente tab. 4.1-a. La voce Tag/Lab indica il record strumentale (Tag) o se il dato è stato rilevato in laboratorio (Lab).

Tab. 4.1-a: Parametri fisici rilevati in-situ.

Fase	Data	ID	LS (m)	Tag/ Lab	Temp (C°)	pH	Ossigeno disciolto (mg/L)	Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 25°C)	Torbidità (NTU)	Potenziale Redox (mV)
AO	08/06/2023	AS08	1,22	371	17.20	07.21	00.12	8122	247	
AO	11/07/2023	AS08	1,84	462	17.00	07.55	00.00	35645	354	
AO	11/08/2023	AS08	1,95	474	17.30	07.66	00.00	49572	521	
CO	26/02/2024	AS08	1,49	814	14.30	06.92	00.00	26967	167	-033.3
CO	11/03/2024	AS08	1,30	817	13.80	06.97	00.33	13349	236	-037.4
PO	29/04/2024	AS08	1,63	868	15.90	06.95	06.96	12032	395	-036.6
PO	27/05/2024	AS08	1,54	923	16.30	07.55	00.00	24708	91,3	-066.1
PO	22/06/2024	AS08	1,73	984	17.20	06.83	01.59	39966	225	-031.3

Parametri chimico-fisici di laboratorio

I risultati della misura dei parametri chimico-fisici dei campioni conferiti al laboratorio sono esposti nella seguente tabella 4.1-b.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 12 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

Tab. 4.1-b: Parametri chimico-fisici rilevati in laboratorio

Denominazione		AS08 08/06/23	AS08 11/07/23	AS08 11/08/23	AS08 26/02/24	AS08 11/03/24	AS08 29/04/24	AS08 27/05/24	AS08 22/06/24	
Data										
Fase		AO	AO	AO	CO	CO	PO	PO	PO	
METALLI	U. M.									Limite
Alluminio	µg/L	57,0	9,0	67	106	< 5	19,0	< 5	210	200
Antimonio	µg/L	< 0,1	0,100	< 0,1	< 0,1	0,200	0,100	0,100	0,30	5
Arsenico	µg/L	2,30	1,80	1,20	5,00	1,50	1,80	1,40	2,4	10
Cadmio	µg/L	< 0,1	< 0,1	0,100	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,100	5
Cromo totale	µg/L	0,200	0,200	0,200	0,70	0,200	0,100	3,90	2,7	50
Cromo esavalente	µg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5
Ferro	µg/L	359	26,0	65,0	386	< 5	18,0	14,0	470	200
Manganese	µg/L	125	213	204	559	700	337	900	510	50
Mercurio	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1
Nichel	µg/L	4,50	6,60	6,7	5,40	11,0	11,4	17,0	12,3	20
Piombo	µg/L	0,100	< 0,1	< 0,1	0,200	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,20	10
Rame	µg/L	0,400		5,50	0,73	2,50	3,70	2,50	6,4	1000
Zinco	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	3000
INORGANICI										
Cloruri	mg/L	1870	17900	20500	10800	4130	3080	7820	15200	
Oss. di Kubel (O2)	mg/L	11,1		13,2						
ALTRE SOSTANZE										
Idrocarburi tot. (n-esano)	µg/L	30,0	76	105	55	93	223	<30	62	350

Il **manganese** contenuto nelle acque sotterranee deriva frequentemente dalla solubilizzazione del carbonato di manganese, presente con una certa abbondanza nei paleo suoli.

Si riscontra presenza di manganese in concentrazioni elevate in acquiferi di livelli calcarei di rocce con spalmature di mineralizzazioni a pirite e a ossidi di manganese che determinano nelle acque concentrazioni di quest'ultimo metallo fino a 900 µg/L. Il manganese delle acque sotterranee è presente come catione Mn^{2+} specie chimica piuttosto solubile e quindi molto mobile, favorita anche dalla più lenta ossidazione, rispetto al ferro, a Mn^{+3} o Mn^{+4} . Le concentrazioni aumentano con rapidità, stante la sua diffusione, nelle condizioni anaerobiche tipiche delle falde confinate che si ritrovano nel sistema ravennate.

Il contenuto naturale di **ferro** dell'acqua sotterranea come catione Fe^{2+} aumenta con rapidità, stante la sua diffusione e disponibilità, nelle condizioni anaerobiche tipiche delle falde confinate.

L'**alluminio** è il terzo elemento chimico per abbondanza dopo l'ossigeno e il silicio, ma è caratterizzato da una bassa solubilità nelle acque naturali, la quale aumenta a pH inferiori a 5.5 e l'elemento diventa tossico per organismi acquatici e terrestri.

Il superamento dei valori da parte di questi metalli in queste aree costituisce spesso un valore di fondo di tipo naturale, ovvero legato alla particolare composizione mineralogica dei suoli e dell'intero sistema freatico idrogeologico.

Negli orizzonti superficiali ferro, manganese ed alluminio risultano correlati; ferro e manganese sono legati al contenuto di limo e argilla, l'alluminio solo con quello di argilla, tutti e tre i metalli sono correlati negativamente con il contenuto di sabbia. Solo l'alluminio mostra una correlazione negativa con il pH. Per i suddetti motivi si può ragionevolmente ipotizzare un'origine naturale legata alle condizioni chimico-fisiche.

Ciò è avvalorato dal fatto che il superamento si caratterizza anche nella fase di ante-operam quindi prima di qualunque tipo di lavorazione.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 13 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

Tale ipotesi è avvalorata anche da situazioni omologhe riscontrate anche nel corso delle campagne di monitoraggio ante-operam di progetti paralleli (nello specifico il rifacimento gasdotto Ravenna Mare - Ravenna Terra che si sviluppa parallelamente al gasdotto FSRU in progetto e per cui gli stessi metalli risultavano eccedenti i valori limite.

Il superamento pressoché costante dei limiti di legge di questi metalli rilevati nella falda superficiale fa sì che tali anomalie possano essere considerate dei valori di fondo naturale per la zona interessata dal progetto. Valori di fondo, per ferro ed alluminio, confermati dal report della Regione Emilia-Romagna **Aggiornamento dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee - Atlante dei valori di fondo delle acque sotterranee dell'Emilia-Romagna (dic 2021).**

Dati Regione Emilia-Romagna / ARPAE

Dalle indagini eseguite durante le campagne in fase Ante Operam e Corso d'opera, emerge dunque una diffusa presenza di contaminanti nei campioni di acqua analizzati.

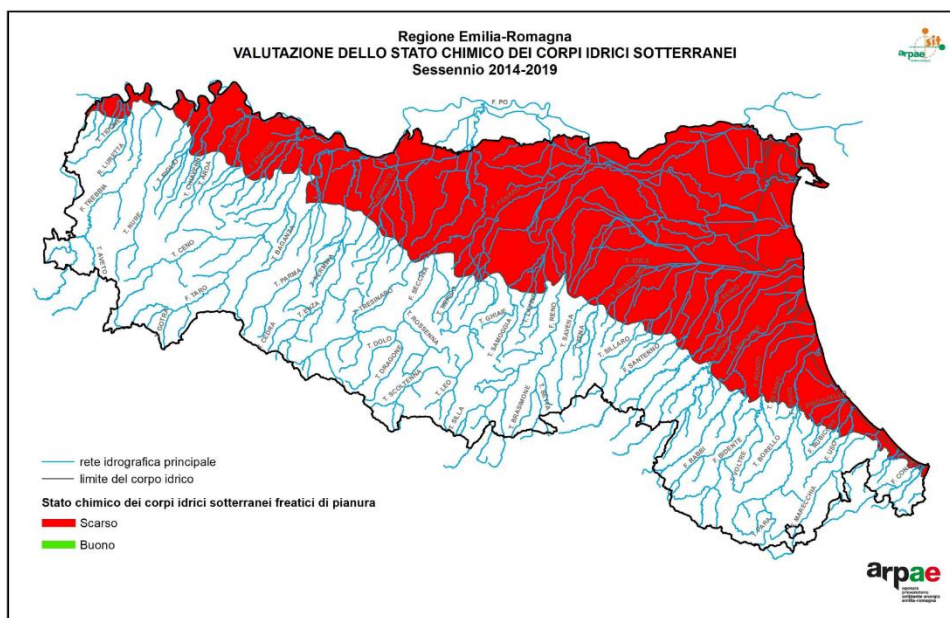


Fig. 4.2-a – Valutazione dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei
Corpi idrici freatici di pianura (2014-2019 ARPAE)

Tale condizione risulta essere già nota e riportata nel Report Acque sotterranee 2014-2019 ARPAE, il quale riporta:

*Lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei è rappresentato con le classi “buono” e “scarso”: viene utilizzato per evidenziare impatti antropici di tipo chimico che possono determinare uno scadimento della qualità della risorsa idrica in grado di pregiudicare poi gli usi, soprattutto quelli pregiati. La qualità delle acque sotterranee può essere influenzata sia dalla presenza di sostanze inquinanti, attribuibili principalmente ad attività antropiche, ed in questo caso lo stato è “scarso”, sia da specie chimiche presenti naturalmente negli acquiferi (ad esempio, ione ammonio, solfati, **ferro**, **manganese**, **arsenico**, boro) derivanti da meccanismi idrochimici di scambio con la matrice solida in grado di modificarne significativamente la qualità.*

Lo stato chimico presenta criticità nei 2 freatici di pianura che, a diretto contatto anche con tutte le attività antropiche svolte in pianura, sono in stato di “scarso”.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 14 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

5. CONCLUSIONI

Obiettivo dello studio è quello di indagare, in fase *Post-Operam* (PO) e relativamente alla stazione AS08, la falda interferita dagli interventi progettuali al fine controllare l'intrusione salina oltre a ricavarne sia lo stato fisico-quantitativo, che quello chimico-qualitativo.

Le attività sono state eseguite in conformità con quanto riportato nel Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA – rif. doc. REL-AMB-E-09009) ed in particolare nel capitolo che riguarda la componente acque sotterranee.

Il piezometro AS08 è tra l'altro, finalizzato alla determinazione dell'intrusione salina in prossimità all'attraversamento in Microtunnel della pineta di Punta Marina. A questo proposito si segnala che i valori di Conducibilità e Cloruri rilevati in fase Ante-Operam sono sensibilmente superiori a quelli misurati in fase di Corso d'Opera. I rilevamenti Post Operam mostrano definitivamente l'assenza di correlazione tra gli interventi progettuali e questo fenomeno.

I risultati della misura dei parametri chimico-fisici dei campioni evidenziano superamenti generalizzati dei valori di soglia secondo la vigente normativa in materia (D.Lgs n.152/2006 e s.m.i.).

I livelli idrici reperiti confermano la presenza della falda freatica in prossimità della superficie.

Le analisi chimiche effettuate sulle acque di falda evidenziano un generalizzato superamento dei valori soglia stabiliti dalla tab. 2 all. 5 al titolo IV del D.Lgs 152/06 per i parametri Ferro e Manganese ed in minor misura in Alluminio.

Negli orizzonti superficiali i metalli Ferro, Manganese ed Alluminio sono correlati tra loro e collegati al contenuto geochimico di limo e argilla, dovuti ad origini geologiche, per cui si può ragionevolmente ipotizzare un'origine naturale legata alle condizioni chimico-fisiche dell'acquifero.

L'Alluminio può derivare anche da una situazione locale di contaminazione di origine antropica, ma non vi sono risponderenze con le attività progettuali che escludono l'utilizzo di tali metalli, perlomeno in forma ionica solubile.

Si ricorda che il pregresso monitoraggio Ante-Operam descrive una situazione precedente alle attività progettuali; quindi, i valori rilevati corrispondono allo stato attuale di contaminazione di origine naturale o antropica da considerarsi come *chimismo di fondo*.

Sulla base dei risultati ottenuti nel corso della fase post cantiere e raffrontando tali risultati con quanto rilevato nella fase Ante Operam e Corso d'Opera, si ritiene che i superi riscontrati non siano correlabili a specifiche attività di lavoro svolte in situ e quindi attribuibili ai lavori svolti. Diversamente possono essere imputati a una situazione preesistente e legata a fenomeni naturali, attività agricole ed antropiche, le quali rappresentano di gran lunga l'attività principale nell'intorno della zona monitorata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITA' -
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-35045	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 15 di 15	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-003-40-RB-E-5045

6. BIBLIOGRAFIA

- Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014 - 2016 ARPAE
- Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014 - 2019 ARPAE
- Aggiornamento dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee 2021 ARPAE - Atlante dei valori di fondo delle acque sotterranee dell'Emilia-Romagna

7. ALLEGATI

Allegato 1 – Certificati di laboratorio Post-Operam (PO)

AS08

2407930-001

2409899-001

2411990-001