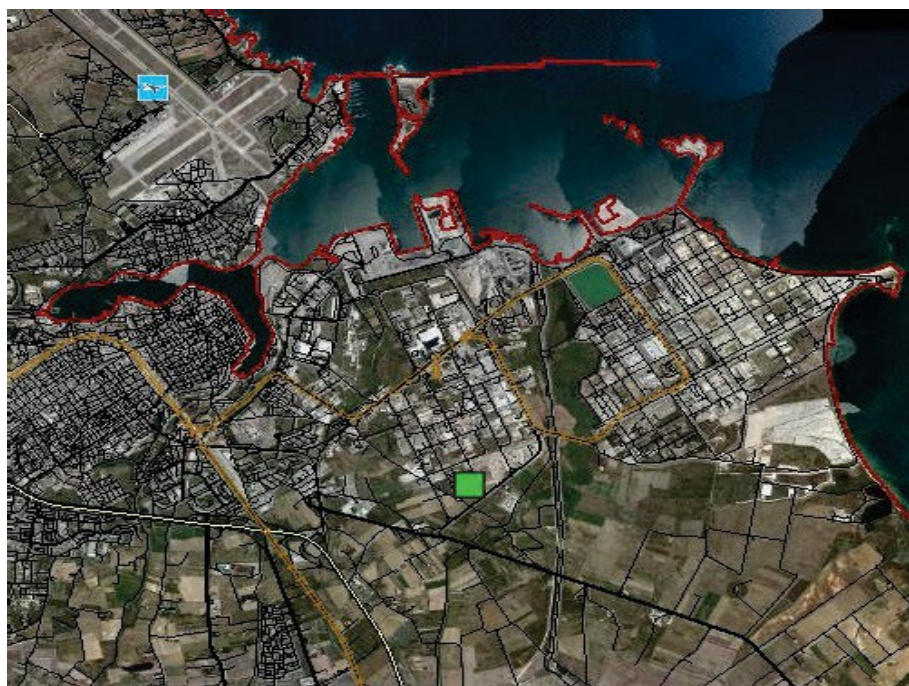


REGIONE PUGLIA

Città di Brindisi

IMPIANTO di GASSIFICAZIONE in IDROLISI per il
TRATTAMENTO di SCARTI con PRODUZIONE di IDROGENO -
SITO nell' AREA A.S.I. di BRINDISI.



PROPONENTE:

HYDROGEN POWER



CARMINE CARELLA
ORDINE DEGLI
INGEGNERI DI BARI
INGEGNERE
30.09.2025 14:17:24
GMT+02:00

Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica

Il tecnico redattore: *Dott. Ramunni Francesco Paolo - Conversano (Ba) Via Kennedy n.9/2*

Data: 04/09/25

Francesco Paolo Ramunni

INDICE

1 – PREMESSA	pag.3
2.0 - UBICAZIONE TOPOGRAFICA E MORFOLOGIA DEL SITO E VERIFICA PAI, PPTR E PTA	pag.4
3.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	pag.7
4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE	pag.7
5.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI	pag.11
6.0 - CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO CARBONATICO PROFONDO	pag.13
6.1 - PERMEABILITÀ DELL'ACQUIFERO PROFONDO E PIEZOMETRIA DELLA FALDA	pag.15
6.2 - DISTRIBUZIONE AREALE DELLA CONCENTRAZIONE SALINA NELLE ACQUE DI FALDA	pag.16
7.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	pag.20
8.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag.23

1 – PREMESSA

La società HYDROGEN POWER srl, con sede legale in Bari, viale Luigi Einaudi n. 15, intende realizzare un Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti prevalentemente derivanti dalla filiera agricola (esclusivamente rifiuti non pericolosi) con produzione di idrogeno.

La tecnologia che propone (gassificazione in idrolisi - regolarmente brevettata della “Clean Carbon Conversion”) è in grado di produrre energia elettrica (ad impatto ambientale bassissimo), energia termica ed idrogeno; in quanto il syngas (riveniente dal trattamento degli scarti/rifiuti), contiene una componente di idrogeno compressa fra il 45 ed il 55% (a seconda del rifiuto utilizzato).

La tecnologia impiegata recupera il 99,5% dei valori energetici contenuti nel rifiuto, cioè nel materiale a base carbonio, che è la componente principale degli stessi rifiuti.

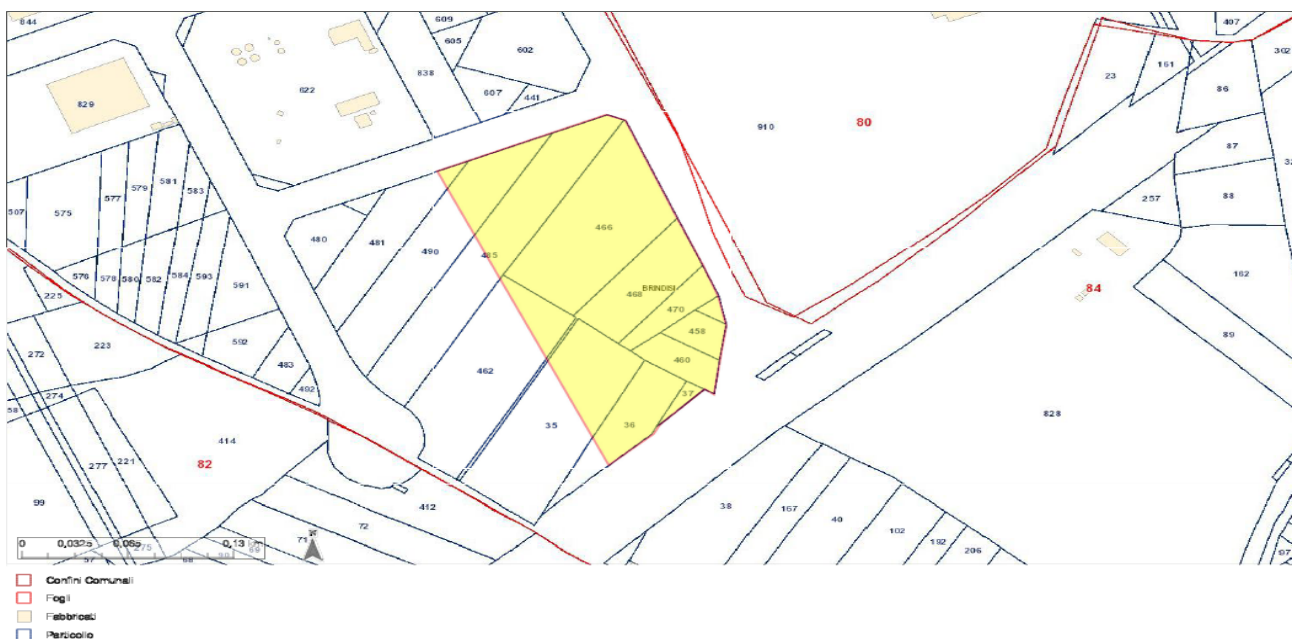
Per la realizzazione dell’Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti, succitato, il sottoscritto, Dott. Francesco Paolo Ramunni, ha redatto la presente Relazione Geologica che riferisce sulle caratteristiche morfologiche, geologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito, dove sarà realizzato l’Impianto innovativo.

2.0 - UBICAZIONE TOPOGRAFICA E MORFOLOGIA DEL SITO E VERIFICA PAI, PPTR E PTA

Il sito dell’Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti è ubicato nell’Area del Consorzio A.S.I. di Brindisi (Orto foto da Google earth);

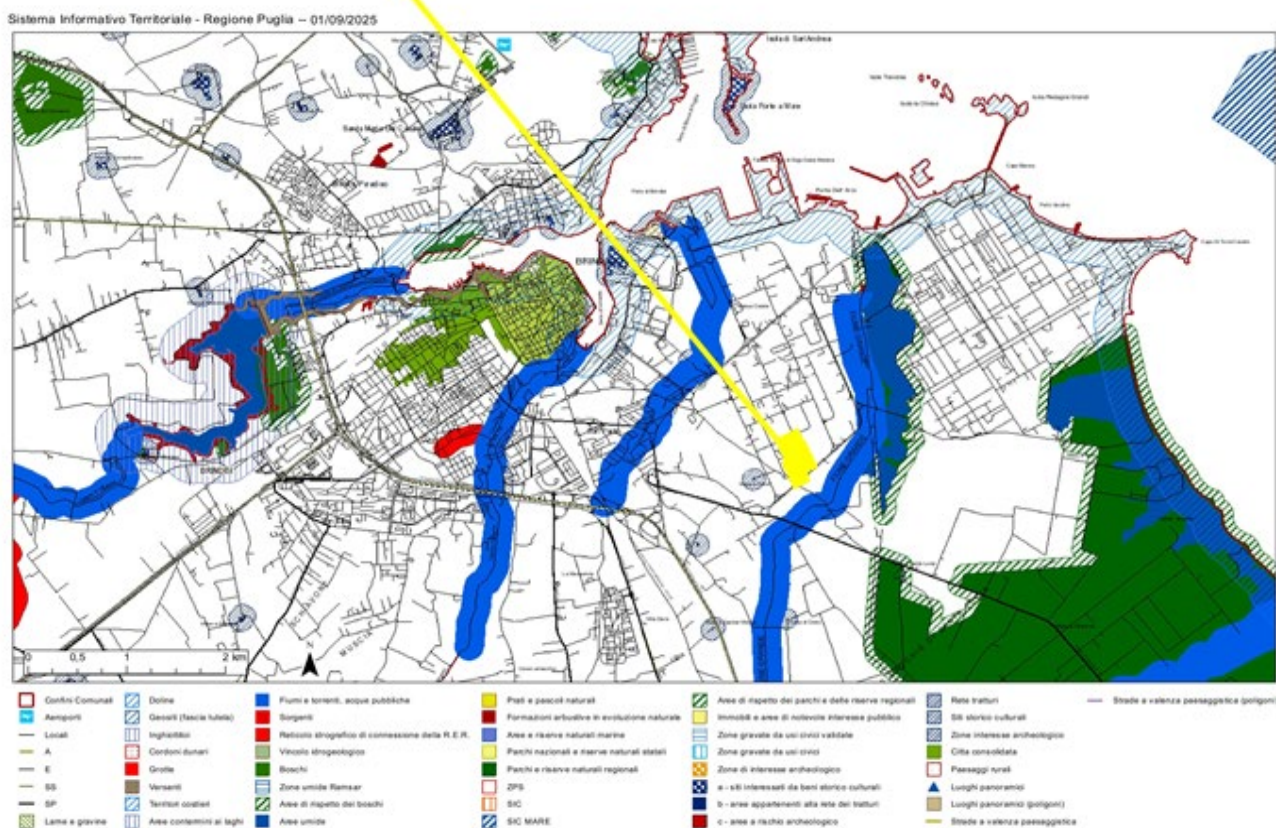


Il sito destinato alla realizzazione dell’Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti si sviluppa per una superficie di circa di 30.000 mq, ed è riportato nel Catasto Terreni di Brindisi al Foglio di mappa n. 84, particelle nn. 35 (parte), 36 (parte), 37 (parte), 46 (parte), 458 (parte), 460 (parte), 470 (parte), 485 (parte) e 490 (parte).



In relazione al Piano di Bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), il sito dell'Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti, da realizzare, non ricade in Aree a Pericolosità Idraulica né in aree a Pericolosità Geomorfologica; quindi, non ricade in Aree a Rischio, pertanto l'intervento proposto non determina elementi ostativi che si relazionano con le NTA del PAI.

Sito dell'Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti

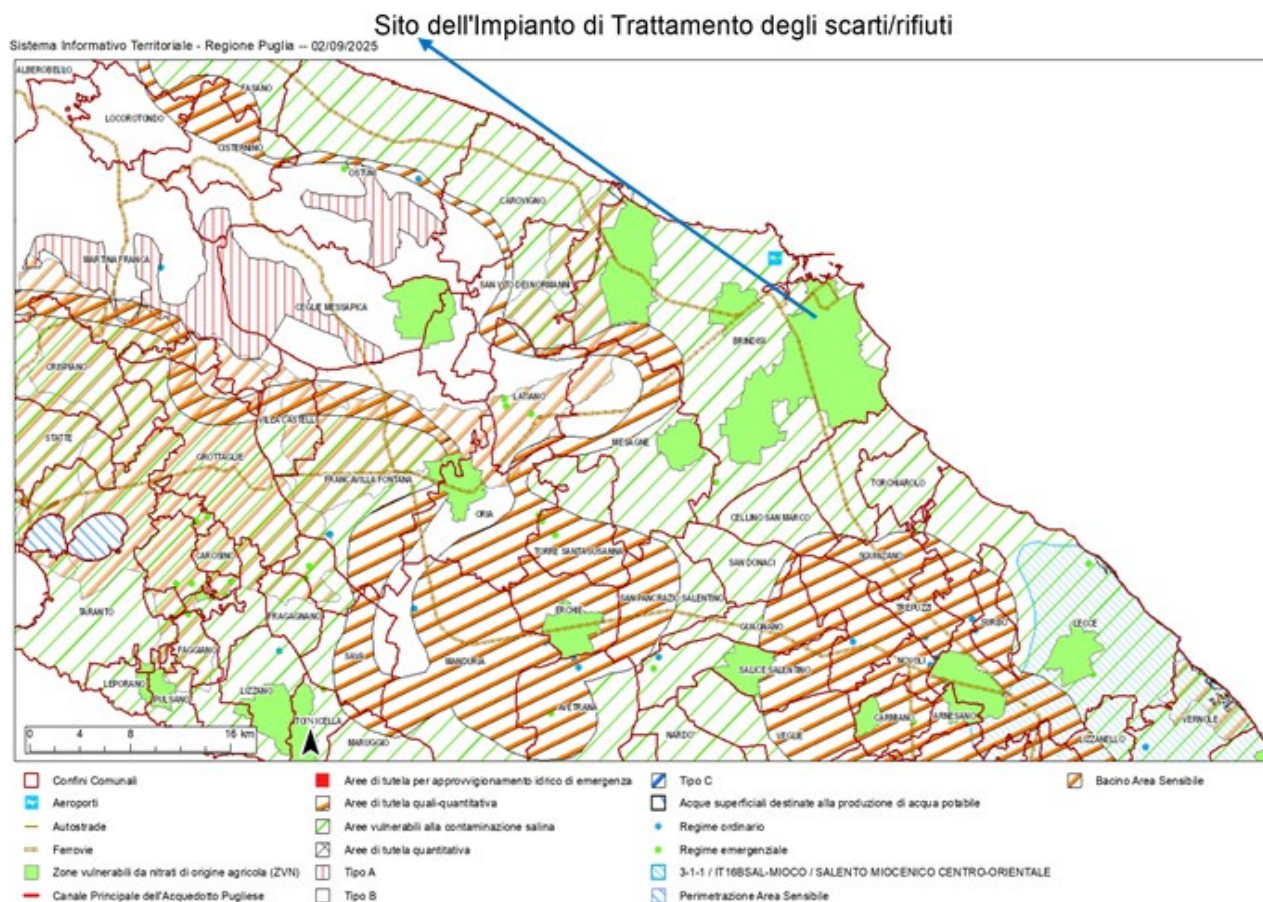


In relazione al Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (P.P.T.R.), il sito dell'Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti, da realizzare, non ricade in zone interessate dalle Componenti Idrologiche (art. 40) del Capo II – Struttura Idrogeomorfologica; non ricade in zone interessate dalle Componenti Geomorfologiche (art.49) di cui alle Ulteriori Componenti Paesaggistiche (U.C.P.) del Capo II - Struttura idro Geomorfologica; non ricade in zone interessate dalle Componenti Botanico Vegetali (art. 57) del Capo III - Struttura Ecosistemica Ambientale.

Inoltre, l'area non ricade in zone interessate dalle Componenti delle Aree Protette (art.67) del Capo III - Struttura Ecosistemica Ambientale; non ricade in zone interessate dalle

Componenti Culturali e Insediative (art. 74) del Capo IV – Struttura Antropica e Storico-Culturale; non ricade in zone interessate dalle Componenti dei Valori Percettivi e Controllo Paesaggistico (art. 84) del Capo IV – Struttura Antropica e Storico-Culturale come mostrato di seguito nello stralcio planimetrico del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Regione Puglia (P.P.T.R.).

In relazione al Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (P.T.A. 2015 – 2021 Approvato – Vincoli, il sito dell’Impianto innovativo per il trattamento di scarti/rifiuti, da realizzare ricade in Aree vulnerabili alla contaminazione salina, non ricade in Aree di Tutela Quali-Quantitativa (Aree a vincolo d’uso dell’Acquifero carsico della Murgia), non ricade in Zone di protezione speciale idrogeologica (Aree di Protezione “A”, Aree di Protezione “B1”, Aree di Protezione “B2”, Aree di Protezione “C”), ricade in aree di vulnerabilità di nitrati di origine agricola come mostrato di seguito nella Planimetria da S.I.T. (come risulta dalla cartografia di seguito riportata. Da quanto su esposto l’intervento proposto non riguardano elementi ostativi che riguardano le zone individuate dal P.T.A.; per quanto attiene alla circostanza che il sito, in esame, ricade in Zone vulnerabili da Nitrati di origine agricola, si ribadisce che le attività che saranno svolte non interferiranno con il Piano Nitrati.



3.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La Piana di Brindisi corrisponde ad una vasta depressione strutturale, affacciante sulla costa adriatica, costituitasi a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico, che dagli affioramenti di Francavilla Fontana si spinge sino al litorale adriatico ed oltre, laddove, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati.

Immergente debolmente verso costa, la Piana presenta variazioni altimetriche alquanto modeste ed un litorale caratterizzato da tratti a falesia, in particolare nell'area compresa tra Cerano e S. Pietro Vernotico, ove la stessa raggiunge una quota di circa 15 m s.l.m., da litorali sabbiosi e da zone costiere lagunari, tra le quali si segnalano Torre Guaceto e le Saline di Brindisi. Gli elementi morfologici caratterizzanti l'area sono rappresentati da superfici terrazzate digradanti verso il mare Adriatico, con modeste e discontinue cadute di pendio, in corrispondenza di antiche linee di costa.

4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

Nella piana di Brindisi sono presenti in affioramento (in figura_1) ed in sequenza stratigrafica (figura_2) sul basamento mesozoico, localmente ascrivibile alla Formazione del Calcare di Altamura (Cretacico sup.) e al Calcare di Caranna (Cretacico sup.), la Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), le Argille subappennine (Pleistocene inf.), i Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore) e i Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri).

Il substrato carbonatico è rappresentato quasi esclusivamente dalla Formazione del Calcare di Altamura, mentre il Calcare di Caranna affiora in un'area limitata di pochi km². Il Calcare di Altamura è costituito prevalentemente da calcari micritici bianchi a grana fine e media, ben litificati e stratificati, con ricorrenti strutture biogeniche (stromatoliti e bancate biostromali a rudiste) e si alternano dolomie grigio-nerastre, organizzate in strati e banchi. L'assetto è generalmente tabulare, con strati debolmente immergenti verso SSE e SE. Il Calcare di Caranna è invece costituito da calcareniti e calciruditi bioclastiche in facies di scarpata.

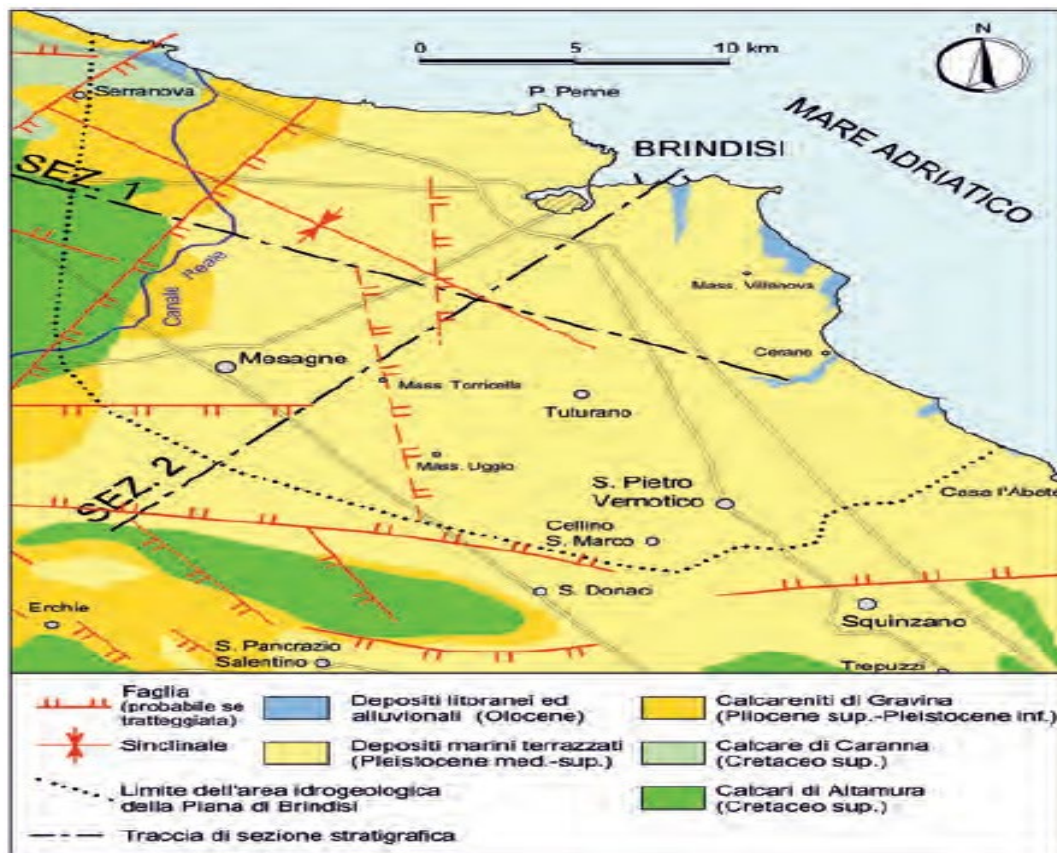


Figura_1 - Carta geologico-strutturale della Piana di Brindisi.

In trasgressione sulle rocce carbonatiche mesozoiche affiorano i depositi calcarenitici e calciruditici bioclastici di ambiente litorale, ascrivibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina, (Pleistocene inf.), che raggiungerebbe spessori massimi intorno ai 30 m (MARGIOTTA et alii, 2010). In continuità di sedimentazione su quest'ultima formazione poggiano le Argille subappennine, essenzialmente riscontrate in profondità, rappresentate da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose.

Lungo la costa, ad esempio, lo spessore passa da circa 20 m a 45 m, muovendosi dall'area di Cerano fino al Porto di Brindisi. Secondo quanto riportato in MARGIOTTA et alii, (2008, 2010), sulla formazione argillosa pleistocenica, mediante un contatto erosivo, sarebbero deposte le Sabbie di Brindisi; esse costituiscono un'unità informale istituita dai suddetti autori, affiorante lungo la falesia di Cerano, di età Pleistocene inferiore-medio, in base alla sua posizione stratigrafica.

Questa unità, in media spessa 13-14 m, è costituita da sabbie fini, di colore variabile dal giallo al grigio muovendosi verso l'alto stratigrafico, con abbondanti concrezioni diagenetiche nella porzione superiore dell'unità.

Nella Piana di Brindisi le Argille subappennine presentano spessori alquanto variabili (figura_2), che aumentano procedendo sia da Ovest verso Est che da Sud verso Nord. I Depositi marini terrazzati, di età Pleistocene medio-superiore, affiorano estesamente nella Piana di Brindisi con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 20 m (figura_2) e riferibili a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivo-regressivi (CIARANFI et alii, 1988; MARGIOTTA et alii, 2010).

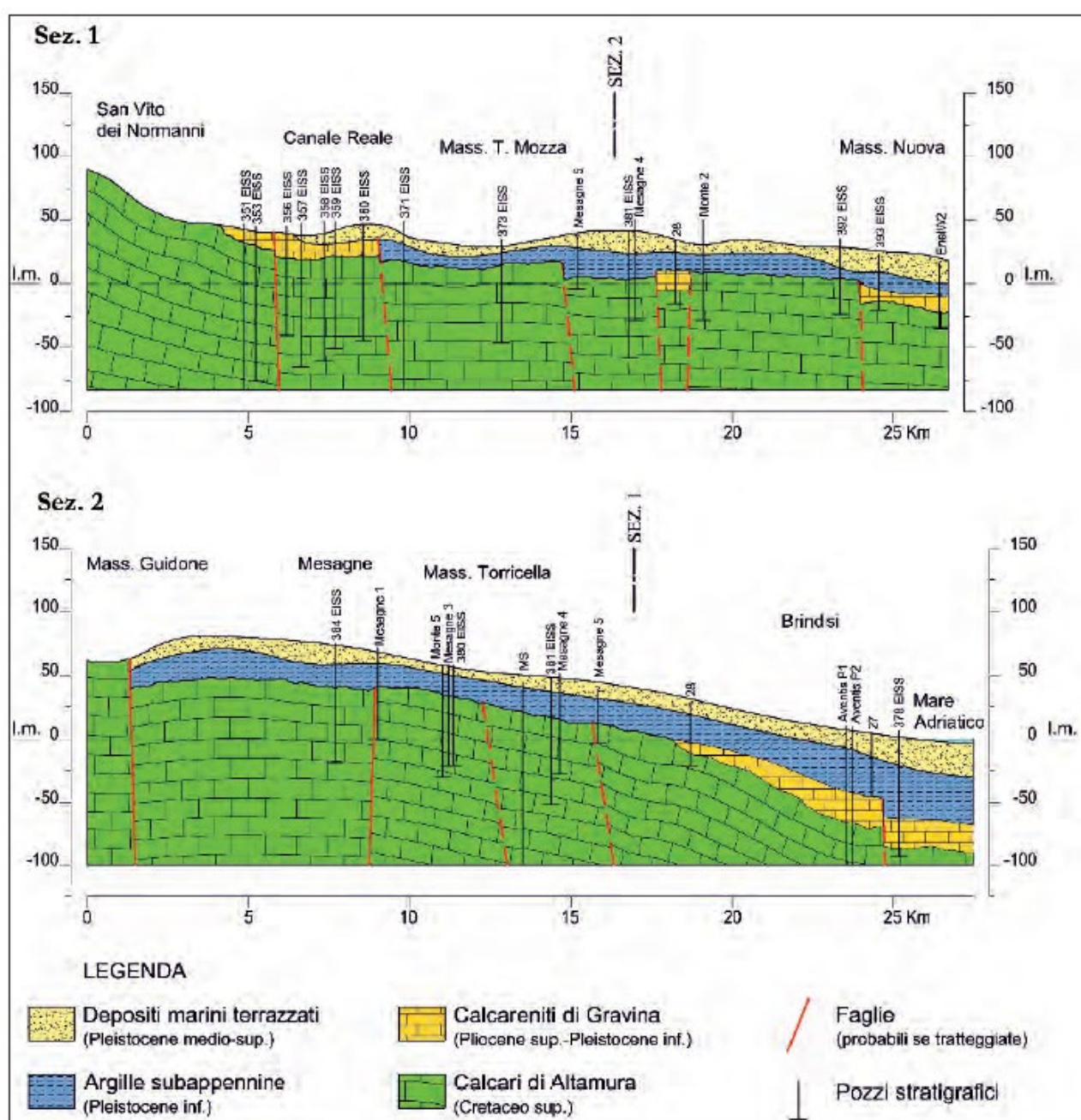


Figura_2 - Sezioni geologiche della Piana di Brindisi le cui tracce sono ubicate in figura_1.

Infatti, secondo quanto esaminato da Mastronuzzi et alii (2011), nel corso del Pleistocene medio, nella Piana di Brindisi, si accumulavano, intercalati a fasi di emersione, depositi marini sabbioso-argillosi più spessi di quelli affioranti nelle zone murgiane limitrofe. A partire dal Pleistocene superiore, l'area in esame fu caratterizzata da stabilità o localmente, da relativa blanda subsidenza.

Nella Piana di Brindisi i Depositi marini terrazzati sono costituiti da biocalcareni grossolani giallastri con intervalli sabbiosi o di calcari organogeni. I depositi terrazzati più antichi contengono vulcanoclasti provenienti dalle prime fasi eruttive del M. Vulture, mentre quelli più recenti sono caratterizzati dalla presenza di un'associazione faunistica *senegalensis* che, insieme alle datazioni u/Th eseguite su esemplari di *Cladocora caespitosa*, hanno permesso, anche grazie a datazioni assolute, di attribuirli allo stadio isotopico 5 (SHACKLETON & OPDYKE, 1973; MASTRONUZZI & SANSÒ, 2002; MASTRONUZZI et alii, 2011).

Lungo la fascia costiera sono presenti dune oloceniche, costituite da sabbie compatte e parzialmente cementate. Il litorale è formato da sabbie grigio-giallastre, talora rossastre per alterazione, contenenti concrezioni calcaree. Sono presenti anche depositi alluvionali ed eluvio-colluviali sabbiosi, limosi ed argillosi variamente distribuiti principalmente lungo solchi erosivi e nelle aree più depresse vicino alla costa, e ricoprono localmente i depositi pleistocenici in lembi non cartografabili a causa dell'assetto tabulare e dell'intensa attività antropica. La Piana di Brindisi, corrispondente strutturalmente al Bacino di Brindisi, è caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione Nw e SE. Essa separa l'esteso affioramento del substrato carbonatico cretaceo delle Murge dai meno rilevanti affioramenti del Salento centrale e meridionale.

In particolare, l'elemento che segna il confine Murgia-Salento in termini strutturali è rappresentato dalla Soglia Messapica, una paleostruttura riattivata dalla tettonica e oggi in gran parte sepolta dai sedimenti del ciclo plio-pleistocenico. Il tetto del substrato carbonatico mesozoico si approfondisce progressivamente dalla Murgia verso la Piana di Brindisi e raggiunge, nella parte terminale antistante il litorale, quote abbondantemente inferiori a quella medio-marina (figura_3). In particolare, in prossimità del Porto di Brindisi, il

basamento calcareo mesozoico si rinviene ad una profondità dal livello medio marino di 70 m circa, mentre locali affioramenti si rilevano nelle aree limitrofe alla Piana di Brindisi, poste a Sud e a Nord-Ovest della stessa (figura_2 e figura_3).

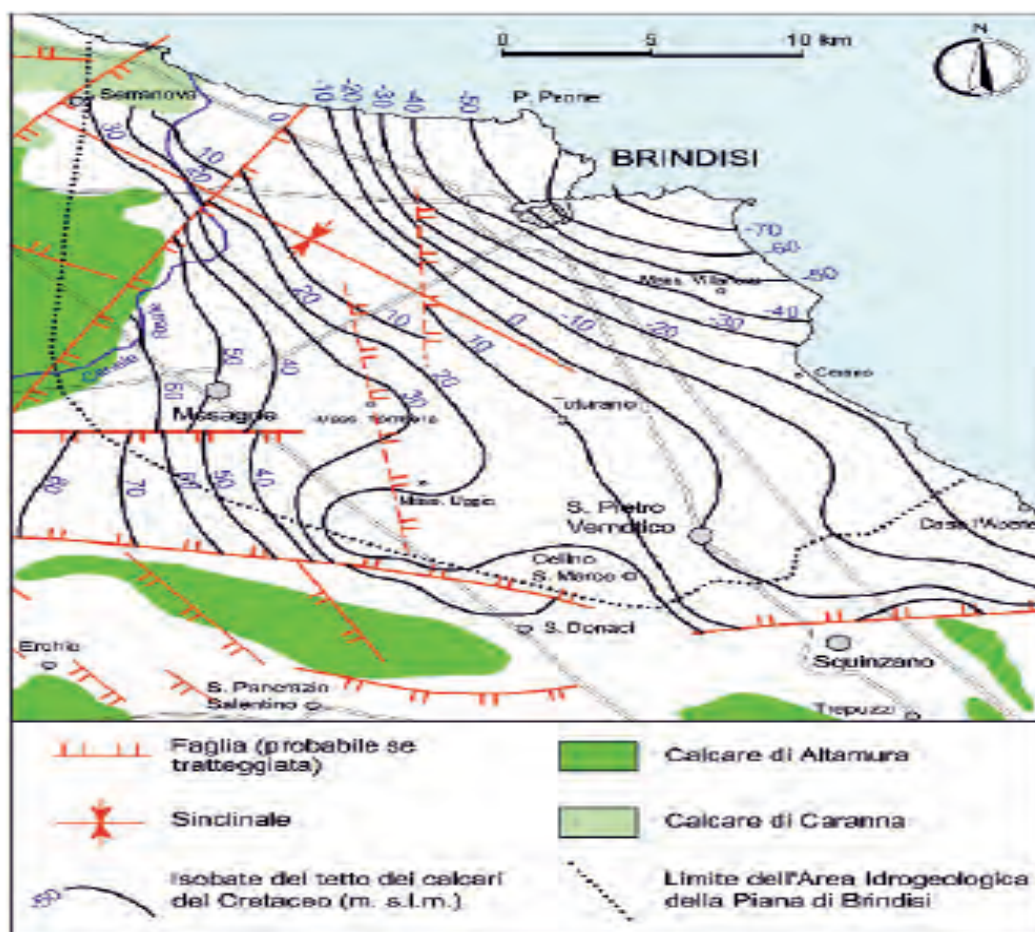


Figura_3 - Carta tettonica con indicazione delle isobate del tetto del basamento carbonatico cretaceo della Piana di Brindisi.

In particolare, in prossimità del Porto di Brindisi, il basamento calcareo mesozoico si rinviene ad una profondità dal livello medio marino di 70 m circa, mentre locali affioramenti si rilevano nelle aree limitrofe alla Piana di Brindisi, poste a Sud e a Nord-Ovest della stessa (figura_2 e figura_3).

Dalla sezione 2 di figura_2 si osserva chiaramente che l'affondamento dei calcari cretacei al di sotto dei terreni plio-pleistocenici raggiunge valori massimi in prossimità del litorale. Esso diminuisce progressivamente man mano che ci si sposta verso occidente e verso l'interno, tanto che a distanze di 7-8 km dal litorale i calcari si rinvencono al di sopra del livello medio marino, per poi affiorare a circa 25 km dalla costa (figura_3).

Man mano che l'affondamento dei calcari si riduce diminuiscono progressivamente gli spessori dei depositi sovrastanti, finché questi scompaiono del tutto (figura_2).

5.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'assetto geologico-strutturale della Piana di Brindisi determina la geometria e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, influenzando sia sulle modalità di circolazione e di efflusso a mare, sia sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee.

È possibile distinguere un acquifero profondo, avente sede come in precedenza già detto, nell'ammasso carbonatico fessurato e carsificato e sostenuto alla base dall'acqua marina di invasione continentale; segue quindi al tetto un acquifero superficiale, avente sede nella formazione sabbioso-calcarenitica del Pleistocene medio-superiore (Depositi marini terrazzati) e sostenuto alla base dalla Formazione delle Argille subappennine (figura_4).

Va evidenziato che in alcune aree, come ad esempio in prossimità di Cerano (COTECCHIA, 1985), la formazione plio-pleistocenica (Calcareni di Gravina) a diretto contatto con i calcari del cretaceo, concorre a formare l'acquifero della falda profonda.

Detta circostanza si verifica allorché la formazione sabbioso-calcarenitica presenta una permeabilità per porosità, fratturazione e carsismo, non trascurabile.

Falda superficiale e falda profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dal banco di Argille subappennine, considerabile ai fini idrogeologici praticamente impermeabile. L'acquifero superficiale presenta in genere modeste potenzialità idriche, sicché le portate da esso emungibili con i pozzi sono modeste.

L'unica risorsa idrica disponibile di rilievo della Piana di Brindisi e quindi presente nell'acquifero profondo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono state indagate già a partire dagli anni '50 del secolo scorso (COTECCHIA et alii, 1957; ZORZI & REINA, 1957; ZORZI, 1961).

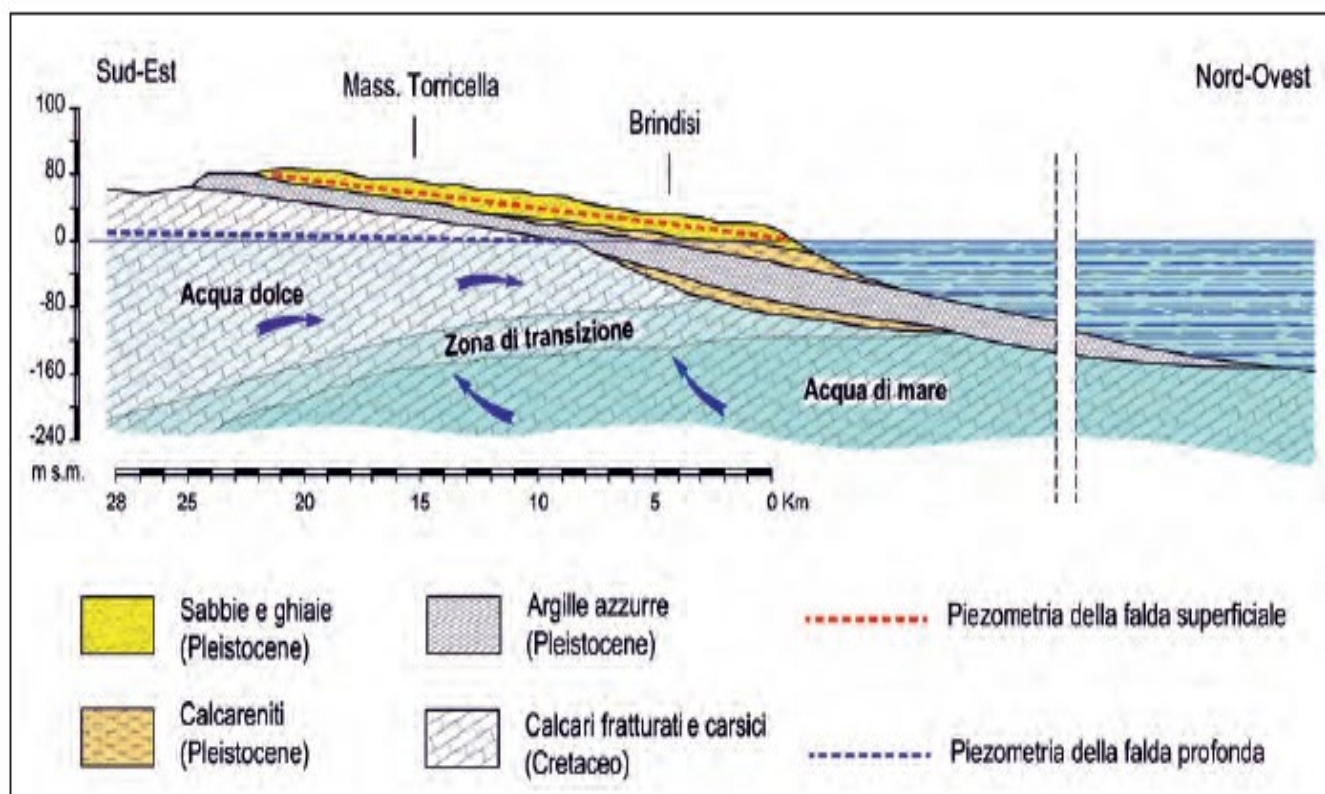


Figura_4 - Sezione idrogeologica schematica della Piana di Brindisi perpendicolare al litorale adriatico.

6.0 - CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO CARBONATICO PROFONDO

L'acquifero profondo è presente principalmente nel basamento calcareo mesozoico, permeabile per fessurazione e carsismo, e subordinatamente (lì dove presenti e poco compatti) nei depositi appartenenti alla sovrastante Formazione delle Calcareniti di Gravina. Si tratta dunque di un acquifero localmente passante a due strati a differente permeabilità, con i depositi calcarenitici generalmente a permeabilità ridotta rispetto ai calcari di base.

Finché il tetto calcareo giace a quote superiori a quella media marina, circostanza che si verifica nella parte occidentale della piana, la falda profonda è generalmente freatica. La geometria della falda profonda è fortemente condizionata dal rapporto esistente tra la profondità entro cui si rinviene l'acquifero profondo e le altezze piezometriche della falda. Presso costa, in prossimità dell'abitato di Brindisi, il tetto dei calcari è presente a notevole profondità (a quote in genere inferiori a -50 m s.l.m.) e le altezze piezometriche della falda sono modeste (minori a 1,5 m s.l.m.).

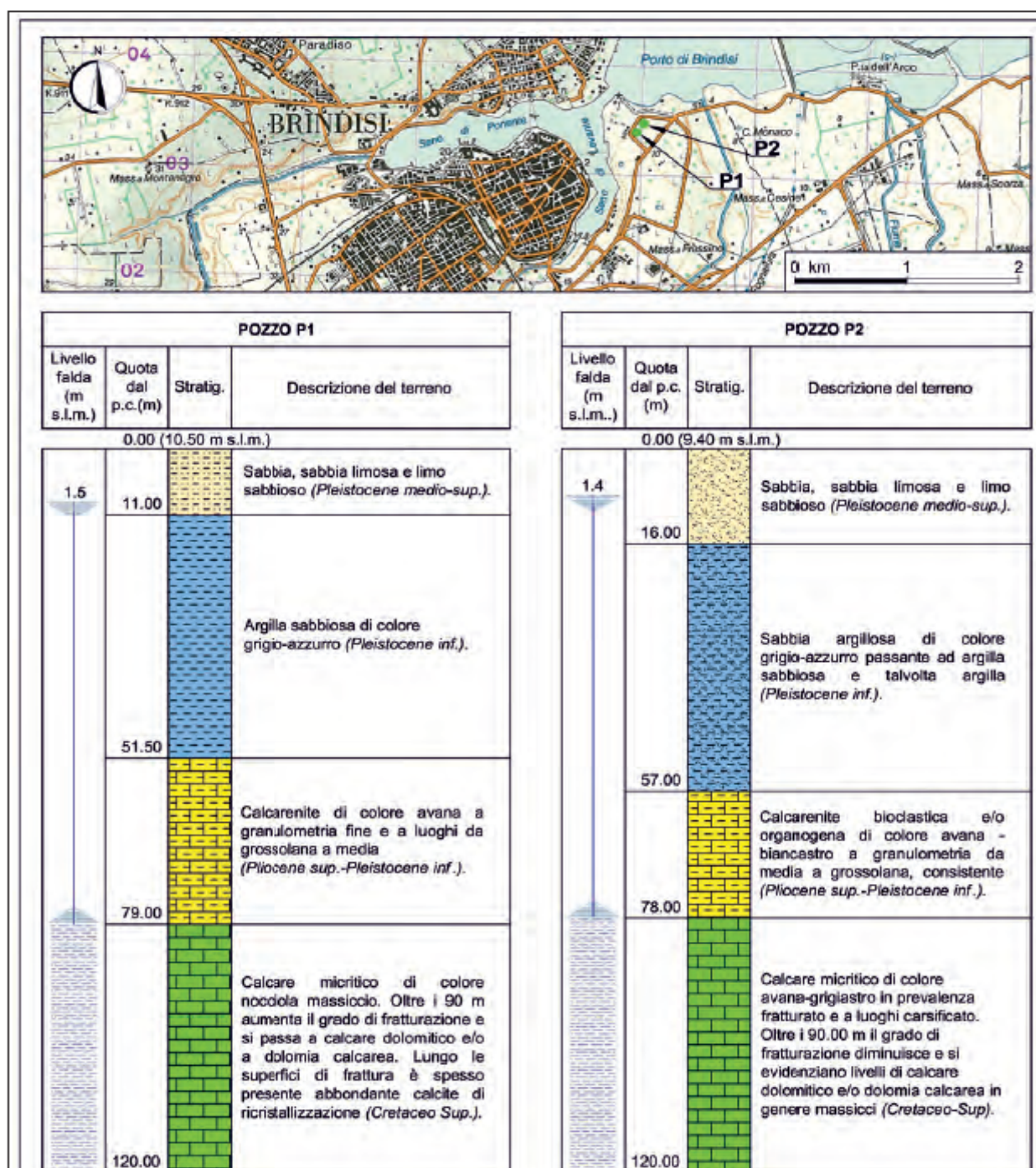


Figura_5 - Colonne stratigrafiche dei pozzi P1 e P2 trivellati in prossimità del Porto di Brindisi.

In dette condizioni la profondità dell'interfaccia teorica acqua dolce-acqua di mare calcolabile con la relazione di Ghyben – Herzberg, è minore di quella del tetto dei calcari, per cui l'acquifero risulta invaso, già a partire dalla sommità, da acqua salmastra appartenente alla "zona di transizione" acqua dolce-acqua di mare. Si segnalano inoltre i pozzi P1 e P2, trivellati nel 2004 in prossimità del Porto di Brindisi, in cui l'acquifero profondo è stato intercettato a quota pari a circa -70 m s.l.m. al di sotto di un banco di argille potente circa 40 metri e un banco di calcareniti potente circa 20-30 metri, con falda avente altezza

piezometrica pari a circa 1,5 m (figura_5).

6.1 - PERMEABILITÀ DELL'ACQUIFERO PROFONDO E PIEZOMETRIA DELLA FALDA

Le rocce del Cretaceo, costituenti l'acquifero profondo, sono permeabili per fratturazione e carsismo. Il coefficiente di permeabilità dell'acquifero profondo, calcolato a partire da risultati di prove di portata, è compreso nell'intervallo $10^{-3} \div 1$ cm/s (figura_6).

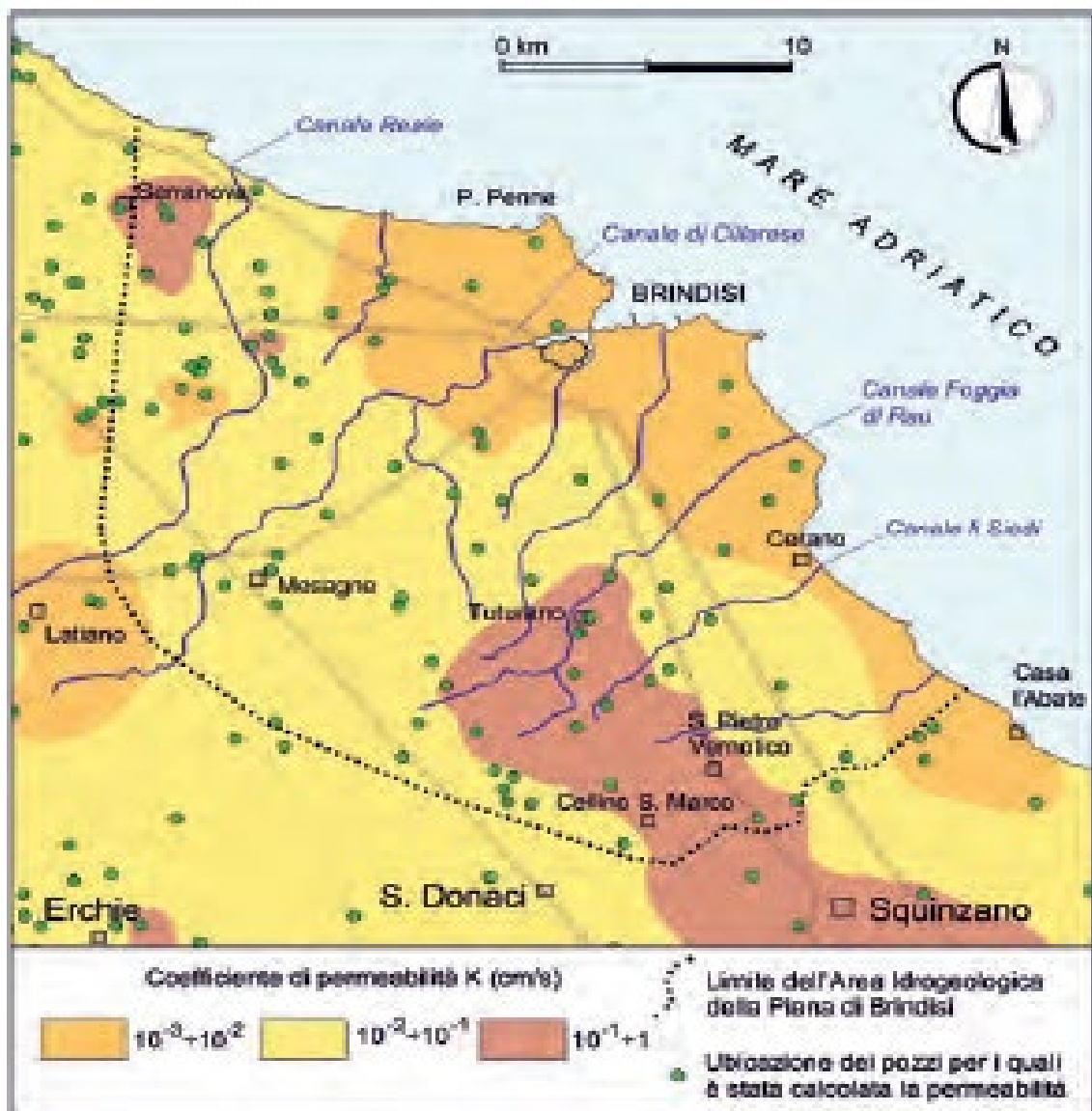


Figura_6 - Distribuzione del coefficiente di permeabilità dell'acquifero carbonatico profondo della Piana di Brindisi

I valori inferiori del coefficiente di permeabilità si osservano presso costa. Invece, a Sud-Est, lungo l'allineamento Tutarano-Cellino S. Marco, e a Nord, in prossimità di

Serranova, sono presenti valori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di 1 cm/s. La piezometria della falda profonda indica che il deflusso idrico sotterraneo, proveniente dalla contigua Murgia, ha prevalentemente direzione NO-SE.

Un importante asse drenaggio si rileva nell'area fra Tutorano e Cellino S. Marco, coerentemente con gli elevati valori del coefficiente di permeabilità ivi registrati. All'interno della piana la cadente piezometrica è in genere inferiore a 1‰. I minimi valori di cadente piezometrica si osservano nella parte meridionale dell'area.

Le altezze piezometriche subiscono variazioni nel tempo in ragione del regime idrologico della falda, delle variazioni del livello mare e degli attingimenti in corso. In generale i minimi carichi piezometrici sono osservati nel periodo estivo, allorquando la falda si trova nel suo periodo di magra ed è soggetta ad intensa estrazione, ad uso prevalentemente irriguo.

Le oscillazioni periodiche e aperiodiche del livello mare influenzano, in prossimità della costa, le altezze piezometriche della falda profonda. In prossimità di Cerano, ad esempio, è stato possibile rilevare una forte comunicabilità tra il mare e la falda in seno all'acquifero (COTECCHIA, 1985).

6.2 - DISTRIBUZIONE AREALE DELLA CONCENTRAZIONE SALINA NELLE ACQUE DI FALDA

In particolare, è stato individuato un primo di livello di falda, definito "livello A" (figura_7), compreso tra la superficie freatica della falda (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata) ed una profondità dalla superficie piezometrica pari a 10h.

Più in profondità è stato individuato il "livello B", compreso tra la base del "livello A" (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata a profondità maggiore di quella del "livello A") ed una profondità dalla superficie piezometrica pari a 20 h.

Infine, è stato individuato il "livello C", compreso tra la base del "livello B" (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata a profondità maggiore di quella del

“livello B”) ed una profondità dalla superficie piezometrica pari a 40 h. Il livello A della falda profonda presenta, all’interno della Piana di Brindisi, una concentrazione salina quasi mai inferiore ad 1 g/l, e ciò in accordo con quanto illustrato nel paragrafo precedente.

Acque sotterranee con concentrazione salina inferiore a 0,5 g/l sono presenti all’esterno della Piana di Brindisi, a più di 30 km di distanza dalla costa, come accade ad Oria.

I carichi piezometrici massimi si riscontrano a Nord-Ovest della piana e si attestano intorno ai 5 m s.l.m., per cui ne derivano spessori massimi del livello A dell’ordine di 50 m.

In prossimità di San Pietro Vernotico il livello A presenta spessore di circa 20-30 m e acque con concentrazione salina compresa tra 2,5-5 g/l. Per i livelli B e C non è stato possibile determinare in maniera sufficientemente rappresentativa la concentrazione salina, in quanto sono pochi i pozzi di profondità tale da intercettarli.

I pochi pozzi che hanno intercettato il livello B, a Nord-Ovest della Piana, hanno indicato concentrazioni saline dell’ordine di 2-6 g/l. Presso costa, ove il tetto dell’acquifero è a profondità dalla superficie piezometrica prossima o superiore a 40h, i livelli A, B e C sono assenti. In dette aree, in genere, la concentrazione salina è molto elevata, spesso prossima a quella dell’acqua di mare.

Trattandosi di un acquifero freatico, l’immagazzinamento è legato alla porosità efficace, la quale è in genere modesta. La bassa permeabilità e porosità determina quindi una lunga durata del regime transitorio conseguente agli eventi pluviometrici.

Il sollevamento della superficie freatica conseguente agli apporti pluviometrici può così permanere per lunghi periodi di tempo, prima del ripristino di condizioni di filtrazione stazionaria. Inoltre, a causa della bassa soggiacenza dell’acquifero, il sollevamento della superficie freatica conseguente soprattutto a piogge intense e di breve durata, può determinare condizioni di rischio idrogeologico dovute ad allagamenti di aree depresse (COTECCHIA 1981; TINELLI & DAURÙ, 2002; SPIZZICO et alii, 2006).

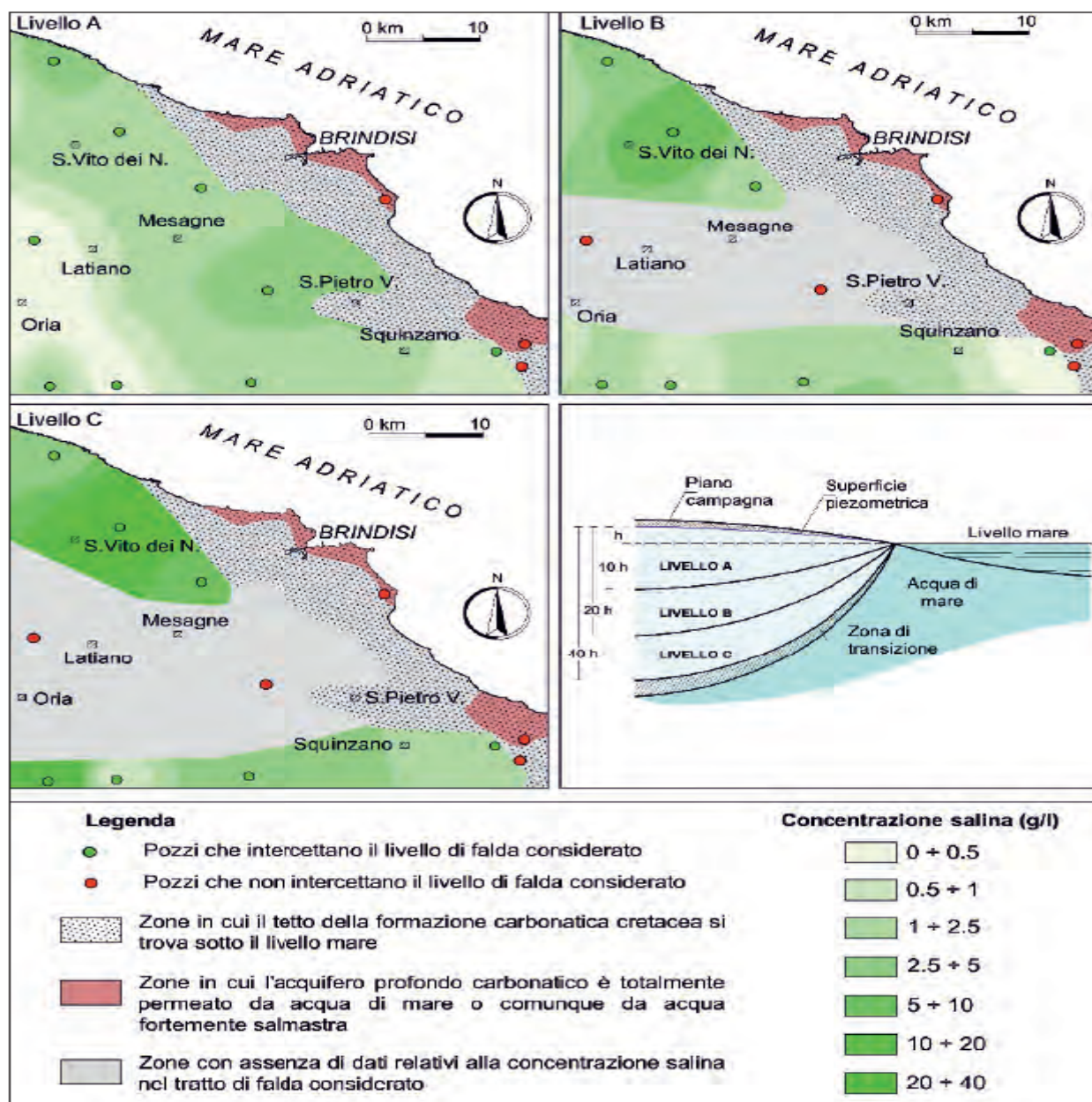


Figura_7 - Distribuzione della concentrazione salina delle acque della falda idrica profonda della Piana di Brindisi nel periodo 2007.2010, determinata su livelli di falda (A, B e C) di profondità e spessore funzione della quota piezometrica.

La ricostruzione delle isofreatiche effettuata su scala dell'intera piana (figura_8) mostra che il deflusso della falda superficiale è diretto verso il mare, con cadente piezometrica mediamente variabile tra qualche unità per mille a qualche unità per cento.

Localmente il deflusso è fortemente influenzato dall'azione drenante operata dal reticolo idrografico. Le prime indagini condotte negli anni '80 in località Cerano hanno evidenziato contenuti salini della falda superficiale molto variabili, in genere relazionati alla permeabilità del mezzo.

I valori massimi (> 5 g/l) sono stati infatti misurati ove risultava maggiore anche il coefficiente di permeabilità; viceversa, i valori minimi (< 1 g/l) si sono presentati in corrispondenza della zona a minore permeabilità.

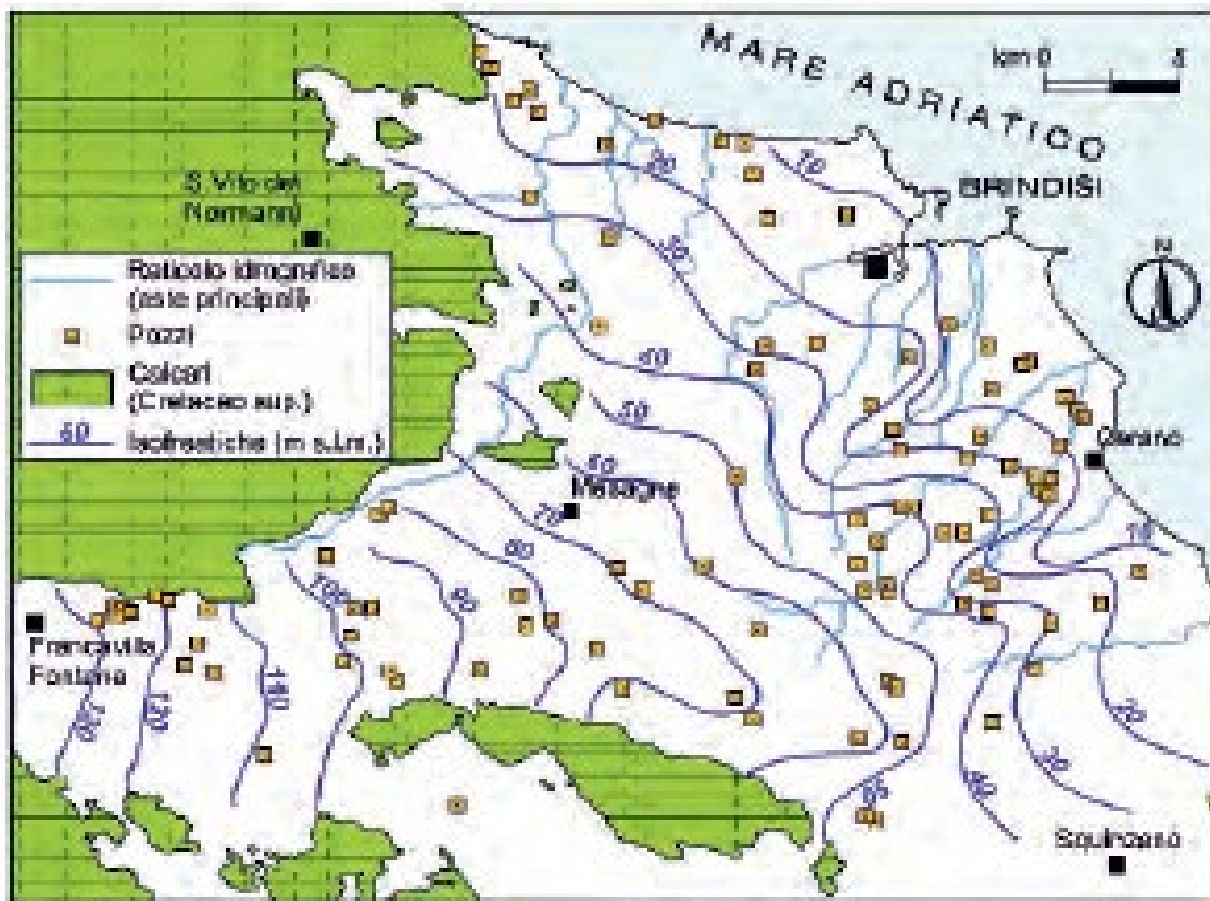


Figura_8 - Superficie freatica della falda superficiale della Piana di Brindisi (LOPEZ et alii, 2005).

Le successive indagini condotte nella stessa area negli anni 1990-1991 e 2001-2002 , confermavano la presenza di acque di falda di elevata salinità (7-8 g/l) ed evidenziavano una sua generale diminuzione in prossimità delle incisioni del reticolo idrografico. Detta circostanza è da imputare al drenaggio operato dai corsi d'acqua, il quale determina un più veloce ricambio di acqua dell'acquifero superficiale.

Tra le cause primarie dell'elevata salinità spesso riscontrata per le acque sotterranee dell'acquifero superficiale è da considerare il fenomeno dell'intrusione marina, almeno per le zone costiere ove il tetto delle Argille subappennine giace a quote inferiori a quella del livello medio mare.

7.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Come confermato dai dati geologici e dalle perforazioni trivellate in prossimità del Porto di Brindisi, mostrate in Fig. 5, nella piana di Brindisi sono presenti sul basamento mesozoico, localmente ascrivibile alla Formazione del Calcare di Altamura (Cretacico sup.) e al Calcare di Caranna (Cretacico sup.), la Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), le Argille subappennine (Pleistocene inf.), i Depositi marini terrazzati costituiti da sabbie limose e limo sabbioso (Pleistocene medio-superiore) e i Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri).

Di seguito si sono indicati i valori dei principali parametri geotecnici delle formazioni succitate ricavate dai lavori espletati dal sottoscritto nei territori di Brindisi, Castellana Grotte, Conversano, Lecce, Noci, Rutigliano e Putignano.

Terreno agrario

Densità in sito (γ):	13.435,11 N/m ³ ovvero 1,37 g/cm ³
Modulo di Young dinamico (Edin):	75 MPa (N/mm ²) ovvero 764,7775 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	30 MPa (N/mm ²) ovvero 305,91 kg/cm ²
Modulo di Young statico (Es):	5 MPa (N/mm ²) ovvero 50,985 kg/cm ²
Modulo di Poisson (ν):	0,37
Coefficiente di sottofondo (Ks):	3,9227 N/cm ³ ovvero 0,40 kg/cm ³
Coesione (c):	0,0196 N/mm ² ovvero 0,20 kg/cm ²
Angolo di attrito dei materiali (ϕ):	22°
Carico a rottura a dilatazione trasversale libera (σ_r):	0,039 MPa ovvero 0,4 kg/cm ²
Modulo di compressione edometrico (E _{ed}):	10,79 N/mm ² ovvero 110 kg/cm ²

Terreno agrario con ciottoli e sabbia
--

Densità in sito (γ):	1,5 g/cm ³ ovvero 14.709,975 N/m ³
Modulo di Young dinamico (Edin):	215 MPa (N/mm ²) ovvero 2.192,355 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	80 MPa (N/mm ²) ovvero 815,76 kg/cm ²
Modulo di Young statico (Es):	11 MPa (N/mm ²) ovvero 112,167 kg/cm ²
Modulo di Poisson (ν):	0,35
Coefficiente di sottofondo (Ks) con B =80cm:	15,6698 N/cm ³ ovvero 1,5978 kg/cm ³
Coesione (c):	0,10 kg/cm ² ovvero 0,0098 N/mm ² ovvero 1 t/m ²
Angolo di attrito interno (ϕ):	26°
Resistenza a compressione uniassiale (σ_r):	0,0196 MPa (N/mm ²) ovvero 0,2 kg/cm ²
Modulo di compressione edometrico (E _{ed}):	2,35 N/mm ² ovvero 24 kg/cm ²

Depositi alluviali addensati

Densità in sito (γ):	1,7 g/cm ³ ovvero 16.671,305 N/m ³
Modulo di Young dinamico (Edin):	826 MPa (N/mm ²) ovvero 8.422,722 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	311 MPa (N/mm ²) ovvero 3.171,267 kg/cm ²
Modulo di Young statico (Es):	55 MPa (N/mm ²) ovvero 560,835 kg/cm ²
Modulo di Poisson (ν):	0,33
Coefficiente di sottofondo (Ks):	77,1509 N/cm ³ ovvero 7,8672 kg/cm ³
Coesione media dei materiali del sismostrato (c):	0,0785 MPa (N/mm ²) ovvero 0,8 kg/cm ² ovvero 8 t/m ²
Angolo medio di attrito dei materiali del sismostrato (ϕ):	27°
Delta (δ) angolo di attrito interfaccia terreno - cls:	2/3 dell'angolo di attrito interno (ϕ)
Adesione (ca) (interfaccia terreno cls) adimensionale:	si assume nulla oppure $ca \leq 0,5 c$
Coefficiente di spinta a riposo (K_0) (adimensionale):	varia da 0,5 a 2 in genere inferiore ad 1
Peso di volume saturo (γ_{sat}):	assegnato nelle zone immerse e vale circa 2 volte del γ_n
Resistenza a compressione uniassiale (σ_r):	1,7652 N/mm ² ovvero 18 kg/cm ²
Indice Rock Quality Designation (RQD):	< 10 %
Modulo edometrico (E_{ed}):	68,6466 N/mm ² ovvero 700 kg/cm ²

Sabbia con limo molto umida e poco addensata

Densità in sito (γ):	1,6 g/cm ³ ovvero 15.690,64 N/m ³
Modulo di Young dinamico (Edin):	223 MPa (N/mm ²) ovvero 2.273,931 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	81 MPa (N/mm ²) ovvero 825,957 kg/cm ²
Modulo di Young statico (Es):	11 MPa (N/mm ²) ovvero 112,167 kg/cm ²
Modulo di Poisson (ν):	0,37
Coefficiente di sottofondo (Ks):	15,9307 N/cm ³ ovvero 1,6245 kg/cm ³
Coesione media dei materiali del sismostrato (c):	0,0196 MPa (N/mm ²) ovvero 0,2 kg/cm ² ovvero 2 t/m ²
Angolo medio di attrito dei materiali del sismostrato (ϕ):	30°
Delta (δ) angolo di attrito interfaccia terreno - cls:	2/3 dell'angolo di attrito interno (ϕ)
Adesione (ca) (interfaccia terreno cls) adimensionale:	si assume nulla oppure $ca \leq 0,5 c$
Coefficiente di spinta a riposo (K_0) (adimensionale):	varia da 0,5 a 2 in genere inferiore ad 1
Peso di volume saturo (γ_{sat}):	assegnato nelle zone immerse e vale circa 2 volte del γ_n
Resistenza a compressione uniassiale (σ_r):	0,0294 N/mm ² ovvero 0,3 kg/cm ²
Modulo edometrico (E_{ed}):	5,884 Mpa (N/mm ²) ovvero 60 kg/cm ²

Sabbia addensata

Densità in sito (γ):	1,39 g/cm ³ ovvero 13.631,24 N/m ³
Velocità di onde P:	405m/sec
Velocità di onde S:	200m/sec
Modulo di Young dinamico (Edin):	146 MPa (N/mm ²) ovvero 1.488,76 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	54 MPa (N/mm ²) ovvero 550,64 kg/cm ²
Modulo di Young statico (Es):	17 MPa (N/mm ²) ovvero 173,35 kg/cm ²
Modulo di Young statico ridotto Fs 3(Esr):	6 MPa (N/mm ²) ovvero 61,18 kg/cm ²
Modulo di Poisson (ν):	0,34
Coefficiente di sottofondo (Ks) con Es:	183,82 N/cm ³ ovvero 18,74 kg/cm ³
Coefficiente di sottofondo (Ks) con Es ridotto:	8,47 N/cm ³ ovvero 0,86 kg/cm ³
Coesione (c):	0 (zero)
Angolo di attrito (ϕ):	15°
Resistenza a compressione uniassiale (σ_r):	0,0392 MPa (N/mm ²) ovvero 0,4 kg/cm ²
Modulo di compressione edometrico (E_{ed}):	3,9227 N/mm ² ovvero 40 kg/cm ²

Rock quality designation (R.Q.D.):

non determinabile

Argille subappennine grigio azzurre

Pressione ammissibile (q_a)	> di 4 kg/cm ² ;
Contenuto naturale d'acqua (w_n):	da 14,05 % a 43,5 % con una media di 27,69 %;
Peso di volume al naturale (γ):	da 1,75 g/cm ³ a 2,11 g/cm ³ con una media di 1,94 g/cm ³ ;
Peso di volume del secco (γ_d):	da 1,22 g/cm ³ a 1,78 g/cm ³ con una media di 1,51 g/cm ³
Coesione efficace (c'):	da 0,2 kg/cm ² a 0,6 kg/cm ² ;
Angolo di attrito efficace (ϕ'):	da 20° a 27° con una media di 23,6°;
Indice dei vuoti (e_0):	varia da 0,63 a 0,71;
Indice dei vuoti al termine della fase di compressione (e_{50}):	varia da 0,34 a 0,41;
Indice di compressibilità (c_c):	varia da 0,03 (al carico di 0,2 kg/cm ²) a 0,58 (al carico di 50 kg/cm ²);
Modulo di compressione edometrica (Ed):	varia da 150 kg/cm ² (al carico di 0,2 kg/cm ²) a 600 kg/cm ² (al carico di 50 kg/cm ²);
Coefficiente di consolidazione (c_v):	varia da $1,7 \times 10^{-4}$ cm/sec (al carico di 0,8 kg/cm ²) a $6,90 \times 10^{-4}$ (al carico di 12 kg/cm ²);
Coefficiente di sottofondo (K):	da 0,3 kg/cm ³ a 5 kg/cm ³ .

Calcarene non cementata

Coesione efficace (c'):	0,0125 kg/cm ² – 0,0625 kg/cm ²
Coesione non drenata (c_u):	0,1 kg/cm ² - 0,5 kg/cm ²
Angolo di attrito interno (ϕ) (gradi sessagesimali):	20° - 24°
Delta (δ) angolo di attrito interfaccia terreno - cls:	2/3 dell'angolo di attrito interno (ϕ)
Adesione (c_a) (interfaccia terreno cls) adimensionale:	si assume nulla o $c_a \leq 0,5 c'$
Coefficiente di spinta a riposo (K_0) (adimensionale):	varia da 0,5 a 2 in genere inferiore ad 1
Peso di volume al naturale (γ_n):	1,70 g/cm ³ – 1,82 g/cm ³
Peso di volume saturo (γ_{sat}):	assegnato nelle zone immerse e vale circa 2 volte del γ_n
Modulo di elasticità del terreno (E):	20 kg/cm ² – 200 kg/cm ²
Modulo di Poisson (adimensionale):	0,36 - 0,34
Rock quality designation (R.Q.D.):	non determinabile
Coefficiente di permeabilità orizzontale (K_h):	1×10^{-5} cm/sec - 1×10^{-3} cm/sec
Coefficiente di permeabilità verticale (K_v):	1×10^{-6} cm/sec - 1×10^{-4} cm/sec
Peso specifico dei granuli (γ_r):	2,68 g/cm ³ – 2,71 g/cm ³
Contenuto naturale d'acqua (W_n):	12 % - 22 %
Peso di volume del seco (γ_s):	1,39 g/cm ³ - 1,63 g/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione x:	0,27 kg/cm ³ – 1,09 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione y:	0,27 kg/cm ³ – 1,09 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione z:	0,5 kg/cm ³ - 2,0 kg/cm ³
Modulo edometrico (E_{ed}):	30 kg/cm ² - 100 kg/cm ²

Calcarene cementata

Coesione efficace (c'):	0,096 kg/cm ² – 0,32 kg/cm ²
Coesione non drenata (c_u):	0,3 kg/cm ² – 1,0 kg/cm ²
Angolo di attrito interno (ϕ) (gradi sessagesimali):	28° - 35°
Delta (δ) angolo di attrito interfaccia terreno - cls:	2/3 dell'angolo di attrito interno (ϕ)
Adesione (c_a) (interfaccia terreno cls) adimensionale:	si assume nulla o $c_a \leq 0,5 c'$
Coefficiente di spinta a riposo (K_0) (adimensionale):	varia da 0,5 a 2 in genere inferiore ad 1

Peso di volume al naturale (γ_n):	1,90 g/cm ³ – 2,02 g/cm ³
Peso di volume saturo (γ_{sat}):	assegnato nelle zone immerse e vale circa 2 volte del γ_n
Modulo di elasticità del terreno (E):	300 kg/cm ² – 500 kg/cm ²
Modulo di Poisson (adimensionale):	0,33 - 0,32
Rock quality designation (R.Q.D.):	< 25 %
Coefficiente di permeabilità orizzontale (K_h) :	1x10 ⁻³ cm/sec - 1x10 ⁻⁴ cm/sec
Coefficiente di permeabilità verticale (K_v):	0,5 x10 ⁻⁴ cm/sec – 0,5 x10 ⁻⁵ cm/sec
Peso specifico dei granuli (γ_r):	2,65 g/cm ³ – 2,69 g/cm ³
Contenuto naturale d'acqua (W_n):	7 % - 13 %
Peso di volume del seco (γ_s):	1,68 g/cm ³ - 1,89 g/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione x:	2,2 kg/cm ³ – 5,45 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione y:	2,2 kg/cm ³ – 5,45 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione z:	4,0 kg/cm ³ – 10,0 kg/cm ³
Modulo edometrico (E_{ed}):	80 kg/cm ² - 200 kg/cm ²

Substrato Calcareo

Peso specifico dei granuli (γ_r):	2,66 g/cm ³ – 2,72 g/cm ³
Peso di volume al naturale (γ_n):	1,90 g/cm ³ – 2,25 g/cm ³
Contenuto naturale d'acqua (W_n):	3 % - 10 %
Peso di volume del seco (γ_s):	1,73 g/cm ³ – 2,18 g/cm ³
Peso di volume saturo (γ_{sat}):	assegnato nelle zone immerse e vale circa 2 volte del γ_n
grado di compattatezza (γ/γ_r):	0,70 - 0,82;
coefficiente di porosità (n):	7,83 % - 18,20 %;
coefficiente d'imbibizione riferito al peso (I_p) :	1,00 % - 7,00 %;
Coefficiente di permeabilità orizzontale (K_h) :	1x10 ⁻² cm/sec - 1x10 ⁻³ cm/sec
Coefficiente di permeabilità verticale (K_v):	0,5 x10 ⁻³ cm/sec – 0,5 x10 ⁻⁴ cm/sec
Carico a rottura (σ_r):	380 kg/cm ² - 530 kg/cm ²
Rock quality designation (R.Q.D.):	25 - 35 %
Coesione efficace (c'):	0,096 kg/cm ² – 0,32 kg/cm ²
Coesione non drenata (c_u):	1,2 kg/cm ² – 1,5 kg/cm ²
Angolo di attrito interno (ϕ) (gradi sessagesimali):	33° - 40°
Delta (δ) angolo di attrito interfaccia terreno - cls:	2/3 dell'angolo di attrito interno (ϕ)
Adesione (c_a) (interfaccia terreno cls) adimensionale:	si assume nulla o $c_a \leq 0,5 c'$
Coefficiente di spinta a riposo (K_0) (adimensionale):	varia da 0,5 a 2 in genere inferiore ad 1
Modulo di elasticità dinamico (E_{din}):	12.000 kg/cm ² – 75.000 kg/cm ²
Modulo di taglio (G):	9.000 kg/cm ² – 30.000 kg/cm ² ;
Modulo di Young statico (E_s):	1.200 kg/cm ² – 5.000 kg/cm ²
Modulo di Poisson (adimensionale):	0,33 - 0,31
Costante di sottofondo (K_s) in direzione x:	11 kg/cm ³ – 40 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione y:	11 kg/cm ³ – 40 kg/cm ³
Costante di sottofondo (K_s) in direzione z:	20 kg/cm ³ – 80 kg/cm ³
Modulo edometrico (E_{ed}):	1.100 kg/cm ² – 1.200 kg/cm ²

8.0 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In relazione a quanto esposto si ritiene di poter escludere qualsiasi condizionamento relativamente alla fattibilità geomorfologica e geotecnica delle opere per la realizzazione

dell’Impianto innovativo per il trattamento di scarti /rifiuti nell’area individuata nell’ASI di Brindisi del **“IMPIANTO di GASSIFICAZIONE in IDROLISI per il TRATTAMENTO di SCARTI con PRODUZIONE di IDROGENO”**.

Sulla scorta delle indagini in sito si è potuto valutare, altresì, il comportamento meccanico dei terreni costituenti il substrato di fondazione e sono indicati i valori dei principali parametri geotecnici da tenere in conto nella progettazione delle strutture portanti e di fondazione dell’insediamento.

Dott Geol Francesco Paolo Ramunni



