

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O.: GEOLOGIA

PROGETTO PRELIMINARE

NUOVA LINEA AV/AC VENEZIA - TRIESTE
TRATTA PORTOGRUARO - RONCHI DEI LEGIONARI

Geologia - Geomorfologia - Idrogeologia

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

SCALA :

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

L346 00 R 69 RG GE0001 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
0	Emissione per commenti	ARES	ottobre/2010	Mostocotto	ottobre/2010	Fochesato	ottobre/2010	ITALFERR SPA Dipartimento Geologia Responsabile Geologia Marchese Dipartimento Geologia n. 179 ottobre/2010
A	Emissione definitiva	ARES	ottobre/2010	Mostocotto	ottobre/2010	Fochesato	ottobre/2010	

File: L34600R69RGGE0001001A.dwg

n.Elabor.

200



Questo progetto è cofinanziato
dalla Comunità Europea

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	4
4	ALLEGATI	5
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA.....	5
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	7
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA.....	9
6.2	EVOLUZIONE STRUTTURALE	10
6.3	EVOLUZIONE SEDIMENTOLOGICA E AMBIENTI DEPOSIZIONALI.....	13
7	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE	14
7.1	EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA	15
7.2	MEGAFAN ALLUVIONALI	17
7.3	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEI PRINCIPALI SISTEMI FLUVIALI	19
7.4	CARATTERISTICHE DELLE ZONE LITORALI E LAGUNARI	21
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	23
8.1	MODELLO DI CIRCOLAZIONE PROFONDA	25
8.2	PRINCIPALI FALDE IDRICHE	26
8.3	ALIMENTAZIONE DELLE FALDE	27
8.4	EMERGENZE IDRICHE (RISORGIVE).....	27
9	ASSETTO GEOLOGICO	29
9.1	DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI (6).....	29
9.2	DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (5)	30

9.3	DEPOSITI ALLUVIONALI DEI PALEOALVEI (4)	31
9.4	UNITÀ UBIQUITARIE (3)	31
9.5	DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI (2)	32
9.6	RIPORTO ANTROPICO (1)	32
10	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	33
10.1	ELEMENTI IDROGRAFICI	33
10.2	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	34
10.3	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI	35
11	ASSETTO IDROGEOLOGICO	36
11.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	36
11.1.1	<i>Complesso idrogeologico dei Depositi antropici</i>	<i>37</i>
11.1.2	<i>Complesso idrogeologico dei Depositi Argilloso-limosi</i>	<i>37</i>
11.1.3	<i>Complessi idrogeologico dei Depositi Limoso-sabbiosi</i>	<i>37</i>
11.1.4	<i>Complesso idrogeologico dei Depositi Sabbioso-Ghiaiosi</i>	<i>37</i>
11.2	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO ED EMERGENZE (RISORGIVE)	37
12	SISMICITA' DELL' AREA	41
12.1	ASPETTI SISMOGENETICI	41
12.2	SISMICITÀ STORICA	43
12.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	49
12.4	AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE	54
12.5	SUSCETTIVITÀ DEI TERRENI ALLA LIQUEFAZIONE	55
13	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	55
13.1	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 0+000 E IL KM 4+230	56
13.2	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 4+230 E IL KM 5+080	56
13.3	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 5+080 E IL KM 7+290	56

13.4	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 7+290 E IL KM 10+250	56
13.5	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 10+250 E IL KM 16+520	57
13.6	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 16+520 E IL KM 17+830	57
13.7	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 17+830 E IL KM 18+150	58
13.8	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 18+150 E IL KM 21+410	58
13.9	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 21+410 E IL KM 25+850	58
13.10	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 25+850 E IL KM 29+260	58
13.11	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 29+260 E IL KM 35+760	59
13.12	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 35+760 E IL KM 37+290	59
13.13	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 37+290 E IL KM 37+870	59
13.14	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 37+870 E IL KM 44+240	59
13.15	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 44+240 E IL KM 45+724	60
13.16	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 45+724 E IL KM 46+796	60
13.17	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 0+000 E IL KM 11+362 DEL TRATTO PALMANOVA - CERVIGNANO.....	61
13.18	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 0+000 E IL KM 5+535 DEL TRATTO RACCORDO MERCI SUD	62
14	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	62

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 4 di 73

1 PREMESSA

Nell’ambito dello “Studio geologico e idrogeologico per il Progetto Preliminare della Tratta Portogruaro – Ronchi dei Legionari sulla linea AV/AC Venezia - Trieste”, la scrivente società ha avviato i rilievi e gli studi propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

Il lavoro è stato condotto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l’area di interesse (cfr. Riferimenti bibliografici cap. 15);
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell’area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche appositamente realizzate nell’area di interesse;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Si sottolinea che gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli standard metodologici prodotti dall’APAT per la realizzazione delle cartografie geologiche e geomorfologiche del Progetto CARG. Le attività specifiche di carattere geologico e geologico - applicativo sono state eseguite da tecnici iscritti all’albo professionale dei geologi.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti referenziati

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- ITALFERR L34200R69RHGE0001001B Relazione Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica;

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 5 di 73

4 ALLEGATI

- L346 00 R 69 N5 GE0001 001/13 A Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico;
- L346 00 R 69 N5 GE0003 001/8 A Carta geomorfologica;
- L346 00 R 69 N5 GE0002 001/8 A Carta idrogeologica

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto di studio ricade nella porzione nord-orientale della Pianura Veneto – Friulana, in prossimità del limite amministrativo che separa la regione Veneto dalla regione Friuli Venezia Giulia, delimitata a sud dal Mare Adriatico ed a est dalla Slovenia. Nello specifico il tracciato di progetto si snoda su una lunghezza complessiva pari a 48.117 Km, interessando i diversi territori comunali qui di seguito elencati sinteticamente.

COMUNE	PROVINCIA
BAGNARIA ARSA	UDINE
CASTIONS DI STRADA	UDINE
CERVIGNANO DEL FRIULI	UDINE
FIUMICELLO	UDINE
FOSSALTA DI PORTOGRUARO	VENEZIA
GONARS	UDINE
MUZZANA DEL TURGNANO	UDINE
PALAZZOLO DELLO STELLA	UDINE
PALMANOVA	UDINE
POCENIA	UDINE
PORPETTO	UDINE
PORTOGRUARO	VENEZIA
RONCHIS	UDINE
RUDA	UDINE
SAN CANZIAN D'ISONZO	GORIZIA
SAN GIORGIO DI NOGARO	UDINE
SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	VENEZIA
TEGLIO VENETO	VENEZIA
TEOR	UDINE
TORVISCOSA	UDINE
TURRIACO	GORIZIA
VILLA VICENTINA	UDINE

Tabella 1: Elenco comuni attraversati dal tracciato ferroviario di progetto.

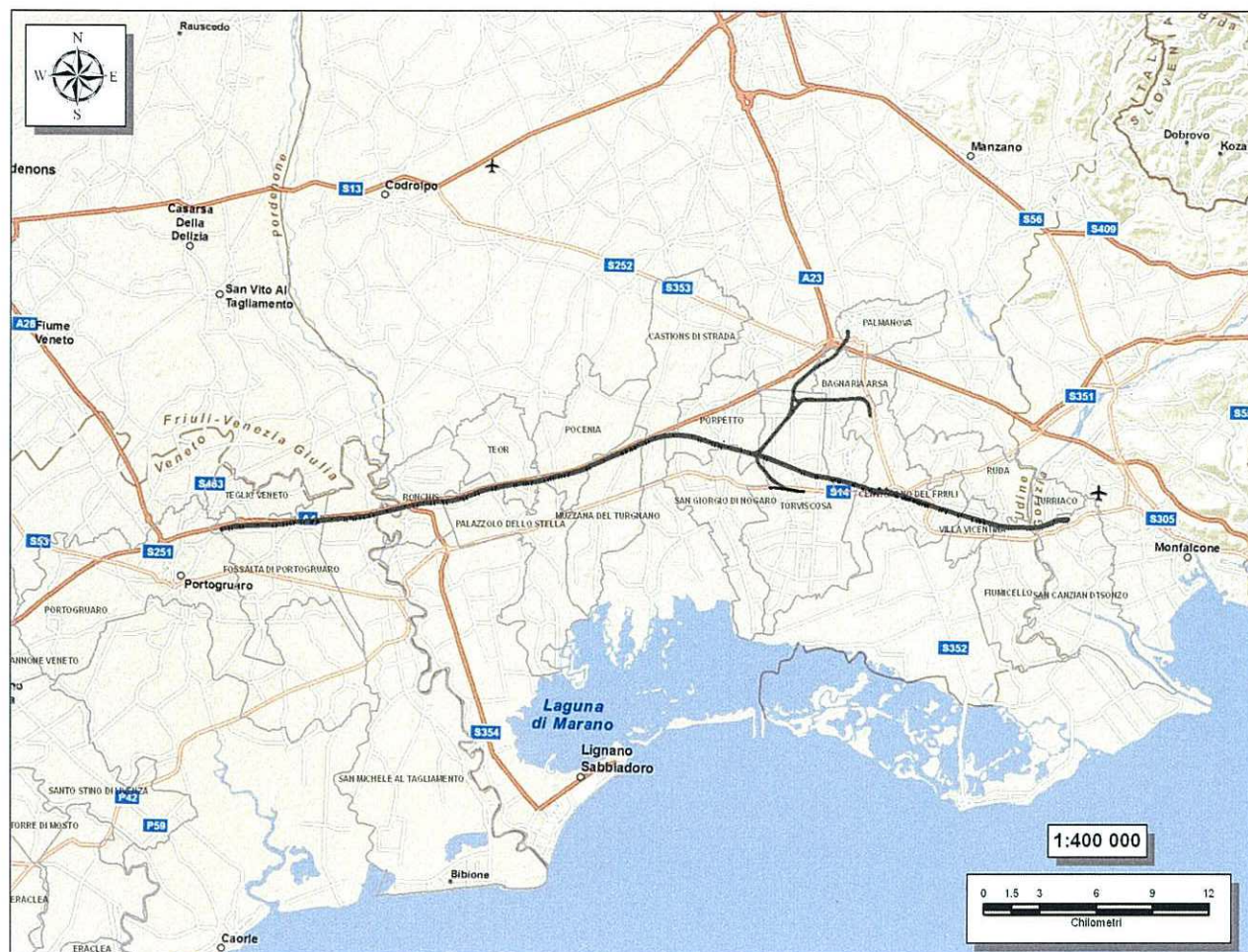


Figura 1 Stralcio cartografico in scala 1:400.000 con individuazione del tracciato di progetto.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno dei Fogli 040 "Palmanova" e 039 "Pordenone" in scala 1:100.000, nelle Tavole 039 II NE, 040 I SW, 040 II NE, 040 II NW, 040 III NE, 040 III NW e 040 IV SE in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale delle Regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia, negli elementi 86152, 86153, 86162, 86163, 87102, 87112, 87113, 87131, 87132, 87133, 8714, 8741, 87144, 87151, 87161, 87164, 88132, 88133, 88134 e 88143 in scala 1:5.000.

Il territorio in esame è sostanzialmente pianeggiante ed ubicato nel settore posto immediatamente a nord dell'area compresa tra la Laguna di Caorle ed il Golfo di Panzano. In particolare, il tracciato attraversa dei territori occupati in passato da ambienti lagunari o palustri, successivamente bonificati e caratterizzati da quote medie che poco si discostano dal livello base. Tali sedimenti terrigeni, quaternari ed attuali, si attestano su un basamento di età per lo più terziaria costituito da successioni prevalentemente silicoclastiche e solo subordinatamente carbonatiche.

I principali corsi d'acqua dell'area presentano un andamento circa NNW-SSE e si sviluppano dalle Alpi veneto-friulane fino alle aree lagunari di Caorle e Marano, nonché al Mare Adriatico. Procedendo da ovest verso est, i corsi d'acqua più importanti sono rappresentati dai Fiumi Tagliamento ed Isonzo, ai quali si aggiungono corsi d'acqua secondari quali il Fiume Stella, il Fiume Cormor, il Canale Ledra ed il Fiume Natisone, quest'ultimo affluente destro del Fiume Isonzo. Tali corsi d'acqua sono attualmente arginati e presentano alvei spesso pensili rispetto alle pianure alluvionali circostanti. Queste ultime, infine, sono attraversate da una fitta rete di canali di bonifica che garantiscono il deflusso idrico verso mare e sono supportati da sistemi di idrovore per il sollevamento meccanico delle acque e la bonifica artificiale delle aree più depresse.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'evoluzione geologica subita dall'area di interesse ben si inquadra nel contesto evolutivo geologico e geomorfologico vissuto nel complesso dall'intera area pianeggiante dell'Italia nord-orientale durante il Pleistocene superiore - Olocene.

Nella letteratura scientifica ufficiale i modelli geologici *s.l.* schematici proposti, ben evidenziano gli elementi geologici e geomorfologici presenti sul terreno a testimonianza del succedersi degli eventi deposizionali ed erosivi che hanno interessato l'area a partire dal Pleistocene superiore terminale fino all'Attuale. Dal punto di vista geologico è possibile individuare, da N a S, diverse zone (Brambati *et al.* 1977, Bondesan *et al.* 2008):

- la **zona alpina**, costituita da depositi prevalentemente calcareo-dolomitici mesozoici e, solo subordinatamente, da depositi flyschoidi eocenici;
- la **zona pedemontana**, costituita dai depositi alluvionali e morenici del Pleistocene superiore;
- la **zona di pianura**, costituita da depositi alluvionali dell'Olocene.

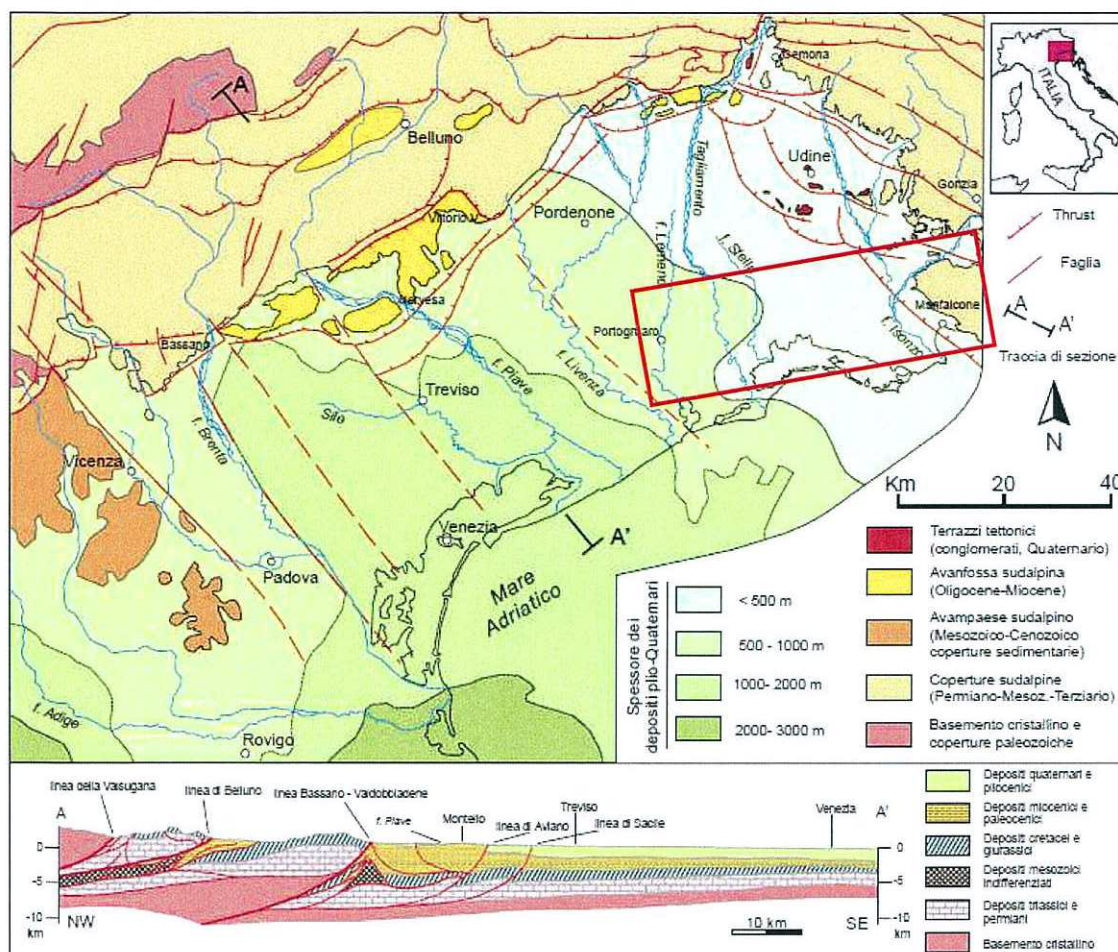


Figura 2 Schema geologico strutturale della pianura veneto-friulana, con profilo geologico del settore centrale (da Provincia di Venezia, 2008). Il riquadro rosso indica l'area di studio.

Recentemente, a seguito della realizzazione dei progetti di cartografia geomorfologica, pedologica e geologica riguardanti la pianura friulana (Bondesan *et al.* 2004, Bondesan & Meneghel 2004, ARPAV 2005; Fontana 2006) si è assistito ad un notevole avanzamento nelle conoscenze del territorio in esame e della sua evoluzione geologica *s.l.*

I dati disponibili per la pianura veneto – friulana consentono di descrivere con discreta accuratezza l'assetto litostratigrafico caratterizzante i primi 30 metri di profondità dall'attuale piano campagna, mentre per ciò che concerne il substrato profondo sono possibili solo supposizioni ed estrapolazioni di dati. La maggior parte delle indagini geognostiche ad oggi disponibile, infatti, indaga il sottosuolo ad una profondità compresa tra i 15 e i 30 metri dal piano campagna, mentre i sondaggi profondi che raggiungono profondità comprese tra i 30 e i 50 metri dal piano campagna sono molto limitati nel numero. Infine, per ciò che riguarda i sondaggi che raggiungono i 100 metri di profondità, essi sono quasi esclusivamente carotaggi realizzati nell'ambito del progetto di produzione dei nuovi fogli geologici d'Italia in scala 1:50.000 (progetto CARG).

Dalle conoscenze pregresse riguardanti il settore di interesse emerge che i sedimenti costituenti la porzione più orientale della Pianura Padana sono essenzialmente depositi marini di età compresa tra il Giurassico ed il Pliocene inferiore, depositi continentali pliocenici e depositi marini e/o lagunari, di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene.

6.1 Evoluzione geologica

La storia geologica dell'area della Pianura Veneto-Friulana è il risultato di una complessa storia evolutiva che, dal Giurassico fino all'Attuale, ha determinato significative modificazioni nelle condizioni di deposizione dei sedimenti e nell'assetto batimetrico delle acque marine.

Dal Giurassico al Cretacico, l'area era caratterizzata dalla presenza di due differenti domini paleogeografici costituiti rispettivamente dalla Piattaforma Carbonatica Friulana e dal Bacino di Belluno, quest'ultimo, nella sua fascia più prossimale, recapito dei depositi di ambiente di transizione ampiamente affioranti nel settore dello specifico interesse progettuale. Le caratteristiche di un ambiente sommerso sono perdurate all'incirca fino al Miocene medio quando, in conseguenza dell'abbassamento isostatico del livello medio marino, l'intero settore è emerso e si sono in tal modo instaurate le condizioni favorevoli all'erosione continentale ed alla definizione di un primordiale reticolo fluviale.

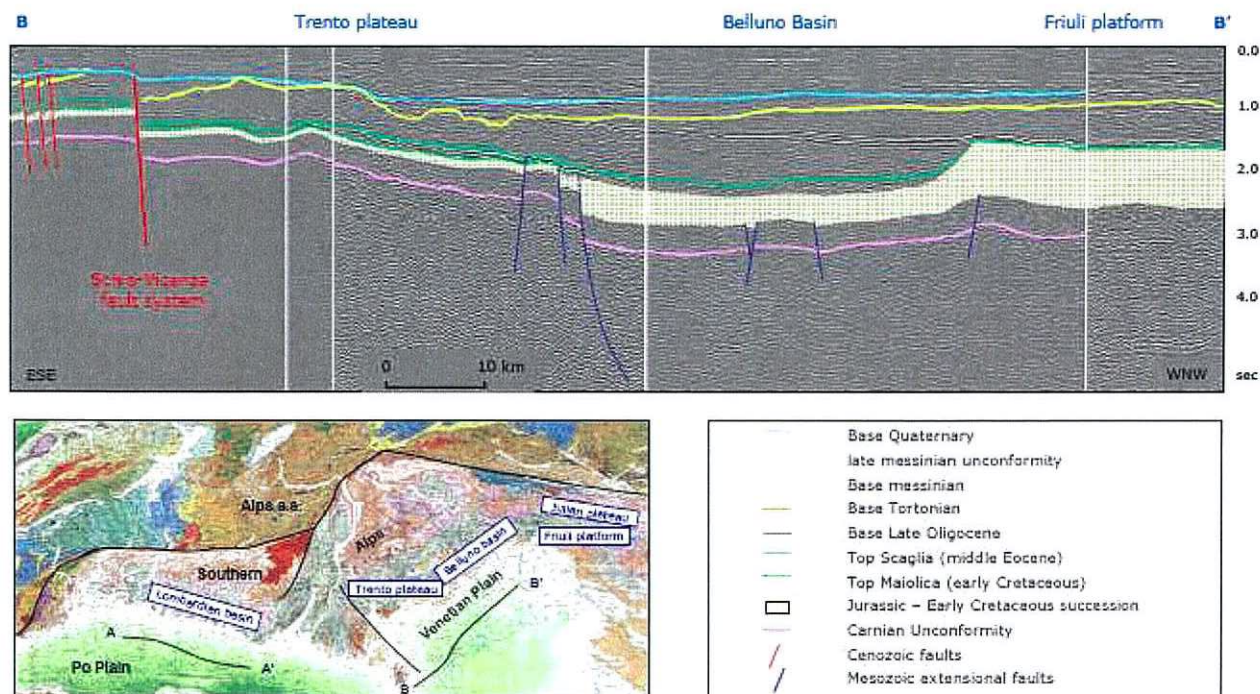


Figura 3 Sezione sismica B-B', che mette in evidenza i depositi della bassa pianura veneta. In basso a destra è indicata il tracciato della sezione; a sinistra la legenda (da Fantoni et al. 2009).

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 10 di 73

Successivamente, a più riprese dal Pliocene inferiore al Quaternario, la probabile subduzione per flessurazione della litosfera continentale provoca l'avanzamento del fronte appenninico settentrionale migrante verso NE ed il conseguente instaurarsi di condizioni epibatiali tuttora perduranti.

Nel complesso, con un'analisi di più ampio respiro, si possono distinguere fondamentalmente tre principali successioni affioranti nell'area compresa tra le zone pedemontane e la pianura delle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia:

- Successioni marine mesozoiche;
- Successione continentali plioceniche;
- Successioni marine e lagunari plio - quaternarie.

In particolare, nell'area di studio sono presenti termini litostratigrafici riferibili all'ultima successione stratigrafica menzionata i quali, ovviamente, conservano traccia dei numerosi cicli di emersione e sommersione che hanno caratterizzato l'intera area nella sua storia evolutiva più recente.

6.2 Evoluzione strutturale

La pianura veneto-friulana è parte del più ampio avampaese compreso tra il settore orientale delle Alpi meridionali e la porzione orientale dell'Appennino settentrionale, entrambe catene a pieghe e falde di ricoprimento. Esso è ricoperto da una potente successione sedimentaria di età terziaria e quaternaria nella quale sono evidenti le tracce degli eventi magmatici e tettonici succedutisi nel tempo, schematizzabili sinteticamente in tre principali fasi:

- **Evoluzione Pre-Orogenesi** (Paleozoico – Triassico): in questa prima fase il substrato è costituito essenzialmente dal basamento cristallino, caratterizzato da numerose associazioni granitoidi intercalate a rocce clastiche e vulcaniche. Non si hanno significativi eventi tettonici almeno fino all'inizio del Triassico, quando si assiste ad un progressivo *uplift* e ad una estensione dell'area, accompagnata dall'attività magmatica tipica delle fasi iniziali dell'evento eoalpino.
- **Evoluzione Sin-Orogenesi** (Giurassico superiore – Miocene superiore): dal Giurassico superiore – Cretaceo inferiore si assiste alla progressiva apertura del bacino tetideo settentrionale che comporta una prima differenziazione all'interno degli ambienti di sedimentazione del Bacino di Belluno. Quest'ultimo, a sua volta è dislocato da diverse faglie estensionali ad andamento NW-SE, antecedenti alla tettonica trassensionale a direzione prevalentemente NE-SW. Successivamente, durante il Paleogene si assiste alla progressiva scomparsa della Piattaforma Carbonatica Friulana in conseguenza del sollevamento che ha investito l'intera area. Tra l'Oligocene superiore ed il Miocene medio si succede, infine, l'evento Insubrico che conferisce, nel complesso, all'area le caratteristiche strutturali e deposizionali di un avampaese distale. Verso sud, quindi, il fronte alpino è ormai sepolto dai depositi di piana alluvionale pedealpina, mentre ad est alcuni dei sovrascorrimenti più esterni, affioranti parzialmente nel mezzo della pianura friulana, danno luogo, attualmente, a terrazzi tettonici sollevati di pochi metri rispetto alle aree limitrofe (Fontana 2006). Dal Serravaliano al Messiniano, infine, durante la fase neoalpina, l'intera area risente del veloce avanzamento verso SE del fronte della catena subalpina orientale.

- **Evoluzione Post-Orogenesi** (Pliocene inferiore - Quaternario): durante il Pliocene inferiore il regime compressivo, in parte ancora esistente nell'area mediterranea settentrionale, favorisce l'avanzamento del fronte appenninico verso NE mentre i continui stress tensionali inducono la crosta continentale adriatica a flessurarsi, con la conseguente formazione del *boulge* periferico che investe l'attuale area lagunare, in seguito sommersa.

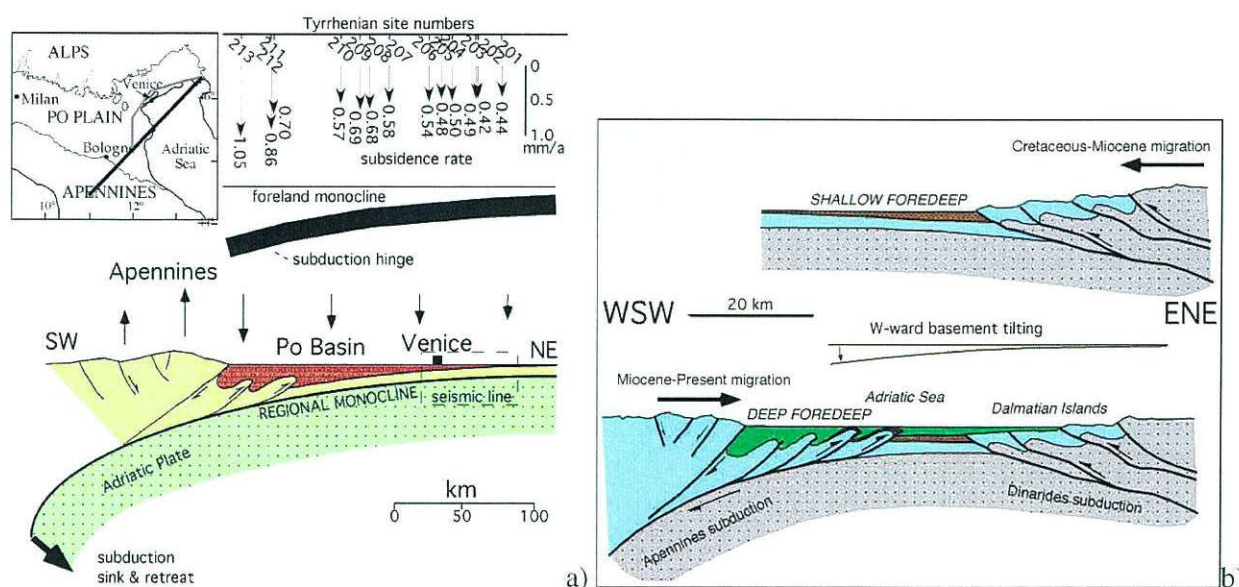


Figura 4 a) I valori al di sotto del “Tyrrhenian site” indicano il tasso di subsidenza che ha subito l’area di costa. La posizione della slab Adriatica è mostrata dalla sezione inferiore ricavata dalla sismica; b) Schematizzazione della sezione da ovest verso est del Mare Adriatico, che mostra due prismi di accrezione, uno rappresentato dal fronte degli Appennini e uno dalla zona di subduzione delle Dinaridi (da Cuffaro et al. 2009).

E’ molto probabile, inoltre, che oltre la metà del dislivello prodotto a causa dell’abbassamento relativo registratosi nell’area lagunare durante il Pleistocene, sia stato indotto dal carico tettonico dell’Appennino settentrionale (Barbieri *et al.* 2004). I tassi di subsidenza media annua, calcolati sugli ultimi 125.000 anni, infatti, indicano che l’intera pianura costiera veneta sta attualmente subducendo. In particolare, il tasso di subsidenza della porzione della bassa pianura compresa tra il Fiume Tagliamento ed il Fiume Livenza è stato stimato di circa 0.45 mm/a (Ferranti *et al.* 2006, Cuffaro *et al.* 2009).

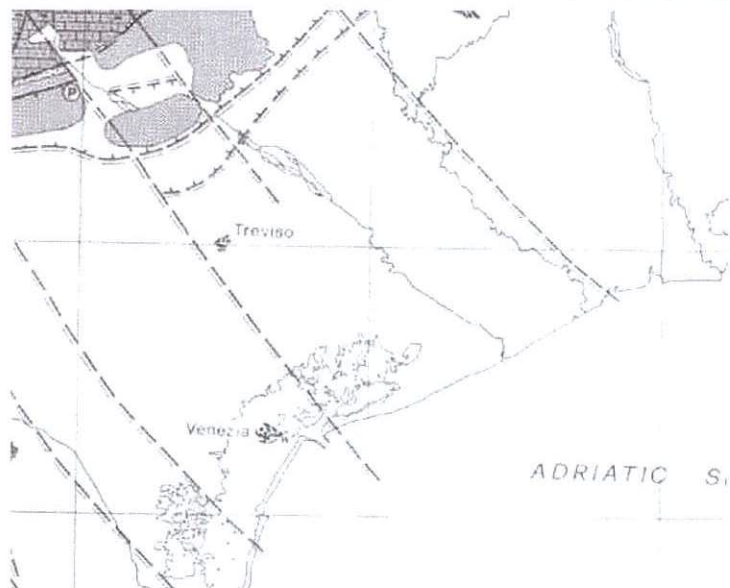


Figura 5 Stralcio della “North Eastern Italy Structural Map”, relativo alla Pianura Veneta. Vengono riportati i principali lineamenti tettonici (linee tratteggiate) corrispondenti a faglie sepolte (da Slejko *et al.* 1987).

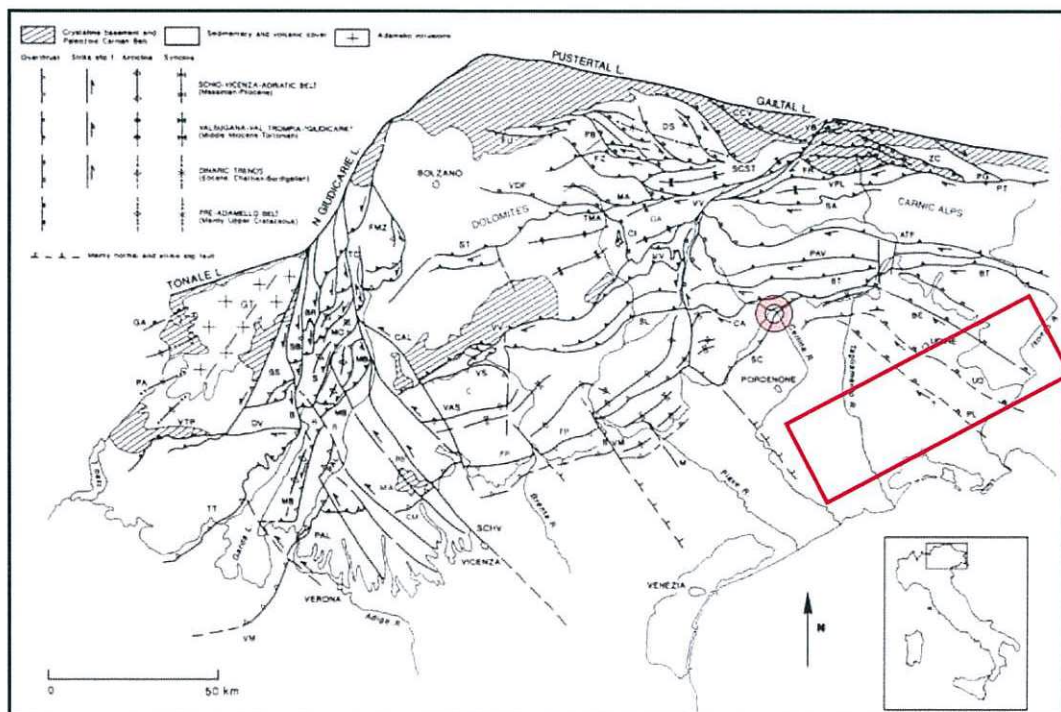


Figura 6 Interpretazione strutturale del settore orientale delle Alpi Meridionali (da Castellarin *et al.* 2000); il riquadro rosso indica l'area di studio.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 13 di 73

La faglia Schio-Vicenza, ancora, che delimita ad ovest la pianura veneta verso i rilievi Lessini-Berici-Euganei, probabilmente, era già attiva nel Quaternario come faglia di direzione, con rigetti quasi nulli in prossimità dell'area veneziana. Le faglie estensionali, invece, con analoga direzione, e sepolte nel sottosuolo della pianura, non sembra abbiano interessato la base del Pleistocene (Slejko *et al.* 1987, Castellarin *et al.* 2000, Tosi *et al.* 2007). Infine, nell'area di studio non vi sono evidenze di faglie capaci, ma sono ipotizzate solo alcune faglie estensionali sepolte sotto i sedimenti più recenti.

6.3 Evoluzione sedimentologica e ambienti deposizionali

I terreni affioranti nell'area di studio sono caratterizzati da una grande variabilità nei costituenti, in relazione all'estrema mutevolezza degli originari ambienti di sedimentazione delle zone di transizione, non sempre facilmente riconoscibili.

Nell'area investigata si distinguono nel complesso quattro differenti ambienti di sedimentazione, in cui la deposizione è avvenuta tra il tardo Pliocene ed il Quaternario, qui di seguito descritti brevemente (Tosi *et al.* 2007):

- ambiente deposizionale **alluvionale o fluviale**;
- ambiente deposizionale **deltizio**;
- ambiente deposizionale **litorale** (lagunare e di spiaggia);
- ambiente deposizionale di **piattaforma**.

Ad ognuno di essi è, quindi, possibile associare un diverso tipo di deposito (Tosi *et al.* 2007).

Depositi alluvionali o fluviali: sono costituiti da limi sabbiosi, sabbie e sabbie limose e/o argillose, spesso con presenza di materiale organico, laminazioni piano-parallele ed incrociate, nonché tasche di erosione. I depositi di piana inondabile, invece, sono caratterizzati da granulometrie più fini, quali quella limosa ed argillosa, talora associate a sostanze organiche; i limi prevalgono nelle zone di raccordo tra dossi e aree interfluviali depresse, mentre le argille sono presenti nelle piane inondabili situate in porzioni distali rispetto al corso d'acqua.

Depositi deltizi: sono situati tra la terraferma e il margine lagunare interno, in corrispondenza dello sbocco in laguna di antichi corsi d'acqua. Si tratta di limi con contenuto variabile di argille, spesso organiche e talvolta bioturbate; frequentemente presentano una fitta laminazione e locali veli di sabbia.

Depositi litorali: sono riuniti sotto questa dizione sia i depositi litorali di spiaggia che i depositi litorali lagunari, questi ultimi relativi agli antichi canali lagunari. I depositi lagunari di spiaggia sono essenzialmente limi sabbiosi, sabbie e sabbie limose, spesso con laminazioni incrociate. I depositi litorali lagunari, invece, sono costituiti da sabbie e sabbie limose, spesso rimaneggiati dalle correnti idriche lagunari. Nei bacini lagunari i litotipi principali sono limi e limi argillosi e/o sabbiosi, con frequente presenza di materiale organico, a maggiore contenuto di argilla nelle aree a circolazione idrica ristretta, con tendenza all'impaludamento. All'interno di tali sequenze si individuano, infatti, orizzonti caratterizzati da chiazze di ossidazione bruno-rossastre e resti vegetali in posizione di crescita originaria, a testimonianza di una scarsa circolazione idrica. Tali depositi sono attribuiti a barene generate per emersione dei fondali lagunari, in precedenza sommersi.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 14 di 73

Depositi di piattaforma continentale: sono principalmente sedimenti fini di mare basso, prevalentemente limosi e argilloso-limosi.

7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

La genesi della pianura veneto-friulana è legata principalmente allo sviluppo dei grandi fiumi che la attraversano, quali il Fiume Tagliamento, il Piave, il Brenta e l'Isonzo, caratterizzati da estesi bacini idrografici alpini, sede di numerosi ed imponenti ghiacciai nel Pleistocene. Il progredire dell'azione erosiva, nonché deposizionale di tali corsi d'acqua ha dato vita alla formazione degli ampi sistemi dei megafun alluvionali (Fontana 2006) che caratterizzano geologicamente e geomorfologicamente l'area in esame.

Dagli studi geomorfologici di dettaglio condotti in passato (Castiglioni *et al.* 1991, Cavallin *et al.* 1987, Bondesan *et al.* 2004), si evince che il principale agente morfoevolutivo che ha delineato le forme tipiche di tali aree è rappresentato dall'erosione lineare fluviale le cui tracce sono, attualmente, ben visibili sul terreno. A seconda se si tratti della zona interna e, quindi, prossima al limite superiore della fascia pedemontana, oppure della zona esterna, a morfologia ancor più pianeggiante e prossimale alla zona di pertinenza marina, si possono distinguere diverse forme.

Della fascia interna distinguiamo:

- dossi fluviali;
- scarpate di terrazzo fluviale;
- corsi fluviali abbandonati;
- ventagli di esondazione;
- vallecicole a “V” ed “U”.

Nella fascia esterna, sono presenti forme naturali ed antropiche, quali:

- vasti depositi sabbiosi di ambiente litoraneo;
- cordoni litoranei;
- canali lagunari abbandonati;
- antiche ripe di erosione marina;
- aree di cava;
- aree bonificate;

- aree urbane antiche e recenti.

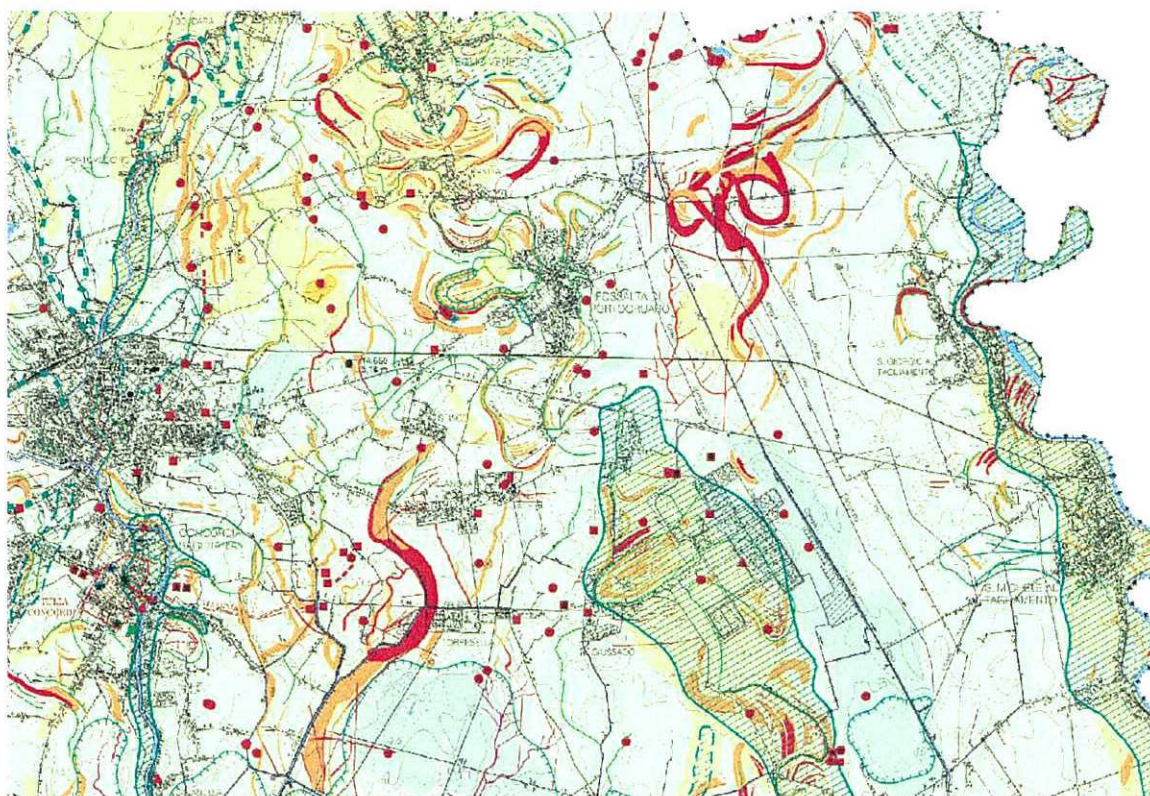


Figura 7 Stralcio della carta Geomorfologica in scala 1:50,000 dell'area limitrofa a Portogruaro (da Bondesan *et al.* 2004)

Nel complesso, l'area di studio può dirsi (Castiglioni *et al.* 1991, Cavallin *et al.* 1987, Bondesan *et al.* 2004) caratterizzata dalla presenza di diverse forme derivanti da differenti processi morfogenetici che si esplicano sulle varie tipologie di depositi. Nello specifico, si distinguono:

- Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali;
- Forme, processi e depositi di origine marina, lagunare o lacustre;
- Forme antropiche e manufatti.

7.1 Evoluzione geomorfologica

L'attuale assetto geologico e geomorfologico della pianura veneto-friulana deve la sua genesi agli eventi erosivi e deposizionali succedutisi durante le fasi finali dell'Ultimo Massimo Glaciale o LGM (Last Glacial Maximum) (Fontana *et al.* 2009).

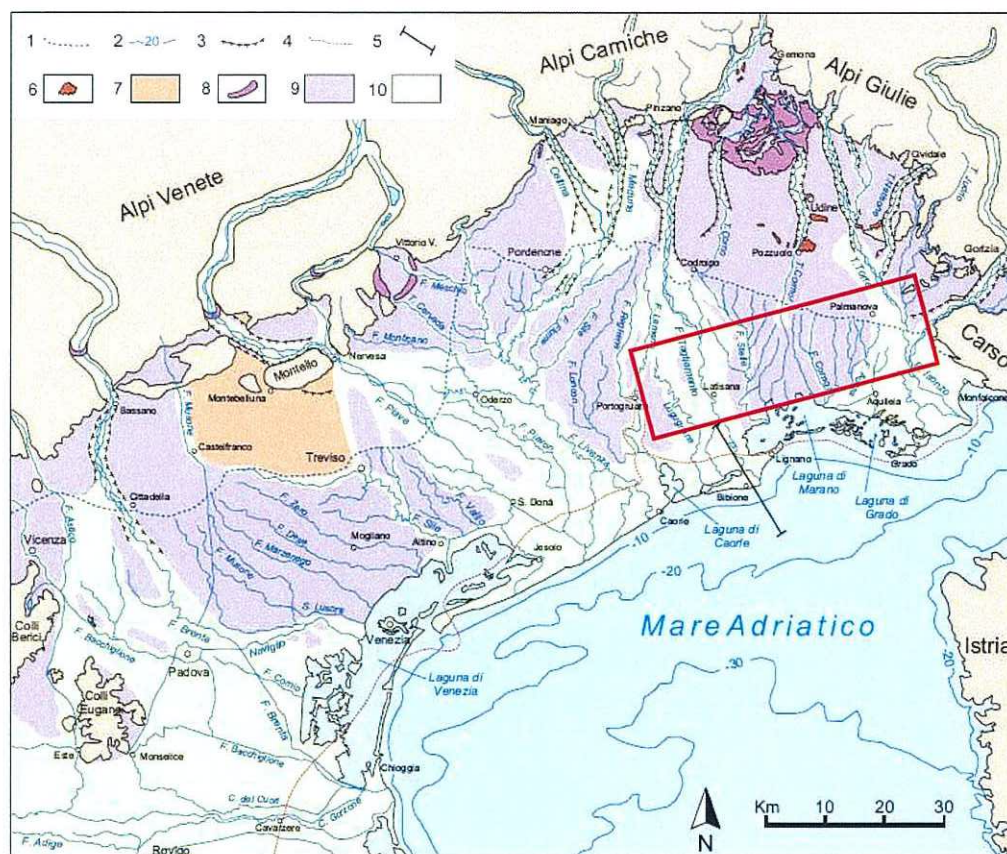


Figura 8 Età delle superfici nella pianura veneto-friulana (da Fontana *et al.* 2008), il riquadro rosso indica l'area di studio. 1) limite superiore delle risorgive; 2) isobate; 3) terrazzo fluviale; 4) limite ipotetico della massima ingressione marina, circa 5000 a.C.; 5) traccia della sezione stratigrafica (non riportata nel rapporto); 6) terrazzi tettonici; 7) pre-LGM; 8) apparati morenici del LGM; 9) LGM; 10) post-LGM.

Durante il periodo compreso all'incirca tra 30.000-17.000 anni fa si esplicano, infatti, i principali processi da cui derivano depositi e morfologie ben evidenti non soltanto in superficie ma anche a debole profondità dall'attuale piano campagna. Nello specifico, i sedimenti risalenti agli ultimi 17.000 anni fa sono genericamente definiti come depositi relativi al periodo post-LGM, essendosi formati in condizioni climatiche differenti.

L'evoluzione geologica antecedente al LGM può essere delineata solo sommariamente nonostante la presenza di alcuni importanti marker stratigrafici, eccezion fatta per il settore compreso tra Montello e l'area in cui si individuano le sorgenti del Sile, nell'alta pianura trevigiana (Bondesan *et al.* 2002, 2004), in cui affiorano ampiamente i depositi alluvionali precedenti al LGM.

Di seguito si riporta una breve sintesi riguardo i processi geologici e geomorfologici esplicitatisi durante il LGM.

- **PRE-LGM** (>30.000 anni fa): durante questo periodo la pianura è interessata da una notevole fase di sedimentazione confrontabile, per valori di aggradazione e architettura deposizionale, con la fase di deposizione verificatasi durante il LGM. Dai dati emersi dai sondaggi effettuati nell'area si desume, inoltre, che nel sottosuolo

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 17 di 73

della bassa pianura veneto-friulana, sono presenti depositi prevalentemente limosi e limoso-argillosi con sottili canali sabbiosi a geometria lentiforme (Bondesan et al. 2004, Tosi *et al.* 2007).

- **LGM** (30.000-17.000 anni fa): in questo periodo si svolge uno dei maggiori processi morfoevolutivi interessanti l'intero settore nord-orientale italiano, in cui i ghiacciai raggiungono la loro massima espansione pleistocenica occupando le principali valli alpine, fino a lambire le pianure (Fontana *et al.* 2008). Le condizioni ambientali, glaciali e periglaciali, che si instaurano durante questo periodo favoriscono una notevole produzione di detriti, mentre il movimento dei ghiacciai verso valle ne garantisce un efficace trasporto alimentando, inoltre, i sistemi fluvio-glaciali e portando all'aumentando della portata liquida e del quantitativo di carico solido dei corsi d'acqua. L'instaurarsi di tali nuove condizioni favorisce lo sviluppo dei grandi sistemi alluvionali e deposizionali dei megafun i quali materializzano l'aggradazione dell'intera ed attuale area di pianura (Fontana *et al.* 2008). E', inoltre, durante questo periodo che si ha la deposizione del cosiddetto "livello fondamentale della pianura", affiorante nell'intera pianura lombarda (Cremaschi 1987, Marchetti 1990). Lo spessore dei sedimenti depositi durante questa fase in genere è superiore a 15 metri e localmente può raggiungere uno spessore massimo di 25-30 metri, come testimoniano i depositi costituenti i megafun alluvionali dei fiumi Tagliamento e Piave, nonché quelli costituenti il megafun del fiume Brenta.

- **POST-LGM** (17.000 ad oggi): la fine del LGM è segnata dall'inizio del periodo Tardoglaciale, durante il quale l'intera area pianeggiante subisce un'ulteriore fase di evoluzione. Tale fase si caratterizza per la totale mancanza di sedimentazione e per il potere erosivo che acquisiscono i corsi d'acqua, i quali si trovano ora in forte fase di approfondimento. I depositi dei megafun dei fiumi Tagliamento e Piave sono, quindi, sottoposti ad un'importante fase di terrazzamento che si prolunga fino alla base dell'Olocene; successivamente tali incisioni sono parzialmente colmate dai sedimenti provenienti da ambienti lagunari e deltizi. Nei settori più distali della piana i depositi tardoglaciali sono separati da quelli riferibili all'LGM da una ben visibile unconformity, identificata con un paleosuolo noto in letteratura scientifica come "Caranto" (Tosi *et al.* 2007).

7.2 Megafan alluvionali

La pianura veneto-friulana è costituita essenzialmente dai depositi dei megafun alluvionali relativi ai principali fiumi alpini (Fontana *et al.* 2008, Bondesan *et al.* 2004), la cui evoluzione, a partire dal Pleistocene medio, è stata controllata dall'alternarsi dei periodi glaciali ed interglaciali. Qui di seguito sono elencati i principali sistemi di megafun alluvionali che interessano l'area di studio:

- Megafan del Tagliamento;
- Megafun del Cormon;
- Megafun del Torre;
- Megafun dell'Isonzo.

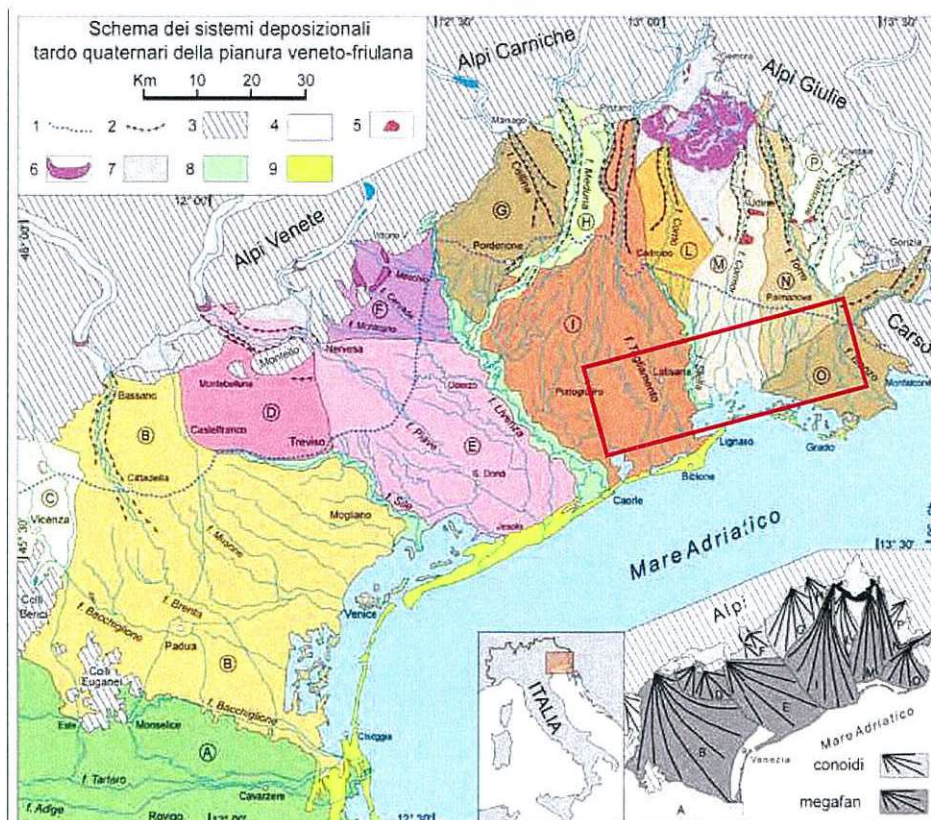


Figura 9 Schema dei sistemi deposizionali tardo-quaternari della pianura veneto-friulana (da Fontana *et al.* 2008), il riquadro rosso indica l'area di studio. Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato delle conoidi e dei sistemi di megafan. Simboli: 1) limite superiore delle risorgive; 2) terrazzo fluviale; 3) aree montuose e collinari; 4) principali valli alpine; 5) terrazzi tettonici; 6) cordoni morenici; 7) depositi di interconoide e delle zone intermontane; 8) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 9) sistemi costieri e deltizi. Lettere: A) pianura dell'Adige, B) megafan del Brenta, C) conoide dell'Astico, D) megafan di Montebelluna, E) megafan di Nervesa, F) conoide del Monticano-Cervada-Meschio, G) conoide del Cellina, H) conoide del Meduna, I) megafan del Tagliamento, L) conoide del Corno, M) megafan del Cormor, N) megafan del Torre, O) megafan dell'Isonzo, P) conoide del Natisone.

I depositi del sistema alluvionale del megafan del Tagliamento sono stati, in seguito, interessati da una forte dissezione verticale iniziata nella fase cataglaciale e proseguita poi nel periodo tardoglaciale, fino a protrarsi alla base dell'Olocene. La scarpata erosiva correlata a tale fase di terrazzamento è tuttora evidente, raggiungendo un'altezza superiore a 15 m in prossimità dell'apice della conoide, per poi scomparire gradualmente verso valle; all'interno delle incisioni si rinvencono i depositi relativi ai periodi tardoglaciali e dell'Olocene iniziale.

Nello specifico, in prossimità dell'area in cui ricade l'apice della conoide la scarpata erosiva raggiunge un'altezza attualmente pari a 60-70 m circa, mentre 10 km più a valle, raggiunge un dislivello di 30 m circa e spostandosi ancora verso valle essa diminuisce progressivamente fino a scomparire in corrispondenza del limite superiore delle risorgive. Soggetto, quindi, alle diverse fasi di dissezione relative alla ripresa della forza erosiva dei corsi d'acqua in relazione al variare delle condizioni ambientali a contorno, l'attuale megaconoide alluvionale del Fiume Tagliamento appare costituita da tre differenti lobi, il più antico dei quali è relazionabile alla fase di acme

glaciale, mentre il secondo può riferirsi alla fase finale del LGM e l'ultimo vede la sua attività realizzarsi a partire dal Tardoglaciale fino all'Attuale.

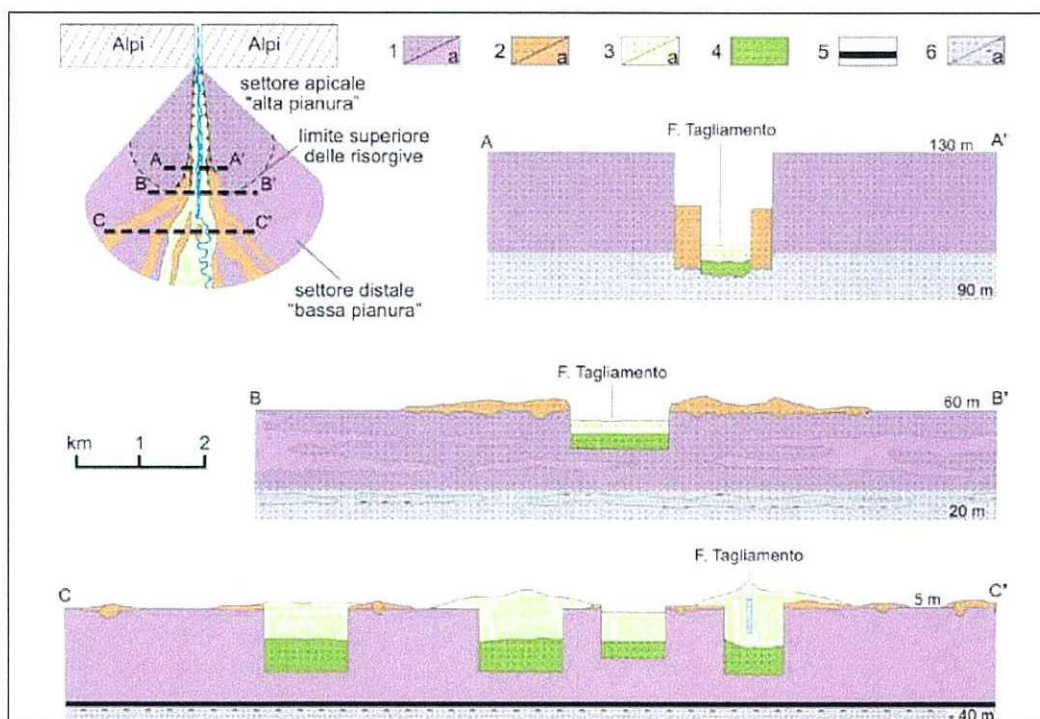


Figura 10 Schema del megafan del Tagliamento (da Fontana 2006). 1) ghiaie e sabbie LGM, a) limi argillosi; 2) ghiaie e sabbie della fine del LGM, a) limi argillosi; 3) ghiaie e sabbie post-LGM precedenti l'Olocene medio; a) limi argillosi; 4) ghiaie e sabbie medio oloceniche e attuali; 5) torbe e sedimenti organici; 6) depositi pre-LGM, a) deposito costieri e lagunari.

7.3 Caratteristiche geomorfologiche dei principali sistemi fluviali

La genesi, lo sviluppo e l'evoluzione della pianura veneto-friulana, come detto in precedenza, sono legate primariamente allo sviluppo e alla evoluzione dei principali corsi d'acqua presenti nell'area. A partire, presumibilmente, dalla fine del periodo Tardoglaciale e durante l'intero Olocene la rete idrografica, infatti, assume caratteristiche molto simili alle attuali (Bondesan *et al.* 2004).

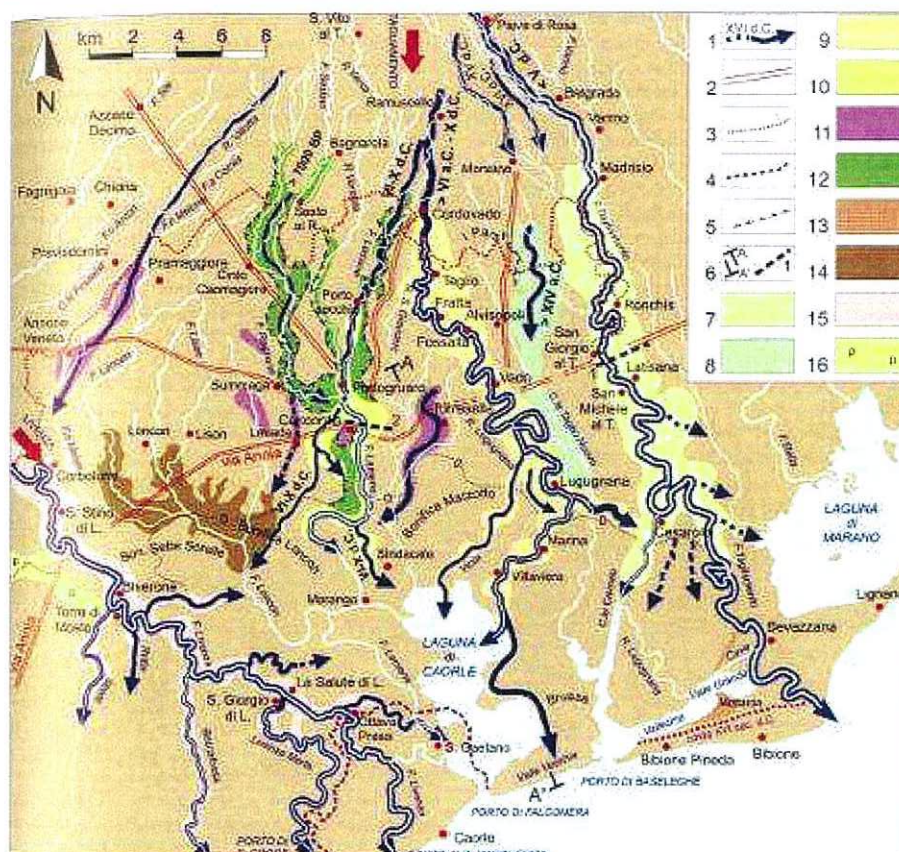


Figura 11 Caratteristiche morfologiche dovute allo scorrimento delle acque superficiali dell'area compresa tra il Tagliamento e il Livenza (da Bondesan *et al.* 2004)

La recente evoluzione che investe l'area di interesse non ha, però, cancellato i segni della passata e vissuta storia evolutiva. Numerose, infatti, sono le tracce dei paleoalvei databili al Pleistocene superiore terminale che caratterizzano la media pianura, mentre nell'area di bassa pianura si osserva che, pur avendo un andamento meandriforme, i paleoalvei databili all'Olocene denotano in alcuni casi significative differenze morfologiche e deposizionali rispetto ad ulteriori paleoalvei riferibili a diversi periodi (Bondesan *et al.* 2002, Bondesan *et al.* 2004). L'aumento della sedimentazione nell'area pianeggiante è stata, ovviamente, dettata dall'innalzamento relativo del livello medio del mare, verificatosi tra 6.000 e 5.000 anni fa, il quale ha dettato anche le condizioni per l'esondazione dei corsi d'acqua e per la relativa sedimentazione avvenuta al di fuori degli alvei.



Figura 13 Schema semplificato dell'evoluzione della costa dell'Adriatico settentrionale durante l'Olocene medio-superiore (da Bondesan *et al.* 2004)

Nel complesso, anche la morfologia delle coste influenza fortemente la tipologia dei processi espliciti sul territorio. Sulla sponda istriano-dalmata, infatti, caratterizzata da coste rocciose alte il mare raggiunse rapidamente un livello paragonabile all'attuale, mentre sul versante adriatico la morfologia sub-pianeggiante della pianura alluvionale rallentò i fenomeni di morfogenesi, generando situazioni estremamente differenziate anche tra zone contigue.

Nella pianura veneta, le aree in cui attualmente affiorano le superfici relitte pleistoceniche prospicienti il margine lagunare, hanno subito la fase di trasgressione in maniera passiva, in quanto in esse l'attuale posizione del mare coincide, in linea generale, con il livello marino raggiunto nel post-glaciale. Più complesso è, invece, il succedersi degli eventi nelle aree in cui sfociano i corsi alpini, nelle quali si riconosce un ciclo trasgressivo-regressivo dettato da un'iniziale ingressione marina nella pianura preesistente, interessata in seguito dall'instaurarsi di un ambiente lagunare o deltizio, talvolta caratterizzato dalla successiva progradazione dei sistemi fluviali. La figura 14, mostra uno schema semplificato dell'evoluzione della costa adriatica settentrionale avutasi durante l'Olocene medio – superiore (Bondesan *et al.* 2004).

Nell'intero settore compreso tra i fiumi Piave e Tagliamento, si riconoscono sedimenti di ambiente lagunare in sovrapposizione ai sedimenti tipici della pianura pleistocenica incontrati, inoltre, di recente in numerosi sondaggi ad una profondità di circa 7÷9 m dall'attuale piano campagna ed ascrivibili a 5.000 anni fa (Fontana 2006).

Nell'area della laguna di Marano, presso l'Isola di S. Andrea, i depositi di ambiente lagunare sono stati rinvenuti a circa 8 m di profondità dall'attuale piano campagna e datati a circa 5540 anni fa (Marocco 1989), mentre nei pressi di Lignano, sottostanti i depositi dell'attuale delta del Tagliamento, sono stati rinvenuti sedimenti lagunari ad una profondità di circa 7,3 m dall'attuale piano campagna e relativi a 4620 anni fa. In località Picchi di Latisana, infine, il limite tra i depositi della pianura alluvionale ed i depositi lagunari è stato rinvenuto ad una profondità di 6,5 m dall'attuale piano campagna (Fontana 2006).

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 23 di 73

Le morfologie che si riscontrano nelle aree costiere possono essere, ancora, distinte in funzione del livello marino (Albani et al. 1984, Marocco 1989). Si hanno quindi:

morfologie delle zone supratidali, che comprendono forme naturali e antropiche quali:

- isole;
- barene;
- cordoni litorali;
- dighe;
- moli;
- terrapieni.
- morfologie della zona tidale:
- piane di marea, ovvero aree pianeggianti a debole pendenza che si raccordano alle barene;
- canali secondari, presentano sempre andamento meandriforme e si immettono nei canali di ordine superiore.
- morfologie della zona subtidale:
- canali principali, con direzione quasi sempre NW-SE o NE-SW;
- paludi, che rappresentano le aree depresse con profondità pari a 1-2 m dall'attuale livello del mare, solitamente ubicate nel settore settentrionali della laguna, a ridosso del margine lagunare interno.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

L'area di studio si caratterizza per la presenza di una modesta falda freatica e di diverse falde in pressione (sfruttate sino alla profondità di 600 m circa) le quali, procedendo da nord a sud, decrescono in numero, spessore, granulometria dei depositi e qualità delle acque.

Secondo quanto riportato dalla “Carta delle tessiture dei depositi superficiali” e dalla “Carta idrogeologica regionale” prodotte dal CNR, l'area in esame dal punto di vista idrogeologico può essere suddivisa in tre principali fasce (Aurighi *et al.* 2001, Dal Prà *et al.* 2000, Garbellini *et al.* 2001, Zangheri *et al.* 2008), qui di seguito descritte brevemente:

- **Alta pianura:** costituita da alluvioni grossolane accumulate nella fase di decrescita delle piane da alcuni fiumi e torrenti; sono presenti imponenti conoidi di deiezione asciutti gran parte del tempo per l'elevata

permeabilità, con corsi d'acqua morfologicamente caratterizzati da una distesa di alluvioni solcate da una rete di canali appena incisi che costituiscono il letto di magra. E' presente una falda freatica con superficie libera del pelo d'acqua posta ad una profondità decrescente proseguendo dalla base del versante verso valle;

- **Media pianura:** caratterizzata dalla presenza di più falde sovrapposte ed in pressione, nonché di numerosi pozzi artesiani, in cui l'acqua fuoriesce senza l'ausilio di pompe per pressione naturale;
- **Bassa pianura:** caratterizzata da un sistema di falde in pressione alloggiate nei livelli sabbioso-ghiaiosi permeabili e separate da orizzonti impermeabili o semi-permeabili argilloso-limoso-sabbiosi. La pendenza si riduce notevolmente e l'andamento dei corsi d'acqua è tipicamente meandriforme. Il deflusso in condizioni normali si presenta lento e tranquillo, ma in occasione di eventi di piena i corsi d'acqua e in particolare il Tagliamento (1966-1969) possono tracimare dagli argini.

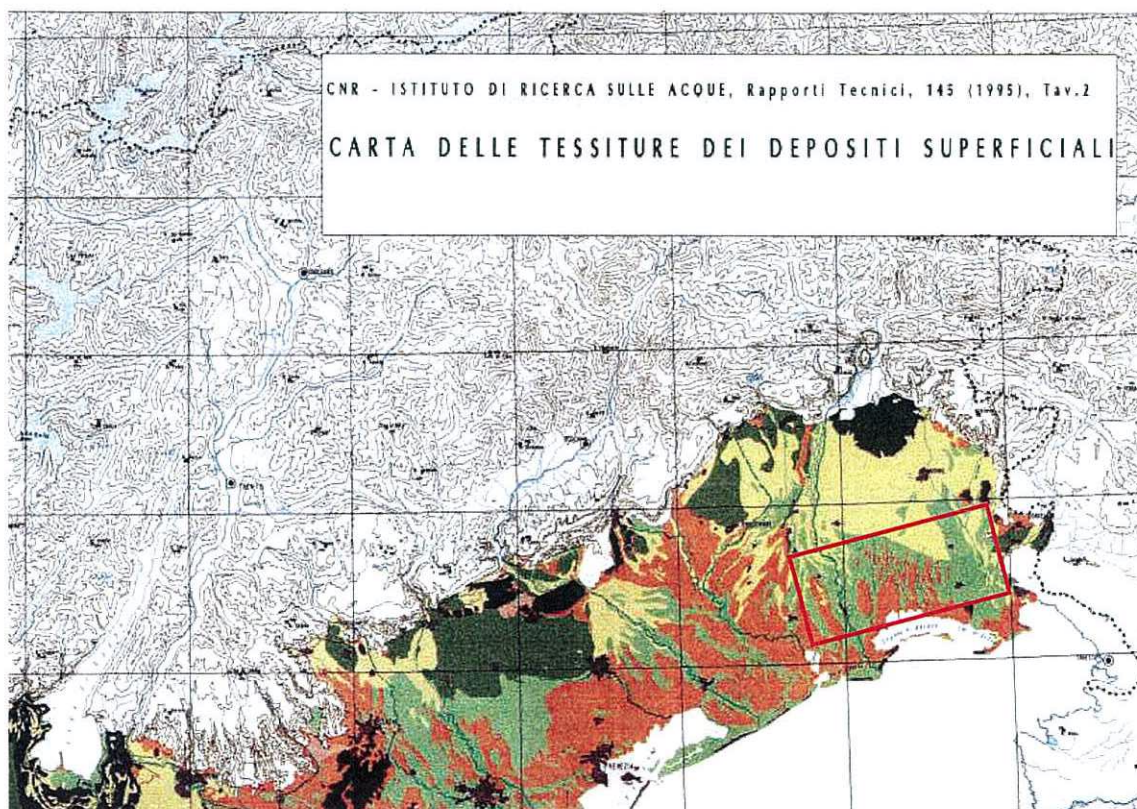


Figura 14 - Carta delle tessiture dei depositi superficiali, il riquadro rosso indica l'area di studio: I colori arancio, verde chiaro e verde scuro, indicano rispettivamente i depositi prevalentemente sabbiosi (dune), limosi, argillosi e torbe (barene), i depositi ghiaiosi inferiori ad 1 m. Infine in bordeaux sono riportate le aree urbane. La carta rende visibile le tre fasce di alta, media e bassa pianura (da IRSA, 1996).

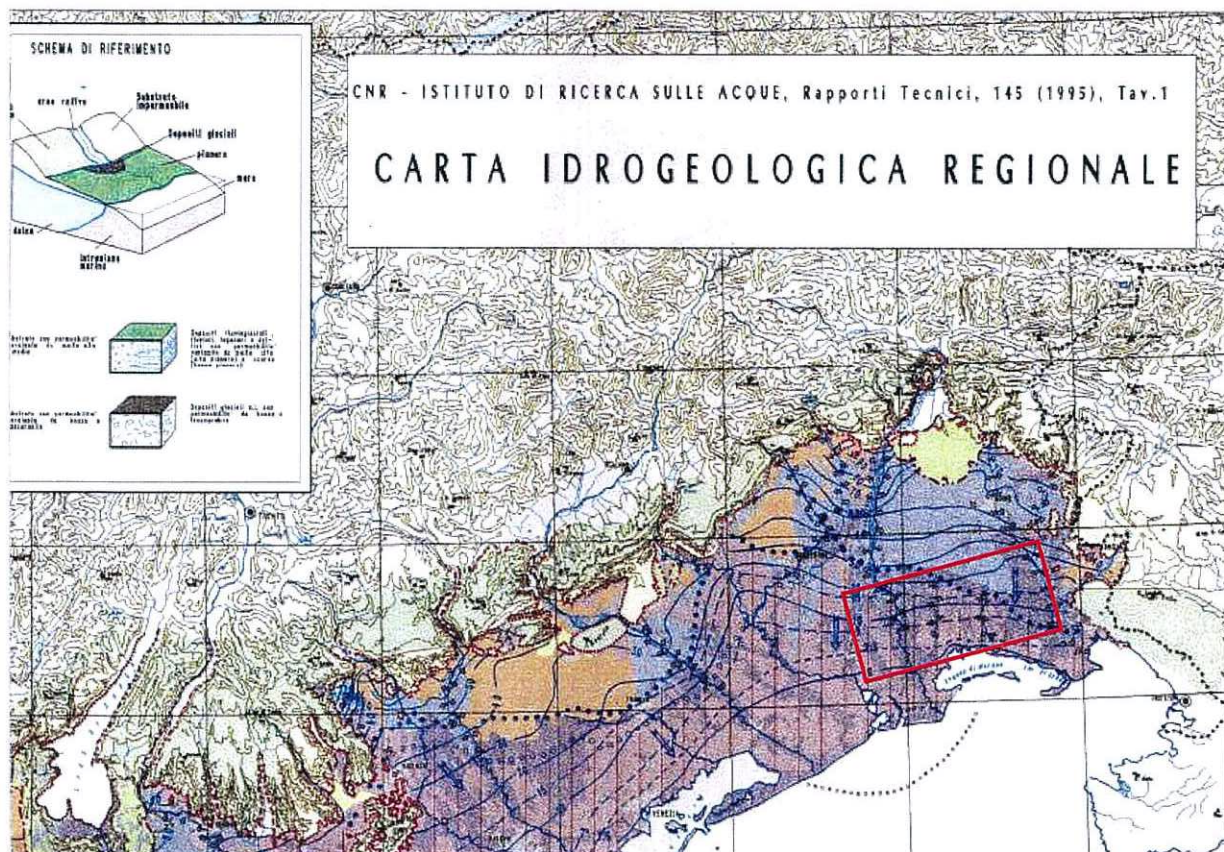


Figura 15 - Carta Idrogeologica regionale, , il riquadro rosso indica l'area di studio: le isofreatiche indicano che l'acqua scorre da monte verso mare, inoltre la profondità dalla falda è a quote minori man mano che ci spostiamo sulla costa. Il colore blu indica ghiaie, il viola sabbie senza copertura, il rosa limi e argille, l'arancio ghiaie con coltre di alterazione maggiore di 1m (da IRSA, 1996).

In linea generale, il modello idrogeologico proposto per l'intera pianura veneto-friulana, come detto in precedenza, riguarda una serie di acquiferi in pressione sovrapposti e dai rapporti geometrici particolarmente complessi.

8.1 Modello di circolazione profonda

La porzione medio - bassa della pianura veneto-friulana è costituita, dal punto di vista sedimentologico, dall'alternarsi di ghiaie, sabbie e ghiaie, sabbie, limi e argille, in strati e livelli. La distribuzione delle litofacies più permeabili avviene nell'area dell'alta pianura, in prossimità del limite superiore della fascia pedemontana, mentre nella bassa pianura, le intercalazioni di materiale granulometricamente più fine aumentano. La fascia lagunare e la bassa pianura, inoltre, risultano interessate da un'anomalia geotermica positiva che provoca il surriscaldamento delle acque degli acquiferi artesiani, con temperature che aumentano con l'aumentare della profondità. In relazione alle citate caratteristiche tali acquiferi sono, infatti, denominati termici.

Nella figura seguente viene proposto schematicamente il modello di circolazione profonda dell'area.

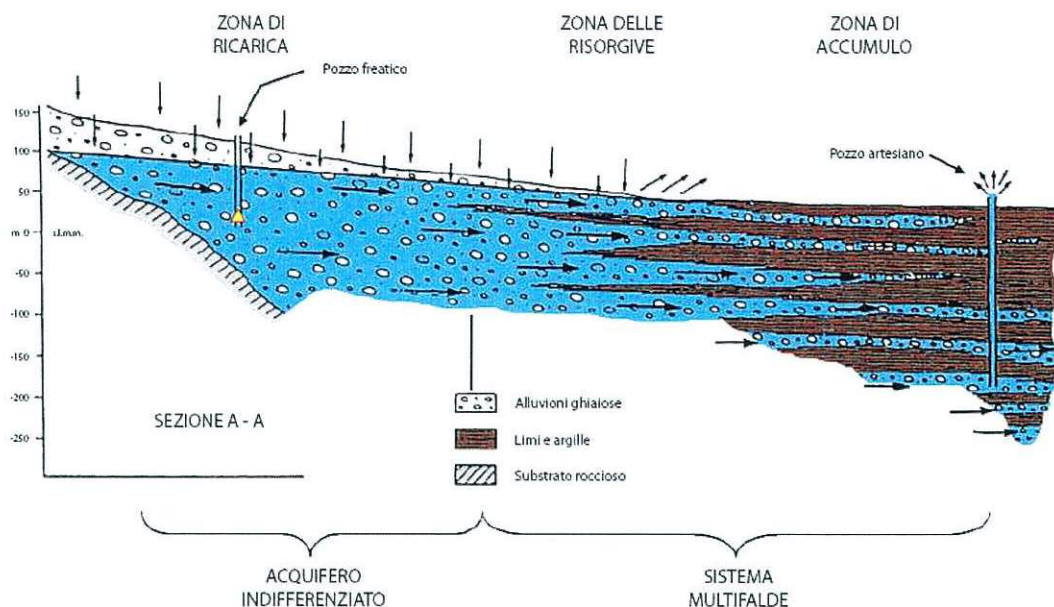


Figura 16 – Schema idrogeologico e dell'interdigitazione dei sedimenti nella pianura veneto-friulana (da Dal Prà *et al.* 2000).

8.2 Principali falde idriche

Qui di seguito sono descritte le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area, con esclusivo riferimento al settore di studio per il quale, inoltre, la distinzione e la caratterizzazione delle falde idriche è stata effettuata seguendo quanto presente negli studi prodotti da Cucchi *et al.* 2003 e Dal Prà *et al.* 2000.

E' importante segnalare che nella bassa pianura le acque di falda, portate a giorno dal sistema delle risorgive, costituiscono un reticolo idrografico sotterraneo ben sviluppato, copiosamente alimentato e frequentemente regimato.

Area friulana: comprende l'area individuabile tra il fiume Tagliamento e l'abitato di Cervignola del Friuli. Essa è caratterizzata dalla sua naturale prosecuzione verso la costa ed è costituita da depositi alluvionali a fine granulometria (sabbie, argille e limi). Nella bassa pianura le acque di falda portate a giorno dal sistema delle risorgive vanno a costituire una rete idrografica piuttosto sviluppata, copiosamente alimentata, quasi sempre regimata, che sfocia nel sistema lagunare. Per la comprensione dello schema idrogeologico della bassa pianura friulana, conviene analizzare preliminarmente lo schema di circolazione idrica riconosciuto nel sottosuolo della zona di Lignano Sabbiadoro e di Latisana dove le informazioni sono più numerose e consentono una visione abbastanza esauriente.

Dall'analisi dello schema idrogeologico nel sottosuolo di tale zona sono individuabili i caratteri generali di sette falde artesiane "superficiali" (per praticità descrittiva denominate A-B-C-D-E-F-G) comprese tra 30 e 300 metri di profondità e, per quanto noto al momento, tre falde "profonde" (denominate H-I-L) comprese tra 400 e 600 metri di profondità. Le dieci unità idrologiche principali riconosciute e contraddistinte con lettere maiuscole, non sono

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 27 di 73

falde uniformi e continue ma sono contenute in acquiferi che variano in spessore e profondità oltre che in litologia e risultano spesso suddivisibili in diversi, e a volte modesti, orizzonti.

Il settore portogruarese comprende la porzione di territorio compresa tra i fiumi Livenza e Tagliamento ed in esso ricadono 11 comuni, quali: Annone Veneto, Caorle (parte a Est del Livenza), Cinto Caomaggiore, Concordia Sagittaria, Fossalta di Portogruaro, Gruaro, Portogruaro, Pramaggiore, S. Michele al Tagliamento, S. Stino di Livenza e Teglio Veneto (Tab.1). L'area dal punto di vista geologico e geomorfologico è parte della Pianura Veneto-Friulana, caratterizzata da una coltre di depositi sedimentari di origine marina, lagunare e continentale, incoerenti, terziari e quaternari, potente all'incirca 500-700 m.

La successione litostratigrafica si caratterizza, all'incirca fino alla profondità di 500 m, per la discontinua alternanza dei litotipi prevalentemente argilloso-limosi a bassa permeabilità con i litotipi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, a permeabilità medio-alta. Questi ultimi sono sede dei più importanti acquiferi, i cui spessori variano da qualche metro ad alcune decine di metri e la cui continuità laterale e verticale spesso è interrotta dal passaggio, in eteropia di facies sia laterale che verticale, a depositi a granulometria sostanzialmente più sottile.

L'idrogeologia dell'area è quindi caratterizzata da un sistema di falde in pressione sovrapposte, alloggiate nei permeabili livelli sabbioso-ghiaiosi, separate da orizzonti impermeabili o semi-impermeabili argilloso-limoso-sabbiosi; la superficie della falda freatica è posta, inoltre, a qualche metro di profondità dall'attuale piano campagna.

8.3 Alimentazione delle falde

I processi di ricarica delle falde, in precedenza descritti, avvengono prevalentemente nella fascia pedemontana, poiché caratterizzata dalla presenza delle ampie conoidi alluvionali depositate dai corsi d'acqua alpini i quali, divagando sugli ampi alvei ghiaiosi, disperdono gran parte delle portate raccolte nel bacino montano. In tale zona i terreni sono, infatti, caratterizzati da una elevata permeabilità, garante di una buona alimentazione della falda sotterranea.

I fattori di ricarica sono, altresì, individuabili nell'infiltrazione diretta delle piogge, nell'infiltrazione dei deflussi superficiali provenienti dai versanti montuosi settentrionali, nonché nell'infiltrazione delle acque irrigue. Tra tali fattori, il più efficace ai fini della ricarica delle falde sotterranee è da ritenersi, comunque, nella dispersione dei corsi d'acqua.

8.4 Emergenze idriche (risorgive)

Nella zona di transizione tra l'alta e la media pianura sono presenti, in un ampio areale, le numerose emergenze idriche che danno luogo alla nota fascia delle risorgive (Fig. 17). Queste ultime, oltre a dar luogo presso le polle ad aree umide di particolare valenza ambientale e paesaggistica, alimentano una serie di corsi d'acqua caratteristici del territorio in esame. Nel complesso, le risorgive si sviluppano sull'intera fascia pedemontana estesa fra le regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto e Lombardia, mentre i principali corsi d'acqua di risorgiva si sviluppano a partire dalla zona di interdigitazione dei maggiori sistemi di megafan alluvionali. Tali corsi d'acqua con i loro sistemi hanno occupato le aree depresse d'interpluvio, come nel caso dei fiumi di Corno e Nogaro.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 28 di 73

Nello specifico, la linea delle risorgive identifica il limite dove parte delle acque della falda freatica, che a nord permea i sedimenti ghiaiosi, vengono alla luce in virtù della diminuzione della permeabilità dei depositi, mentre nel sottosuolo si sviluppa un complesso sistema di falde artesiane.

Lungo tale fascia le acque della falda freatica dell'alta pianura si innalzano progressivamente, sia per la diminuzione della permeabilità del mezzo filtrante che per l'incremento della potenza degli orizzonti argillosi impermeabili, e diventano affioranti dando luogo a numerosi corsi d'acqua di risorgiva. Qui l'estensione nel sottosuolo di numerosi orizzonti argillosi impermeabili più o meno continui, intervallati da altri porosi, permette il costruirsi di falde artesiane che trasportano le acque ben oltre il limite costiero. I dati dei sondaggi geognostici e quelli derivanti dalla terebrazione di pozzi per lo sfruttamento dell'acqua, disponibili nella specifica letteratura scientifica, mostrano una bassa pianura dove si intercalano strati ghiaiosi ad altri di natura sabbiosa e/o argillosa che si collegano, non sempre con continuità, tra di loro.

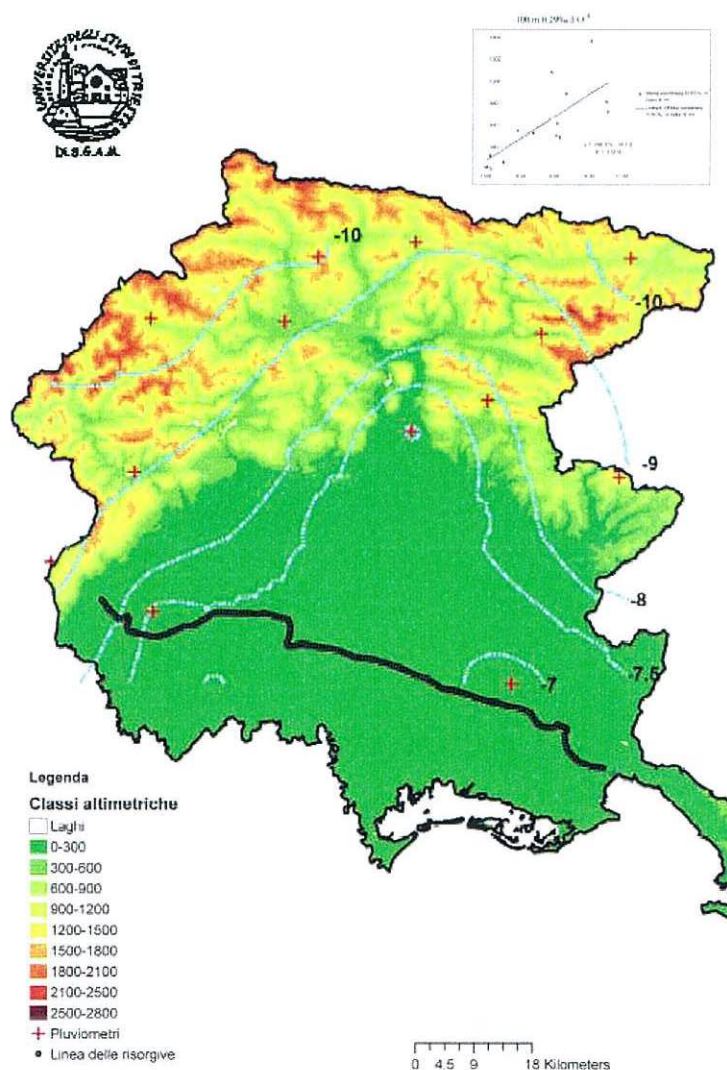


Figura 17: esempio di localizzazione e andamento della fascia della linea delle risorgive (da Rilevamento dello Stato dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Friuli Venezia Giulia 2006).

9 ASSETTO GEOLOGICO

L'assetto stratigrafico e geometrico delle varie unità geologiche affioranti e sub-affioranti nell'area è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico di campo con le informazioni ricavate dalla foto-interpretazione e dalle fonti bibliografiche disponibili. In particolare, il rilevamento geologico è stato svolto su base topografica in scala 1:5.000 mentre, per l'analisi foto-interpretativa, sono stati utilizzati aerofotogrammi in scala 1:33.000 e ortofoto in scala 1:10.000.

Inoltre, per quanto concerne le caratteristiche granulometriche e sedimentologiche delle unità geologiche intercettate, è stata realizzata una dettagliata ricostruzione spaziale delle differenti *litofacies* presenti, sia in senso laterale che in senso verticale, integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico con quelli derivanti dall'interpretazione di tutte le indagini in sito esistenti e delle fonti bibliografiche. Il profilo geologico prodotto, infine, è stato completato con l'inserimento dei dati piezometrici a disposizione e derivanti dal monitoraggio in sito condotto in corrispondenza dei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. A tal riguardo si sottolinea che la ricostruzione delle superficie piezometrica, proposta in via preliminare, è stata riportata unicamente nei settori con presenza di misure strumentali e che tali misure andranno estese ed eventualmente integrate attraverso un monitoraggio stagionale, finalizzato alla corretta definizione della variabilità spaziale e temporale della suddetta superficie piezometrica.

A valle della fascia della Linea delle risorgive si sviluppano i potenti depositi della Bassa pianura friulana che, procedendo da nord verso sud, diminuiscono progressivamente dal punto di vista granulometrico. I terreni del sottosuolo, nella zona di Palazzolo dello Stella sono prevalentemente argilloso-limosi con intercalazioni di deboli orizzonti sabbiosi e, procedendo verso oriente, diventano localmente leggermente più grossolani anche per la presenza di importanti livelli ghiaiosi. Questi orizzonti ghiaiosi, relativamente grossolani e permeabili, sono relazionabili, nella zona ad est di Cervignano del Friuli, alla dispersione di antiche alluvioni dell'Isonzo e del Natisone. Depositi granulometricamente sottili con netta prevalenza di materiali limoso-argillosi, sono presenti con continuità in tutta l'area perilagunare lungo una fascia compresa tra Palazzolo dello Stella e Muzzana del Turgnano.

La vasta area compresa tra la Linea delle risorgive e la zona perilagunare è caratterizzata da depositi misti sabbioso-limosi a prevalenza della frazione più fine.

Nello specifico, nell'area oggetto di studio sono state individuate le seguenti unità geologiche, descritte dal basso verso l'alto stratigrafico secondo quanto segue.

9.1 Depositi Alluvionali Antichi (6)

Questi terreni rappresentano i depositi maggiormente affioranti e stratigraficamente più bassi tra quelli presenti nell'intera area di studio. Si tratta, in particolare, di sedimenti di origine alluvionale, almeno parzialmente connessi con la fase di avanzamento e massima espansione dei ghiacciai durante il *Last Glacial Maximum*. Il limite inferiore, non affiorante, corrisponde ad una superficie erosiva di origine fluviale mentre il limite superiore coincide in parte con una superficie erosiva di genesi fluviale e in parte con l'originaria superficie deposizionale.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R.69.RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 30 di 73

Affiorano estesamente nell'intero settore esaminato e, localmente, risultano ricoperti dai depositi alluvionali e antropici più recenti. Sono costituiti da:

- Ghiaie arrotondate e sub-arrotondate, da fini a grossolane, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti; sabbie e sabbie limose con locali passaggi a limi e limi sabbiosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare o nastriforme e corrispondono a depositi di canale fluviale, argine e ventaglio di rotta.
- Limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi, con locali intercalazioni di sabbie e sabbie limose. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o tabulare e corrispondono a depositi di piana inondabile.
- Argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche in sostanza organica, con rari resti di gasteropodi palustri (*pulmonata*) e con locali intercalazioni di torbe o di argille e limi torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o tabulare e corrispondono a depositi di palude di acqua dolce, lago di meandro e canale in fase di abbandono.

La loro età è datata al Pleistocene Superiore (110.000 a.C. – 15.000 a.C.).

9.2 Depositi Alluvionali Recenti (5)

Tali depositi sono costituiti da sedimenti alluvionali connessi con il penultimo ciclo deposizionale dei corsi d'acqua presenti nell'area. Il limite inferiore corrisponde a una superficie erosiva di origine fluviale mentre il limite superiore coincide in parte con una superficie erosiva di genesi fluviale e in parte con l'originaria superficie deposizionale.

Lungo il tracciato in esame, tali depositi affiorano tra le progressive chilometriche 0+029÷4+236, 5+082÷7+295, 10+255÷16+520, 17+838÷18+154, 35+759÷37+292, 37+869÷38+951, 39+575÷44+238 e 45+724÷46+797. Sono costituiti da:

- Ghiaie arrotondate, da fini a grossolane, con matrice sabbiosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti; sabbie, sabbie limose e sabbie argillose, talora in alternanza con limi, limi argillosi e limi sabbiosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o nastriforme e corrispondono a depositi di canale fluviale, argine, golena e ventaglio di rotta fluviale.
- Limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o tabulare e corrispondono a depositi di piana inondabile.
- Argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche in sostanza organica, con locali intercalazioni di torbe o argille e limi torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare o nastriforme e corrispondono a depositi di palude di acqua dolce, lago di meandro e canale in fase di abbandono.

La loro età è Pleistocene Superiore - Olocene Sin-Romano (15.000 a.C. – IV-V sec. d.C.).

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 31 di 73

9.3 Depositi Alluvionali dei Paleoalvei (4)

Questi depositi sono composti da sedimenti alluvionali connessi al riempimento di antichi alvei fluviali abbandonati. Il limite inferiore corrisponde a una superficie erosiva di origine fluviale mentre il limite superiore coincide con l'originaria superficie deposizionale.

Lungo il tracciato esaminato, i suddetti depositi affiorano tra le progressive chilometriche 5+417÷5+616, 8+471÷8+567, 8+844÷8+921, 9+078÷9+162, 9+750÷9+867, 42+721÷42+794, 42+902÷42+961, 44+259÷44+299 e 46+624÷46+654. Sono composti da:

- Ghiaie arrotondate, da medie a fini, con matrice sabbiosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti, con locali intercalazioni di limi e limi sabbiosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o nastriforme e corrispondono a depositi di canale fluviale.
- Argille limose e limi argillosi, spesso ricchi in sostanza organica, con locali intercalazioni di torbe o di argille e limi torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o nastriforme e corrispondono a depositi di disattivazione dell'alveo e di lago di meandro.

La loro età è Pleistocene Superiore - Olocene (15.000 a.C. - Attuale).

9.4 Unità Ubiquitarie (3)

I suddetti depositi sono costituiti da sedimenti di genesi alluvionale connessi con le incisioni dei corsi di risorgiva e del drenaggio locale. Il limite inferiore corrisponde in parte a una superficie erosiva di origine fluviale e in parte al passaggio stratigrafico ai sottostanti depositi mentre il limite superiore coincide con l'originaria superficie deposizionale.

Lungo il tracciato esaminato, i suddetti depositi affiorano tra le progressive chilometriche 16+520÷17+838, 25+962÷26+132, 27+824÷28+181 e 37+292÷37+869. Sono formati da:

- Ghiaie arrotondate, da medie a fini, spesso con accumuli di sostanza organica, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti; sabbie, sabbie limose e sabbie argillose, talora in alternanza con limi, limi argillosi e limi sabbiosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o nastriforme e corrispondono a depositi di canale fluviale.
- Argille, argille limose e limi argillosi, spesso ricchi in sostanza organica, con frequenti resti di gasteropodi palustri (*pulmonata*) e locali intercalazioni di torbe o di argille e limi torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare o nastriforme e corrispondono a depositi di piana inondabile, palude d'acqua dolce e lago di meandro.

La loro età è Pleistocene Superiore – Olocene (15.000 a.C. – Attuale).

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 32 di 73

9.5 Depositi Alluvionali Attuali (2)

Tali depositi sono composti da sedimenti alluvionali connessi con l'ultimo ciclo deposizionale dei corsi d'acqua presenti nell'area. Il limite inferiore corrisponde a una superficie erosiva di origine fluviale mentre il limite superiore coincide con l'attuale superficie topografica.

In particolare affiorano limitatamente all'intervallo chilometro compreso tra le progressive 7+295÷10+255 e 44+238÷45+724. Sono costituiti da:

- Ghiaie arrotondate, da medie a grossolane, con matrice sabbiosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti; sabbie, sabbie limose e sabbie argillose, talora in alternanza con limi, limi argillosi e limi sabbiosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o nastriforme e corrispondono a depositi di canale fluviale, argine, golena e ventaglio di rotta fluviale.
- Limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o tabulare e corrispondono a depositi di piana inondabile.
- Argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche in sostanza organica, con locali intercalazioni di torbe o ad argille e limi torbosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare o nastriforme e corrispondono a depositi di palude di acqua dolce, lago di meandro o canale in fase di abbandono.
- Torbe spesso associate a sedimenti limoso-argillosi. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare o tabulare e corrispondono a depositi di palude d'acqua dolce.

La loro età è riferibile all'Olocene Post-Romano (IV-V sec. d.C. – Attuale).

9.6 Riporto Antropico (1)

Questi depositi sono formati da sedimenti antropici connessi con le principali infrastrutture a rete presenti nell'area. Il limite inferiore corrisponde a una superficie erosiva di origine antropica mentre il limite superiore coincide con l'attuale superficie topografica.

Tali depositi affiorano, piuttosto spesso, in tutta l'area di interesse, soprattutto in corrispondenza del tracciato autostradale e della linea ferroviaria esistente. Sono costituiti, essenzialmente, da:

- Ghiaie arrotondate e sub-arrotondate, da fini a grossolane, con matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti.

La loro età è riferibile all'Olocene Post-Romano (XX sec. d.C. – Attuale).

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 33 di 73

10 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La Pianura friulana rappresenta, in linea generale, il lembo orientale della Pianura Padana, ma per le sue caratteristiche deve essere considerata semi-indipendente dalle vicissitudini di quest'ultima, essendo caratterizzata da una maggiore acclività e da sedimenti, in genere, più grossolani. La sua elevazione raggiunge circa 200 m dall'attuale livello del mare, per un'estensione N-S di circa 80 km. La potente coltre di sedimenti di cui è costituita ha una età quaternaria con un basamento roccioso pre-quaternario, il quale nell'aria orientale si rinviene a pochi metri di profondità, mentre ad occidente, nei pressi di Grado, raggiunge una profondità di 250 m dall'attuale piano campagna e più a sud, nei pressi di Latisana, raggiunge circa 600 m di profondità dall'attuale piano campagna.

I depositi quaternari mostrano una morfologia complessa, interrotta da modesti rilievi isolati di varia natura e formanti i diversi conoidi ad elementi litologicamente e granulometricamente variabili. Le caratteristiche litostratigrafiche del suolo e sottosuolo sono, pertanto, relativamente disomogenee e differiscono sensibilmente da zona a zona in virtù della loro diversa genesi. Tali variazioni, ovviamente, influenzano in maniera determinante la diversità morfologica che caratterizza il territorio.

Nel complesso, la genesi dell'intera area in esame è legata principalmente all'azione erosiva e quindi deposizionale dei corsi d'acqua, poiché originatasi dallo sviluppo e dall'aggradazione verso mare delle estese conoidi alluvionali dei principali fiumi alpini che solcano il territorio. Lo stato di attività delle suddette megaconoidi è relativo all'arco temporale snodato dal Pleistocene superiore all'Olocene durante il quale si è verificata la massima espansione dei ghiacciai, scandita nelle principali quattro fasi del *Gunz*, *Mindel*, *Riss* e *Wurm*. L'azione deposizionale di questi corsi d'acqua ha impresso alla Pianura veneto-friulana una morfologia debolmente digradante da NW verso SE, con pendenze medie superficiali molto basse, comprese nell'intervallo del 7‰÷3‰ nell'area dell'Alta Pianura, che raggiunge valori prossimi o inferiori al 3‰÷1‰ nella Bassa Pianura.

Dal punto di vista morfologico, gli elementi maggiormente presenti nell'area di studio sono legati principalmente al deflusso idrico delle acque superficiali, ma numerosi sono anche gli elementi legati all'azione erosiva e deposizionale marina, conseguenti ai diversi eventi trasgressivi marini verificatisi dal Pleistocene superiore all'Olocene. Si rinvengono, infine, forme legate all'attività antropica.

10.1 Elementi idrografici

L'intero territorio è interessato da una complessa e fitta rete idrografica. Il sistema idrografico determinato dalla presenza delle Alpi orientali e dalla piana alluvionale è incentrato sui principali corpi idrici a carattere torrentizio e loro affluenti sfocianti nel Mare Adriatico che, procedendo da est verso ovest sono: Isonzo, Cormor, Corno-Stella, Tagliamento e Cellina-Meduna.

La complessa rete idrografica è determinata, inoltre, in maniera significativa anche dalle acque di risorgiva provenienti dalla falde freatiche presenti in tutta la media pianura friulana, alimentate sia dagli apporti meteorici, sia dalle infiltrazioni nel sottosuolo dei principali corsi d'acqua lungo i percorsi dell'alta e media pianura.

Una particolarità dei fiumi friulani è, nel tratto in corrispondenza dello sbocco in pianura, il profilo longitudinale convesso che termina con l'inizio della bassa pianura. Tale morfologia dipende dall'elevata

permeabilità dei depositi che, favorendo un rapido assorbimento di notevoli quantità di acqua, facilita il deposito del materiale trasportato.

Il bacino del Fiume Isonzo comprende in Italia gli affluenti in destra idrografica quali Torre, Manila, Natisone, Judrio e in sinistra idrografica quali il Vipacco. Tale corso d'acqua alla sua foce ha una portata media di 233 m³/s, che raggiunge valori massimi di 2253 m³/s e minimi di 31 m³/s.

Il bacino del Tagliamento comprende, oltre al fiume Tagliamento, i torrenti Lumiei, Degano, But, Fella e Arzino. Complessivamente l'area del bacino del Tagliamento raggiunge all'incirca i 2.870 km², di cui circa 80% sono rappresentati dall'ampia piana alluvionale (circa 2.300 km²) a partire dallo sbocco in pianura in corrispondenza della stretta di Pinzano. Sono presenti, inoltre, sul territorio evidenti tracce di paleoalvei, testimonianza della migrazione dell'alveo del Tagliamento all'incirca da est verso ovest.

I corsi d'acqua minori Corno e Cormor emergono dalle colline moreniche. Il Corno nasce nella piana di Carvacco e defluisce verso sud-ovest per poi incidere, a sud-est di S. Daniele, una valle alquanto ristretta ed alimenta parzialmente il canale Ledra. Il corso d'acqua Cormor nasce, invece, ai piedi del Colle Buia, posto più a nord-est del Corno. Il Cormor sbocca in pianura all'altezza di Tavagnacco e, con un andamento ancora tortuoso, prosegue verso sud passando ad ovest di Udine, dove funge per lo più da collettore di scarichi urbani, subendo, quindi, un forte inquinamento. All'altezza di Pozzuolo scompare completamente nelle alluvioni ma il suo alveo si mantiene, tuttavia, distinto e nei soli periodi di piena viene percorso dalle acque che si riversano nella laguna di Grado.

Lo Stella costituisce un corso d'acqua di risorgiva situato in sinistra Tagliamento, che raccoglie la maggior parte delle acque della piana a sud della Linea delle risorgive. Si sviluppa nella Bassa pianura con andamento meandreggiante sino a gettarsi nella laguna, in prossimità dell'area a sud-ovest di Marano, con un articolato delta. Tale corso d'acqua drena un notevole ventaglio di risorgive derivanti dal mescolamento di acqua meteorica con gli afflussi del Tagliamento, con una zona di alimentazione che si estende da Codropio fino a Castions di Strada ricevendo, inoltre, ulteriori apporti dal Corno, dal Taglio e dal Torsa. La sua portata varia sensibilmente in funzione degli apporti della falda freatica dell'Alta pianura, ma in media è quantizzabile intorno a 40 m³/s. A est dello Stella si rinvengono tre corsi d'acqua, il Turgnano, il Cormor e lo Zellina, rettificati, inalveati e trasformati in canali artificiali. Di essi, il Cormor è il collettore di una vasta area di risorgive e di antiche paludi scolmando, talvolta, anche le acque provenienti dall'Alta pianura; attualmente costituisce un largo canale che anche nei periodi di magra fa defluire alcuni m³/s.

Per ciò che concerne i laghi, infine, l'intero territorio è caratterizzato dalla sporadica presenza di laghi artificiali determinati dalle opere di sbarramento (invasi), da fondi di cave esaurite o a seguito di lavori di bonifica.

10.2 Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Nell'intera area esaminata le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico delle acque correnti superficiali derivano essenzialmente dal modellamento dei grandi sistemi di megafun alluvionali depositi dai fiumi alpini allo sbocco in aree a minor pendenza, interdigerati fra di loro e conferenti all'intera area, compresa tra la fascia pedemontana e la bassa pianura, una morfologia blandamente ondulata e leggermente digradante, con pendenze variabili da basse a molto basse. Dal punto di vista granulometrico tali depositi sono molto vari e, frequentemente, si constata che fra i depositi connessi al deflusso di uno stesso fiume le variazioni di grana

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 35 di 73

possono essere notevoli anche su brevi distanze. Riguardo lo stadio di attività è da segnalare che, all'attuale stato dei luoghi, tali processi si diversificano in processi con stadio attivo, quiescente ed inattivo e per una loro migliore e dettagliata localizzazione si rimanda alla cartografia in allegato.

Un'ulteriore tipologia di morfologia largamente presente nell'area è quella dei paleoalvei, ossia tracce di corsi fluviali ormai estinti. Questi ultimi hanno una larghezza trasversale variabile da qualche decina di metri ad un centinaio di metri circa e si rinvengono a livello della pianura o leggermente incassati in essa. Presentano, inoltre e frequentemente, una maggiore granulometria dei terreni rispetto a quella dei terreni di pianura circostanti ed una maggiore permeabilità, rappresentando, quindi, vie preferenziali per il drenaggio sotterraneo delle acque.

Sul territorio sono, inoltre, presenti dossi o argini naturali che corrispondono a fasce di esondazione dei corsi d'acqua principali o arginature naturali. Sono costituiti da depositi formati in conseguenza di ripetuti episodi di esondazione dell'alveo dei fiumi e si presentano come strutture sopraelevate di un metro circa rispetto alla circostante pianura. Nel tempo hanno rappresentato i luoghi più favorevoli agli insediamenti abitativi, per tracciati ferroviari o per coltivazioni agricole di pregio, nonché per favorire un buon drenaggio delle acque sia superficiali che profonde. Sono, inoltre, costituiti litologicamente da termini sabbioso, sabbioso-limoso e limoso-sabbioso, con tessitura granulometricamente più fine all'aumentare della distanza dall'alveo. In superficie, infine, spesso è presente un sottile strato limoso prodottosi in seguito a decantazione, che avviene al ritiro delle fasi di piena ed al rientro nell'alveo originale dei rami fluviali esondati.

Sono presenti, ancora, sul territorio aree paludose o fasce fluviali depresse, ossia zone a deflusso difficoltoso. Nella media e bassa pianura tali fasce sono caratterizzate da condizioni di drenaggio difficoltoso poiché impostatesi su zone topograficamente depresse o su terreni compressibili a forte contenuto di sostanze vegetali oppure, ancora, su aree che intercettano la falda freatica o poste in prossimità di essa. Tali aree sono abbastanza diffuse sul territorio in esame e sono caratterizzate, per l'appunto, da una morfologia depressa rispetto alle aree circostanti, con gradienti di pendenza minimi e spesso ad orientamento incerto, sedi di prolungati ambienti palustri e localmente soggette a fenomeni di subsidenza causata dal costipamento differenziale dei sedimenti. I relativi depositi si sono formati in concomitanza della decantazione di acque a forte torbidità, confluite nelle depressioni topografiche. L'ambiente di sedimentazione di questi depositi, giustifica la presenza di abbondante materiale torboso e le argille assumono, per ossidazione superficiale, un colore nerastro. Nelle aree paludose, infatti, i terreni sono naturalmente limoso-argillosi e argillosi, dallo spessore talvolta notevole; si presentano poco addensati essendosi originatisi, in questo caso, a seguito di ristagni residui di acqua derivante da esondazione fluviale, in condizioni sedimentologiche tipiche di un ambiente calmo o comunque a stretta circolazione di ossigeno. Il rinvenimento, infine, di inclusioni di sostanza vegetale e di livelli torbosi sia in superficie che in profondità è testimonianza di un ambiente palustre persistente.

Fra le principali forme di erosione, infine, si rinvengono orli di scarpata di erosione fluviale o torrentizia, in parte con stadio attivo e in parte con stadio inattivo.

10.3 Forme antropiche e manufatti

I principali elementi connessi con l'attività antropica derivano in maggioranza da opere di regimazione delle acque correnti superficiali, nonché da opere di estrazione di materiale utile per gli inerti.

In particolare, i principali corsi d'acqua risultano arginati, con alvei spesso pensili rispetto alle pianure depresse circostanti; talora, la sommità degli argini presenta dislivelli evidenti rispetto alle pianure limitrofe. Queste ultime sono interessate da una fitta rete di canali di bonifica che assicurano il deflusso idrico verso mare, supportati da sistemi di idrovore per il sollevamento meccanico delle acque.

In genere, i riporti sono materiali che derivano da cavature e sbancamenti effettuati principalmente in materiali costituenti il substrato *flyschioide* eocenico e raramente carbonatico. Risultano costituiti grossolanamente da ciottoli, ghiaie e blocchi arenacei e subordinatamente calcarei. Alcune zone di riporto, infine, sono rappresentate da discariche di inerti provenienti da cave o da scavi di gallerie.

Un ulteriore segno dell'attività antropica è rappresentato dalle cave, in parte dismesse, più o meno diffusamente presenti sul territorio in esame. Nella cartografia in allegato sono state cartografate le cave più evidenti ed importanti che costituiscono una penalità territoriale di cui è necessario averne conto nei progetti di pianificazione territoriale.

Sono infine presenti nell'area opere di difesa dall'azione erosiva del moto ondoso, rappresentate da scogliere in pietra.

11 ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'approfondimento idrogeologico realizzato nel presente lavoro ha consentito di definire, in via preliminare, le principali caratteristiche dell'area e di individuare, a grandi linee, lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state supportate dai dati litostratigrafici provenienti dallo studio geologico e, considerata la mancanza di specifici dati di monitoraggio, non è stato possibile integrare le analisi suddette con gli effettivi dati idrogeologici relativi alle reali caratteristiche di permeabilità dei principali acquiferi presenti e all'andamento della superficie piezometrica nei vari settori studiati. Tali lacune sono state parzialmente colmate mediante l'interpretazione dei dati bibliografici disponibili e l'analisi dei vari complessi idrogeologici individuati. In particolare lo studio condotto attraverso gli specifici rilievi di campagna, integrato con le indagini disponibili e le informazioni presenti nella specifica letteratura scientifica, ha consentito di caratterizzare in maniera dettagliata dal punto di vista granulometrico i diversi litotipi affioranti che, come è ampiamente riconosciuto in letteratura, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità intrinseco dei complessi idrogeologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea.

11.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati quattro differenti complessi idrogeologici, distinti sulla base delle loro differenti caratteristiche di permeabilità ipotizzate e del tipo di circolazione sub-profonda che li caratterizza. Sono, qui di seguito, descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 37 di 73

11.1.1 *Complesso idrogeologico dei Depositi antropici*

E' costituito prevalentemente da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose talora limose o limoso-argillose, con locali passaggi sabbiosi e sabbioso-limosi poco potenti. Non sono presenti falde o corpi idrici di importanza significativa. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da buona a discreta. A tale complesso si può, quindi, attribuire un coefficiente di permeabilità K variabile da $1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-1}$ cm/s.

11.1.2 *Complesso idrogeologico dei Depositi Argilloso-limosi*

E' costituito da argille, argille limose e limi argillosi, talora organici o torbosi, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e sabbioso-ghiaiose poco potenti. Non sono presenti falde o corpi idrici di importanza significativa. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a molto bassa. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità K variabile da $1 \cdot 10^{-8}$ a $1 \cdot 10^{-6}$ cm/s.

11.1.3 *Complessi idrogeologico dei Depositi Limoso-sabbiosi*

E' rappresentato da limi, limi sabbiosi e sabbie limose, talora organiche o torbose, con locali intercalazioni argilloso-limose e sabbioso-ghiaiose poco potenti. E' possibile la presenza di falde, a superficie libera o in pressione, con spessore, estensione ed importanza modesti. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da buona a discreta. A tale complesso si può, quindi, attribuire un coefficiente di permeabilità K variabile da $1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-3}$ cm/s.

11.1.4 *Complesso idrogeologico dei Depositi Sabbioso-Ghiaiosi*

E' dato da sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose, talora con accumuli di sostanza organica, con locali intercalazioni argilloso-limose e limoso-sabbiose poco potenti. Sono presenti falde, a superficie libera o in pressione, con spessore, estensione ed importanza discreti, localmente notevoli. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da buona a discreta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità K variabile da $1 \cdot 10^{-2}$ a 1 cm/s.

11.2 **Condizioni di deflusso idrico sotterraneo ed emergenze (risorgive)**

I dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico e idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare, in linea generale, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse.

Nel complesso, la pianura veneto-friulana è una idrostruttura alluvionale costituita sostanzialmente da depositi prevalentemente ghiaiosi nella zona a monte e sabbioso-ghiaiosi a valle e contenente una falda freatica che, ancora verso valle, emerge dal piano campagna, alimentando una fascia di risorgive ed una articolata serie di falde artesiane.

Nel dettaglio il tracciato di progetto interessa un territorio con caratteri idrogeologici sostanzialmente omogenei. Sono comunque rilevabili, in via preliminare, le peculiarità locali qui di seguito descritte.

L'area di Portogruaro è caratterizzata da un assetto idrogeologico definito dall'alternanze discontinue di litotipi prevalentemente argilloso-limosi, dotati di permeabilità bassa o molto bassa, con litotipi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi con permeabilità medio-alta. Questi ultimi sono generalmente sede di falde di discreta rilevanza, anche se con scarsa continuità laterale e marcata variabilità dello spessore degli acquiferi. In superficie è generalmente presente una falda freatica o semiconfinata con soggiacenza di pochi metri dal piano campagna. La qualità delle acque sotterranee è molto variabile da zona a zona: generalmente nell'area settentrionale del portogruarese le acque sono potabili, di buona qualità e quantitativamente importanti; nell'area meridionale si localizzano acque termali a profondità superiori ai 400 m. Schematicamente, gli acquiferi confinati o semi-confinati si trovano in intervalli compresi tra 10 e 500 m di profondità dal piano campagna, dei quali la falda più sfruttata è ubicata tra i 480 e 560 m di profondità con un prelievo di circa 5.450.000 m³/anno. L'utilizzo delle acque sotterranee varia, naturalmente, in funzione della loro qualità; nell'area settentrionale del portogruarese sono utilizzate, ad esempio, a fini idropotabili le falde ubicate a profondità maggiori di 30÷40 m da piano campagna.

N° acquifero	Limiti	Profondità tetto (m)	Profondità letto (m)
I	Semi confinato/ confinato	10	20 - 25
II	Confinato	34 - 40	50 - 55
III	Confinato	60 - 70	80 - 90
IV	Confinato	110 - 120	130 - 135
V	Confinato	150 - 160	220 - 240
VI	Confinato	240 - 250	290 - 300
VII	Confinato	300 - 310	350 - 380
VIII	Confinato	400 - 410	460
IX	Confinato	480 - 490	?
X	Non individuato nelle stratigrafie ma dalla presenza di pozzi profondi	?	?

Tabella 2 – Tabella degli acquiferi individuati del Portogruarese (da Dal Prà *et al.* 2000).

Nel territorio provincia di Udine, partendo dalla Linea delle risorgive e proseguendo verso sud, l'acquifero freatico ampiamente sviluppato nell'Alta pianura, si suddivide in un complesso multifalda caratterizzato da livelli ghiaioso-sabbiosi variamente intercalati a depositi argillosi sempre più frequenti e potenti. A cavallo della fascia delle risorgive si ha, quindi, una modesta falda freatica superficiale e alcune falde in pressione collegate verso monte con l'acquifero freatico. A valle della Linea delle risorgive, la falda freatica non è più presente con continuità, non essendoci depositi sufficientemente permeabili negli strati superficiali. L'intera zona si caratterizza, pertanto, per la presenza di sistemi multifalda artesiani che subiscono una generale diminuzione di potenza e di permeabilità, procedendo da nord verso sud e da est verso ovest.

Da dettagliati studi idrogeologici esistenti (cfr. riferimenti bibliografici pag. 60÷61) condotti complessivamente sull'area sub-pianeggiante e pianeggiante compresa tra i fiumi Tagliamento e Isonzo, è emerso che nel sottosuolo della Bassa pianura friulana sono individuabili i caratteri generali di sette falde artesiane superficiali, ossia comprese ad una profondità variabile da 30 a 300 m, e, per quanto noto al momento dello studio condotto, tre falde profonde, comprese, cioè, tra 400 e 600 m di profondità. Tale situazione naturalmente non è

sempre riscontrabile nel sottosuolo della Bassa pianura, in quanto le caratteristiche litostratigrafiche variano sia arealmente che verticalmente. Nel complesso, le falde su menzionate non possono ritenersi uniformi e continue, ma contenute in acquiferi che variano in spessore e profondità oltre che in litologia, frequentemente suddivisibili, a loro volta, in diversi e, a volte modesti, orizzonti.

Di seguito verranno riportate le principali caratteristiche delle falde:

- La Falda A è posizionata generalmente fra 30 e 80 metri dal piano campagna è presente con buona continuità in tutta l'area. Si tratta di una falda contenuta in livelli abbastanza permeabili, da sabbiosi a ghiaioso-sabbiosi. La potenza degli orizzonti talvolta presenta valori anche superiori alla decina di metri, ma più spesso tale falda superficiale risulta variamente suddivisa in deboli orizzonti permeabili intercalati da livelli argilloso-limosi impermeabili mediamente potenti.
- La Falda B è posizionata generalmente fra 80 e 110 metri di profondità dal piano campagna. Si presenta abbastanza continua ed è contenuta in depositi sabbiosi. La potenza dell'acquifero è mediamente di 8 metri e solo localmente supera i 10 metri.
- La Falda C è posizionata mediamente fra 120 e 140 metri di profondità. Generalmente risulta ben sviluppata nell'area perilagunare e nella retrostante bassa pianura. L'acquifero risulta essere poco potente (5-7 metri) e contenuto in materiali prevalentemente sabbiosi.
- Le Falde D ed E, da 160 a 200 metri di profondità sono talora distinguibili (Falda "D" fra 160 m e 170 m e Falda "E" tra 190 m e 200 m) mentre altre volte gli acquiferi sono articolati in modo da sembrare un'unica falda interdigitata sia in senso verticale che orizzontale.
- Le Falde F e G, la prima è posizionata fra 240 e 260 metri di profondità ed è contenuta in depositi a granulometria variabile, da prevalentemente ghiaiosi a prevalentemente sabbiosi. È una falda con buona continuità areale, ben definita e potente. Pochi metri al disotto si rinviene la settima falda, la Falda "G", posizionata nel sottosuolo di Lignano Sabbiadoro fra 280 e 300 metri di profondità. Questa falda, che nella zona della Laguna di Grado è ubicata a quote lievemente superiori (260 metri di profondità) e immediatamente al di sopra del basamento roccioso, si presenta localmente discontinua e si sviluppa in depositi prevalentemente sabbiosi con potenza variabile da alcuni metri fino a una decina di metri. Un certo termalismo caratterizza le acque di queste due falde nel sottosuolo dell'area lagunare in comune di Grado, con valori di temperatura mediamente poco elevati (30°C÷34°C).
- Le Falde H, I e L si rinvengono al di sotto dei questi sistemi artesiani precedenti, che risultano tamponati alla base da uno strato di argille potente mediamente 80 metri. Al di sotto di tale orizzonte che funge da *acquiclide* le perforazioni spinte fino a 600 metri di profondità hanno evidenziato la presenza di almeno tre falde profonde, le Falde "H", "I" e "L". Come già detto, queste tre falde risultano contenute in terreni pre-quadernari e sono caratterizzate da un deciso termalismo (40°C÷50°C). In particolare, l'ottava falda, la Falda "H", è posizionata ad una profondità variabile tra 380 e 420 metri dal piano campagna (ed in pratica dal livello del mare) in depositi sabbiosi fini. Essa ha un andamento abbastanza complesso in quanto talora si presenta digitata in numerosi deboli orizzonti. La nona falda, la Falda "I", è stata per il momento rinvenuta in pochi pozzi e risulta potente una trentina metri, si trova a circa 460 metri di profondità ed è contenuta in terreni prettamente sabbiosi talora debolmente cementati. Interessa sicuramente anche la zona

perilagunare e il sottosuolo di Palazzolo dello Stella. La decima falda, la Falda “L”, è ubicata fra 530 e 570 metri di profondità dal piano campagna e si trova in terreni quasi esclusivamente sabbioso-arenacei.

Infine, i complessi idrogeologici relativi ai depositi antropici non mostrano la presenza di importanti corpi idrici e la circolazione idrica avviene quindi, al loro interno, principalmente in senso verticale in quanto relativa al passaggio di acqua dalla superficie alle falde più profonde dei sottostanti complessi.

Il sistema complesso di falde artesiane da tempo viene abbondantemente sfruttato ad uso idrico. I prelievi idrici dal sistema multifalda artesiano della Bassa pianura, anche a causa dell’inadeguata rete acquedottistica sono, infatti, numerosissimi e sfruttano livelli spesso discontinui, giungendo fino a profondità superiori a 550 m dall’attuale piano campagna. Il depauperamento, desumibile dall’andamento delle piezometrie nei pozzi dell’Alta pianura, determina nel sistema artesiano una riduzione delle portate, sviluppatasi presumibilmente nell’ultimo ventennio. Da uno studio condotto sulla Bassa pianura friulana emerge, infatti, che in diverse aree i pozzi hanno progressivamente perduto le loro caratteristiche di artesianità, in quanto la risalienza non raggiunge più il piano campagna e risulta, attualmente indispensabile, l’utilizzo di pompe per il sollevamento dell’acqua. E’ emerso, inoltre, che, se zampillanti, i pozzi che raggiungono le falde artesiane comprese entro 100-120 m di profondità dall’attuale p.c. raramente sono caratterizzati da portate a bocca libera superiori a 1 l/s, mentre frequentemente presentano portate di 0.3-0.6 l/s per diametri compresi tra 1.5” e 3”. A profondità maggiori, le portate sono decisamente superiori per gli stessi diametri e quasi sempre si hanno portate a bocca libera di 3-6 l/s che, con i dispositivi di regolazione, portano a ottenere portate di esercizio comprese in genere tra 1 e 2 l/s.

Nell’area di studio sono state rilevate unicamente emergenze idriche riconducibili alla fascia di probabile emergenza delle risorgive. Questa fascia è stata ricostruita sulla scorta degli studi geologici preesistenti sia di carattere professionale che bibliografico disponibili (Studio preliminare Italferr 2005, DiSGAM Università degli Studi di Trieste 1999 e WebGis Regione Friuli Venezia Giulia), sia sulla scorta dei rilevati diretti di campagna.

La linea delle risorgive, così come è stata cartografata, rappresenta un allineamento di emergenze idriche superficiali che può subire notevoli spostamenti con le oscillazioni della superficie piezometrica della falda; infatti, in bibliografia, risulta che l’oscillazione stagionale della piezometrica nell’area della Media Pianura possa essere anche dell’ordine di 3÷4 m in altezza, con una tendenza all’arretramento della linea delle risorgive verso monte durante gli innalzamenti ed una progressione verso valle durante gli abbassamenti. La “fascia delle risorgive”, in funzione delle caratteristiche locali dei terreni, delle pendenze superficiali e delle portate idriche stagionali può raggiungere l’ampiezza di qualche chilometro trasversalmente alla linea cartografata. Ciò vale in particolare per l’area friulana, in cui, il tracciato di progetto si avvicina alla linea delle risorgive fino ad accostarvisi a sud di Palmanova ed in prossimità del fiume Isonzo.

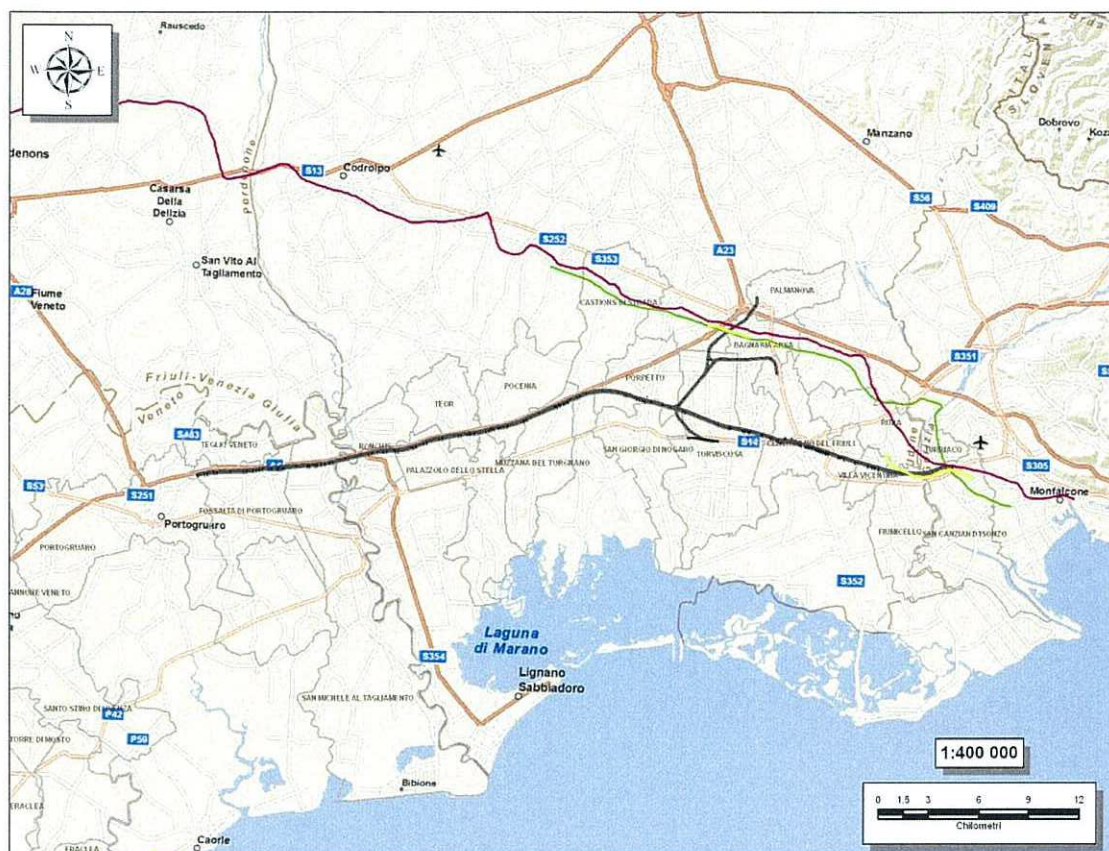


Fig. 18 Schema regionale con individuazione della linea delle risorgive: in magenta la linea riportata nel Web Gis del Friuli Venezia Giulia - Servizio Geologico - Direzione centrale ambiente e lavori pubblici 2006; in verde la linea dello studio del DiSGAM Università degli Studi di Trieste 1999; in giallo la linea riportata nello Studio preliminare Italferr 2005.

12 SISMICITA' DELL'AREA

12.1 Aspetti sismogenetici

Storicamente, l'intero territorio in esame si caratterizza per un'intrinseca sismicità, riconducibile cioè a terremoti con ipocentro localizzato nelle strette vicinanze dell'area oggetto di interesse, mentre più o meno forti sono i risentimenti legati a terremoti aventi epicentro localizzato nelle aree limitrofe quali il Bellunese, caratterizzate da un'intensa attività sismica.

Al fine di determinare le caratteristiche di sismicità delle aree attraversate dal tracciato di progetto sono stati considerati i dati e la cartografia emessi dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (1996-1998) e dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (1992; 2001). I dati storici relativi all'area in studio sono stati

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 42 di 73

estratti dal “Database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno” (<http://emidius.mi.ingv.it/DOM/>).

Il confronto tra la distribuzione della sismicità e le caratteristiche strutturali dell’edificio alpino centro-orientale suggerisce che l’occorrenza dei terremoti con $M \geq 5.5$ sia generalmente condizionata dall’attivazione delle faglie inverse al margine della catena alpina. In effetti, a parte la regione friulana, che presenta caratteristiche sismotettoniche evidentemente più complesse, gli epicentri dei terremoti distruttivi si collocano prevalentemente all’interno di una fascia al limite tra le pianure padana e veneto-friulana e il settore collinare prealpino. L’evoluzione di questo settore, in base a numerosi studi strutturali e neotettonici, risulterebbe condizionata dall’attività recente di faglie inverse, generalmente con direzione NE-SW o E-W e vergenza meridionale. In sostanza, tali faglie rappresenterebbero le sorgenti sismogenetiche dei passati terremoti distruttivi o quelle potenzialmente responsabili dei forti terremoti del futuro. Questa semplice rappresentazione sismotettonica è resa più complessa da alcuni problemi tuttora irrisolti, prevalentemente riferibili al comportamento sismogenetico dei settori alpini interni. In pratica, alcuni indizi fanno ritenere che eventi di energia moderata ($5 < M < 6$) possano avvenire anche all’interno della catena alpina. Le conclusioni su questo punto sono limitate dalle difficoltà di individuazione, localizzazione e dimensionamento di eventi storici non recenti (età antica e medioevale) o delle sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti di magnitudo moderata.

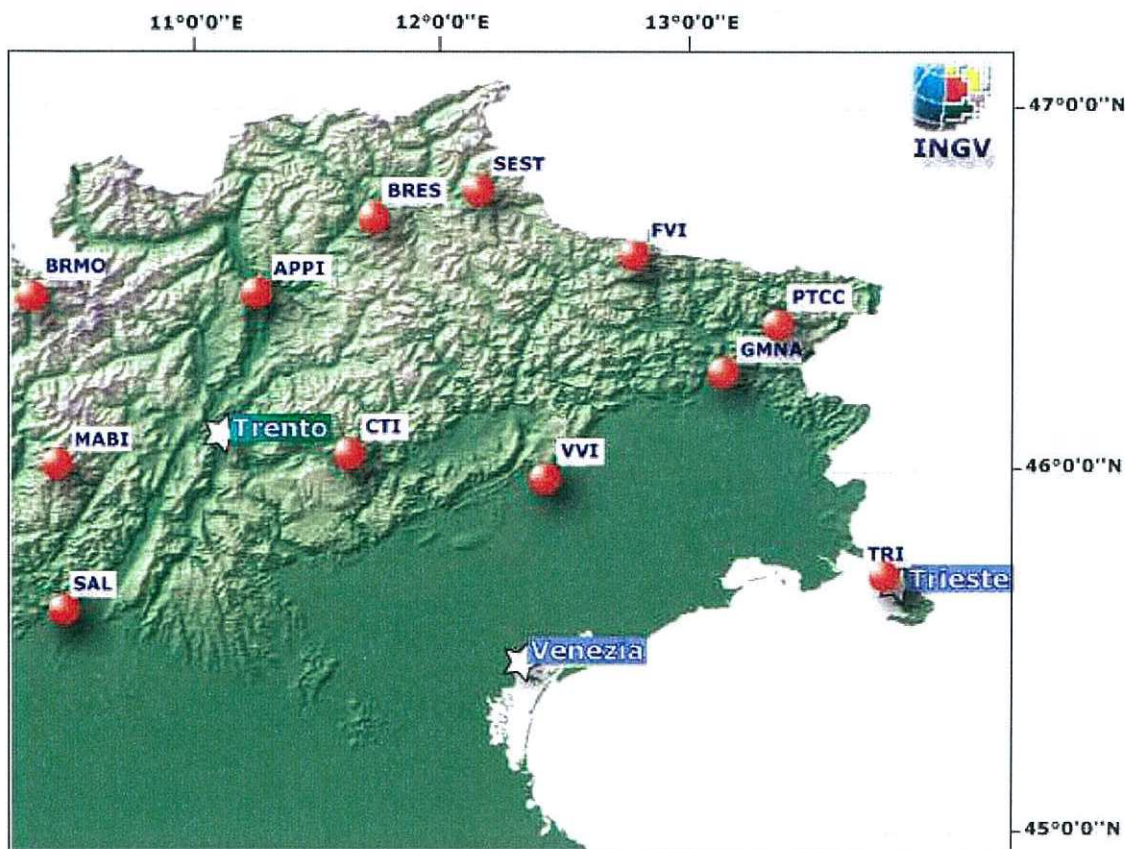


Figura 19 Stazioni di rilevamento gestite dal INGV di Roma.

12.2 Sismicità storica

Per la catena alpina italiana, il catalogo sismico del Gruppo di Lavoro CPTI (2004) riporta terremoti con $M_w \geq 5$ (magnitudo momento), parametrizzati secondo quanto riportato nelle tabelle sottostanti, il cui epicentro è posto al margine meridionale dei rilievi prealpini. Nello specifico, nelle tabelle che seguono si riportano i dati storici riguardanti la sismicità che ha caratterizzato l'area in cui ricadono gli abitati di Portogruaro, Latisana, Cervignano del Friuli e Ronchi dei Legionari.

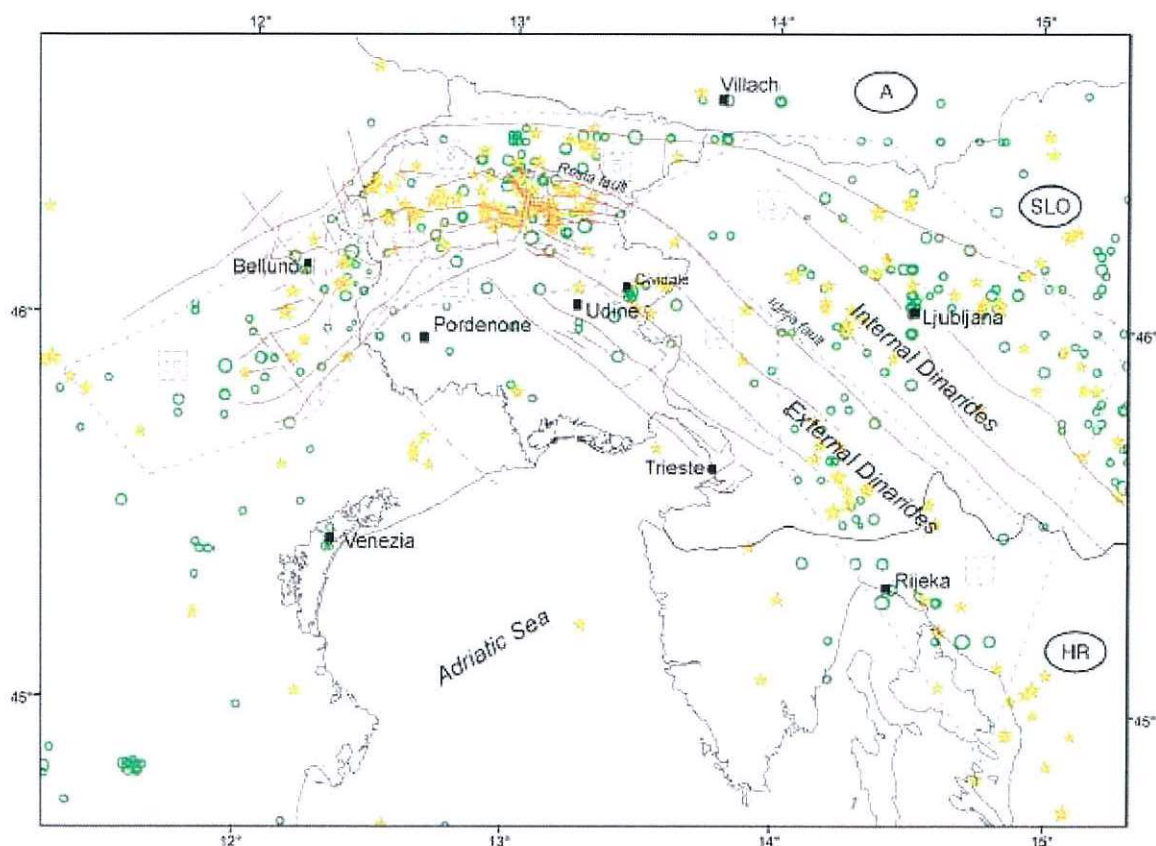


Figura 20 Zonazione sismogenetica in cui sono riportati i principali lineamenti tettonici (linee rosse continue e tratteggiate) (Slejko *et al.*, 1989), i terremoti storici (cerchi verdi) tratti dal catalogo GNDT (Camassi e Stucchi, 1996) e i principali ($M_L > 3.0$ stelle gialle) terremoti recenti (OGS, 1977-1981, 1982-1990, 1991-1998).

Le informazioni sismologico - storiche sulla distribuzione del danno legato ai terremoti di età moderna e contemporanea (es. 1965, 1873, 1936) e quelle strumentali per i terremoti recenti (sequenza del 1976 in Friuli) sono state, in passato, variamente utilizzate in prospettiva sismotettonica. In particolare, per quanto riguarda i terremoti principali, nelle fonti bibliografiche disponibili viene evidenziato il ruolo sismogenetico dei thrust attivi sud-vergenti situati al margine meridionale della catena alpina. Va sottolineato, inoltre, che l'informazione storica sui terremoti di età moderna e contemporanea è di gran lunga superiore a quella dei terremoti di età medioevale; dell'incertezza sulle caratteristiche dei terremoti più antichi risentono, ovviamente, anche le interpretazioni sismogenetiche.

Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Np	Io	Mw
4	1891	06	07	Valle d'Illasi	403	8-9	5.71
NF	1900	03	04	Valdobbiadene	98	6	5.22
2	1908	07	10	Carnia	120	7-8	5.34
4	1909	01	13	Bassa Padana	799	6-7	5.53
NF	1911	02	19	Romagna Meridionale	185	7	5.38
NF	1913	11	25	Val di Taro	73	5	4.85
NF	1920	09	07	Garfagnana	638	9-10	6.48
4	1924	12	12	Carnia	78	7	5.53
NF	1934	05	04	Carnia	80	6	4.83
6	1976	05	06	Friuli	770	9-10	6.43
NF	1983	11	09	Parmense	835	6-7	5.10
NF	1987	05	02	Reggiano	802	6	5.05

Tabella 3 Osservazioni simiche relative disponibili per Portogruaro (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.). (RS: registrazione strumentale; NR: non segnalato; F: avvertito; NF: non avvertito; NC: non classificato; I_s: intensità al sito(MCS); I_x intensità massima; I_o intensità epicentrale; M_w magnitudo momento; Np numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

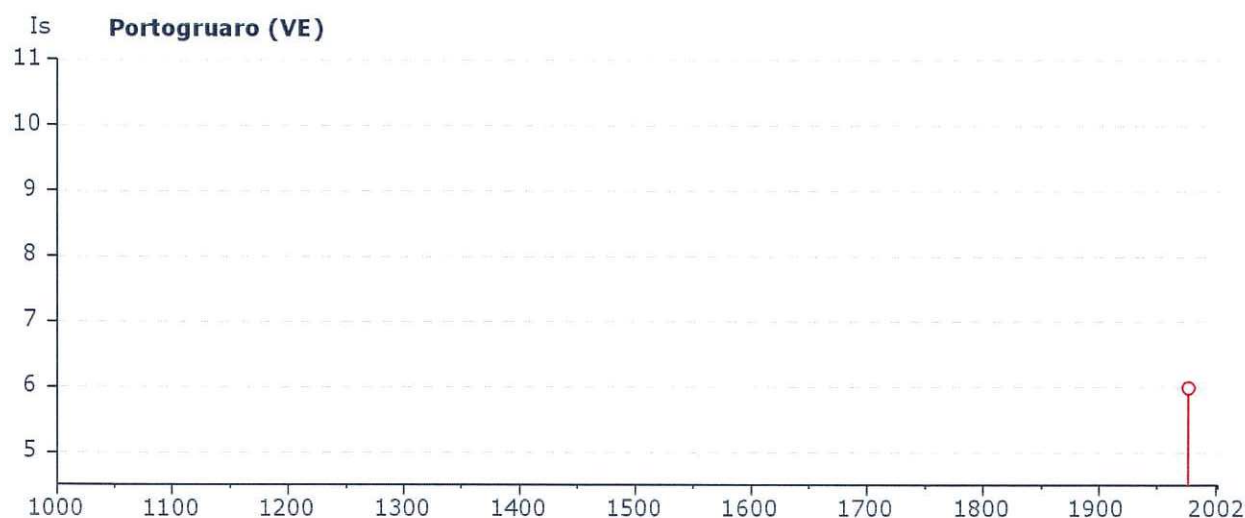


Figura 21 Storia sismica di Portogruaro (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.)

Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Np	Io	Mw
5	1895	04	14	SLOVENIA	296	8	6.25
4-5	1976	05	06	FRIULI	770	9-10	6.43
NF	1988	02	01	VENZONE	273	6	4.64
4-5	1998	04	12	SLOVENIA-FRIULI	227	6	5.70

Tabella 4 Osservazioni simiche relative disponibili per Palazzolo dello Stella. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38). (RS: registrazione strumentale; NR: non segnalato; F: avvertito; NF: non avvertito; NC: non classificato; I_s: intensità al sito(MCS); I_x intensità massima; I_o intensità epicentrale; M_w magnitudo momento; Np numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

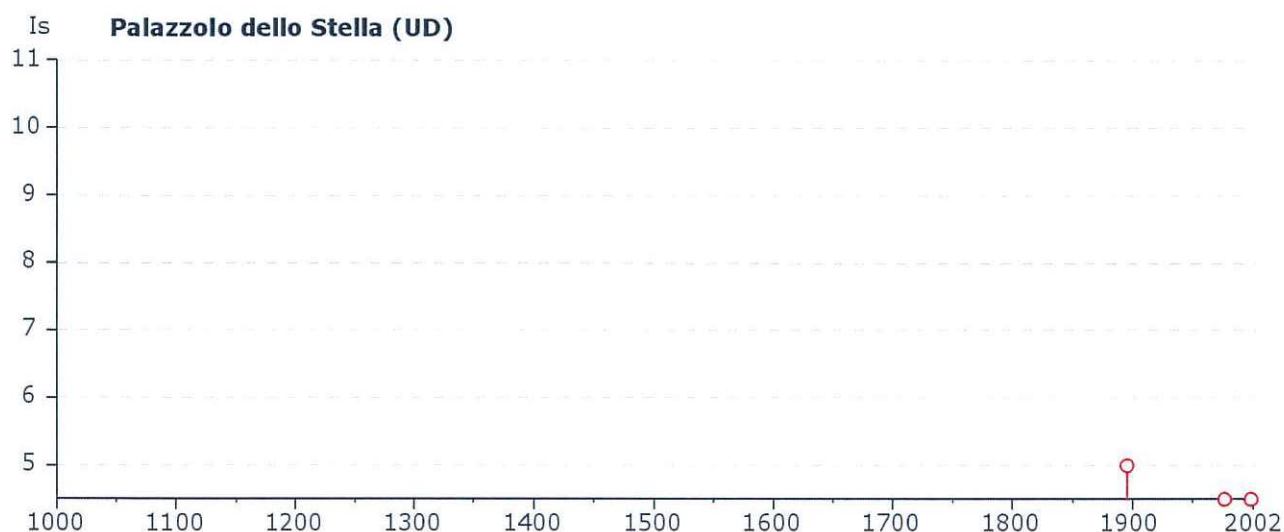


Figura 22 Storia sismica di Palazzolo dello Stella con intensità epicentrale uguale o maggiore a 4-5. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38).

Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Np	Io	Mw
4	1914	10	27	GARFAGNANA	618	7	5.79
4	1928	03	27	CARNIA	359	8-9	5.75
3	1959	04	26	CARNIA	122	7-8	5.23
6	1976	05	06	FRIULI	770	9-10	6.43
2	1988	02	01	VENZONE	273	6	4.64
4-5	1998	04	12	SLOVENIA-FRIULI	227	6	5.70

Tabella 5 Osservazioni simiche relative disponibili per Cervignano del Friuli. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38). (RS: registrazione strumentale; NR: non segnalato; F: avvertito; NF: non avvertito; NC: non classificato; I_s: intensità al sito(MCS); I_x intensità massima; I_o intensità epicentrale; M_w magnitudo momento; Np numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).



Figura 23 Storia sismica di Cervignano del Friuli con intensità epicentrale uguale o maggiore a 4-5. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38).

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 47 di 73

Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Np	Io	Mw
6	1976	05	06	FRIULI	770	9-10	6.43
NF	1988	02	01	VENZONE	273	6	4.64
4-5	1998	04	12	SLOVENIA-FRIULI	227	6	5.70

Tabella 6 Osservazioni simiche relative disponibili per Turriaco (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38). (RS: registrazione strumentale; NR: non segnalato; F: avvertito; NF: non avvertito; NC: non classificato; I_s: intensità al sito(MCS); I_x intensità massima; I_o intensità epicentrale; M_w magnitudo momento; Np numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).



Figura 24 Storia sismica di Staranzano con intensità epicentrale uguale o maggiore a 4-5. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38).

Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Np	Io	Mw
5-6	1895	04	14	Slovenia	296	8	6.25
4	1909	01	13	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
6-7	1976	05	06	FRIULI	770	9-10	6.43
3	1988	02	01	VENZONE	273	6	4.64

Tabella 7 Osservazioni simiche relative disponibili per Ronchi dei Legionari. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38). (RS: registrazione strumentale; NR: non segnalato; F: avvertito; NF: non avvertito; NC: non classificato; I_s : intensità al sito(MCS); I_x intensità massima; I_0 intensità epicentrale; M_w magnitudo momento; N_p numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

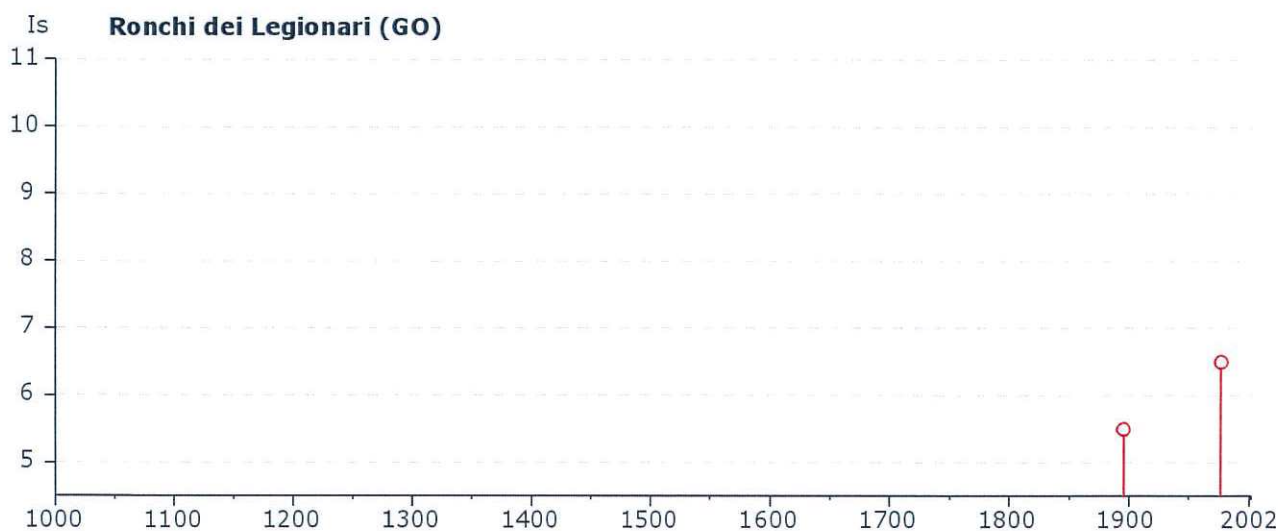


Figura 25 Storia sismica di Ronchi dei Legionari con intensità epicentrale uguale o maggiore a 4-5. (Stucchi *et alii*, 2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38).

A parte la regione friulana, numerosi altri terremoti cui è stata attribuita una magnitudo tra 5 e 6 hanno interessato il settore alpino orientale, i cui relativi epicentri si ubicano nel dominio prealpino o nella fascia di raccordo tra l'area collinare e quella della pianura (es. 1776 e 1794, Tramonti; 1812, Sequals; 1836, Bassano; 1891, Valle d'Illasi; 1901, Salò; Gruppo di lavoro CPTI, 2004). In tale quadro ben si inserisce il recente terremoto del 24 novembre 2004 ($M=5.2$, <http://www.ingv.it/terremoti/bresciano2004/brescaino.html>) che ha colpito la regione del Lago di Garda, in un'area già in passato (es.1904) caratterizzata da eventi distruttivi, ed il cui meccanismo focale disponibile, inoltre, risulta compatibile con l'attivazione di una sorgente che è parte del sistema di faglie attivo del dominio del Giudicariense, con direzione NNE-SSW.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 49 di 73

Al contrario di quanto osservabile nei settori veneto e lombardo, nella regione friulana, in particolare nell'area della valle del Tagliamento, i terremoti con magnitudo compresa tra 5 e 6 interessano non solo il margine meridionale della catena alpina ma anche le zone interne (es. 1700, Raveo; 1788, Tolmezzo; 1928, Carnia). Ciò costituisce la maggiore disomogeneità, dal punto di vista sismotettonico, della catena alpina. Tale disomogeneità diviene evidente se si confronta la sismicità friulana con quella, ad esempio, dei settori alpini interni lombardi ed altoatesini. Tali caratteristiche sismotettoniche rendono lecito chiedersi se sia totalmente valido l'assunto, secondo il quale, i terremoti distruttivi possano avvenire quasi esclusivamente al margine tra catena prealpina e settori di pianura nella maggior parte dell'area indagata.

12.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato periodo. Diverso, invece, è il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'input sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche).

La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

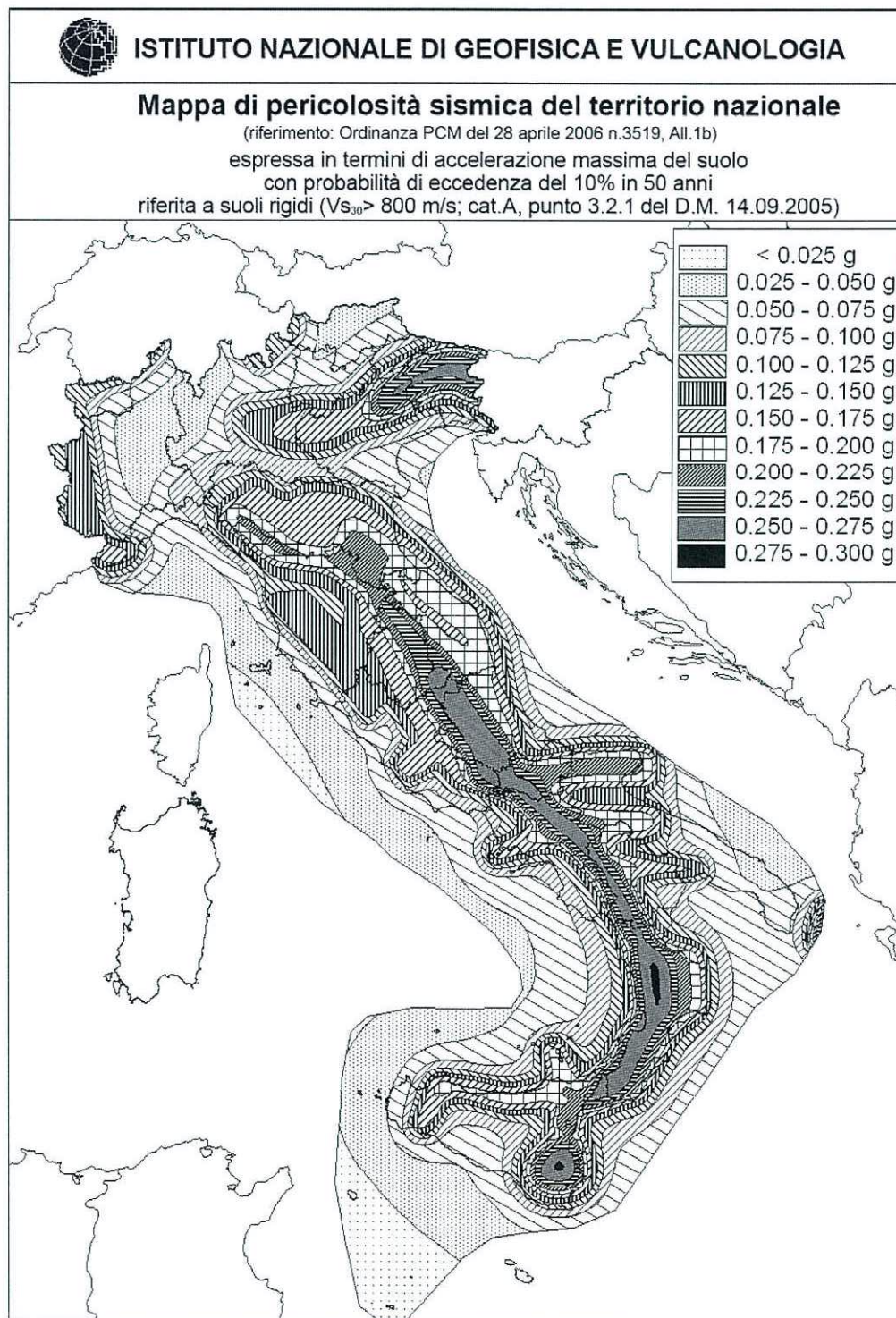


Figura 26 Mappa della pericolosità sismica d'Italia (da INGV 2006).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e dei dati del progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

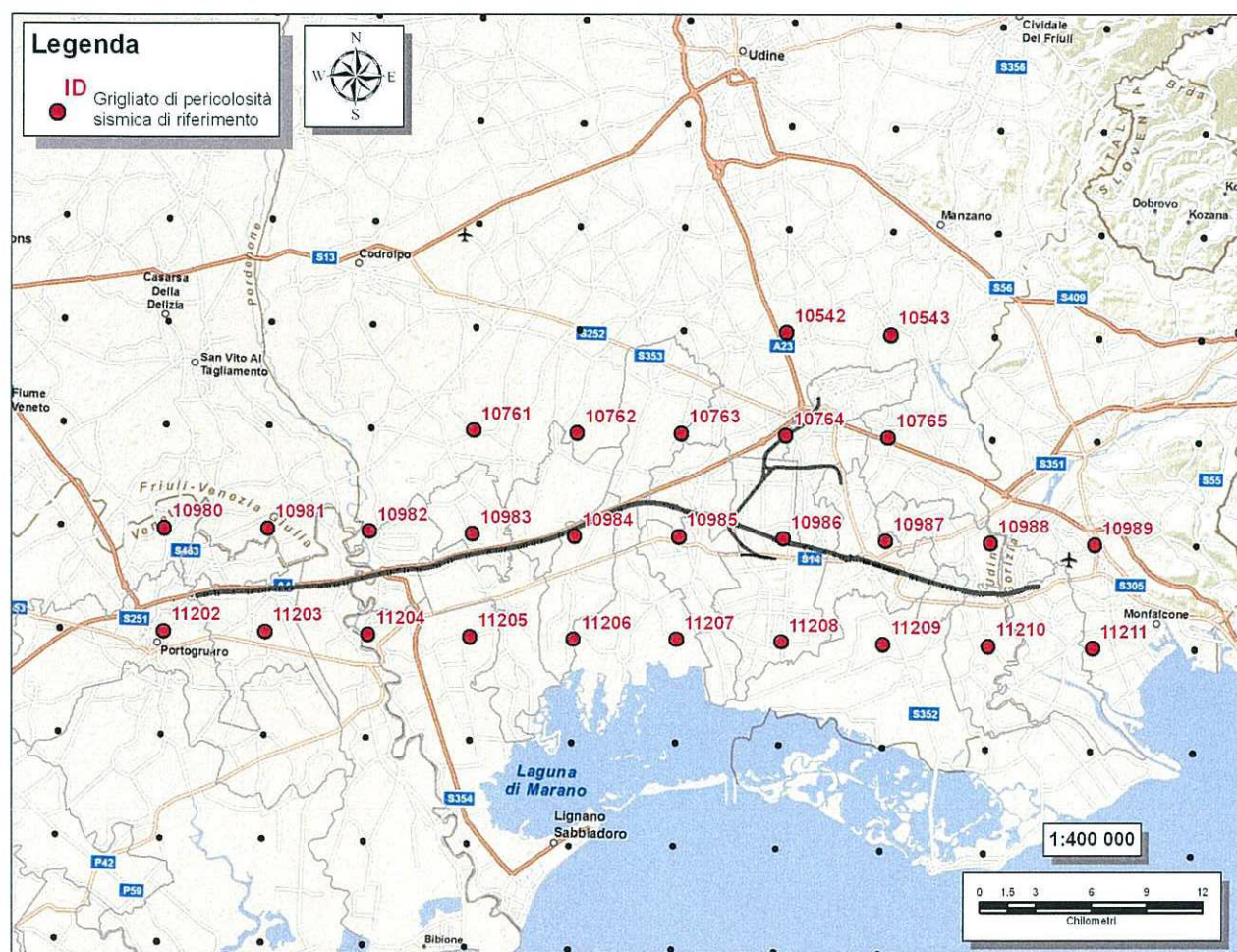


Figura 27 Griglia di riferimento per le regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia, con individuazione del settore d'intervento e punti del grigliato scelti.

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
10980	12.845	45.833	0.1165	2.54	0.37
11202	12.846	45.783	0.1036	2.58	0.37
10981	12.917	45.834	0.1107	2.58	0.37

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
11203	12.917	45.784	0.1004	2.59	0.38
10982	12.988	45.834	0.108	2.58	0.38
11204	12.989	45.784	0.0985	2.56	0.38
10761	13.059	45.884	0.1222	2.51	0.37
10983	13.06	45.834	0.107	2.58	0.38
11205	13.06	45.784	0.0977	2.56	0.38
10762	13.131	45.884	0.1239	2.5	0.37
10984	13.131	45.834	0.1078	2.58	0.37
11206	13.132	45.784	0.098	2.57	0.38
10763	13.203	45.885	0.128	2.5	0.36
10985	13.203	45.835	0.1106	2.57	0.37
11207	13.203	45.785	0.0995	2.59	0.37
10542	13.274	45.935	0.155	2.48	0.34
10764	13.275	45.885	0.1348	2.5	0.35
10543	13.346	45.935	0.1661	2.47	0.33
10765	13.346	45.885	0.1437	2.5	0.34
10986	13.275	45.835	0.1178	2.52	0.36
11208	13.275	45.785	0.1027	2.57	0.37
10987	13.346	45.835	0.1252	2.5	0.35

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
11209	13.346	45.785	0.1069	2.57	0.36
10988	13.418	45.835	0.1331	2.49	0.34
11210	13.418	45.785	0.115	2.5	0.36
11211	13.49	45.785	0.122	2.51	0.35
10989	13.49	45.835	0.1423	2.49	0.33

Tabella 8 Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), la determinazione del valore $V_{S,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione. Tale determinazione può essere effettuata mediante prove dirette sul terreno (prove sismiche), attraverso l'individuazione della categoria di sottosuolo di appartenenza, come descritto nella normativa stessa, o con l'impiego di una formula empirica che utilizza i valori sperimentali di SPT in sito.

Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde sismiche di taglio $V_{S,30}$ o in alternativa sul numero equivalente di colpi N_{SPT} ottenuti in una prova penetrometrica dinamica oppure sulla coesione non drenata equivalente c_u :

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 54 di 73

con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);

- E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S,30} > 800$ m/s).

La norma differenzia altre due categorie di terreni che necessitano di studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

- S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla scorta della ricostruzione litostratigrafica proposta e dei dati geotecnici disponibili, in via preliminare, è possibile escludere l'appartenenza dei terreni interessati dal progetto alla categoria S1.

Nel caso specifico sono state eseguite apposite prove sismiche in foro, tipo cross-hole, e prove sismiche di superficie, tipo Re.Mi. (Refraction Microtremor), tramite le quali sono stati determinati direttamente i valori di $V_{S,30}$, lungo tracciato:

- Re.Mi. R03: - $V_{S,30} = 250$ m/sec (suolo tipo C) eseguita nell'area del F. Tagliamento;
- Re.Mi. R10: - $V_{S,30} = 495$ m/sec (suolo tipo B) eseguita nell'area di Cervignano (tratto Raccordo Merci Sud);
- Re.Mi. R15: - $V_{S,30} = 536$ m/sec (suolo tipo B) eseguita nell'area del F. Isonzo (destra idrografica);
- Re.Mi. R17: - $V_{S,30} = 554$ m/sec (suolo tipo B) eseguita nell'area del F. Isonzo (sinistra idrografica);

Sulla scorta dei dati geofisici disponibili e della ricostruzione litostratigrafica elaborata (cfr. profilo geologico con ricostruzione delle litofacies) si evidenzia, dunque, che i settori caratterizzati dalla presenza di un substrato costituito prevalentemente da termini litologici ghiaioso-sabbiosi e limoso-sabbiosi, presentano valori di velocità delle onde S marcatamente più elevati dei settori caratterizzati da terreni prevalentemente fini. In particolare, è possibile, in prima analisi suddividere il tracciato in due macrozone: la prima con sottosuolo di tipo "C", compresa tra l'inizio del tracciato e il km 21+500÷22+500 circa, e la seconda con sottosuolo tipo "B" dal km fino al termine della tratta di progetto.

12.4 Amplificazione sismica locale

Sulla base degli studi condotti e dei dati al momento disponibili, vengono di seguito proposte delle valutazioni, di carattere puramente indicativo, atte a delineare la condizione specifica dell'area di studio e, quindi, le sue caratteristiche in termini di risposta all'input sismico.

In generale, l'intero settore di progetto è caratterizzato dalla presenza di terreni piuttosto recenti, sciolti o poco consistenti, di genesi prevalentemente alluvionale e litorale. I risultati delle indagini geognostiche realizzate hanno mostrato, per tutta l'area, caratteristiche geologiche e litologiche sostanzialmente omogenee, tali da lasciar

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 55 di 73

supporre l'assenza di contrasti di impedenza tanto marcati da poter causare l'insorgere di effetti di amplificazione a causa dell'assetto litostratigrafico locale. Tale ipotesi, comunque, dovrà attentamente essere verificata nelle successive fasi di approfondimento mediante la predisposizione di opportune prove atte a definire puntualmente le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni attraversati.

12.5 Suscettività dei terreni alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione intergranulare.

Tale incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

A titolo puramente descrittivo, in assenza di specifici dati litotecnici circa le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti, si sottolinea l'elevata suscettività a liquefazione, almeno potenziale, di terreni granulari poco addensati quali quelli presenti nell'area di interesse, ancor più se sede di falde freatiche o in pressione come quelle registrate nei piezometri opportunamente installati in fase di perforazione.

Anche in questo caso, in relazione con quanto esposto, si sottolinea la necessità di prevedere nelle successive fasi di approfondimento una serie di analisi specifiche, mediante uno o più metodi quantitativi presenti in letteratura, al fine di delineare in modo puntuale e dettagliato tutti i possibili effetti indotti sui terreni da un sisma di una certa intensità.

13 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nelle pagine che seguono viene analizzato il tracciato di progetto suddividendolo in tratte omogenee. Per ogni singolo tratto di intervento vengono delineati gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici di maggiore interesse ai fini progettuali. A tal fine, si è fatto diretto riferimento all'assetto litostratigrafico localmente ricostruito nel profilo geologico longitudinale ed alla presenza di eventuali elementi di criticità geomorfologica lungo il tracciato, evidenziati nella specifica cartografia geomorfologica allegata allo studio. In particolare, le analisi e ricostruzioni degli assetti litostratigrafici hanno consentito di definire in maniera dettagliata, commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto di riferimento attraverso la definizione e localizzazione delle diverse facies litologiche presenti nel settore di studio, con particolare attenzione alle variazioni in termini granulometrici anche all'interno della stessa unità. A tal fine, sono stati analizzati ed interpolati tutti i dati geognostici, attualmente disponibili, sia bibliografici che derivanti dalla campagna di indagine appositamente realizzata per la progettazione preliminare. Per quanto concerne le unità geologiche,

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 56 di 73

infine, viene fatto diretto riferimento ai nomi e alle numerazioni riportate nelle cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione.

13.1 Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 4+230

Il tratto in questione si colloca nella porzione più occidentale dell'area di studio, a quote comprese tra i 7.6 e gli 8.6 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, praticamente ovunque, i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni argilloso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con frequenti livelli argillosi, sabbiosi e sabbioso-limosi. Tali depositi presentano spessori mediamente compresi tra 4.5 e 11.8 m e risultano poggiati sui sottostanti litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), composti invece da terreni prevalentemente argilloso-limosi con locali livelli argillosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi mediamente poco potenti. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda freatica con superficie piezometrica posta circa 2.0 m sotto il p.c..

13.2 Tratto compreso tra il km 4+230 e il km 5+080

Questo tratto in esame ricade, nuovamente, nel parte occidentale del settore di studio, a quote variabili tra i 4.4 e i 6.9 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per tutto il suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), qui composti da terreni sostanzialmente argilloso-limosi con locali livelli argillosi, limosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi generalmente di modesta potenza. Sotto il profilo geomorfologico non è stata riscontrata la presenza di elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.3 Tratto compreso tra il km 5+080 e il km 7+290

Tale tratto si colloca sempre nella porzione occidentale dell'area di interesse, a quote comprese tra i 3.8 e i 6.6 m circa s.l.m.. Il tratto in esame intercetta, quasi ovunque, i litotipi dei depositi alluvionali recenti (5) che, in quest'area, risultano costituiti da terreni argilloso-limosi con locali livelli argillosi, limosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Tali depositi possiedono spessori generalmente compresi tra 4.0 e 12.6 m e risultano poggiati sui sottostanti depositi alluvionali antichi (6), qui composti da terreni prevalentemente argilloso-limosi con rari livelli limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi spesso di notevole spessore. Infine, in copertura sulle suddette unità, si rinvencono ridotti lembi di depositi alluvionali dei paleoalvei (4), formati da terreni argilloso-limosi con spessori mediamente inferiori ai 2.8 m. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, in relazione agli aspetti idrogeologici, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.4 Tratto compreso tra il km 7+290 e il km 10+250

Il presente tratto ricade nei settori occidentali dell'area di studio, a quote variabili tra i 5.4 ed i 9.2 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, in quest'area, i termini litologici dei depositi alluvionali attuali (2), qui costituiti da terreni limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli sabbiosi e argilloso-limosi talora di un certo spessore. I suddetti depositi presentano spessori mediamente compresi tra 5.5 e 9.7 m e risultano poggiati sui più antichi

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 57 di 73

depositi alluvionali recenti (5), costituiti invece da terreni sabbioso-ghiaiosi con locali livelli argillosi, limosi, sabbiosi, ghiaiosi, argilloso-limosi e limoso-sabbiosi. Questi depositi presentano spessori variabili tra 5.2 e 12.0 m e risultano sovrapposti ai sottostanti depositi alluvionali antichi (6) che, in quest'area, risultano composti da terreni essenzialmente argilloso-limosi e limoso-sabbiosi con frequenti livelli limosi, sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi talora piuttosto potenti. All'interno di tali depositi, per la porzione centrale del tratto, si sottolinea inoltre la presenza di un importante orizzonte torboso, di estensione estremamente variabile e con spessori localmente prossimi ai 1.2 m. Infine, i suddetti depositi alluvionali attuali risultano ricoperti, localmente, da ridotti lembi di depositi alluvionali dei paleoalvei (4), sempre costituiti da terreni limosi e argilloso-limosi con spessori comunque inferiori ai 3.8 m. Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di potenziale criticità è rappresentato dal corso del Fiume Tagliamento, spesso caratterizzato da importanti esondazioni nelle aree limitrofe durante gli eventi piovosi più intensi. Sotto il profilo idrogeologico, invece, la presenza di una falda freatica con superficie piezometrica posta tra 2.0 e 3.7 m sotto il p.c..

13.5 Tratto compreso tra il km 10+250 e il km 16+520

Questo tratto è situato nella porzione centrale dell'area di studio, a quote comprese tra i 5.9 e gli 8.1 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per tutto il suo sviluppo, i litotipi dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni argilloso-limosi con frequenti livelli argillosi, limosi, sabbiosi, ghiaiosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Tali depositi mostrano spessori mediamente compresi tra 10.4 e 14.1 m e risultano sovrapposti ai sottostanti depositi alluvionali antichi (6), a loro volta composti da terreni prevalentemente argilloso-limosi con locali livelli argillosi, limosi, sabbiosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. All'interno di tali depositi, per la porzione centrale del tratto, si sottolinea nuovamente la presenza di un importante orizzonte torboso, che presenta discreta continuità ed estensione laterale, con spessori prossimi ad 1.0 m. Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico non sono stati rilevati elementi di potenziale criticità mentre, sotto il profilo idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda semiartesiaiana con superficie piezometrica posta circa 3.2 m sotto il p.c..

13.6 Tratto compreso tra il km 16+520 e il km 17+830

Il tratto in questione si colloca nei settori centrali dell'area di studio, a quote comprese tra gli 1.8 ed i 4.3 m circa s.l.m.. Il tracciato intercetta, praticamente ovunque, i litotipi delle unità ubiquitarie (3) che, in quest'area, risultano costituite da terreni argillosi e sabbioso-limosi con spessori mediamente compresi tra 1.8 e 4.1 m. Tali depositi risultano poggianti sui più antichi depositi alluvionali recenti (5), costituiti da terreni argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli più francamente sabbiosi. Questi ultimi depositi, infine, sono caratterizzati da spessori mediamente variabili tra 8.4 e 9.5 m e risultano poggianti sui termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), qui costituiti da terreni argilloso-limosi con frequenti livelli sabbiosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di potenziale criticità è rappresentato dal corso del Fiume Stella, spesso caratterizzato da importanti esondazioni nelle aree limitrofe durante gli eventi piovosi più intensi. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si segnala la presenza di una falda semiartesiaiana con superficie piezometrica posta in prossimità del p.c..

13.7 Tratto compreso tra il km 17+830 e il km 18+150

Questo tratto ricade nella porzione centrale dell'area di interesse, a quote variabili tra i 4.9 ed i 6.2 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa nuovamente i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), sempre costituiti da terreni argilloso-limosi con locali livelli limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Questi depositi mostrano spessori mediamente compresi tra 5.5 e 13.4 m e risultano poggianti, come in precedenza, sui litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), costituiti da terreni argilloso-limosi con locali livelli sabbiosi e limoso-sabbiosi generalmente poco potenti. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, in relazione agli aspetti idrogeologici, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.8 Tratto compreso tra il km 18+150 e il km 21+410

Tale tratto si colloca nella porzione centrale dei settori di interesse, a quote variabili tra i 6.8 ed i 7.9 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per tutto il suo sviluppo, i litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), sempre costituiti da terreni prevalentemente argilloso-limosi con locali livelli sabbiosi, limoso-sabbiosi e sabbiosi-ghiaiosi generalmente poco potenti. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, sotto il profilo idrogeologico, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.9 Tratto compreso tra il km 21+410 e il km 25+850

Questo tratto è situato nei settori centrali dell'area di studio, a quote comprese tra i 7.5 ed i 9.6 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, ancora una volta, i termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6) che, in quest'area, risultano costituiti da terreni prevalentemente argilloso-limosi con frequenti livelli sabbiosi, limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi talora di notevole spessore. Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico non sono stati rilevati elementi di potenziale criticità mentre, sotto il profilo idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda, freatica o semiartesiana, con superficie piezometrica posta circa al p.c..

13.10 Tratto compreso tra il km 25+850 e il km 29+260

Tale tratto ricade nella parte centrale dei settori di interesse, a quote variabili tra i 4.6 e i 9.1 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, quasi sempre, i litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), qui rappresentati da terreni essenzialmente sabbiosi e argilloso-limosi con locali livelli sabbioso-ghiaiosi. I suddetti depositi risultano localmente ricoperti dai termini litologici delle unità ubiquitarie (3), sempre formati da terreni prevalentemente argillosi con spessori mediamente compresi tra 2.0 e 4.5 m. Sotto il profilo geomorfologico l'unico elemento di potenziale criticità è rappresentato dal corso del Fiume Corno, talora soggetto ad esondazioni mentre, dal punto di vista idrogeologico, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.11 Tratto compreso tra il km 29+260 e il km 35+760

Il tratto in questione si colloca nella porzione centrale dell'area di studio, a quote mediamente comprese tra gli 1.5 ed i 7.4 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, praticamente ovunque, i termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6) che, in questo settore, risultano composti da terreni argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con frequenti livelli limosi, sabbiosi e limoso-sabbiosi talora piuttosto potenti. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, sotto il profilo idrogeologico, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili.

13.12 Tratto compreso tra il km 35+760 e il km 37+290

Questo tratto ricade nei settori centrali dell'area di studio, a quote variabili tra i 2.2 ed i 3.0 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, praticamente ovunque, i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni argilloso-limosi con locali livelli limosi, sabbiosi e limoso-sabbiosi. Tali depositi presentano spessori mediamente compresi tra 3.5 e 5.6 m e risultano poggianti sempre sui litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), composti da terreni fortemente eterogenei di natura sabbiosa, argilloso-limosa, limoso-sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa. All'interno di tali depositi, per la porzione centrale del tratto in oggetto, si sottolinea inoltre la presenza di un importante orizzonte torboso molto compressibile, di estensione estremamente variabile e con spessori localmente prossimi ai 4.0÷5.0 m. Sotto il profilo geomorfologico si evidenzia l'assenza di elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda, freatica o semiartesiana, con livello piezometrico posto a circa tra 1.0 m sotto il p.c..

13.13 Tratto compreso tra il km 37+290 e il km 37+870

Il presente tratto si colloca nei settori orientali dell'area di interesse, a quote comprese tra i 3.1 ed i 3.6 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per tutto il suo sviluppo, i termini litologici delle unità ubiquitarie (3), ancora una volta costituiti da terreni argillosi e limoso-sabbiosi con spessori mediamente compresi tra 2.0 e 4.6 m. Tali depositi poggiano, come nei tratti precedenti, sui litotipi dei depositi alluvionali recenti (5) che, in quest'area, risultano composti da terreni limoso-sabbiosi con locali livelli limosi e argilloso-limosi. Questi ultimi depositi presentano spessori generalmente variabili tra 1.5 e 5.5 m e poggiano, come sempre, sui termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), qui costituiti da terreni limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli sabbiosi e argilloso-limosi. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, sotto il profilo idrogeologico, si evidenzia la presenza di una falda, freatica o semiartesiana, con superficie piezometrica posta tra 1.5 e 3.0 m dal p.c..

13.14 Tratto compreso tra il km 37+870 e il km 44+240

Il tratto in esame ricade nella porzione orientale dell'area di studio, a quote variabili tra i 3.2 ed i 7.4 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa nuovamente i litotipi dei depositi alluvionali recenti (5), prevalentemente costituiti da terreni argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli limoso-sabbiosi poco potenti. Questi depositi mostrano spessori generalmente compresi tra 6.6 e 12.3 m e poggiano, praticamente ovunque, sui termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), probabilmente costituiti da terreni limoso-sabbiosi e sabbioso ghiaiosi con rari livelli argillosi, sabbiosi e argilloso-limosi. Infine, i depositi alluvionali suddetti risultano ricoperti,

localmente, da lembi poco estesi di depositi alluvionali dei paleoalvei (4), sempre costituiti da terreni argilloso-limosi con spessori sempre inferiori ai 2.0 m. Sotto il profilo geomorfologico si evidenzia l'assenza di elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda, freatica o semiartesia, con livello piezometrico posto a circa 4.0 m dal p.c.. A tal riguardo è importante segnalare che il tracciato, in prossimità del km 44+100 circa, intercetta la linea di probabile emergenza delle risorgive che, come già detto, presenta una marcata variabilità stagionale, talora con locale risalita del livello di falda anche sopra il p.c.. La suddetta oscillazione del livello di falda rappresenta senza dubbio un elemento di importante criticità sia in senso idrogeologico sia in senso geotecnico.

13.15 Tratto compreso tra il km 44+240 e il km 45+724

Tale tratto si colloca nella porzione orientale del settore in esame, a quote comprese tra i 7.3 ed i 9.3 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, per tutto il suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali attuali (2), qui costituiti da terreni sabbioso-ghiaiosi con locali livelli più francamente ghiaiosi e limoso-sabbiosi. Tali depositi presentano spessori mediamente compresi tra 1.5 e 8.2 m e risultano ricoperti, localmente da ridotti lembi di depositi alluvionali dei paleoalvei (4), sempre in *facies* argilloso-limosa. La suddetta unità risulta inoltre poggiante sui termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con spessori mediamente compresi tra 5.8 e 10.5 m. Quest'ultima unità, infine, risulta poggiante sui litotipi dei depositi alluvionali antichi (6), sempre costituiti da terreni sabbioso-ghiaiosi con rari livelli più francamente argillosi, sempre con spessori piuttosto esigui. Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di potenziale criticità è rappresentato dal corso del Fiume Isonzo, spesso caratterizzato da importanti esondazioni nelle aree limitrofe durante gli eventi piovosi più intensi. Sotto il profilo idrogeologico, invece, la presenza di una falda, freatica o semiartesia, con superficie piezometrica posta tra 2.5 e 3.8 m sotto il p.c.. A tal riguardo è importante segnalare che il tracciato, in prossimità del km 44+100 circa, intercetta la linea di probabile emergenza delle risorgive che, come già detto, presenta una marcata variabilità stagionale, talora con locale risalita del livello di falda anche sopra il p.c.. Tale allineamento, in particolare, ricade poche centinaia di metri all'interno del tratto precedente ma, a causa della forte variabilità spaziale, rappresenta un elemento di particolare attenzione anche per la presente area. La suddetta oscillazione del livello di falda rappresenta senza dubbio un elemento di importante criticità sia in senso idrogeologico sia in senso geotecnico.

13.16 Tratto compreso tra il km 45+724 e il km 46+796

Il tratto in esame ricade nella porzione più orientale del settore di studio, a quote mediamente comprese tra gli 8.0 e i 9.3 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, per tutto il suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con rari livelli argilloso-limosi. Tali depositi presentano spessori mediamente compresi tra i 13.0 ed i 14.2 m e risultano poggianti sui termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), sempre composti da terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi. Inoltre, in copertura sui depositi alluvionali recenti, si rinvencono ridotti lembi di depositi alluvionali dei paleoalvei (4), costituiti da terreni prevalentemente argilloso-limosi con spessori mediamente inferiori a 1.2 m. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, in relazione agli aspetti idrogeologici, non sono disponibili dati circa l'eventuale presenza di una falda all'interno degli orizzonti più permeabili. A tal riguardo è importante segnalare che il tracciato, in prossimità del km 44+100 circa, intercetta la linea di probabile emergenza delle risorgive che, come già detto, presenta una marcata variabilità stagionale, talora con locale risalita del livello di falda anche sopra il p.c.. Tale allineamento, in particolare, nel tratto in esame

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 61 di 73

ricade poche centinaia di metri a sud della linea ferroviaria in progetto ma, a causa della forte variabilità spaziale, rappresenta un elemento di particolare attenzione anche per la presente area. La suddetta oscillazione del livello di falda rappresenta senza dubbio un elemento di importante criticità sia in senso idrogeologico sia in senso geotecnico.

Il tratto in questione, infine, rappresenta la parte terminale della Tratta Portogruaro – Ronchi dei Legionari e, allo stesso tempo, la parte iniziale della Tratta Ronchi dei Legionari – Trieste, in quanto è presente una zona di sovrapposizione tra i due studi di circa 3 km. Per quest'area, quindi, al fine di una chiara lettura delle cartografie geologiche di base di entrambe i tratti, si sottolinea che i depositi alluvionali attuali (2) del presente studio corrispondono perfettamente alla "Sub-Unità di Monastero (Unità di Grado)" della Tratta Ronchi dei Legionari – Trieste, mentre i depositi alluvionali recenti (5) di questo studio coincidono con la "Sub-Unità di Aquileia (Unità di Grado)" della tratta successiva.

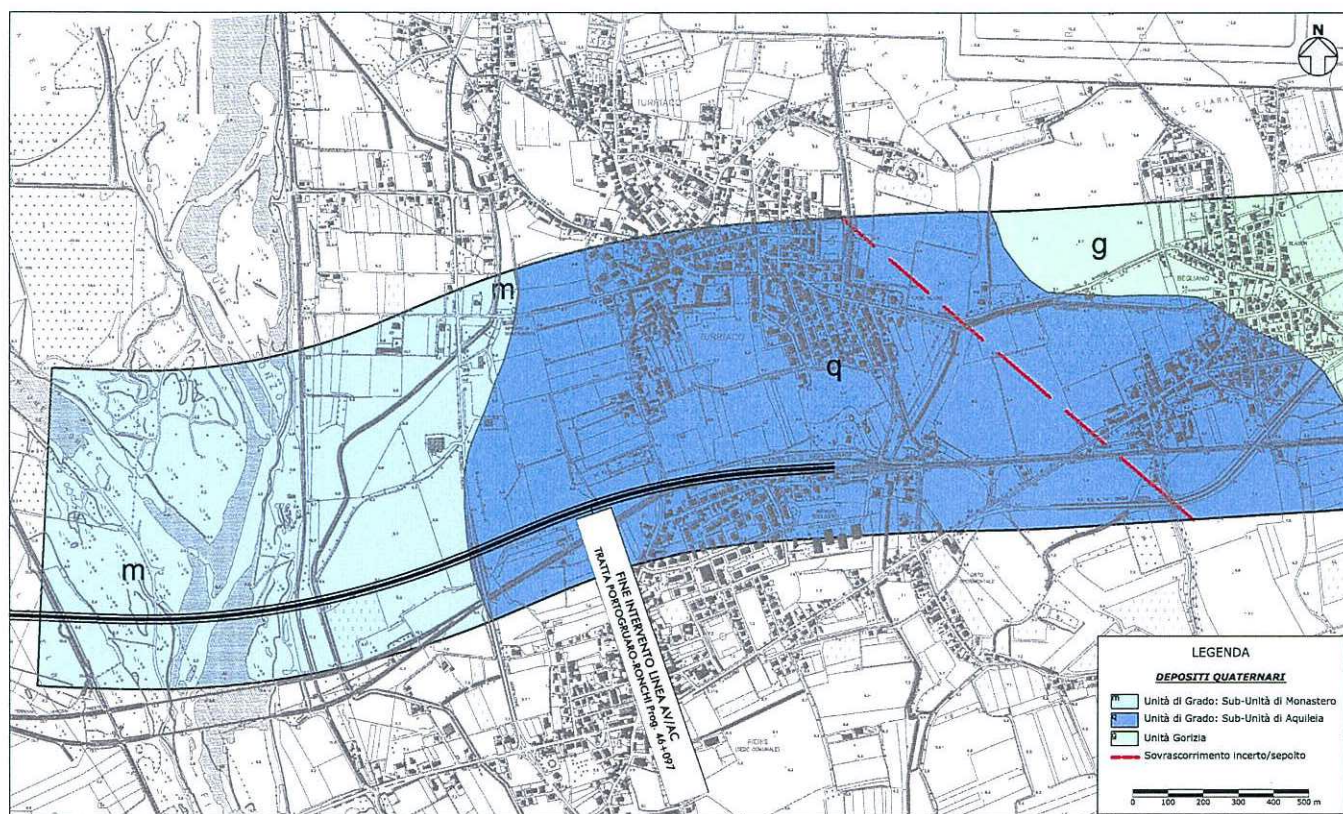


Figura 28 Stralcio della carta geologica di base della Tratta Ronchi dei Legionari – Trieste nella zona di sovrapposizione con il presente studio.

13.17 Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 11+362 del tratto Palmanova - Cervignano

Tale tratto si colloca nel settore centrale dell'area di interesse, a quote mediamente comprese tra i 6.9 ed i 27.9 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, per tutto il suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6), qui costituiti da terreni prevalentemente argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli sabbiosi e

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 62 di 73

limoso-sabbiosi. Dal punto di vista geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda, freatica o semiartesiaiana, con superficie piezometrica posta circa 2.5 m sotto il p.c., almeno nella porzione settentrionale del tratto. A tal riguardo è importante segnalare che il tracciato, in prossimità del km 2+750 circa, intercetta la linea di probabile emergenza delle risorgive che, come già detto, presenta una marcata variabilità stagionale, talora con locale risalita del livello di falda anche sopra il p.c.. La suddetta oscillazione del livello di falda rappresenta senza dubbio un elemento di importante criticità sia in senso idrogeologico sia in senso geotecnico.

13.18 Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 5+535 del tratto Raccordo Merci Sud

Il tratto in esame si colloca nel settore nord-orientale dell'area di studio, a quote comprese tra i 10.2 e i 13.8 m circa s.l.m.. Il tracciato in esame attraversa, per buona parte del suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali antichi (6) e, solo nella parte più orientale del tratto, quelli dei soprastanti depositi alluvionali recenti (5). In entrambe i casi, le unità suddette risultano costituite da terreni essenzialmente argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con locali livelli argillosi, sabbiosi e limoso-sabbiosi, anche se si nota una certa dominanza dei depositi granulari grossolani all'interno dei depositi alluvionali antichi. Sotto il profilo geomorfologico non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità mentre, dal punto di vista idrogeologico, si evidenzia la presenza di una falda, freatica o semiartesiaiana, con superficie piezometrica posta tra 2.1 e 3.7 m sotto il p.c..

14 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AERE R. & BONETTA R. (1989) - Catalogo dei documenti cartografici. Carta tecnica regionale, IUAV, Centro dei Servizi Interdipartimentali di Cartografia, Venezia.

AGIP (1976) – Mappa isocrone del Friuli-Venezia Giulia: orizzonte corrispondente alla base del Quaternario. Sala 1:100.000.

ALBANI A., FAVERO V. & SERANDREI BARBERO R. (1984) – Apparati intertidali ai margini di canali lagunari. Studio morfologico, micro paleontologico e sedimentologico. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti – rapporti e Studi, IX, pp. 137-161, Venezia.

ANTONIOLI F., AMOROSI A., CORREGGIARI A., DOGLIONI C. FONTANA A., FONTOLAN G., FURLANI S. & RUGGIERI SPADA G. (2009) - Relative sea-level rise and asymmetric subsidence in the northern Adriatic. Rendiconti online Soc. Geol. It., 9, pp. 5-8.

APAT (2005) - PROGETTO IFFI Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia.

APAT (2007) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 F° 128 "Venezia".

ARPA FVG (2006) – Rilevamento dello stato dei corpi idrici sotterranei della Regione Friuli Venezia Giulia.

AURIGHI M. & ZANGHERI P. (2001) - La Rete di monitoraggio delle acque sotterranee in Provincia di Venezia. In collaborazione con la Regione Veneto. Relazione Tecnica con CD Rom, Venezia.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 63 di 73

AUTORI VARI (CASTIGLIONI G.B. coord., CAVALIIN A. et alii) (1991): Carta Geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XLVI (1991), pp. 503-505.

ALBEROTANZA L., SERANDREI B. & FAVERO V. (1977) – I sedimenti olocenici della laguna di Venezia (bacino settentrionale). Boll. Soc. Geol. It., 96, pp. 243-269.

AMATO A., BARNABA P., FINETTI I., GROPPi G., MARTINIS B. & MUZZIN A. (1976) – Geodynamic outline and seismicity of Giulia – Venezia Giulia Region. Boll. Geof. Teor. Appl., 72, Trieste.

AMOROSI A., COLALONGO M.L. & FUSCO F. (1999) – Glacio-eustatic control of continental – shallow marine cyclicity from late Quaternary deposits in the south – eastern Po plain, Northern Italy. Quatern. Research, 52(1), pp. 1-13.

ANTONELLI R., FRANCAVI V., PELLEGRINI M. & STEFANINI S. (1985) – Ricerche Idrogeologiche. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 51-54.

BAGLIONI A. & TOFFOLETTO F. (1998) – Applicazione di metodologie geofisiche nello studio sedimentologico-stratigrafico del sottosuolo veneziano. Consiglio Nazionale delle Ricerche–Istituto per lo studio della Dinamica delle Grandi Masse, Venezia, Rapporto Tecnico 219.

BARBIERI C., DI GIULIO A., FANTONI R., PICOTTI V. & ZANFERRARI A. (2004) – Patterns of the Messinian erosion in the Venetian-Friulian Basin (NE Italy). 32° International Geological Congress, August 20-28, 2004, Florence.

BOSELLINI, A., MASETTI, D. & SARTI, M. (1981) - A Jurassic "Tongue of the ocean" infilled with oolitic sands: the Belluno Trough, Venetian Alps, Italy. Marine Geology, 44, pp. 55-95.

BONARDI M. & TOSI L. (1994) – I sedimenti tardo-quadernari del cordone litoraneo della Laguna di Venezia: le sabbie. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Venezia, Rapporto Tecnico 184.

BONARDI M. & TOSI L. (1995) – Caratterizzazione e differenziazione mineralogica dei livelli sabbiosi tardo-quadernari del litorale veneziano. Il Quadernario, 8(2), pp. 315-322.

BONARDI M. & TOSI L. (2000) – Studio sedimentologico di un livello di argilla sovraconsolidata sottostante il litorale veneziano. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, La Ricerca Scientifica Per Venezia, Il Progetto Sistema Lagunare Veneziano, Modellistica del Sistema Lagunare, Studio di Impatto Ambientale, 2(2), pp. 952-960.

BONARDI M., TOSI L., RIZZETTO F., BRANCOLINI G. & BARADELLO L. (2004) – Effects of climate changes on the Late Pleistocene and Holocene sediments of the Venice Lagoon, Italy. Journal of Coastal Research, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Brazil, SI 39, ISSN 0749-0208, pp. 279-284.

BONDESAN M. (1968) – Nuovi dati sull'evoluzione dell'antico delta Padano in epoca storica. Atti Acc. Sc Ferrara, 43-44, pp. 183-198.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 64 di 73

BONDESAN M. & MOSE' G. (1985) – Spiagge, lagune e paludi della fascia costiera fra cattolica e Monfalcone. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 9-19.

BONDESAN M., CASTIGLIONI G.B. & GASPERI G. (1986) – Geomorphological map of the Po plain: progress report of the working group. Dipartimento di Geografia Università di Padova, Padova.

BONDESAN M., CASTIGLIONI G.B., ELMI C., GABBIANELLI G., MAROCCO R., PIRAZZOLI A. & TOMASIN A. (1995) - Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in Northeastern Italy. Journal of Coastal Research, 11 (4), pp. 1354-1379.

BONDESAN A., CALDERONI G. & MOZZI P. (2002) – L'assetto geomorfologico della pianura veneta centro-orientale: stato delle conoscenze e nuovi dati. In: VAROTTO M. & ZUNICA M. (a cura di) – Scritti in ricordo di Giovanna Brunetta. Univ. degli Studi di Padova, Dip. di Geografia "Giuseppe Morandini", Padova, pp. 19-38.

BONDESAN A., CALDERONI G. & RIZZETTO F. (2003) – Geomorphologic evolution of the lower Piave river coastal plain during the Holocene. In: BIANCOTTI A. & MOTTA M. (a cura di) - Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali. MURST, Atti del Convegno, Bologna 10-11 febbraio 2000, Glauco Brigati, Genova, pp.125-133.

BONDESAN A., MENEGHEL M., MIOLA A. & VALENTINI G. (2003) – Paleoenvironmental reconstruction from LGM to historical time in the lower coastal plain of the Piave River. Preliminary pollen analysis on a 20 m core of lagoon and fluvial sediments. Il Quaternario, 16(bis), pp. 183-192.

BONDESAN A., MENEGHEL M., ROSSELLI R. & VITTURI A. (2004) - Carta geomorfologica della provincia di Venezia, scala 1:50.000 (con edizione digitale alla scala 1:20.000). LAC, Firenze.

BONDESAN A. & MENEGHEL M. (2004) - Geomorfologia della provincia di Venezia. Note illustrative della carta geomorfologica della provincia di Venezia. Esedra Editrice, Padova.

BONDESAN A., MENEGHEL M., ROSSELLI R. & VITTURI A. (2004) - Carta geomorfologica della provincia di Venezia, scala 1:50.000 (con edizione digitale alla scala 1:20.000). LAC, Firenze.

BONDESAN A. & LEVORATO C. (2008) - I Geositi della provincia di Venezia - Provincia di Venezia e SIGEA.

BONDESAN A., PRIMON S., BASSAN V. & VITTURI A. (2008) - Le unità geologiche della provincia di Venezia. Provincia di Venezia e Università di Padova.

BONDESAN A. & VITTURI A. (2003) - Studio geoambientale del territorio provinciale di Venezia, parte centrale - Provincia di Venezia.

BRANBATI A. (1970) – Provenienza, trasporto e accumulo dei sedimenti recenti nelle Lagune di Marano e di Grado e nei litorali fra i fiumi Isonzo e Tagliamento. Mem. Soc. Geol. It., 9, pp. 281-389.

BRANBATI A., (1978) – Stato delle conoscenze dei litorali dell'Alto Adriatico e criterio di intervento per la loro difesa. Mem. Soc. Geol. It., 19, pp. 389-398.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 65 di 73

BRAMBATI A., CARBOGNIN L., QUAIA T., TEATINI P. & TOSI L. (2003) – The Lagoon of Venice: geological setting, evolution and land subsidence. *Episodes*, 26(3), pp. 264-268.

BRAMBATI A., CATANI G. & MAROCCO R. (1977) – Indagini sedimentologiche sulla spiaggia sottomarina dell'Adriatico settentrionale fra i fiumi Brenta e Tagliamento. *Boll. Soc. Geol. It.*, 19, pp. 69-86.

BRANCOLINI G., TOSI L., RIZZETTO F., DONDA F. & BARANDELLO L. (2005) – The unconformity at the Pleistocene – Holocene boundary in the Venice coastal area (Italy). *Geitalia 2005*, Quinto Forum Italiano di Scienze della Terra, Spoleto, 21-23 settembre 2005, *Epitome*, pp. 1-253.

CALEFFA G., GOVI M. & VILLI V. (undated) – Carta dell'evento alluvionale dell'autunno 1882 nel territorio veneto, 1:200.000. Consiglio nazionale delle Ricerche.

CALEFFA G., GOVI M. & VILLI V. (undated) – Carta dell'evento alluvionale dell'autunno 1882 nel territorio veneto, 1:200.000. Consiglio nazionale delle Ricerche.

CALZOLARI C., UNGARO F., RAGAZZI F., VINCI I., CAPPELLIN R., VENUTI L. (2004) - Valutazione della capacità protettiva dei suoli nel bacino scolante in laguna di Venezia attraverso l'uso di modellistica. *Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo*, 53, pp. 415-421.

CANCELLI A. (1985) – Stato delle conoscenze geotecniche del sottosuolo padano. In: *Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana*. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 75-80.

CANESTRELLI P., FACCHINELLI F. & MIGLIOLI M. (1983) – Profili altimetrici in Venezia e isole per la viabilità pedonale in caso di "acqua alta". Comune di Venezia. Assessorato ai trasporti e servizi pubblici.

CARBOGNIN L., GATTO O., MOZZI G., BANBOLATI G. & RICCERI G. (1978) – Lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee e l'abbassamento del suolo di Venezia. *Atti Con. Sui Problemi della subsidenza*, Pisa, novembre.

CARBOGNIN L., GATTO P. & MOZZI G. (1981) – La riduzione altimetrica del territorio veneziano e le sue cause. *Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Rapporti e Studi*, 8, pp. 55-83.

CARBOGNIN L. (1992) – Evoluzione naturale e antropica della Laguna di Venezia. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*. 42, pp. 123-134.

CARBOGNIN L. & TOSI L. (2003). - Studio relativo ai fenomeni di intrusione salina e di subsidenza (ISES) sulla bassa provincia veneziana e padovana. CNR - ISDGM di Venezia, il Magistrato alle Acque – Consorzio Venezia Nuova, Venezia.

CARMINATI E., DOGLIONI C. & SCROCCA D. (2003) - Apennines subduction-related subsidence of Venice. *Geophys. Res. Lett.* 30, 13, 1717, doi:10.1029/2003GL017001.

CAROBENE L. & BRAMBATI A. (1977) – Analisi morfologica delle spiagge dell'Alto Adriatico tra i fiumi Brenta e Tagliamento. *Boll. Soc. Geol. It.*, 96, pp. 1-39.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 66 di 73

CAROBENE L., CATANI G., CANDIAN C. MAROCCO R. & BRAMBATI A. (1978) – Zonizzazione delle spiagge dell'Alto Adriatico mediante analisi di parametri morfologici e sedimentologici. Mem. Soc. Geol.It., 19, pp. 315-320.

CARRARO F. (1985) – Il “Villafranchiano” e il Quaternario Continentale. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 19-24.

CARULLI G.B., CAROBENE L., CAVALIIN A., MARTINIS B. & ONOFRI R. (CON CUCCHI F. E VAIA F.) – Evoluzione strutturale Plio - quaternaria del Friuli Venezia Giulia. Progetto finalizzato Geodinamica C.N.R. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta neotettonica d’Italiano°356.

CARULLI G.B. & PONTON M. (1992) - Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico – friulano. Studi Geologici Camerti, Volume speciale (1992/2) Crop1-1A, pp. 275-284, Camerino.

CARULLI G.B. & SLEJKO DARIO (2005): The 1976 Friuli (NE Italy) earthquake. Giornale di Geologia Applicata 1 147-156, doi: 10.1474/GGA.2005-01.0-15.0015.

CARULLI G.B. (a cura di) (2007) - Carta geologica del Friuli Venezia Giulia (1: 150.000) e note illustrative. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio Geologico.

CASAGRANDE D. (2004) - Antiche carte geografiche della terra veneta tra Venezia e Treviso : la storia del territorio dell'entroterra della laguna tra il fiume Piave e il fiume Livenza e dei suoi legami con le origini di Venezia nella collezione di carte antiche del Museo della bonifica di San Dona di Piave. Istituto italiano di cultura in Atene, Catalogo della mostra tenuta ad Atene nel 2004, (BNM G 000 166).

CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991) – Inventario delle faglie attive fra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale). Il Quaternario, 4(2), pp. 333-410.

CASTIGLIONI G.B. (1969) – Saggio di carta geomorfologica dell'Italia Nord-Orientale. Riv. Geogr. It., 76(3), pp. 249-258.

CASTIGLIONI G.B. (1985) – Schema di uno studio geomorfologico regionale sulla Pianura Padana. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 2-8.

CASTIGLIONI G.B. (1995) – Risultati preliminari del nuovo rilevamento geomorfologico della Pianura Padana. In: “Assetto fisico e problemi ambientali delle pianure italiane”. Atti delle giornate di studio della Società Geografica Italiana, Roma 3-4-Giugno, 1993. Mem. Soc. Geog. It., LIII, pp. 13-72.

CASTIGLIONI G.B., AJASSA R., BARONI C., BIANCOTTI A., BONDESAN A., BONDESAN M., BRANCUCCI G., CASTALDINI D., CASTELLACCIO E., CAVALIIN A., CORTEMIGLIA F., CORTEMIGLIA G.C., CREMASCHI M., DA ROLD O., ELMI C., FAVERO V., FERRI R., GANDINI F., GASPERI G., GIORGI G., MARCHETTI G., MARCHETTI M., MAROCCO R., MENEGHEL M., MOTTA M., NESCI O., OROMBELLI G., PARONUZZI P., PELLEGRINI G.B., PELLEGRINI L., RIGONI A., SOMMARUGA M., SORBINI L., TELLINI C., TURRINI M.C., VAIA F., VERCESI P.L., ZECCHI R. & ZORZIN R. (1997) - Carta Geomorfologica della Pianura Padana. 3 Fogli alla scala 1:250.000. SELCA, Firenze.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 67 di 73

CASTIGLIONI G.B., AJASSA R., BARONI C., BIANCOTTI A., BONDESAN M., BRANCUCCI G., CASTALDINI D., CAVALIIN A., CORTEMIGLIA F., CREMASCHI M., DA ROLD O., ELMI C., FASANI D., FAVERO V., GASPERI G., GIORGI G., MARCHETTI G., MARCHETTI M., MENEGHEL, M., MOTTA M., NESCI O., OROMBELLI G., PARONUZZI P., PELLEGRINI G.B., PELLEGRINI L., TELLINI C., TONIELLO V., TURRINI M.C., ZECCHI R. & ZORZIN R. (1997) - Carta Altimetrica e dei movimenti verticali del suolo della Pianura Padana. 3 Fogli alla scala 1:250.000. SELCA, Firenze.

CASTIGLIONI G.B. (1999) – Geomorphology of the Po plain. *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 3(3), pp. 7-20.

CASTIGLIONI G.B. & FAVERO V. (1987) – Linee di costa antiche ai margini orientali della Laguna di Venezia e ai lati della foce attuale del Piave. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Commissione di Studio dei Provvedimenti per la Conservazione e difesa della Laguna e della Città di Venezia., *Rapporti e Studi*, 10, pp. 17-30.

CASTIGLIONI G.B., MENEGHEL M. & SAURO U. (1989) - Elementi per una ricostruzione dell'evoluzione morfotettonica delle Prealpi Venete. *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, Suppl. I-1988, Comitato Glaciologico Italiano, Torino, pp. 31-43.

CASTIGLIONI G.B. & PELLEGRINI G.B. (2001) - Note illustrative della carta geomorfologica della Pianura Padana. *Suppl. Geg. Fis. Din. Quat.*, IV, pp. 73-104.

CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE A.M., MERCIER J., PICOTTI V., PINI G.A. PROSSER G. & SELLI L., (1992) - Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Apennines. *Annales Tectonicae*, VI, 1, pp. 62 - 94.

CASTELLARIN, A. & CANTELLI, L. (2000) Neo-Alpine evolution of the southern Eastern Alps. *Journal of Geodynamics*, 30, pp. 274-251.

CAVALIIN A., MARTINIS B., CAROBENE L. & CARULLI G.B. (1978) – Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 25 (Udine p.p.) e 40° (Gorizia). Contributo prelim. alla realiz. della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 155 del P.F. Geodinamica.

CAVALIIN A., LAUZI S., MARCHETTI M. & PADOVAN N. (1987) - Carta geomorfologica della pianura friulana ad est del F. Tagliamento e a sud dell'anfiteatro morenico. *Atti della riunione dei ricercatori di geologia*, 9, pp. 1-12, Carta, Milano.

CAVALIIN A., CICIONI G., FLORIS B. & GIULIANO G. (1995) – Valutazione della pressione antropica e del carico potenziale sulle acque sotterranee della Pianura padana: aspetti metodologici e realizzativi. In: “Assetto fisico e problemi ambientali delle pianure italiane”. *Atti delle giornate di studio della Società Geografica Italiana*, Roma 3-4-Giugno, 1993. *Mem. Soc. Geog. It.*, LIII, pp. 73-116.

CAVALIIN A., DE AMICIS M., GIULIANO G. & MARI G.M. (1996) – Cartografie tematiche sugli aspetti della vulnerabilità naturali. In: *Atti della Giornata di Studio: Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli studi conoscitivi all'applicazione normativa*. Quad. Ist. Ric. Acque, 99.

COLAMUSSI A. & TIOZZI NIETTI D. (2007) - Isole della laguna di Venezia. Guida aerofotografia del territorio, Progetto e fotografie di, Endeavour, Forlì 2007.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 68 di 73

COLOMBO P. (1967) – Il sottosuolo ed i problemi geotecnici di Venezia, Mestre e Marghera. Relazione Generale, Atti VIII Conv. Naz di geotecnica, Cagliari, 2, 23-40.

COMEL A. (1946) – Una nuova concezione sull’origine di terrazzi pre-wurniani friulani con particolare riguardo a quelli di Pozzuolo, Orgnano e Variano. “In Alto”, 44, Udine.

COMEL A. (1953) – I terreni della zona inferiore della bassa pianura friulana. Nuovi Studi Staz. Chimico-agraria Sper. Udine, 18, pp. 81-83.

COSMEL A. (1956) – Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000 F° 040 “Pordenone”. Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque – Sezione Geologica. Padova.

COSMEL A. (1958) – Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000 F° 040 “Palmanova”. Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque – Sezione Geologica. Padova.

COSMEL A. (1959) – Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000 F° 040 “S.Donà di Piave” e “Foce del Tagliamento”. Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque – Sezione Geologica. Padova.

CONSIGLIO NAZIONALE VENEZIA NUOVA (1992) – Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia (several volumes and many maps). Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato alle Acque, unpublished.

CUCCHI F. & PIANO C. (2002) – Ipercarsismo superficiale e sepolto nelle evaporiti del Friuli – Venezia – Giulia. In: Le voragini catastrofiche, un nuovo problema per la Toscana. Edizioni Regione Toscana, pp. 35 – 46.

CUCCHI F. & PIANO C. (2003a) – Inquadramento geografico e geologico dei gessi in Italia. In: MADONIA G., FORTI P. (a cura di): Parte prima-Generalità: Le aree carsiche gessose d’Italia. Memorie dell’Istituto Italiano di Speleologia, S.II. 14, pp. 17-26, Bologna.

CUCCHI F. & PIANO C. (2003b) – Friuli –Venezia Giulia. In: MADONIA G., FORTI P. (a cura di): Parte seconda –Il carsismo nei gessi delle regioni italiane: Le aree carsiche gessose d’Italia.. Memorie dell’Istituto Italiano di Speleologia, S.II. 14, pp. 149-150, Bologna.

CUCCHI F. (2003) – La carta della vulnerabilità intrinseca delle falde contenute nelle aree di pianura della provincia di Udine-Relazione tecnica generale. A Cura del Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine Università degli Studi di Trieste. Provincia di Udine, Area Ambiente. Udine.

ARPA FVG (2006) - Rilevamento dello stato dei corpi idrici sotterranei della Regione Friuli Venezia Giulia.

CUFFARO M., DOGLIONI C. & RIGUZZI F. (2009) - Present geodynamics of the northern Adriatic plate. Rendiconti online Soc. Geol. It., 9, pp. 23-26.

DAL PRA' A., GOBBO L., VITTURI A. & ZANGHERI P. (2000) – Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia. Provincia di Venezia, Settore Tutela e Valorizzazione del Territorio, Ufficio Difesa del Suolo, Grafiche Erredici, Padova.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 69 di 73

DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G. (1994) – Lo sfruttamento degli acquiferi artesiani di Venezia e suoi riflessi sulla situazione altimetrica del suolo. C.N.R. I.S.D.M. Venezia.

DAZZI R., GATTO G., MOZZI, ZAMBON G., CONCHETTO E., BORTOLI A., DELL'ANDREA E., MARTINI G. & MENEGUS L. (1999) – Controllo di eventuali danni ambientali determinati dagli emungimenti pratici nelle aree di Cavaliino, Treporti, Punta Sabbioni e isola di Sant' Erasmo (Provincia di Venezia). Regione del Veneto – Segreteria Regionale per l'Ambiente, C.N.R. - G.N.D.C.I., Venezia.

D'AMBROSIO C. & FORTI F. (1967) – Prime osservazioni discriminatorie tra fenomeni carsici e paracarsici nella regione Friuli – Venezia Giulia. Le Grotte d'Italia, (4), 1, pp. 109-129.

DESIO A. (1922) – Le variazioni del fiume Isonzo. Riv. Geogr. It. a. 29, Firenze.

DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE, AMBIENTALI E MARINE – La carta della vulnerabilità intrinseca delle falde contenute nelle aree di pianura della provincia di Udine (2003). UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE.

MASSARI F., MELLERE D. & DOGLIONI C. (1993) - Cyclicity in non-marine foreland-basin sedimentary fill: the Messinian Conglomerate-bearing succession of the Venetian Alps (Italy). In: Alluvial sedimentation. Marzo M. and Puigdefabregas C. (editors), Special Publication of the International Association of Sedimentologists. 17, pp. 501-520.

FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S. & VENTURINI S. (2002) – La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampaese veneto–friulano. Mem. Soc. Geol. It., 57, pp. 301-313.

FANTONI R., FRANCIOSI R. (2009) - Mesozoic extension and Cenozoic compression in Po Plain and Adriatic foreland. Rendiconti online Soc. Geol. It., 9, pp. 28-31.

FAVERO V. & SERANDERI BARBERO R. (1980) – Origine ed evoluzione della laguna di Venezia – bacino meridionale. Lav. Soc. Venez. Sc. Nat., 5, pp. 49-71.

FERRANTI, L., ANTONIOLI, F., MAUZ, B., AMOROSI, A., DAI PRA, G., MASTRONUZZI, G., MONACO, C., ORRU, P., PAPPALARDO, M., RADTKE, U., RENDA, P., ROMANO, P., SANSONE, P. & VERRUBBI, V., (2006) - Markers of the last interglacial sea level highstand along the coast of Italy: tectonic implications. Quaternary International 145–146, 30– 54.

FERUGLIO E. (1929) – Nuove ricerche sul quaternario del Friuli. Giorn. Geol.,4, Bologna.

FERUGLIO E. (1936) – Sedimenti marini nel sottosuolo della bassa pianura friulana. Boll. Soc. Geol. It. 55.

FRANCANI V. (1985) – Rapporto sullo stato delle conoscenze dell'inquinamento delle falde nella Pianura Padana. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 9-19.

FONTANA A. (2006) - Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con dinamiche insediative antiche. Monografie Museo Friulano Storia Naturale, 47, Udine, 288 pp., Allegata Carta geomorfologica della bassa pianura friulana, Scala 1:50.000.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 70 di 73

FONTANA A., MOZZI P., BONDESAN A. (2004) - L'evoluzione geomorfologica della pianura veneto-friulana. In: Bondesan, A., Meneghel, M. (a cura di) - Geomorfologia della provincia di Venezia, Esedra, Padova, 113-136.

FONTANA A., MOZZI P. & BONDESAN A. (2008) - Alluvial megafans in the Veneto-Friuli Plain: evidence of aggrading and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene. Quaternary International, 189, 71-89. doi:10.1016/j.quaint.2007.08.044

FONTANA A., MOZZI P. & BONDESAN A. (2009) - Late Quaternary evolution of the Venetian-Friulian plain. Rendiconti online Soc. Geol. It., Vol. 9, 91-93.

GALADINI F., STUCCHI M. – La sismicità del settore Atesino delle Alpi centrali (Italia settentrionale): alcuni problemi aperti, limiti ed implicazioni dell'approccio multidisciplinare (geologico, storico-sismologico, archeosismologico e archeologico-architettonico), in stampa.

GARBELLINI A. & ZARGHERI P. (2001) - Indagine sulle acque sotterranee del Portogruarese (con "sintesi divulgativa"). Consorzio di Bonifica "Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento in collaborazione con la Provincia di Venezia.

GATTO P. (1973) – Ricostruzione litostratigrafica nel sottosuolo veneziano sulla base delle documentazioni di 120 pozzi artesiani e geotecnici. Consiglio Nazionale delle Ricerche – laboratorio per lo Studio della Dinamica delle Grandi masse, Venezia, Rapporto Tecnico 33.

GATTO P. (1979) – La laguna di Venezia. Conservazione dell'ambiente fisico. Subsidenza, idrodinamica lagunare e difesa dei litorali. Atti del XI Congresso della Società Italiana di Biologia Marina, Orbetello, 23-24 maggio 1979.

GATTO P. (1980) – Il sottosuolo del litorale veneziano. C.N.R., Istituto per lo studio della Dinamica delle Grandi Masse, Venezia, Rapporto Tecnico 108.

GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G. & PAGANELLI L. (1973) – Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del foglia; inquadramento regionale. Mem. Soc. Geol. It., 22, pp.1-37.

GELATI R. & MASSIOTTA P. (1985) – Geologia dei margini alpini es Appenninici. In: Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 28-37.

GIULIANO G. (1996) – La cartografia della vulnerabilità del sistema acquifero Padano e Veneto Friulano. In: Atti della Giornata di Studio: Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli studi conoscitivi all'applicazione normativa. Quad. Ist. Ric. Acque, 99, ISSN 0390 6329.

GRUPPO DI LAVORO CPTI, 2004 – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.

GUZZATTI F., MARCHETTI M. & REICHENBACH P. (1997) – Large alluvial fans in the north-central po Plain (Northern Italy). Geomorphology, 18, pp. 119-136.

ILICETO V. (1992) - Indagine sul rischio idraulico del territorio provinciale di Venezia.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 71 di 73

IRSA (1977) – Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana. Quad. Ist. Ric. Acque, 28, CNR, Roma.

IRSA (1996) – Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli studi conoscitivi all'applicazione normativa. Quad. Ist. Ric. Acque, 99, CNR, Roma.

ISPRA (in stampa) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 F° 107 "Portogruaro".

JOBSTRAIBIZER P. & MALESANI P. (1973) – I sedimenti dei fiumi veneti. Mem. Soc. Geol. It., 12, pp. 411-452.

LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A. & SILENZI S. (2004) - Sea level change along the Italian coast for the past 10,000 yrs. Quaternary Science Reviews, 23, 1567-1598.

LEONARDI P., MORELLI C., NORINELLI A. & TRIBALTO G. (1973) – Sintesi geologica e geofisica riguardante l'area Venezia e zone limitrofe. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, 34, Roma.

MARCON P. (1878) - Carta storica delle lagune e principali vicende ed opere idrauliche dei fiumi, lagune, porti e litorali veneti.

MAROCCO R. (1989) – Lineamenti geomorfologici della costa e dei fondali del Golfo di Trieste e considerazioni sulla loro evoluzione tardo – Quaternaria. Int. J. Speleol. 18, 3-4, pp. 87-110.

MARTINIS B. (1971) – Geologia generale e geomorfologia del Friuli-Venezia Giulia. Enc. Monografica del Friuli – Venezia Giulia. v.l. pp. 85-172, Udine.

MATTEOTTI E. (1962) – Sulle caratteristiche dell'argilla preconsolidata esistente nel sottosuolo di venezia-marghera. Notiz. Ordine Ing. Prov. Padova, Padova.

MENEGHEL M., SAURO U., BACIGA M.L., FILECCIA A., FRIGO G., TONIELLO V. & ZAMPIERI D. (1986) - Sorgenti carsiche e erosione chimica nelle Prealpi Venete. Studi Trentini di Scienze Naturali, Vol. 62, Acta Geologica, pp. 145-172, Trento.

MIETTO P. (a cura di). (1993) - Elenchi catastali delle grotte e delle aree carsiche del Veneto. Speleologia Veneta, suppl. v. 1.

MIOLA A., BONDESAN A., CORAIN L., FAVARETTO S., MOZZI P., PIOVAN S., SOSTIZZO I. (2006) - Wetlands in the Venetian Po Plain (north-eastern Italy) during the Last Glacial Maximum: vegetation, hydrology, sedimentary environments. Review of Paleobotany and Palynology 141, 53-81.

MONACHESI G. & STUCCHI M., 1998. DOM 4.1 an intensity database of damaging earthquake in the Italian area. Indirizzo internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DOM/home.html>.

MOZZI P. (1995) – Evoluzione geomorfologica della pianura veneta centrale. Unpublished PhD thesis, University of Padua, Padova.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 72 di 73

MOZZI P., BINI C., ZILOCCHI L., BECATTINI R. & MARIOTTI LIPPI M. (2003) – Stratigraphy, palaeopedology and palynology of late Pleistocene and Holocene deposits in the landward sector of the Lagoon of Venice (Italy), in relation to the Caranto level. *Il Quaternario*, 16(1bis), pp. 193-210.

PAGANELLI A. (1996) – Evolution of vegetation and climate in the Veneto-Po Plain during the Late-Glacial and the Early – Holocene using pollen – stratigraphic data. *Il Quaternario*, 9 (2), pp. 581-590.

PROVINCIA DI VENEZIA (2003) - Carta Microrilievo.

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA (1984) – Carta dell'uso del suolo della pianura friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento, in scala 1:50.000. Trieste.

REGIONE DEL VENETO (1987) - Carta dell'Uso del suolo, in scala 1:250.000.

REGIONE DEL VENETO (1989) - Carta geologica del Veneto, alla scala 1:250.000. S.E.L.C.A., Firenze.

REGIONE DEL VENETO (1990) -Piano regionale di risanamento delle acque. Cartografie, Mondadori, Vicenza.

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA (1990) – Studio sulla situazione altimetrica della zona compresa tra Latisana, Cervignano, Ronchi, Punta Sdobba, Grado, Porto Buso, Punta Tagliamento con la costruzione di nuovi capisaldi, 114p.

RIZZETTO F., TOSI L., ZECCHIN M. & BRANCOLINI G. (2009) - Up-to-date geological cartography of the Venice Lagoon (Italy). *Rendiconti online Soc. Geol. It.*, Vol. 9, 112 -115.

RUSSO P. (1985) – Stato delle conoscenze sui movimenti verticali recenti del suolo nella Pianura Padana e nuovi orientamenti di ricerca. A cura di: Istituto di Geologia Paleontologia e Geografia Fisica, Univ. Di Torino, Torino, pp. 4-49.

SAURO U. (1993) – Human impact on the karst of the Venetian Fore-Alps, Italy. *Env. Geol.*, 21, pp. 115-121.

SERANDREI BARBERO R., LEZZIERO A., ALBANI A. & ZOPPI U. (2001) – Depositi tardo-pleistocenici ed olocenici nel sottosuolo veneziano: paleoambienti e cronologia. *Il Quaternario*, 14(1), pp. 9-22.

SLEJKO D., CARULLI G.B., CARRARO F., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ R., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987) - Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. CNR, GNDT, *Rend.* 1, 1-82, Trieste.

STEFANINI S. (1978) – La falda freatica nell’alta pianura friulana. *Quaderni IRSA*, 34.

STEFANINI S. & CUCCHI F. (1977) – Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del F.Piave. *Quaderni IRSA*, 28.

STEFANINI S. & CUCCHI F. (1978) – Gli acquiferi nel sottosuolo della pianura veneta fra i Fiumi Piave e Tagliamento. *Quaderni IRSA*, 34.

	LINEA AV/AC PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Portogruaro – Ronchi dei Legionari					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L346	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 73 di 73

STEFANINI S., GERDOL S. & STEFANELLI A. (1979) – Carta delle pericolosità naturali: Alluvioni, mareggiate, frane, valanghe, scala 1:100.000. In: Studio per la definizione dei pericoli naturali nella regione Friuli-Venezia Giulia, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, 31p.

TARAMELLI T. (1882) - Geologia delle province venete. Roma.

TOSI L. (1993) – Caratteristiche geotecniche del sottosuolo del litorale veneziano. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Venezia, Rapporto Tecnico 171.

TOSI L. (1994) – L'evoluzione paleoambientale tardo-quadernaria del litorale veneziano nelle attuali conoscenze. Il Quadernario, 7(2), pp. 589-596.

TOSI L., RIZZETTO F. BONARDI M., DONNICI S., SERANDREI BARBERO R. & TOFFOLETTO F. (2007) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, foglio 128 “Venezia”, alla scala 1:50.000.

UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE – SEZIONE GEOLOGICA (1952) - Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000, F° 052 “S. Donà di Piave”.

UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE – SEZIONE GEOLOGICA (1953) - Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000, F° 051 “Venezia”.

UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE – SEZIONE GEOLOGICA (1955) - Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000 F° 039 “Pordenone”.

UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE – SEZIONE GEOLOGICA (1958) - Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100.000 F° 040 “Palmanova”.

UFFICIO IDROGRAFICO DELLA REGIA MARINA (1977) - Carta costiera dal fiume Piave al fiume Adige e Laguna di Venezia: rilievi 1868, Genova.

VENZO G.A. & STEFANINI S. (1967) – Distribuzione dei carbonati nei sedimenti di spiaggia e marini dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. St. Trent. Sc. Nat., sez. A, 44(2), pp. 178-201.

VITTURI A., GIANDON P., BASSAN V. & RAGAZZI F. (2008) - I suoli della provincia di Venezia - Provincia di Venezia e ARPAV.

ZANETTIN B. (1955) – Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie: “Venezia” ed “Adria”. Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque – Sezione Geologica. Padova.

ZANGHERI P., BASSAN V., VITTURI A. & DA VILLA E. (2008) - Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera. Provincia di Venezia - Regione del Veneto, fase 2.

ZEZZA F. (2009) - The sedimentary structure of Upper Pleistocene-Holocene deposits in Venice and its effect on the stability of the historic centre. Ren