

Regione Friuli Venezia Giulia  
Provincia di Udine

COMUNI DI UDINE, PAVIA DI UDINE E DI POZZUOLO DEL FRIULI  
CONSORZIO PER LO SVILUPPO INDUSTRIALE DEL FRIULI CENTRALE

# STUDIO GEOLOGICO TECNICO RELATIVO ALLA VARIANTE n°4 AL PIANO TERRITORIALE INFRAREGIONALE DELLA ZIU (ZONA INDUSTRIALE UDINE)

Relazione



**Gli elaborati grafici citati nello studio sono disponibili presso gli uffici del Consorzio  
ovvero possono essere ottenuti in formato digitale (PDF) previa richiesta all'Ente**

*Dr. Maurizio M. Pivetta*  
- Geologo -  
33030 Varmo (Ud) via Roma, 21  
Tel. e Fax 0432-778139; cell. 335-8116064  
e-mail:pivettamaurizo@gmail.com

## 1. PREMESSA

Per incarico del Consorzio per lo Sviluppo Industriale del Friuli Centrale, lo scrivente ha il compito di redigere una relazione geologico tecnica in previsione della Variante n. 4 al Piano Territoriale Infraregionale approvato con D.P.G.R. n. 0205/Pres. del 08.07.2002, per il quale il sottoscritto ha redatto lo "Studio geologico-tecnico dell'area industriale Udine Sud" nell'anno 1999 (parere favorevole del Servizio Geologico Regionale prot. AMB/2632-UD/PG/V del 30.01.2001) (Fig. 1.1).

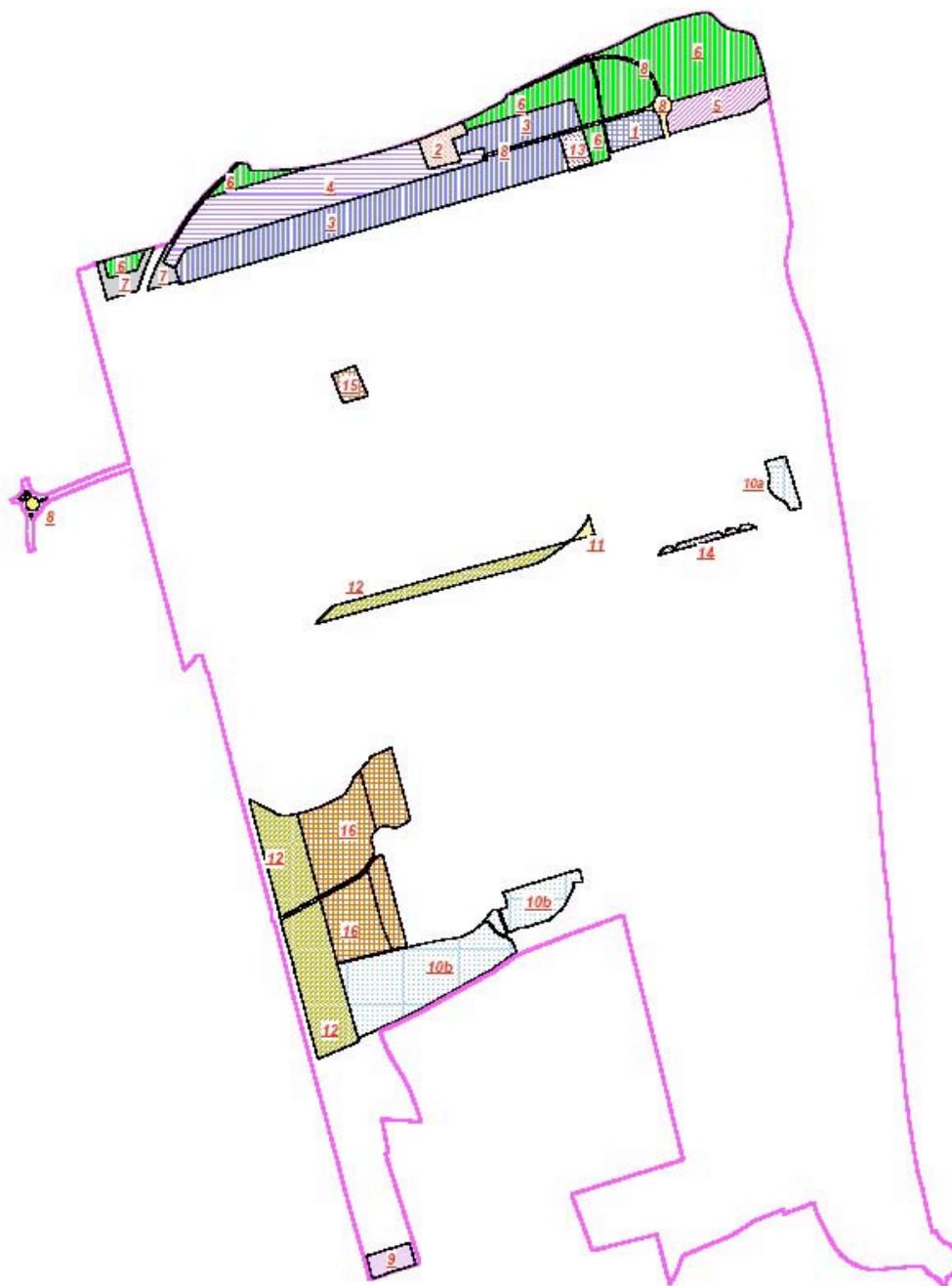


Fig. 1.1 Rappresentazione schematica dei punti di variante.

Il presente studio, condotto congiuntamente al geologo dott. Roberto Avigliano, che cura la parte idrologica, accerta la compatibilità delle previsioni urbanistiche di nuova destinazione d'uso con l'assetto geolitologico morfologico ed idrologico dell'ambito d'interesse, riportando gli approfondimenti d'indagine puntuali, per effetto della variante 4, e le necessarie integrazioni di carattere conoscitivo sull'intero territorio, in base alle nuove disposizioni del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) del Fiume Isonzo e alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

Le indagini prospezionali coprono in gran parte il territorio di espansione dell'area a nord e, sul settore centro meridionale, completano le informazioni litostratigrafiche in funzione dello studio idrogeologico e della caratterizzazione sismica dell'intero territorio Z.I.U.. L'elaborazione e la sintesi dei dati producono, alla fine, la stesura di una adeguata relazione esplicativa, corredata delle seguenti carte tematiche:

- *Carta corografica con ubicazione dei punti di variante (Tav. 1)*
- *Carta storica Kriegskarte (Tav. 2)*
- *Carta del modello digitale del terreno DTM (Tav. 3)*
- *Carta del reticolo drenante ricavato dal DTM (Tav. 4)*
- *Carta della rete idrografica con elementi di morfologia (Tav. 5)*
- *Carta dei suoli prodotta dall'ERSA (Tav. 6)*
- *Carta dell'attenuazione dei nitrati prodotta dall'ERSA (Tav. 7)*
- *Carta del valore agronomico dei terreni prodotta dalla Regione Friuli Venezia Giulia (Tav. 8)*
- *Carta della pericolosità idraulica definita dal P.A.I. dell'Isonzo (Tav. 9)*
- *Carta litologica di superficie (Tav. 10)*
- *Carta litologica del sottosuolo (Tav. 11)*
- *Carta delle isofreatiche in periodo di massima piena (Tav. 12.1)*
- *Carta delle isofreatiche in periodo di magra (Tav. 12.2)*
- *Carta della profondità media della falda (Tav. 12.3)*
- *Carta dell'ubicazione delle indagini (Tav. 13)*
- *Carta della velocità delle onde P nel primo strato (Tav. 14)*
- *Carta della velocità delle onde P nel secondo strato (Tav. 15)*
- *Carta della velocità delle onde P nel terzo strato (Tav. 16)*
- *Carta della velocità delle onde S nei primi 30 m (Tav. 17)*
- *Carta delle frequenze di vibrazione dei suoli (Tav. 18)*
- *Carta del rapporto H/V (Tav. 19)*
- *Carta dei valori isoressistivi a -1,5 m (Tav. 20)*
- *Carta dei valori isoressistivi a -2,5 m (Tav. 21)*
- *Carta della zonizzazione litologico-tecnica dei terreni (Tav. 22)*

Tutte le indagini vengono raccolte nell'Allegato 1 "indagini in sito" e comprendono:

- *prove penetrometriche*
- *sismiche a rifrazione*
- *sismiche MASW*
- *microtremori*
- *tomografie elettriche*

## 2. PREVISIONI DI VARIANTE

L'odierna variante prevede un'area di espansione, a nord del territorio occupato dalla Z.I.U., ed alcune modifiche all'interno dell'area attualmente in uso (TAV. 1). Le nuove destinazioni all'interno dell'area di espansione riguardano il passaggio da zone agricole a zone artigianali, industriali, logistiche e di servizio, mentre il resto concerne il completamento di alcune aree di insediamenti industriali ed artigianali, con relativi servizi complementari ed una estesa sistemazione delle aree verdi, con realizzazione di invasi di laminazione ed inserimento di elementi paesaggistici e morfologici.

N	Area	DA	A		LIT SUP	LIT SOT	PAI	ZONIZZAZIONE
1	12923	Zona agricola	Zona artigianale		GSM	GSm		
2	10085	Zona agricola	Zona impianto distrib. carburanti		GSM	GSm		
3	130852	Zona agricola	Zona per logistica		GSM	GSm		
4	85860	Zona agricola	Zona scalo ferroviario		GSM	GSm		
5	23977	Zona agricola	Zona ricerca e innovazione		GSM	GSm		
6	135106	Zona agricola	Zona verde di mitigazione		GSM	GSm		
7	15287	Zona agricola	Zona ferrovia consortile		GSM	GSm		
8	11605	Zona agricola e viabilità esistente	Viabilità di servizio strutturale		GSM	GSm		
9	8074	Zona agricola	Zona impianti tecnologici			GSm		
10a/b	108035	Zona verde pubbl attrezz e connettivo	Aree invasi e accumulo d'acqua		 GSM a	GSm	P1	a b
11	1702	Paesaggistici, morfologici di previsione	Zona servizi complementari( ABS)		GSM	GSm		
12	106876	Zona servizi complementari	Paesaggistici, morfologici di previsione		GSM 	GSm		
13	6750	Zona agricola	Parcheggi relazione e parcheggi attrezzati		GSM	GSm		
14	7662	Zona verde attrezzato	Parcheggi relazione e parcheggi attrezzati		GSM	GSm		
15	6267	Zona servizi complementari	Zona insediamenti industriali		GSM 	GSm		
16	107834	Zona logistica, scalo ferrov consortile etc	Zona insediamenti Artigianali e industriali			GSm		

Tabella 1.

Nella tabella 1 è riportata la sintesi dei punti di variante, con le nuove destinazioni d'uso, accompagnate agli elementi geologico-tecnici di maggior rilievo corrispondenti alle singole aree.

Il 75% dei punti ricade su suoli essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, con percentuale variabile, talora sostanziale, di limo, ma tutti passanti, a breve profondità, a terreni più marcatamente ghiaioso sabbiosi, in progressiva perdita della parte fine.

In questa analisi non viene riportata la profondità della falda, che risulta irrilevante ai fini edificatori, poiché si attesta nell'intorno dei 20 m dal piano campagna, in fase di massima piena.

Un solo punto, in cui peraltro è prevista la realizzazione di un bacino di laminazione, è inserito in area a moderata pericolosità idrogeologica da parte del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Isonzo.

Dodici aree su sedici ricadono nelle zona litologico tecnica Z2-3, due su Z3 e due in parte su Z2-3 e in parte su Z3.

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1. GEOLOGIA, LINEAMENTI STRUTTURALI E CENNI SULLA GENESI DELLA PIANA

L'area in esame è situata a margine del fronte pliocenico-quadernario della Catena Sudalpina orientale, parte settentrionale della microplacca Adriatica, e del relativo avampaese che comprende la quasi totalità della pianura veneta orientale e friulana e l'offshore adriatico (M. E. Poli, A. Zanferrari) (Fig. 3.1.1).

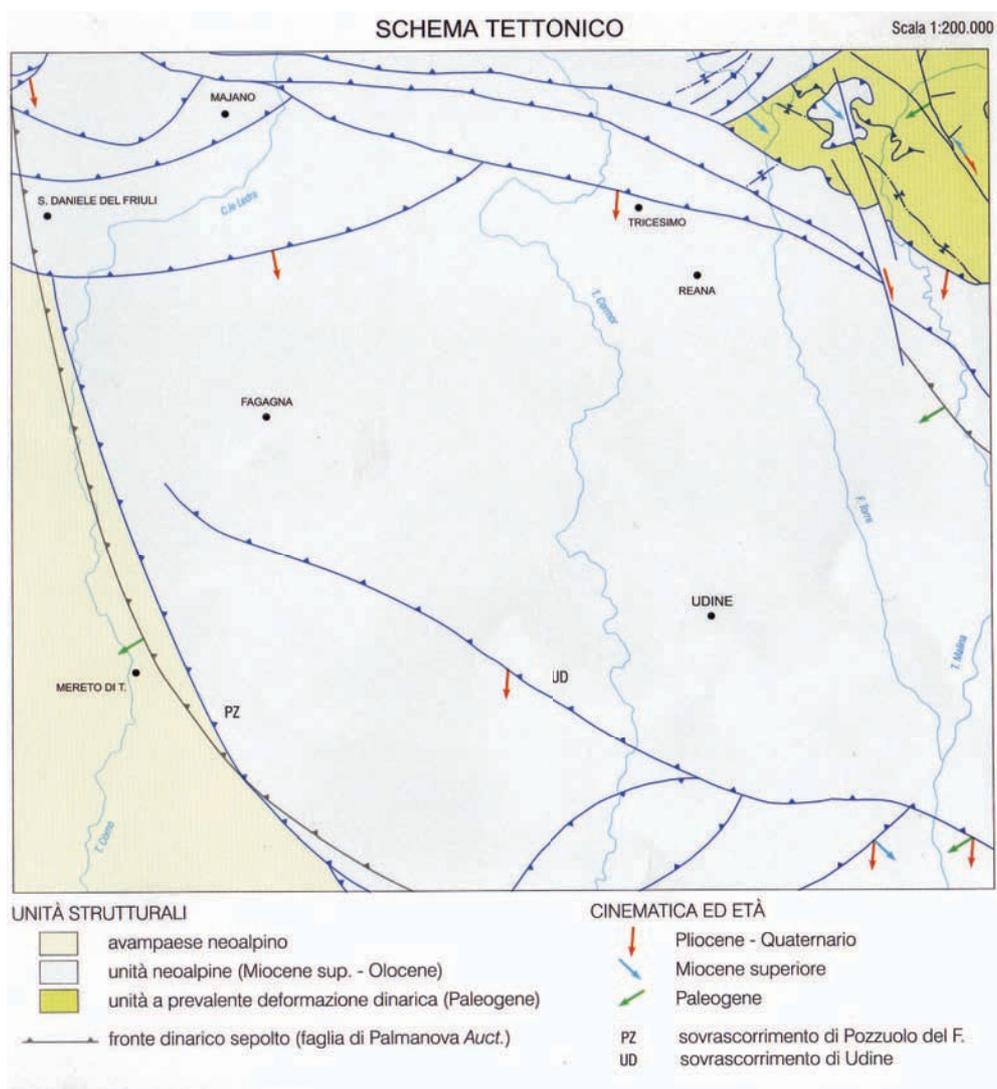


Fig.3.1.1. Schema tettonico ricavato dalla Carta Geologica d'Italia- Udine, Foglio 066, Regione FVG, Servizio geologico.

I lineamenti strutturali che caratterizzano questa porzione di territorio sono formati da sovrascorrimenti pellicolari di copertura che si sono sovrapposti verso sud all'avampaese, attivando nuovi sistemi di sovrascorrimenti ciechi in successione, nella fase dal Pliocene all'Attuale. Nella formazione di queste linee è evidente l'influenza della tettonogenesi dinarica, che, nel caso del sovrascorrimento di Udine, riattiva la rampa immergente a NE, nell'interfaccia piattaforme carbonatiche-torbiditi, impostatasi nell'Eocene (Fig. 3.1.2.).

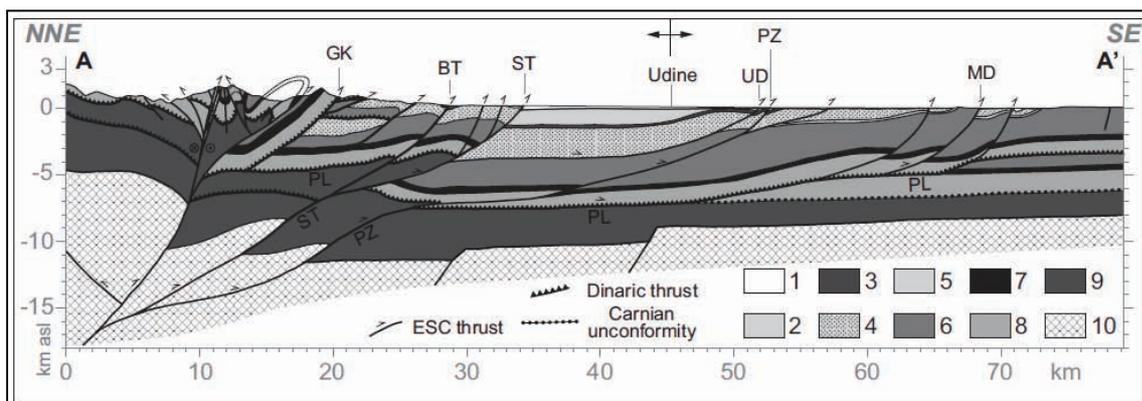


Figure 2 Burrato et al.

**Figure 2.** Regional N-S geological cross-section across the ESC thrust belt, showing the relationships between the active S-verging thrusts of the Southern Alps and the inactive W-verging Dinaric thrusts. Legend: 1, Plio-Quaternary; 2, Middle-Upper Miocene; 3, Lower-Middle Miocene; 4, Palaeocene-Eocene (turbidites); 5, Palaeocene-Eocene (limestones); 6, Cretaceous; 7, Jurassic; 8, Upper Triassic; 9, Permian-Upper Triassic; 10, magnetic basement. Name of faults same as in Figure 1.

Fig. 3.1.2. La figura è tratta da "Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence", PF. Burrato, M.E. Poli, P.Vannoli, A. Zanferrari, R. Basili, F. Galadini (2006-2007).

Secondo lo studio "Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence", PF. Burrato, M.E. Poli, P.Vannoli, A. Zanferrari, R. Basili, F. Galadini (2006-2007), l'area in esame, compresa nella zona ITSA065, è considerata non sismogenetica. La recente versione del database delle sorgenti sismogenetiche (DISS 3.0) segnala che la zona è oggetto di una sismicità storica e strumentale sparsa e intermedia ( $4.5 < Mw < 5.0$ ) (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) con l'eccezione del terremoto del 23 Aprile 1279 (Mw 5.4).



Fig. 3.1.3. Zona sismogenetica ITSA065 in arancio, nel riquadro giallo la zona attiva.

La parte superficiale della piana occupa il vasto conoide costruito dalle acque di fusione del ghiacciaio tilaventino, lungo la corrente del Torre, secondo un asse di percorrenza nord ovest sud est (Fig.3.1.3).

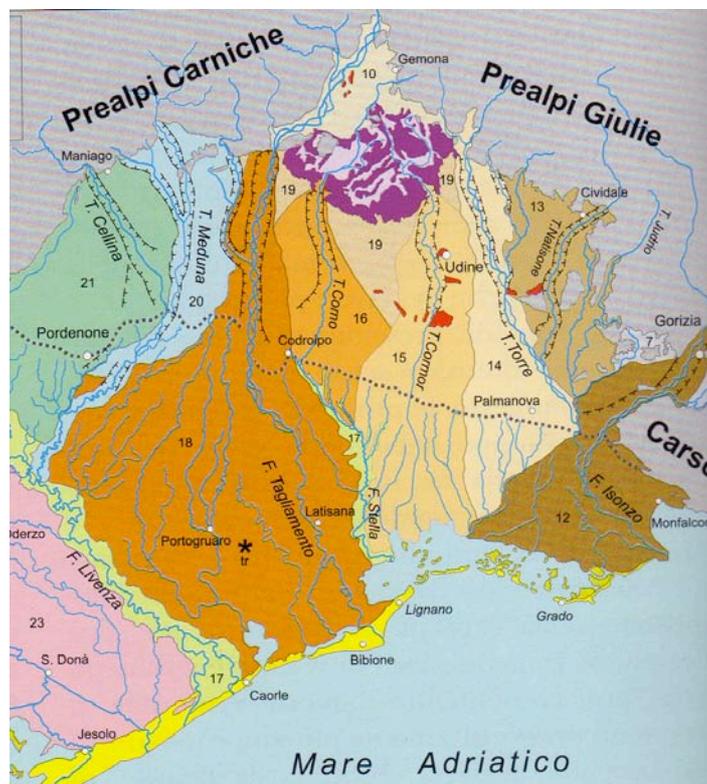


Fig.3.1.3. Schema dei sistemi deposizionali dell'alta pianura nel Pleniglaciale (da "Geomorfologia della provincia di Venezia" – A. Bondesan e M. Meneghel).

Il manto alluvionale Wurmiano comprende un complesso di depositi sciolti variabili da grossolani, ghiaiosi, a più fini, limo sabbiosi ed argillosi, secondo un generale affinamento progressivo del materiale da nord a sud, ma disposti in successioni ed alternanze diverse per i differenti apporti nelle varie fasi delle correnti.

Entro questo complesso si distinguono poi diversi livelli di materiale cementato, generalmente definito conglomerato, che rappresenta l'imbasamento delle conoidi costruite nel tardiglaciale.

L'originario deposito fluvioglaciale è stato poi rimodellato, in fase postglaciale, da ampie superfici rimaneggiate a seguito di successive correnti che hanno variamente inciso il piano, producendo due principali ed estesi terrazzamenti, alternati ad ampie falde di rideposizione del materiale.

L'incisione del piano appare però poco marcata, almeno rispetto all'enorme quantità di alluvioni convogliate a valle dall'ampio bacino morenico. Il fatto si deve alla granulometria essenzialmente fine del materiale di deposizione, trascinato nelle fasi di torbida.

Sono appunto frutto di queste correnti le estese plaghe superficiali di sedimenti limoso-sabbiosi che ammantano buona parte del territorio oggetto del presente studio.

### 3.2. ELEMENTI DI MORFOLOGIA DEL TERRITORIO

L'assetto territoriale si deve ad una serie di azioni consequenziali intervenute in condizioni e tempi molto diversi, legati ad eventi antichi naturali, seguiti da ingerenze a carattere prevalentemente antropico, come rivela la carta storica del Von Zach (*Kriegskarte*) (Tav. 2).

La superficie di spaglio forgiata dal Torre ha impresso al territorio una configurazione decisamente pianeggiante su cui si distribuiscono i vasti depositi ghiaiosi che si avvicendano sui cammini di percorrenza delle correnti pleniglaciali. In tempi successivi sui canali residuali si sono imposte in progressione le azioni terrazzanti che si intravedono ancora nei lembi di superfici debolmente incise affioranti un po' dovunque, ma più evidenti nella carrareccia infossata che attraversa il territorio poco a valle della roggia di Palmanova (TAV. 5).

Accanto agli elementi morfologici naturali emergono poi i segni più incisivi delle scarpate artificiali di recente costruzione, soprattutto a ridosso della circonvallazione viaria, al confine nord della odierna espansione industriale. Qui si inserisce una dentellatura in corrispondenza dell'impianto di distribuzione carburanti previsto nell'odierna variante (Punto 2, Fig.3.2.1). Altri elementi di discontinuità, nella maggior parte dei casi non più percettibili, sono le sedi di ex cave, attualmente riempite con materiale estremamente eterogeneo per natura e dimensioni, nel ripristino del profilo topografico. La loro presenza può essere rilevata solo in sede edificatoria, mediante puntuali indagini geognostiche, che rivelino in qualche modo la scollatura dall'uniformità stratigrafica primitiva. Nel corso delle odierne indagini una ERT, in particolare, ha messo in luce un'anomalia litologica, in corrispondenza di un'area destinata a verde, nella zona di espansione a nord, quasi sicuramente ascrivibile a materiale di riempimento molto fine.

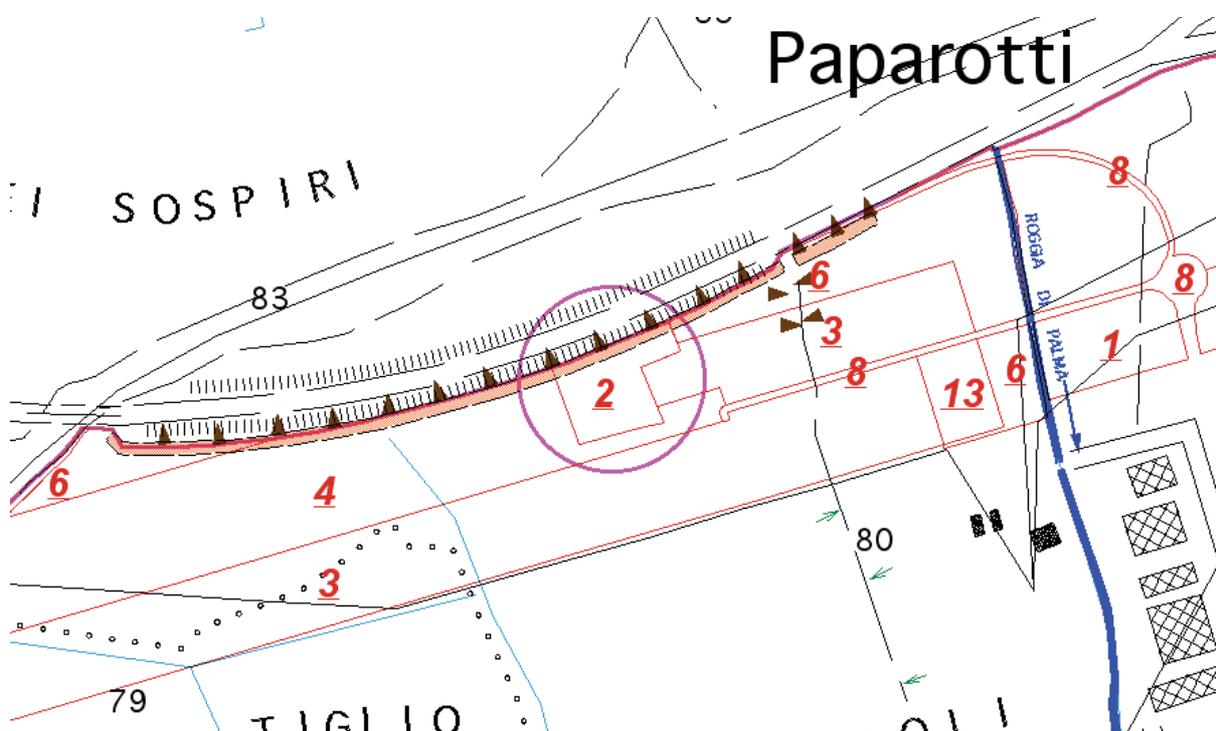


Fig.3.2.1. Dentellatura sul bordo del rilevato artificiale, in corrispondenza del punto 2 di variante. Fascia di rispetto di 10m dal ciglio superiore della scarpata (in arancio).

### 3.3. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE ED ESONDABILITA'

Il territorio è solcato dalla Roggia di Palmanova (Fig. 3.3.1 e TAV. 5), le cui acque prelevate dal Torre seguono, in un alveo di ampiezza variabile da 2,5÷3,5 m a 4,5÷5,5, il margine nord-orientale per un breve tratto, con senso di percorrenza nord-sud. Il corso quindi si piega a gomito, in località C.Casselli, prosegue verso ovest, attraversa la ferrovia e imbocca la direzione dell'abitato di Lumignacco. Accanto a questa che rappresenta l'asta più rilevante della rete idrografica, sul territorio si intersecano molteplici canali artificiali di scolo e ad uso irriguo, mentre è del tutto assente una rete idrica naturale.

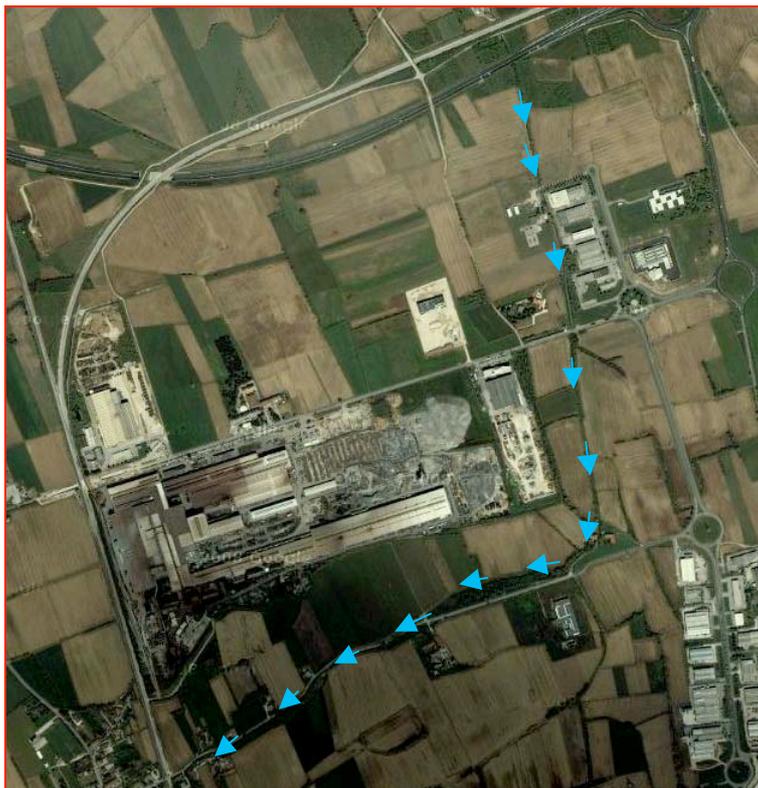


Fig.3.3.1. Percorso della Roggia di Palmanova segnato con le frecce.

La rete idrografica legata al sistema Torre-rogge produce un ambito di pericolosità idraulica lungo il margine orientale dell'area, cui si aggiunge un piccolo nucleo sul settore centro meridionale, dove si verifica accumulo d'acqua per carenza della rete di scolo minore.

Entrambe le zone, riportate in figura 3.3.3 e in TAV. 9, sono indicate, dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Isonzo, a pericolosità idrogeologica moderata P1 e sono soggette ai vincoli riportati nel paragrafo 5 della presente relazione.

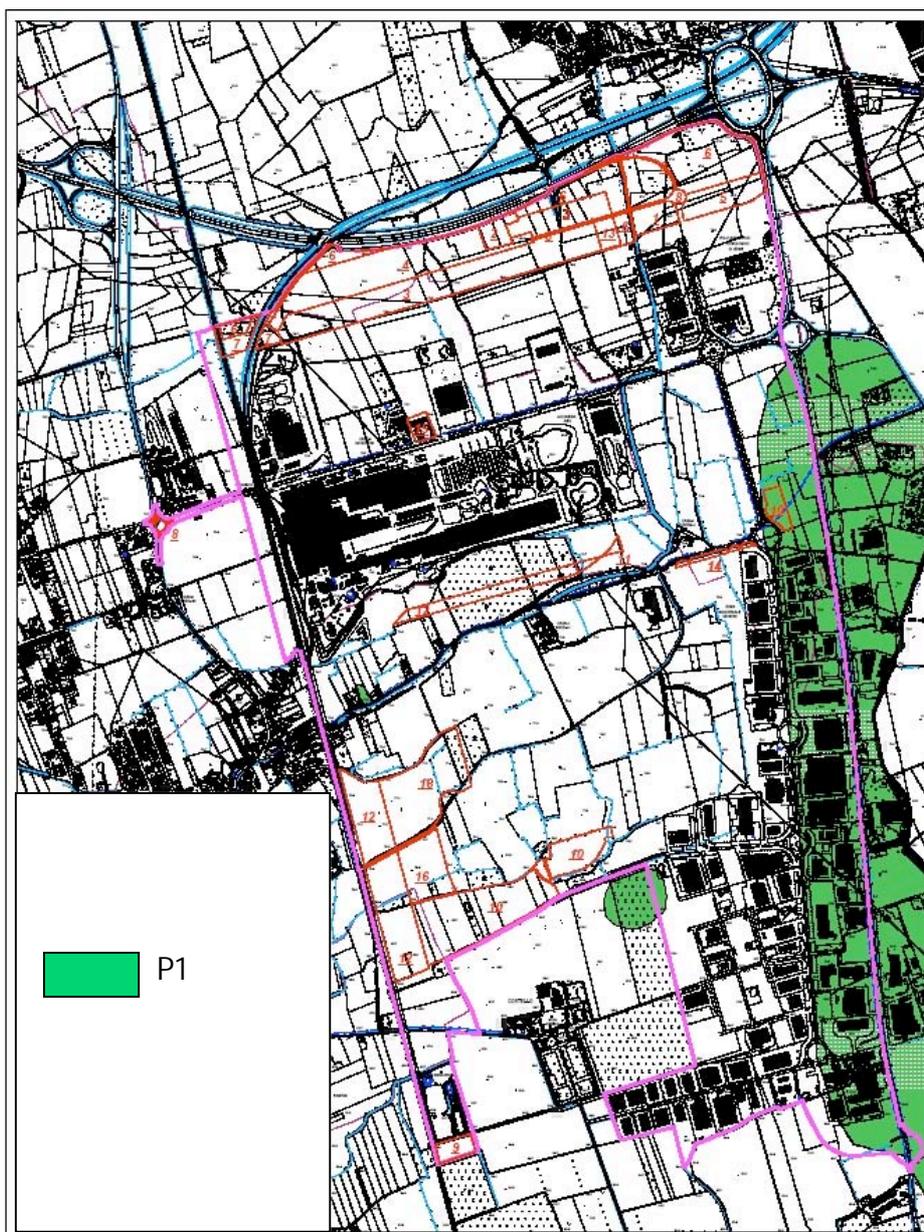


Fig. 3.3.3. Zone di pericolosità idrogeologica ricavate dal P.A.I. , Piano di Assetto Idrogeologico, dell'Isonzo.

L'incremento dell'edificato produttivo, in area ZIU, comporterà una significativa impermeabilizzazione dei suoli, concorrendo all'aumento della velocità di corrivazione, con conseguenti difficoltà connesse al funzionamento della rete scolante minore. In questo senso offre un supporto orientativo la carta del reticolo drenante (TAV. 4) ricavato dal DTM (TAV. 3), come fonte utile per individuare aree critiche, oggetto di approfondimenti e valutazioni puntuali di pericolosità e rischio idraulico nell'ambito della pianificazione territoriale. Su queste basi, e nel rispetto dell'articolo 16 del P.A.I dell'Isonzo, il dott. Roberto Avigliano ha condotto uno studio idrologico, allegato al presente, che prevede misure compensative ritenute idonee a garantire l'invarianza idraulica con adeguati bacini d'invaso, cui verranno convogliate le acque attraverso una opportuna canalizzazione di sgrondo (Fig.3.3.2). Resta inteso che in ogni caso è buona norma ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi,

viali di accesso ai fabbricati e spiazzi in genere, mediante grigliati o comunque superfici ad alta assorbenza.



Fig. 3.3.2. Schema della nuova rete scolante.

### 3.4.1 SUOLI

A titolo indicativo, nel presente studio viene inserita una sintesi delle caratteristiche dei suoli affioranti sul territorio comunale, secondo la rappresentazione offerta dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo Rurale (ERSA), avendo come base cartografica la Carta Regionale Numerica alla scala 1:50.000 della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (TAV.6 e Fig.3.4.1).

La carta suddivide la Provincia di Udine in 8 ambiti pedogeografici (da A ad H), all'interno dei quali vengono definite le unità omogenee per caratteri fisiografici, litologici e di uso del territorio. L'area della Z.I.U. rientra nelle unità cartografiche B2, B6 ed E7.

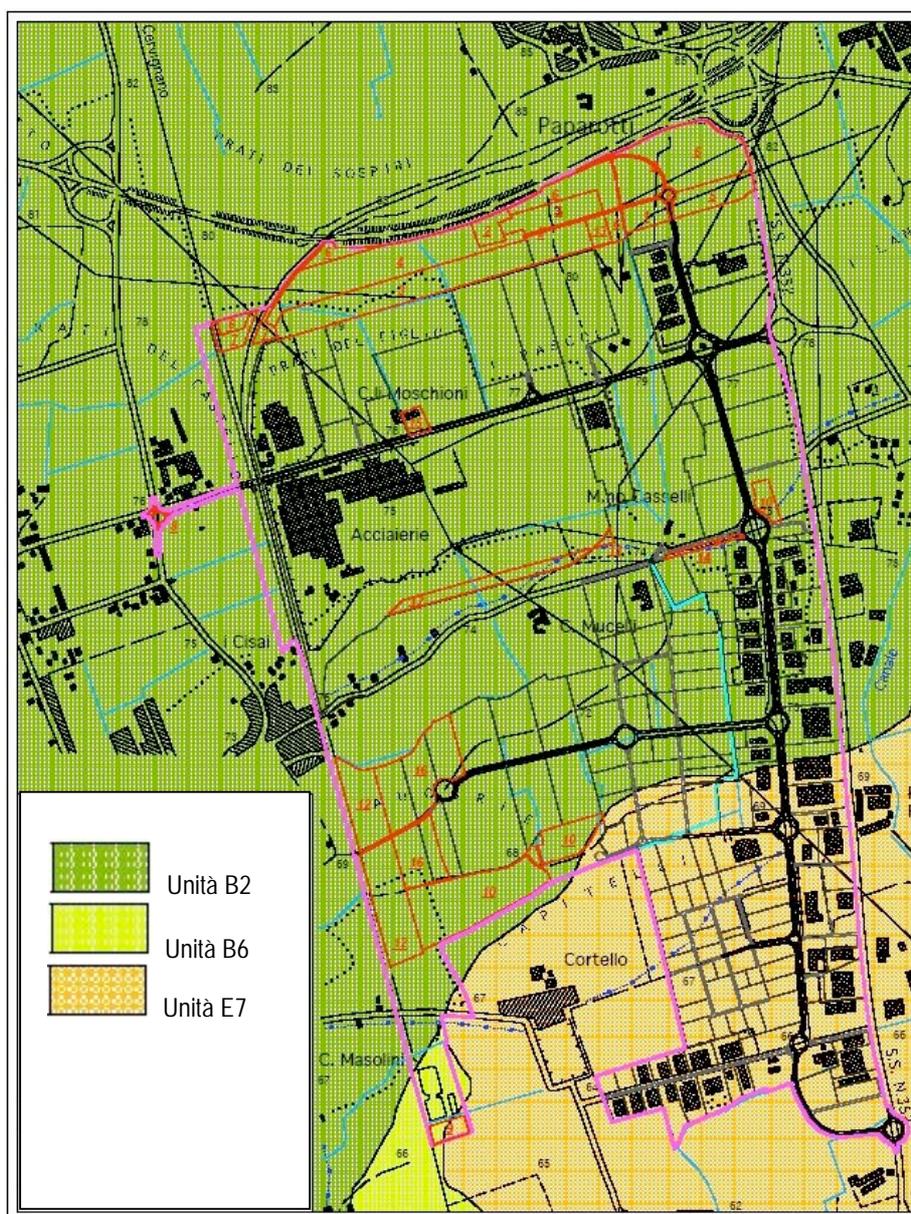


Fig.3.4.1. Schema rappresentativo della carta dei suoli prodotta dall'ERSA.

B2 appartiene al complesso di suoli FLA2 e FLA1- Suoli Flaibano franchi ghiaiosi, da moderatamente profondi a molto ghiaiosi, sottili, B6 è un'associazione di suoli PAV3-FLA2, suoli Pavia franco limosi, ben drenati e suoli Flaibano franchi ghiaiosi, moderatamente profondi. Infine, E7 appartiene ai suoli PAV1-PAV2-Suoli Pavia franco argillosi, moderatamente ben drenati e suoli Pavia franco argillosi, ben drenati. In quest'ultimo caso la frazione argillosa, di per sé non dominante nel complesso del deposito, per la sua funzione di assorbimento di ioni basici, in particolare calcio e magnesio, migliora le caratteristiche fisiche del terreno, rendendo l'argilla più porosa in modo da attenuare l'eccesso di impermeabilità e quindi i possibili ristagni idrici.

Sempre a livello indicativo viene presentata anche la carta della valutazione agronomica (TAV. 8) della Direzione Regionale della Pianificazione e del Bilancio della Regione Friuli Venezia Giulia-Centro Regionale per la Sperimentazione Agraria (1982).

Ancora l'ERSA propone anche la carta della capacità di attenuazione dei nitrati (TAV.7) e quindi la possibilità di rallentare eventuali inquinanti, che risulta moderata in un vasto settore centro settentrionale, mentre è elevata nella porzione meridionale in corrispondenza dei suoli più fini.



*Fig. Unità B2- Suoli FLA2 franco ghiaiosi moderatamente profondi (GPS per la determinazione del punto).*

### 3.5. LITOLOGIA DI SUPERFICIE

I terreni che formano la piana alluvionale variano gradualmente da nord a sud, secondo il periodo di deposizione e il grado di irruenza delle correnti che hanno abbandonato sul piano materiali via via decrescenti in ordine alle dimensioni granulometriche, ma con accentramenti locali di fine, a formare estese lenti superficiali di limo proveniente dall'anfiteatro morenico settentrionale (Fig. 3.5.1e TAV.10).

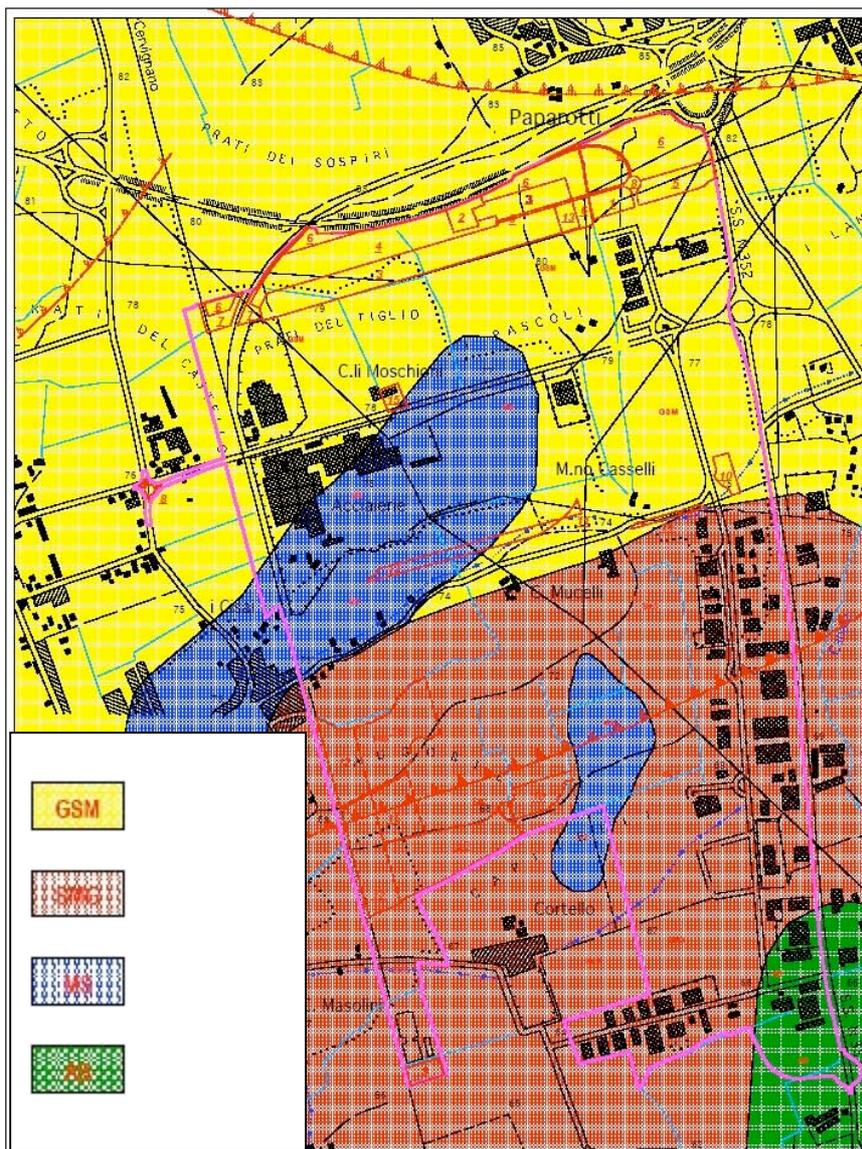


Fig. 3.5.1. Litologia i superficie.

Ne consegue una estrema variabilità nello spessore di alterazione dei terreni superficiali, la cui potenza va dai 30 - 40 cm, nei cosiddetti "magredi", a oltre un metro nei terreni più profondi.

I limiti fra l'una e l'altra facies sono difficilmente distinguibili, anche perché si tratta di depositi litologicamente abbastanza simili.

Generalizzando, sul territorio si può riconoscere una fascia settentrionale in cui il terreno ha uno spessore di alterazione superficiale variabile da 1 a 1,5 - 2 m e oltre ed è composto da materiale essenzialmente ghiaioso- sabbioso limoso (GSM), con presenza costante di ciottoli da centimetrici a

decimetrici (Foto 3.5.2). Il materiale ghiaioso, è prevalentemente di natura calcarea, in parte dolomitica, con strato terroso di alterazione superficiale gradatamente più marcato verso il settore meridionale, dove sfuma nei sedimenti sabbiosi. In quest'ambito ricadono i punti di variante 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10a, 13, 14 e parte dei punti 11, 12 e 15. Sul margine orientale, nel complesso s'incunea un accentrimento di materiale più fine, con percentuali variabili di limo e sabbia commisti a ghiaino (MS), entro il quale ricade parte del punto 15. (Foto 3.5.3). Lo stesso riaffiora anche in una piccola plaga, nei depositi sabbiosi più a sud .



Foto 3.5.2. Sedimenti ghiaioso sabbiosi con limo (GSM.)



Foto 3.5.3. Sedimenti sabbioso limosi (MS).

Nel settore meridionale domina una componente granulometrica più fine, sabbioso-argillosa, sempre però commista a ghiaia (SMG), variamente disseminata in superficie (Foto 3.5.4). Quest'ultima diventa

comunque nettamente dominante man mano ci si approfondisce nel sottosuolo. In quest'ambito ricadono i punti 9, 10b, 16 e parte del 12.



Foto 3.5.4. Depositi sabbioso argillosi con ghiaia (SMG).

Sull'estremo bordo sud orientale la componente sabbiosa si associa a materiale argilloso in percentuale progressivamente crescente (AS) (Foto 3.5.5).



Foto 3.5.5. Depositi sabbioso argillosi (AS).

### 3.6. IDROLOGIA SOTTERRANEA

La falda freatica che scorre entro le alluvioni della piana udinese deriva essenzialmente dalle infiltrazioni del Torre ed è alimentata in subordine anche dagli apporti idrici di origine meteorica e, seppure in forma trascurabile, anche dalle rogge presenti in zona. La roggia di Palmanova, ad esempio, su una portata media di circa 1000 l/sec subisce una perdita di subalveo media di 10 l/sec per chilometro di percorso (dato ricavato da uno studio in zona del dott. Giambattista Feruglio).

L'elevata permeabilità del substrato nell'alta pianura permette lo scorrimento di un unico specchio freatico, il cui percorso di percolazione si sviluppa generalmente in direzione NNW-SSE, con pendenze variabili dal 3 al 5%. Le variazioni di pendenza dipendono in gran parte dalla diversa permeabilità degli strati, che determinano delle flessioni nelle isofreatiche (Fig. 3.6.1).

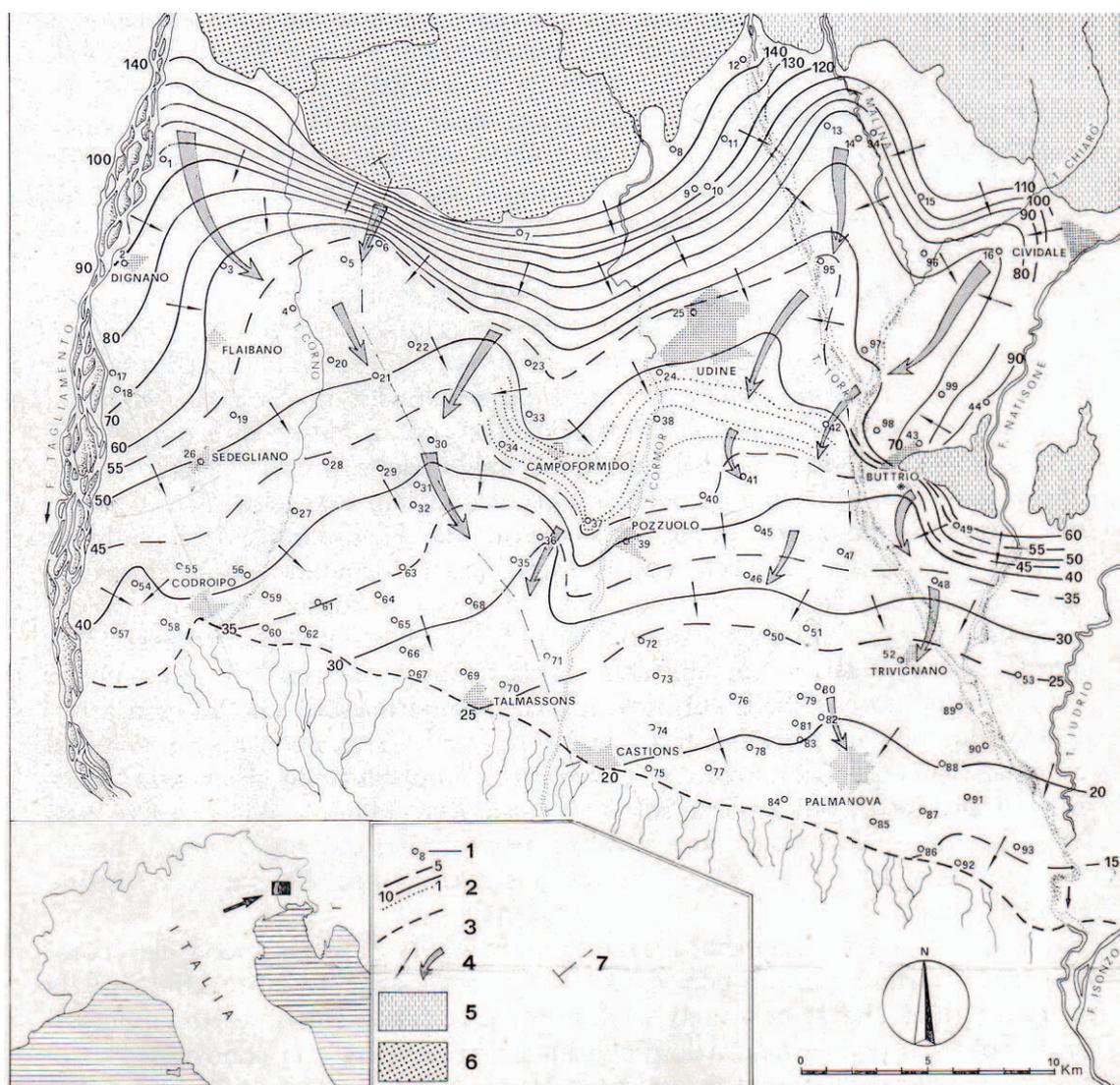


Fig 3.6.1. Andamento isofreatiche durante un periodo di piena. Le frecce indicano i deflussi principali e secondari. Le isofreatiche misurano la profondità della falda rispetto al livello del mare. (da S. Stefanini)

In prossimità dell'abitato di Pozzuolo, una concentrazione di queste ultime, segnata da una serie di curve molto ravvicinate, delinea una dorsale. Secondo alcuni autori questa irregolarità sarebbe connessa con la presenza di un substrato conglomeratico riposante sopra un livello arenaceo terziario poco permeabile. Il fenomeno origina, qualche chilometro più a valle, uno stramazzo per la falda, che aumenta la sua pendenza dal 5%° al 12%°.

Nel territorio d'indagine la massima profondità della falda, ottenuta dalla rielaborazione dei dati sui pozzi censiti dalla Regione FVG, in fase di magra, si attesta fra 34 e 44 mslmm, in fase di massima piena è compresa fra 46 e 60 m slmm e la profondità media oscilla fra i 38 e i 50 m slmm (Figg. 3.6.2 e 3.6.3. e TAVV.12.1,12.2 e 12.3.).

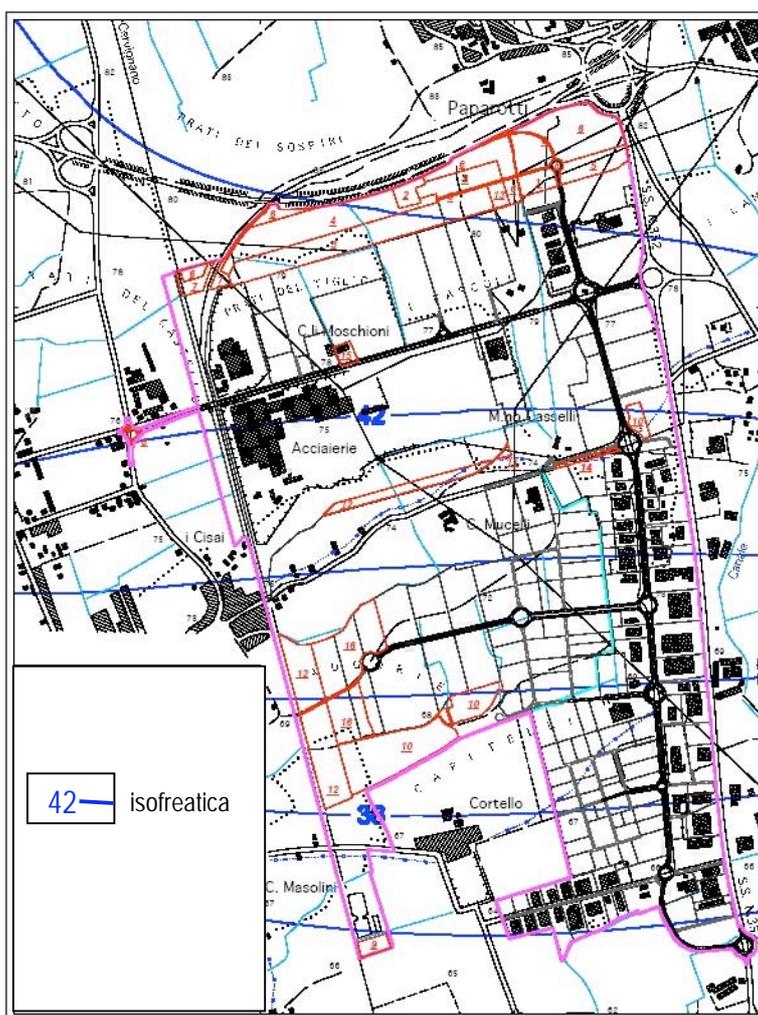


Fig.3.6.2. Profondità della falda in fase di magra.

La velocità della falda nell'alta pianura friulana, per E. Feruglio, assume un valore pari a 0,29 m/h, per S. Stefanini, 0,41 m/h.

La temperatura media si attesta su valori compresi tra 12 e 13° C, in conformità alla temperatura superiore dell'ambiente sotterraneo da 20÷50 m che è pari a quello medio annuo dell'aria.



## 4. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

### 4.1. INDAGINI ESEGUITE (TAV. 13)

Per la caratterizzazione del territorio dal punto di vista sismico si è condotta una campagna di indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) con realizzazione di 21 stendimenti sismici effettuati con strumentazione a risoluzione pari a 24 bit e 24 canali (Vedi allegato).

La categoria di suolo individuata dall'elaborazione è, per tutti i punti di indagine, risultata pari a B  
Suoli di fondazione (Ordinanza 3274 / 2003 modificata dal DM 14 gennaio 2008)

**B- 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  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).**

In realtà la contour map del valore delle  $V_{s30}$  (Fig. 4.1.1, TAV. 17 e Allegato) non appare del tutto omogenea, evidenziando dei massimi (valore di  $V_{s30} > 700$  m/s) in corrispondenza della zona della rotatoria di Paparotti e a est di Cortello e dei minimi ( $V_{s30} < 550$  m/s) posti a nord della ABS e parallelamente all'andamento della SS 352.

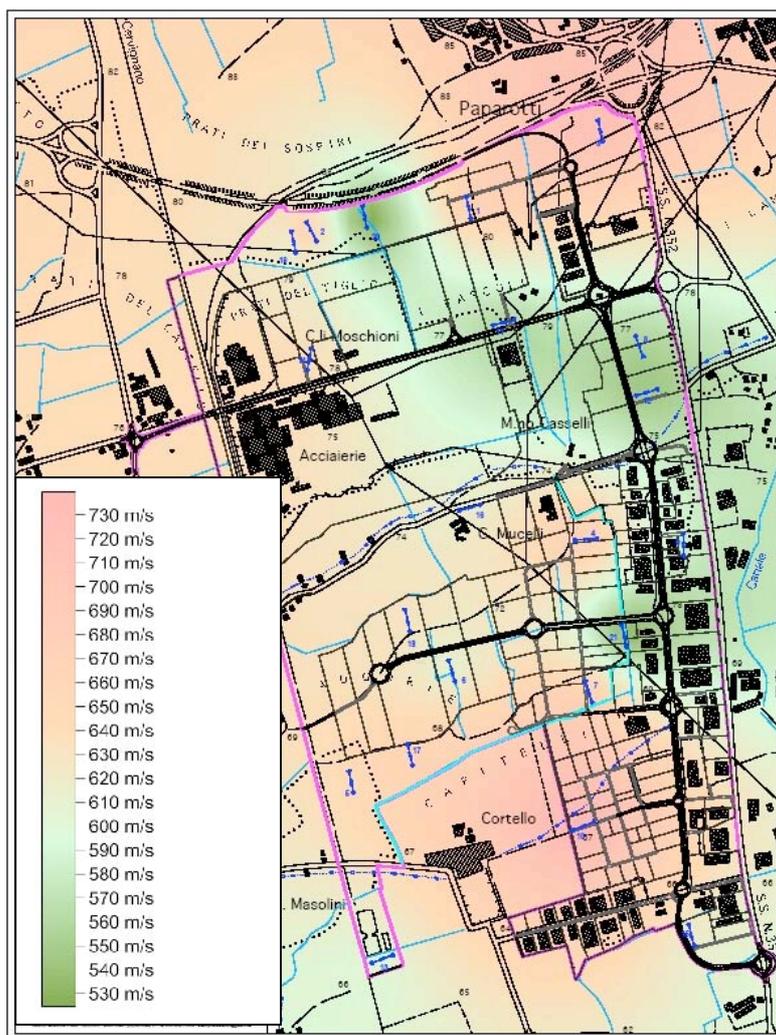


Fig.4.1.1.Mappa della velocità delle onde S nei primi 30 m.

In corrispondenza degli stessi punti di indagine MASW, è stata realizzata anche un'acquisizione sismica con la tecnica della rifrazione, per qualificare i terreni superficiali e sub superficiali. Tale indagine, anziché individuare la successione delle onde S, specifica l'andamento delle onde di compressione (P) e permette di ricostruire anche l'andamento dell'interfaccia sismostratigrafica dei terreni.

Sono state identificate al massimo 2 interfacce, il cui andamento spaziale è descritto con delle contour maps che riconoscono velocità e potenza del 1° strato (TAV. 14 e Allegato), velocità e profondità massima del 2° strato (TAV. 15 e Allegato) e velocità del 3° e ultimo strato (TAV. 16 e Allegato).

La velocità del 1° strato risente di condizionamenti locali, in particolare del grado di compattazione, ma, dall'analisi della contour map si evince una sostanziale omogeneità, con un maggior addensamento verso occidente (velocità comprese tra 300 e 550 m/s) (Fig.4.1.2 e TAV. 14)

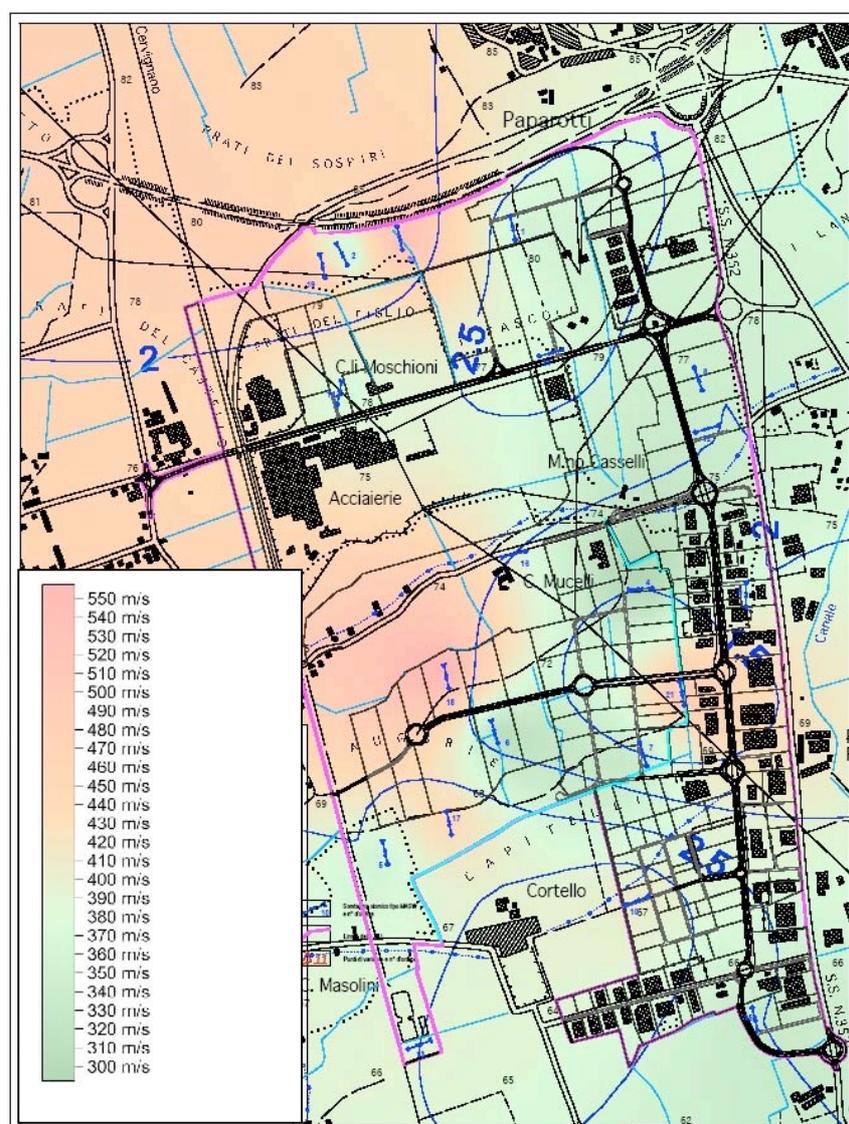


Fig. 4.1.2. Mappa della velocità delle onde P nel primo strato.

Più variabile è invece il secondo strato, la cui velocità è compresa fra i 600 e i 1000 m/s, con un evidente minimo ad est di Cortello, ove però la profondità (e quindi la potenza dello strato) diminuisce (Fig. 4.1.3).

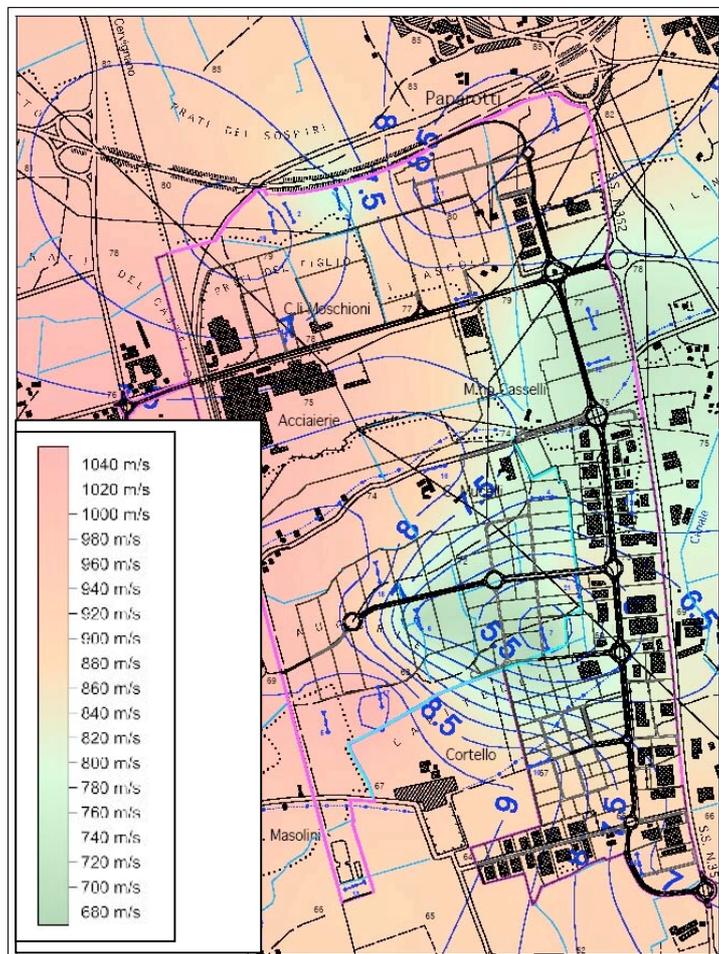


Fig.4.1.3. Velocità delle onde P nel secondo strato

Per quanto riguarda il terzo ed ultimo strato le velocità variano dai 1000 ai 1600m/s con, in generale, un aumento del valore procedendo da nord a sud.

Oltre alle indagini sismiche sono state eseguite anche altre indagini di tipo geofisico, in particolare indagini con i microtremori (TAVV.18 e 19 e Allegato) e tomografie elettriche (TAVV.20 e 21 e Allegato). Le indagini con i microtremori interpretate con il metodo di Nakamura (Allegato) consentono di valutare le zone sedi di possibili amplificazioni sismiche. L'indagine eseguita con la MASW infatti fornirebbe, in base alla normativa, un incremento di accelerazione sismica costante e compreso tra 1 e 1.2; la presenza di picchi nel rapporto fra la componente orizzontale e verticale del moto misurato dall'accelerometro della strumentazione di acquisizione dei microtremori (H/V) porta ad una stima (non quantitativamente corretta) dell'amplificazione sismica.

Dalla contour map del rapporto H/V (TAV. 19) si vede allora che sono possibili amplificazioni ben superiori a quelle previste dalla normativa ma le frequenze dei picchi che le generano (Allegato) sono al di fuori dal range di interesse ingegneristico (1-10 Hz) e, pertanto, i valori di amplificazione calcolati per mezzo della categoria sismica ricavata dalla indagini MASW può ritenersi corretta. In realtà ad ovest della rotatoria di Pappalotti (punti di indagine 25 e 20) si nota un picco a circa 5 Hz che determina un H/V > 2 (quindi significativo) la cui origine è legata alla presenza nel sottosuolo di terreni molto basso

resistivi (limi argillosi) come testimoniato dalla tomografia n° 12 (*Allegato*). In tale zona, in caso di costruzione di infrastrutture, andrà attentamente valutata la risposta sismica locale.

Alle indagini geofisiche si accompagnano 21 (+12 precedenti) prove penetrometriche che completano l'analisi litostratigrafica del sottosuolo, definendo lo stato di addensamento del materiale nei primi metri del substrato (*Allegato*). Il complesso delle indagini penetrometriche ha permesso di ricostruire le isopache, che delimitano le aree di distribuzione della copertura ghiaiosa, alle diverse profondità. La mappa (*Fig. 4.1.4 e TAV. 11*) mette in luce la relativa superficialità del materasso ghiaioso, che appare in tutta la zona industriale sempre a profondità massime nell'intorno dei 3m dal p.c.

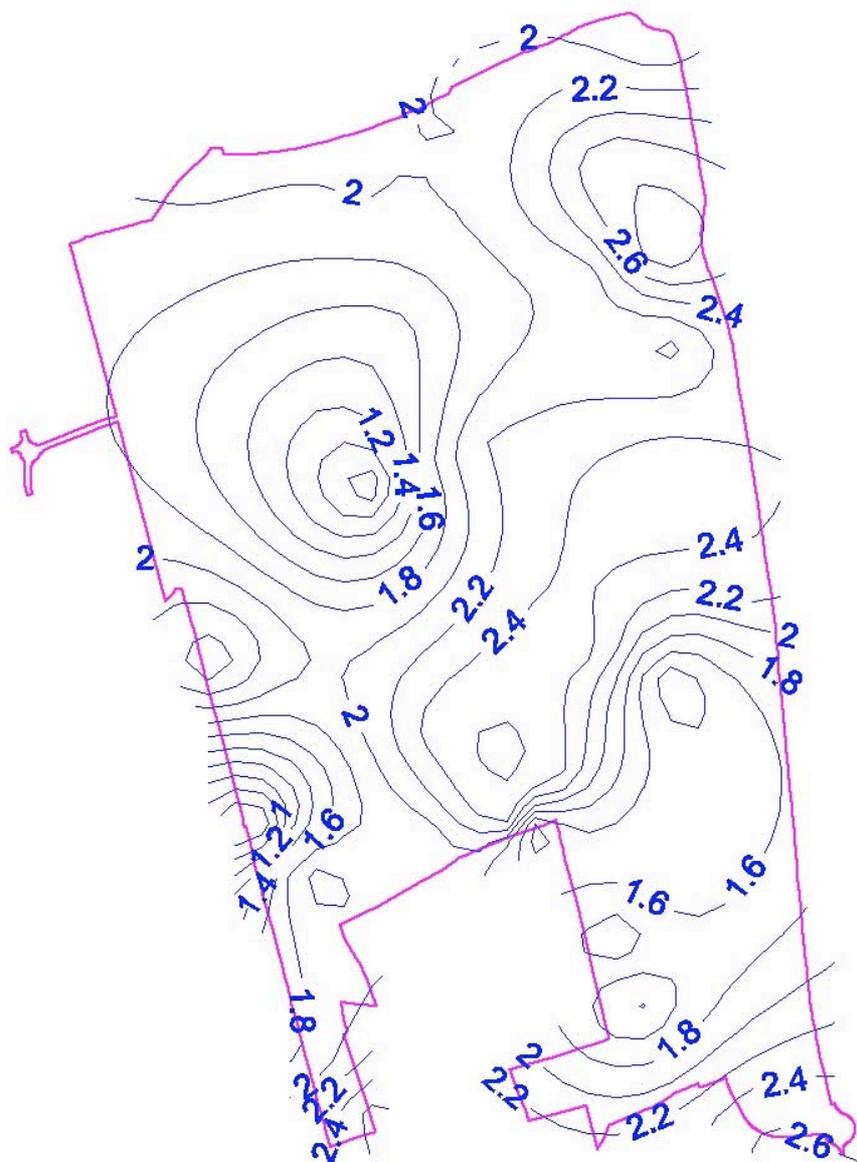


Fig.4.1.4. Andamento del tetto della copertura ghiaiosa nei primi metri del substrato

## 4.2. LITOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

il substrato è uniformemente ghiaioso sabbioso, ancora immerso in matrice limosa (Fig. 4.2.1 e TAV. 11), poggiate su banchi conglomeratici che a ovest di Cortello appaiono a -12/15m dal p.c.

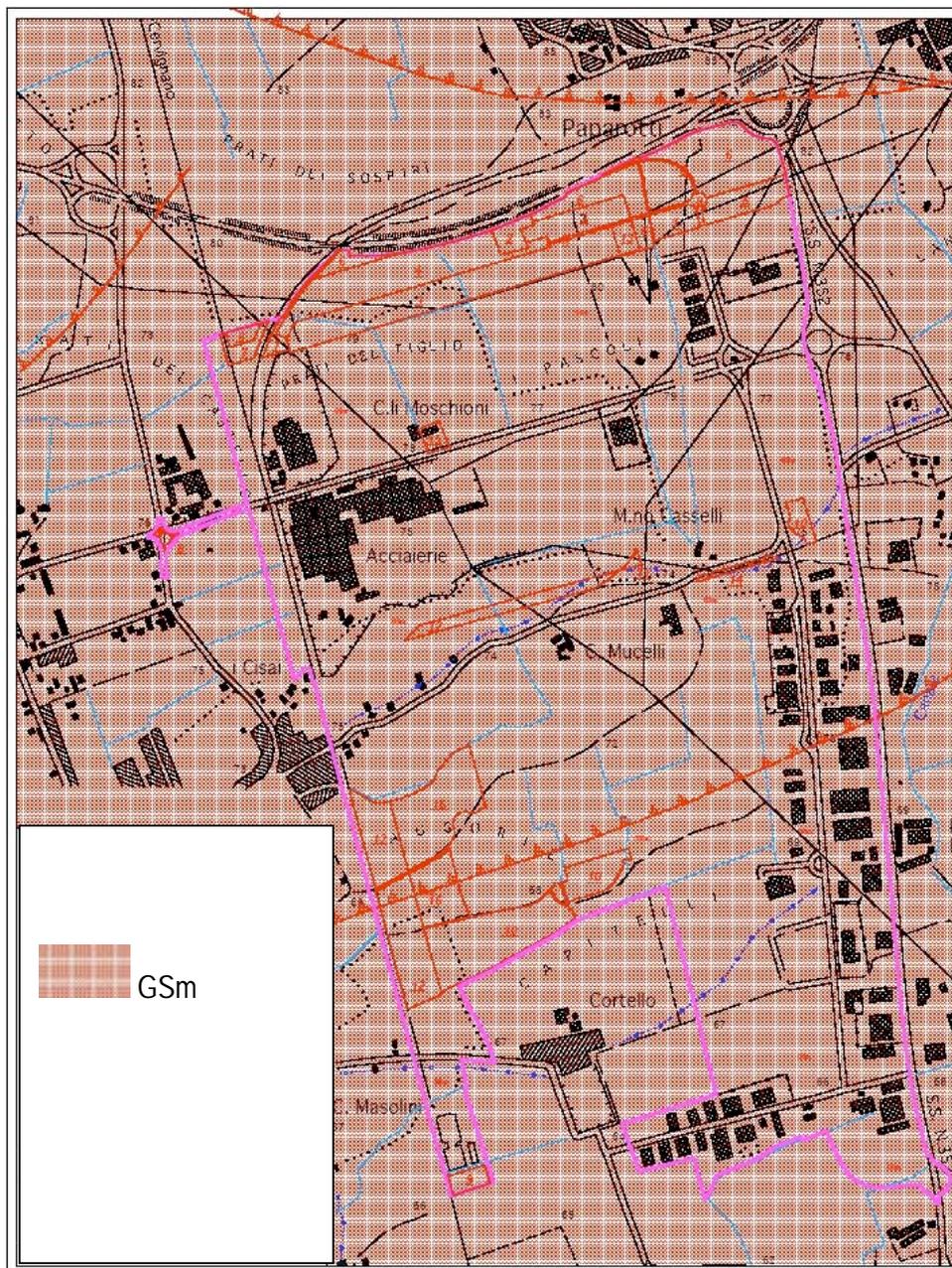


Fig. 4.2.1. Litologia del sottosuolo.

#### 4.3. MODELLO GEOTECNICO

Il rilievo litologico, mediante le indagini prospezionali odierne e precedenti, fornisce gli elementi utili ad esprimere i parametri quantitativi necessari alla classificazione dei terreni.

Dal punto di vista geolitologico, l'analisi dell'andamento stratigrafico mette in rilievo due tipi di deposito, distinti fra loro per caratteristiche geomeccaniche diverse: l'uno costituito da ghiaie e sabbie con limo in percentuale variabile e decrescente in profondità, l'altro ascrivibile alle sabbie argillose e limose superficiali.

I parametri medi relativi ai due livelli sopraelencati vengono di seguito riassunti:

##### *Depositi ghiaioso sabbiosi con limo*

$\emptyset$ (angolo di attrito)	25÷ 40°	
$C_u$ (coesione)	0,0÷0,5	Kg/cmq
$g$ (peso di volume)	1.6÷1,9	t/mc
$D_r$ (densità relativa)	0,6÷1,0	
$E_d$ (modulo edometrico)	100÷600	Kg/cmq

##### *Depositi sabbioso argillosi e limosi con ciottoli*

$\emptyset$ (angolo di attrito)	15÷ 30°	
$C_u$ (coesione)	0.5÷3,5	Kg/cmq.
$g$ (peso di volume)	1.7÷ 1,9	t/mc
$E_d$ (modulo edometrico)	55÷250	Kg/cmq.

#### 4.4. ZONIZZAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

Nel territorio in esame si individuano due zone di omogeneità geologico tecnica: Z2-3 e Z3, decrescenti in ordine alle proprietà fisico-meccaniche e opportunamente cartografate in TAV. 22. Il raggruppamento deriva da una mediazione fra le caratteristiche litologiche del substrato messe in rilievo dalle indagini all'interno della parte superficiale e da quelle rielaborate attraverso i risultati delle MASW, che producono la caratterizzazione nell'ambito dei primi 30 m (Fig. 4.4.1 e TAV. 22). Il settore nord orientale, riportato nello studio relativo al PRGC di Udine, a firma di G. Bernardis e P. Zorzi (1979), come Zona Z2, è stato ascrivito a Zona Z2-3, per omogeneità di classificazione con il comune di Pozzuolo del Friuli.

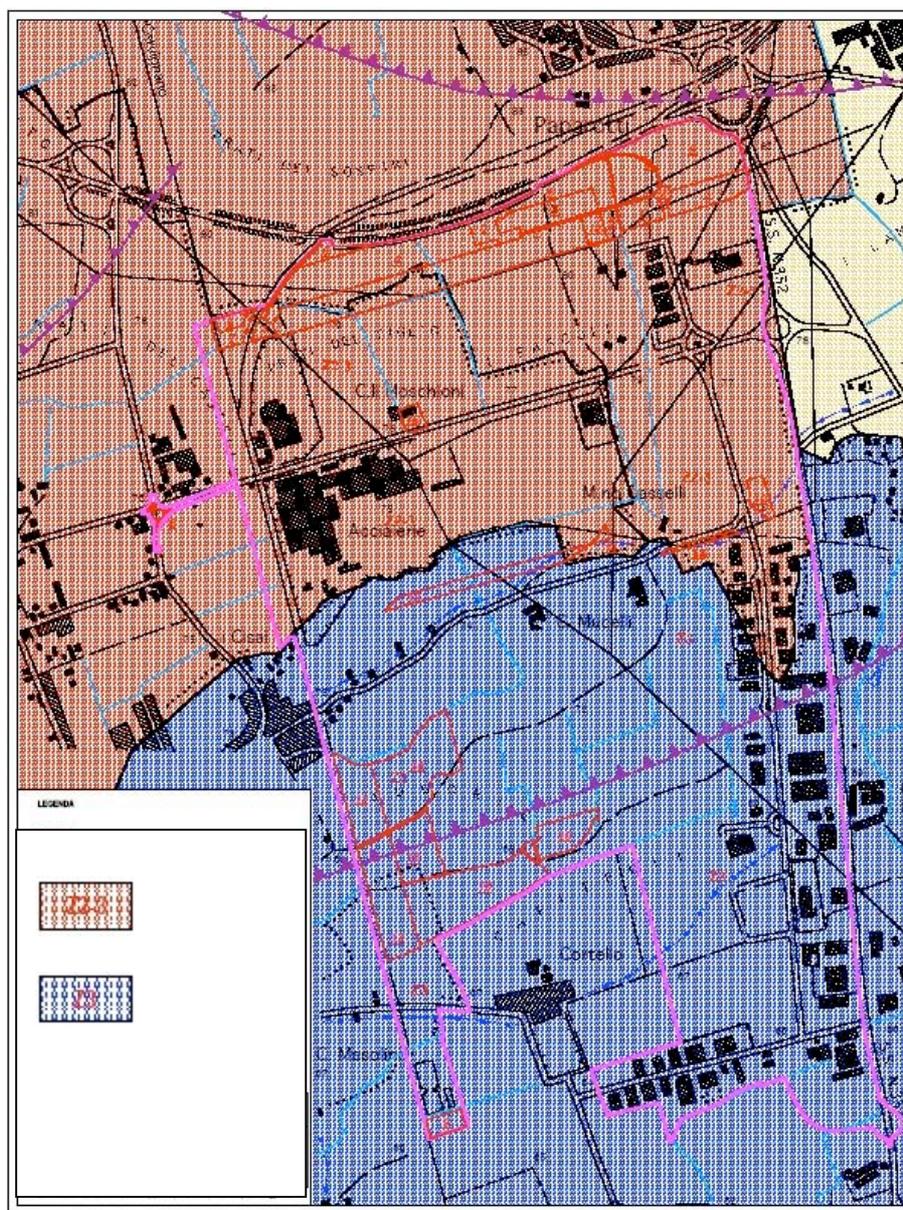


Fig. 4.4.1. Zonizzazione.

### Zona Z2-3

Comprende il settore nord del territorio. Si tratta di terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi moderatamente addensati, con varia percentuale di limo. Il complesso sedimentario offre caratteristiche geotecniche buone. *Vi ricadono i punti di variante 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10a, 11, 13, 15 e parte dei punti 12 e 14.*

*All'interno della zona l'utilizzo dei suoli è subordinato all'esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche puntuali in misura adeguata alle caratteristiche e all'importanza del progetto.*

### Zona 3

Occupava il resto del territorio e corrisponde ai depositi a granulometria più minuta della precedente, con maggior percentuale della frazione sabbiosa associata ancora a ghiaie e limo. Localmente il complesso può accompagnarsi ad accentrimenti di materiale più fine che ne possono diminuire le caratteristiche di portanza. La zona è attraversata anche da una linea di disturbo tettonico (*che interessa il punto di variante n. 16*), rilevata dal Dipartimento di difesa del suolo - Servizio Geologico della RFGV, nella stesura della carta geologica- Foglio 066 Udine- coordinatore A. Zanferrari (2008) .

Secondo lo studio "Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence" , PF. Burrato, M.E. Poli, P.Vannoli, A. Zanferrari, R. Basili, F. Galadini (2006-2007), come riportato nel paragrafo 3.1, l'area in esame rientra nella zona ITSA06, e ricade nel settore non considerato sismogenetico. D'altra parte la mancanza di evidenze geologiche dirette e/o indizi geomorfologici dovuti alla secolare antropizzazione e rimodellamento dell'area rendono non definibile una zona di rispetto nei dintorni del lineamento sismico sepolto dalla potente coltre alluvionale (Nicolich et alii 2004).

*Vi ricadono i punti di variante 9, 10b, 16 e parte dei punti 12 e 14.*

*L'utilizzo dei suoli, per l'edificabilità, è subordinato ad un più attento riconoscimento delle condizioni morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche locali e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di base, mediante indagini puntuali che valutino attentamente la qualità e la consistenza del materiale fine, eventualmente compressibile, in rapporto all'importanza e alla tipologia dell'opera progettata.*

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE, SINTESI DEGLI AMBITI DI PERICOLOSITA' E VINCOLI CONNESSI

Alla luce delle odierne indagini si perviene alle seguenti considerazioni riassuntive:

- il complesso delle modifiche per le quali viene richiesta la compatibilità geologica relativa alla variante N. 4 al Piano Territoriale Infraregionale della Z.I.U. riguarda 16 punti, 10 dei quali accentrati nella nuova area di espansione, a nord, e 6 all'interno dell'area attualmente in uso;
- la superficie in esame ha un assetto generalmente pianeggiante, accompagnato a tratti di vecchi terrazzi disseminati sul territorio;
- l'idrografia di superficie fa capo all' unico canale artificiale presente in zona, la Roggia di Palmanova, le cui acque sono prelevate dal Torre che scorre al di fuori dell'area, sul lato orientale. L'idrografia produce un ambito di pericolosità idraulica cui si aggiunge un piccolo nucleo sul settore centro meridionale, dove si verifica accumulo d'acqua per carenza di scolo della rete minore. Entrambe le zone sono indicate, dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Isonzo, a pericolosità idrogeologica moderata P1 e sono soggette ai vincoli riportati nel seguito di questo paragrafo;
- la profondità del livello freatico, ricavata dai pozzi censiti dalla RFGV, in fase di magra, si attesta fra 34 e 44 mslmm, in fase di massima piena è compresa fra 46 e 60 mslmm e la profondità media oscilla fra i 38 e i 50 mslmm;
- la litologia di superficie suddivide il territorio in esame in quattro litofacies, ma gli interventi odierni ricadono sulle tre seguenti:  
GSM: materiale essenzialmente ghiaioso- sabbioso limoso con presenza costante di ciottoli da centimetrici a decimetrici *Vi ricadono i punti di variante 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10a, 13, 14 e parte dei punti, 11, 12 e 15.*  
MS: limo e sabbia commisti a ghiaio, *entro la quale ricade parte del punto 15.*  
SMG: depositi sabbioso-argillosi, sempre però commisti a ghiaia variamente disseminata in superficie *In quest'ambito ricadono i punti 9, 10b, 16 e parte del 12;*
- Per la caratterizzazione sismica, sul territorio si è condotta una campagna di indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) con realizzazione di 21 stendimenti sismici, altrettante sismiche a rifrazione e 25 microtremori. Per la ricostruzione litostratigrafica dei primi metri di substrato si sono effettuate 21 prove penetrometriche aggiunte a 12 precedenti e, in funzione dello studio idrologico, 21 prove tomografiche;
- le rielaborazioni delle prove penetrometriche hanno permesso di ricavare l'andamento della superficie di copertura, nel sottosuolo, del deposito prevalentemente ghiaioso sabbioso e progressivamente più povero in limo, esteso in modo uniforme su tutto il territorio, nonché le caratteristiche geotecniche dei depositi che variano, in generale, da buone a discrete. Le indagini MASW hanno individuato, per tutti i punti di indagine, una categoria del suolo pari a B;
- in sintesi, sul territorio, si riconoscono due zone omogenee geologico-tecniche: Z2-3 (*vi ricadono i punti di variante 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10a, 11, 13, 15 e parte dei punti 12 e 14*) e Z3

*(vi ricadono i punti di variante 9, 10b, 16 e parte dei punti 12 e 14) decrescenti in ordine alle proprietà fisico meccaniche e di risposta dinamica che inducono i vincoli di seguito esposti.*

All'interno della zona industriale emergono alcuni ambiti di vulnerabilità dipendenti da fattori di natura idrogeologica, geologico-tecnica e sismica cui si associa una serie di vincoli. Per una visione globale delle pericolosità di carattere geologico ed idrologico vengono analizzate le zone di omogeneità geologico-tecnica e le aree soggette ad esondabilità. Infine, dal punto di vista sismico, in assenza di indicazioni specifiche, vengono segnalate le aree in cui l'analisi dell'azione sismica mette in luce possibili fenomeni di amplificazione.

#### Vincoli di natura idrogeologica

I vincoli di natura idrogeologica sono essenzialmente legati alle norme di attuazione della Autorità di Bacino del fiume Isonzo, aggiornate a seguito della conferenza programmatica del 20 dicembre 2010.

Il P.A.I. riporta sul territorio in oggetto aree a pericolosità P1, moderata, soggette alla normativa indicata in appendice alla presente relazione ed entro le quali ricade il punto 10a della odierna variante, in via Zanussi, nell'area dei prati stabili. *Nell'area a pericolosità P1, per le nuove edificazioni non è ammessa la realizzazione di scantinati e il piano di calpestio dei fabbricati deve essere posto a 50 cm dal piano campagna. Tuttavia, nel caso in cui necessità di carattere tecnologico, sull'edificato esistente e sul nuovo, richiedano l'esecuzione di vani interrati, si deve procedere ad accurate opere impermeabilizzanti, per evitare fenomeni d'infiltrazione, oltre che opere di ostacolo all'accesso delle acque ruscellanti, prevedendo i percorsi di queste ultime mediante lo studio dei compluvi e della morfologia di contorno. Nel caso specifico, non si pone alcun problema, poiché la nuova destinazione d'uso del punto 10a prevede la realizzazione di un bacino di laminazione.*

Per tutto il territorio corre l'obbligo di richiamare alcune disposizioni di carattere generale ispirate dalla stessa normativa del P.A.I., al fine di non ingenerare condizioni di pericolosità idraulica. Tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione devono essere tali da:

- mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica;
- non aumentare le condizioni di pericolo a valle o a monte dell'area interessata;
- non ridurre i volumi invasabili delle aree interessate e favorire se possibile la creazione di nuove aree di libera esondazione;
- non indurre a formare vie preferenziali di veicolazione di portate solide o liquide;
- minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica

In quest'ottica, in riferimento alla normativa connessa alla redazione dei nuovi strumenti urbanistici o di varianti a quelli esistenti e nel rispetto della legge Regionale n. 16 dell' 11 agosto 2009, si è ritenuto necessario predisporre lo studio di compatibilità idraulica per le previsioni urbanistiche della presente variante .

L' incremento dell'edificato produttivo, nell'area Z.I.U., infatti, comporterà una significativa impermeabilizzazione dei suoli, concorrendo all' aumento della velocità di corrivazione, con conseguenti difficoltà connesse al funzionamento della rete scolante minore. *Su queste basi, il dott. Roberto Avigliano ha condotto uno studio idrologico, allegato al presente, che prevede misure compensative ritenute idonee a garantire l'invarianza idraulica con adeguati bacini d'invaso, cui verranno convogliate le acque attraverso una opportuna canalizzazione di sgrondo. Resta inteso che in ogni caso è buona norma ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi, viali di accesso ai fabbricati e spiazzi in genere, mediante grigliati o comunque superfici ad alta assorbenza.*

### Vincoli di natura geologico tecnica

Lo studio relativo all'odierna variante, rappresentando un approccio di carattere generale per la pianificazione del territorio, non risponde all'analisi puntuale di compatibilità che deve essere accertata caso per caso, mediante presentazione della relazione geologica e/o geotecnica, commisurata alla tipologia delle opere e secondo le indicazioni della normativa vigente (DM 11 marzo 1988 e NTC)

*All'interno delle zone di omogeneità litologico-tecnica (Tav. 12) l'utilizzo dei suoli, per l'edificabilità, è subordinato:*

- *in zona Z2-3 all'esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche puntuali in misura adeguata alle caratteristiche e all'importanza del progetto,*
- *in zona Z3 ad un più attento riconoscimento delle condizioni morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche locali e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di base, mediante indagini puntuali che valutino attentamente la qualità e la consistenza del materiale fine, eventualmente compressibile, in rapporto all'importanza e alla tipologia dell'opera progettata.*

*Trattandosi di un territorio un tempo interessato dalla presenza di cave, con particolare riguardo alla zona di espansione odierna, allo stato attuale non visibili, perché riempite con materiali di vario genere e diversa dimensionalità, è necessario che ogni intervento significativo, indipendentemente dall'appartenenza alle diverse zone di omogeneità litologico tecnica, sia preceduto da accurate e puntuali indagini geognostiche-geofisiche atte a determinare lo spessore di scollatura dalla successione stratigrafica naturale. Nel caso di accertata presenza di materiali scadenti, o fortemente eterogenei, dal punto di vista geotecnico, le fondazioni devono poggiare sul substrato naturale.*

*Su tutto il margine nord dell'area industriale, in corrispondenza della circonvallazione viaria, i fabbricati di nuova edificazione devono prevedere una distanza di sicurezza dal ciglio della scarpata artificiale di almeno 10 m.*

*Sempre nell'area prospiciente alla stessa scarpata, in corrispondenza del punto di variante n 2, dove è prevista la realizzazione di un impianto di carburanti, posto alla quota della sede viaria (circonvallazione sud), in fase di scavo si deve garantire la stabilità del pendio, con adeguato angolo di scarpa, determinato in base alle caratteristiche geotecniche emerse in fase geognostica.*

### Indicazioni legate alle risultanze dell'analisi sismica

Per l'analisi sismica locale, si considera l'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche del territorio in funzione delle scelte urbanistiche previste dalla odierna variante.

Le valutazioni hanno quindi carattere di generalità e non possono sostituire le analisi puntuali previste dalla normativa vigente. *Questa definisce il volume sismico significativo d'indagine nella misura di 30 metri sotto il piano fondazionale e prevede di caratterizzare il terreno in categorie di suolo di fondazione, che in fase progettuale andranno verificate caso per caso.*

Le indagini geofisiche hanno consentito di stimare possibili amplificazioni ben superiori a quelle previste dalla normativa ma le frequenze dei picchi che le generano sono al di fuori dal range di interesse ingegneristico (1-10 Hz) e, pertanto, i valori di amplificazione calcolati per mezzo della categoria sismica ricavata dalla indagini MASW può ritenersi corretta.

In realtà ad ovest della rotatoria di Papparotti si nota un picco a circa 5 Hz che determina un H/V > 2 (quindi significativo) la cui origine è legata alla presenza nel sottosuolo di terreni molto basso resistivi

(limi argillosi) come testimoniato dalla indagine tomografica. *In tale zona, in caso di costruzione di infrastrutture, andrà attentamente valutata la risposta sismica locale.*

*Allo stesso modo è opportuno valutare di volta in volta anche ulteriori incrementi nella sollecitazione sismica locale, soprattutto in prossimità delle scarpate, in presenza di terrazzi e nel contatto fra formazioni con diversa rigidità sismica (depositi sciolti e conglomerato).*

Data la natura litologica del materiale che compone il substrato nell'ambito del territorio esaminato non si ritiene prevedibile che si verifichino fenomeni di liquefazione.

Per quanto sopra esposto, si ritiene che la variante in oggetto sia compatibile con le condizioni geomorfologiche, litologiche e idrologiche del territorio e coerenti con le previsioni dello "Studio geologico-tecnico dell'area industriale Udine Sud" (1998-1999) approvato dal Servizio Geologico Regionale con parere prot. AMB/2632-UD/PG/V del 30.01.2001 nell'ambito della formazione del Piano Territoriale Infraregionale approvato con D.P.G.R. n. 0205/Pres. del 08.07.2002

Varmo, 14-09-2012

Dr. Maurizio M. Pivetta  
geologo