COMUNE DI REMANZACCO
(Provincia di Udine)

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO RELATIVO ALLA VARIANTE N. 28 AL PRGC

RELAZIONE

Dr. Maurizio M. Pivetta
- Geologo -
via Roma, 21 33030 Varmo (Ud) - tel. 0432-778139
e-mail: pivettamaurizio@gmail.com

1. PREMESSA

1.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Per incarico dell'Amministrazione comunale lo scrivente ha il compito di condurre uno Studio geologico-tecnico relativo alla variante generale n. 28 al PRGC, nel comune di Remanzacco (Fig. 1.1.1).

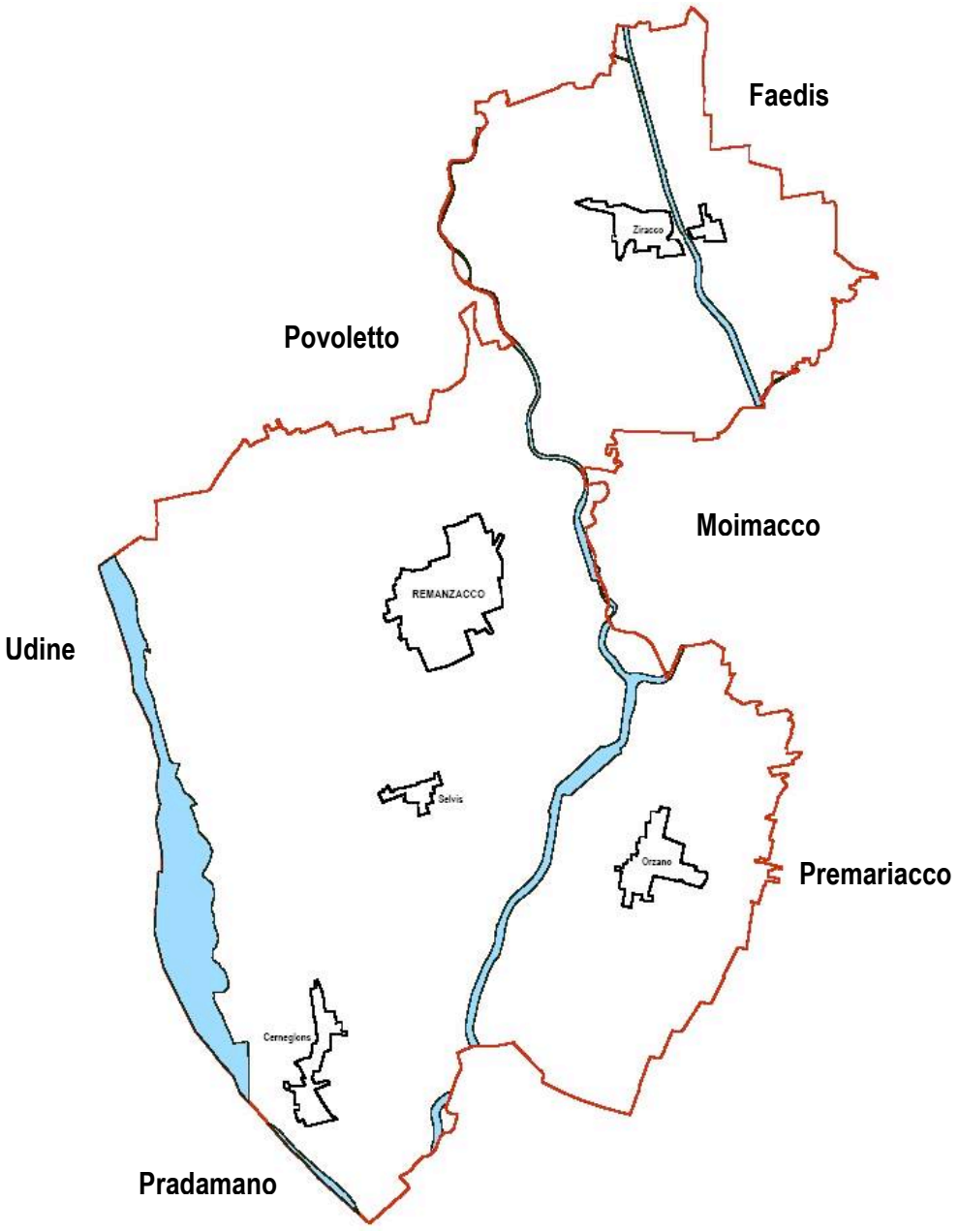


Fig. 1.1.1. Inquadramento topografico del comune di Remanzacco.

Il Comune di Remanzacco confina, a nord- nord-est, con il comune di Faedis, ad est, con il comune di Moimacco, a sud-sud est con il comune di Premariacco, a sud-sud ovest, con il comune di Pradamano, ad ovest, con il comune di Udine e, a nord ovest, con il comune di Povoletto. Il territorio ha un'estensione di 30,60 Km^2 ed è posto ad una altitudine variabile da 126 a circa 90 mslmm. Capoluogo è Remanzacco, che estende la superficie abitativa sull'asse Udine-Cividale, al centro del comune. Al capoluogo si accompagnano altri quattro agglomerati urbani: all'estremità nord, Ziracco, poco a sud di Remanzacco, Selvis-Casali Battiferro e Orzano, allineati in direzione ovest-est, e Cerneglons, sul confine meridionale del comune. Il resto del territorio è disseminato di casali e piccoli nuclei sparsi: Casali della Roggia e Casali Maniassi Tedeschi, nei dintorni di Cerneglons, Casali Magris e Marsura Gugliola, nelle vicinanze di Ziracco.

1.2. METODOLOGIA D'INDAGINE

Nel rispetto delle nuove norme tecniche per le costruzioni, approvate con il D.M. 14 gennaio 2008 pubblicato sul S.O. della G. U. n. 30 del 4 febbraio 2008, e il supporto di normative di comprovata validità come quelle fornite dagli Eurocodici, lo studio odierno individua e propone un quadro di analisi degli elementi geologico-tecnici e una valutazione dell'azione sismica che si accompagnano allo strumento urbanistico in fase di pianificazione. Il momento operativo, seguito al rilievo preliminare sull'intero ambito d'indagine, integra, mediante una serie di prove sismiche e di microtremori, le indagini prospezionali condotte in precedenza ed accerta le condizioni attuali d'assetto del territorio per offrire gli indirizzi generali volti alla sicurezza dello stesso. Nella stesura del lavoro viene fatto riferimento principalmente alle risultanze dello Studio Geologico tecnico del territorio comunale per il PRGC e del successivo adeguamento a quanto richiesto dalle LLRR n.52/91 e successive modifiche e integrazioni. Lo scrivente si avvale anche di altre esperienze condotte su aree limitrofe e di altre fonti bibliografiche utili a delineare con la maggior precisione possibile il profilo geologico-tecnico dei terreni su cui ricadono le nuove previsioni dello strumento urbanistico.

La rielaborazione dei dati alla fine produce una relazione esplicativa corredata delle seguenti carte tematiche:

- *Carta corografica e dei punti di variante (TAV.1)*
- *Carta storica "Kriegskarte" (TAV.2)*
- *Carta del modello digitale del terreno (DTM) (TAV.3)*
- *Carta del rilievo ombreggiato (TAV.4)*

- Carta del reticolo drenante (TAV.5)

- Carta delle zone di accumulo ricavate dal rilievo laser scanner (TAV. 6)

- Rielaborazione delle zone di accumulo d'acqua o a scolo carente (TAV. 7)

- Carta morfologica (TAV. 8)

- Carta dei suoli (TAV.9)

- Carta litologica di superficie (TAV.10)

- Ubicazione e stratigrafie dei pozzi ricavati dal Catasto Regionale dei Pozzi (TAV. 11)

- Sezione con colonne litostratigrafiche dei pozzi (TAV.12)

- Carta delle isofreatiche in fase di magra (TAV. 13)

- Carta delle isofreatiche in fase di piena (TAV. 14)

- Carta della pericolosità idraulica ricavata dal P.A.I. del bacino dell'Isonzo (TAV.15).

-Carta con elementi lito-morfo-idrologici derivata dalla variante n.5 al PRGC-2003 (TAV.15.1)

- Carta dell'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche (TAV.16)

- Carta litologica del sottosuolo(TAV.17)

- Carta delle frequenze di picco (TAV.18)

- Carta del rapporto H/V (TAV.19)

- Carta delle velocità delle onde P (vp) del 1° strato (TAV.20)

- Carta delle velocità delle onde P (vp) del 2° strato (TAV. 21)

- Carta delle velocità delle onde P (vp) del 3° strato (TAV.22)

- Carta della velocità delle onde S nei primi 30 m (TAV.23)

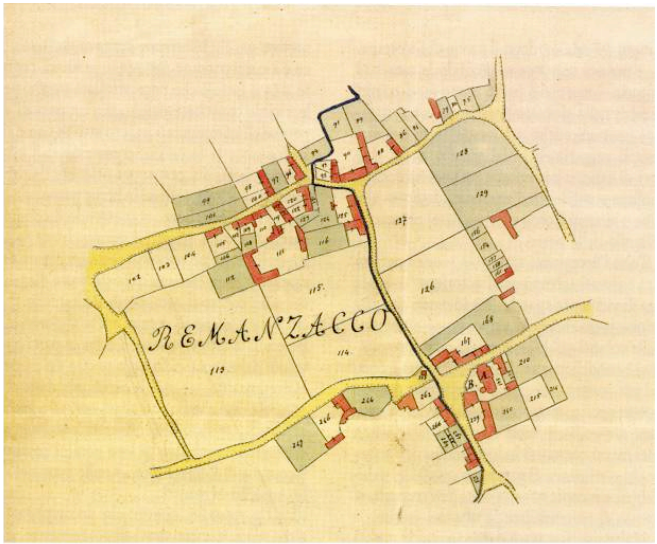
- Carta della zonizzazione litologico-tecnica (TAV.24)

1.3. CENNI SULL'ASSETTO ANTICO DEL TERRITORIO.

Dalla Kriegscarte, redatta da A. Von Zach *(Fig.1.3.1 e TAV.2),* in periodo di dominio austro ungarico (1805) appare come il territorio, nel tempo, abbia subito una sensibile urbanizzazione, soprattutto a discapito delle aree coltivabili. Il principale corso d'acqua, il Torre, ha parzialmente condizionato l'espansione residenziale e impoverito il suolo agricolo nel settore occidentale, fornendo però, nel contempo, il materiale ghiaioso, ad uso edilizio, che ha visto nascere in tempi passati una molteplicità di cave, gran parte delle quali sono state ora riempite. D'altro canto il Malina, per la permanenza delle acque in alveo, anche per l'apporto della Roggia Cividina, ha consentito sino a tempi relativamente recenti lo sfruttamento da parte dell'uomo, con l'installazione di alcuni molini lungo il percorso.

Fig.1.3.1. Kriegscarte,del territorio comunale, redatta dal Von Zach.

Tutti i maggiori abitati attuali erano presenti all'epoca, sia pure accentrati in piccoli nuclei, come appare dalla carta napoleonica di Remanzacco di qualche anno dopo (1811) (*Fig. 1.3.2)*



Il centro abitato di Remanzacco
nella mappa "napoleonica" del 1811

Fig. 1.3.2. L'abitato di Remanzacco nella carta napoleonica del 1811.

2. PREVISIONI DI VARIANTE

Le previsioni di variante riguardano 26 punti distribuiti su tutto il territorio comunale *(Fig. 2.1 e TAV.1)* e soggetti al cambio di destinazione d'uso riportato nella *Tabella 1,* accanto ai tratti litologici ed idrogeologici essenziali dei singoli siti d'intervento.

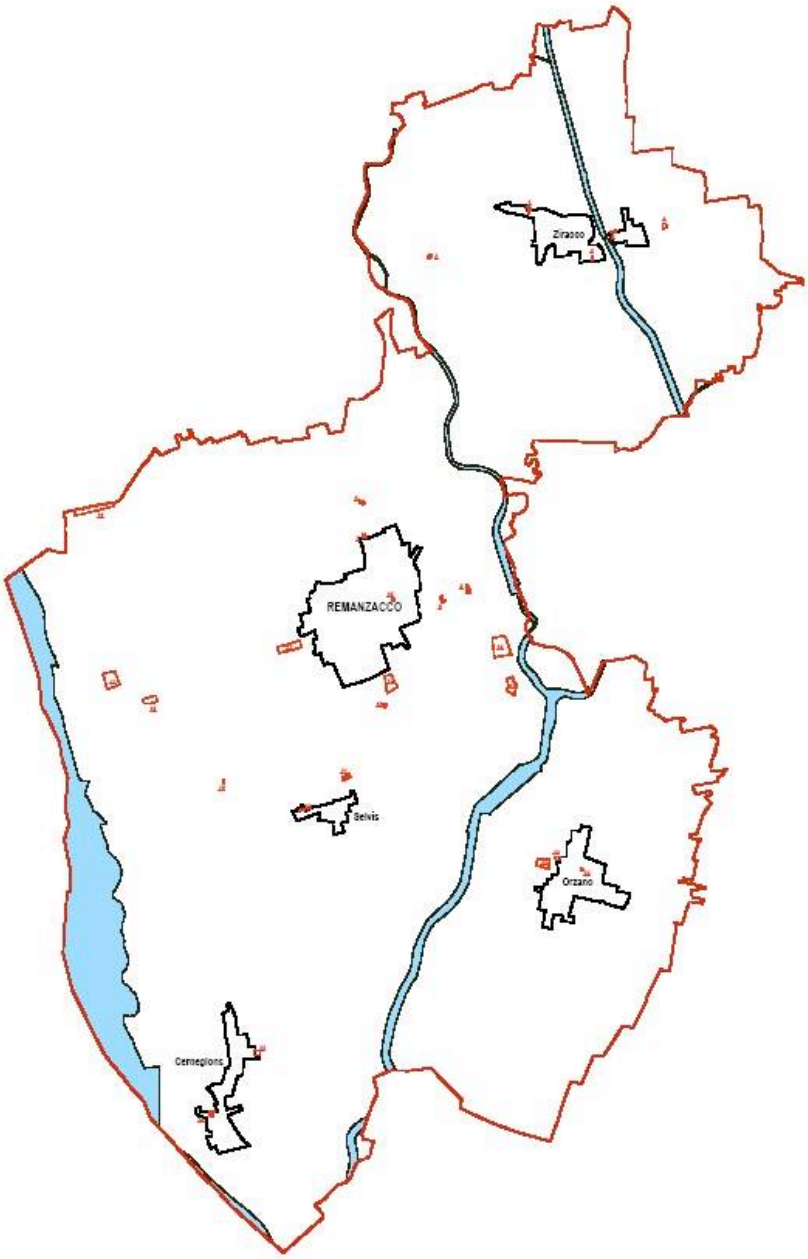
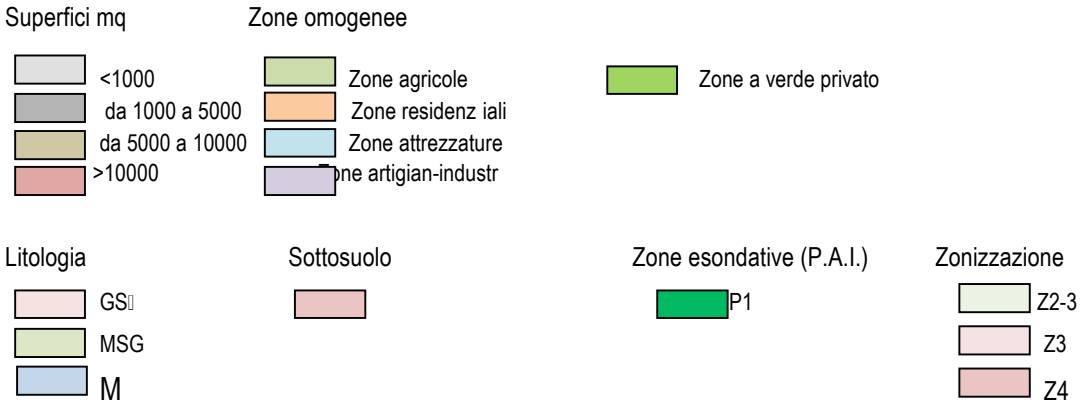


Fig.2.1. Inquadramento del territorio comunale con i punti di variante (in rosso).

N	Area	DA	A	LIT SUP	LIT SOT	PAI	ACC H_2O	ZONIZZ
1	1050	V	B1b	MSG	GSm/c-cl			Z3
2	442	E6.3	B1b	MSG/GS	GSm/c-cl	P1		Z2-3-Z3
3	1058	E6.1	B2	M	GSm/c-cl			Z4
4	459	A7	B1b	MSG	GSm/c-cl	P1		Z3
5	628	E5	B2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
6	900	E6.1	B3	GS	GSm/c-cl		Scolo carente	Z2-3
7	591	V	B2	GS	GSm/c-cl		Parz scolo carente	Z2-3
8	1095	E6.2	B3	GS	GSm/c-cl		Scolo carente	Z2-3
9	802	E6.2	B3	GS	GSm/c-cl			Z2-3
10	373	V	B1b	GS	GSm/c-cl			Z2-3
11	9547	E6.3	C	GS	GSm/c-cl		Scolo carente	Z2-3
12	8653	E6.3	C	GS	GSm/c-cl			Z2-3
13	613	E6.3	B3	GS	GSm/c-cl			Z2-3
14	17909	E6.2	VP	GS	GSm/c-cl			Z2-3
15	7191	E6.2	D3.2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
16	11697	E6.1	D3.2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
17	11963	S2	D2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
18	4638	E6.1	S2	GS	GSm/c-cl		Scolo carente	Z2-3
19	154	E6.1	B2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
20	159	E6.1	B2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
21	1535	E6.1	B2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
22	6141	E6.1	C	GS	GSm/c-cl			Z2-3
23	758	E6.1	B2	GS	GSm/c-cl			Z2-3
24	352	V	B1b	GS	GSm/c-cl			Z2-3
25	1668	E6.1	B2	MSG	GSm/c-cl			Z3
26	1211	V	B2	MSG	GSm/c-cl	P1		Z3

Tabella 1.



La quasi totalità degli ambiti di variante (21 su 26) che, allo stato attuale, rientrano in zona agricola o, in qualche caso in verde privato, riguarda completamenti di zone insediative, tre punti passano da zona agricola ad industriale-artigianale, uno prevede una zona destinata ad attrezzature ed uno a verde privato. Le aree impegnate sono, in maggioranza, per un 46%, inferiori a 1000 mq, seguite da un 26%, comprese tra 1000 e 5000 mq, un 15%, da 5000 a 10000mq, e un 12%, superiori a 10000mq. Dal punto di vista geologico, 21 dei 26 punti di variante ricadono su terreni superficiali prevalentemente ghiaiosi sabbiosi con scarsa percentuale di limo e argilla, tre su terreni limoso argillosi e sabbiosi, uno su limi e argille ed uno in parte su limi argille e sabbie e in parte su ghiaie e sabbie con bassa percentuale di limo. Il substrato è uniformemente ghiaioso con vari livelli di ghiaie cementate e qualche orizzonte argilloso o limoso localizzato. Nell'analisi non si è considerato il livello di minima profondità della falda che, nei punti di variante odierni si pone costantemente al di sotto dei 20 m dal piano campagna e quindi non interagisce in alcun modo con le opere superficiali.

Tre dei punti di variante ricadono in area a pericolosità idraulica moderata, P1, secondo i rilievi del P.A. I. del Bacino dell'Isonzo. Venti punti su 26 ricadono in ambito con buone caratteristiche geotecniche (zona Z2-3), 4 con caratteristiche discrete-buone (zona Z2-Z3 e Z3) ed uno su substrato superficiale scadente (zona Z4).

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED ORIGINE DELLA PIANA

La struttura geodinamica del territorio si ricollega alla microplacca Adria, che comprende la pianura veneta- friulana e il mare Adriatico settentrionale, soggetti all'interferenza del sistema tettonico dinarico ed alpino (Vai, 2002). Il territorio di pianura corrisponde al riempimento sedimentario di età terziaria e quaternaria nell'avampaese della catena sudalpina orientale, piegata e sovrascorsa, con termini mesozoici e terziari, lungo il piede delle Prealpi Carniche, sulle formazioni calcaree giurassico-cretaciche, con lineamenti est-ovest vergenti a sud e messi in movimento a partire dal Neogene e tuttora in atto, come testimoniato dall'attività sismica registrata nella bassa pianura. Il territorio comunale è solcato da due linee di sovrascorrimento, disposte in senso NW-SE, che scorrono sul settore nord orientale. *(Fig. 3.1.1).*

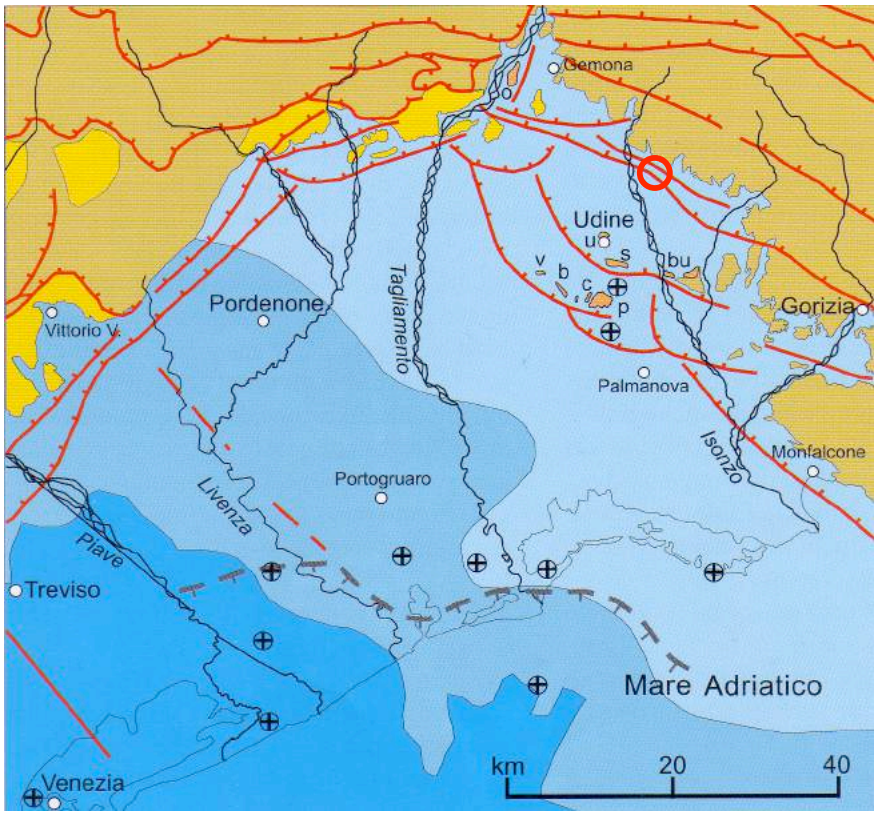


Fig. 3.1.1. Rappresentazione semplificata della tettonica della pianura friulana (da Regione Veneto,1990, Gasperi et al.,1997, Peruzza et al.,2002, Vai et al. ,2002).Il cerchietto rosso in figura corrisponde all'area d'indagine.

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 è considerata non sismogenetica *(Fig. 3.1.2.).*

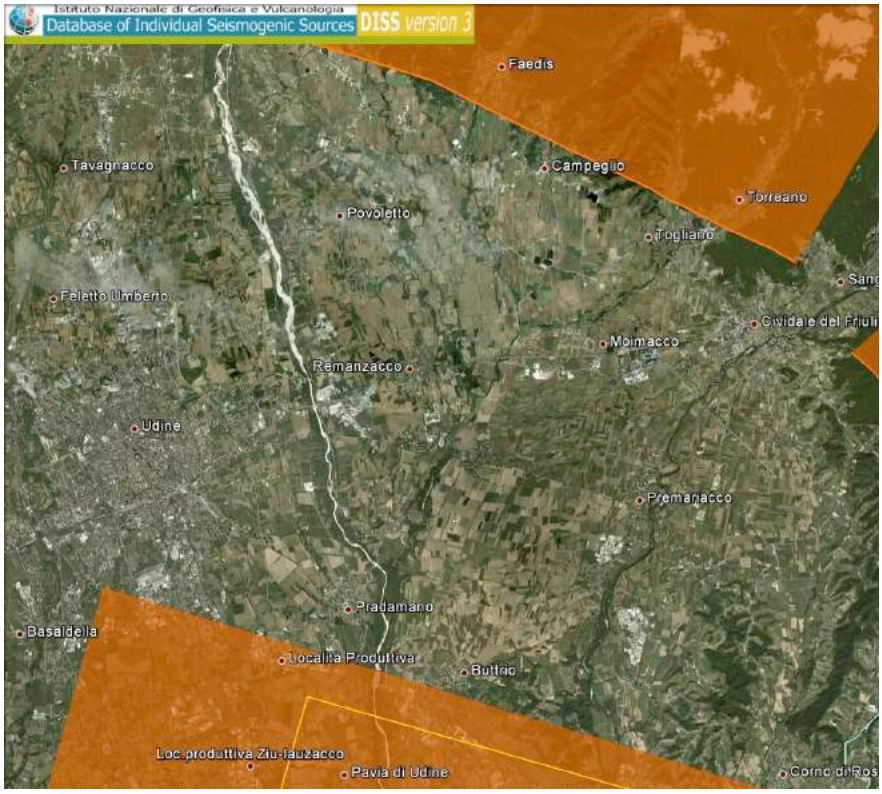


Fig. 3.1.3.L'area di Remanzacco compresa fra due zone sismogenetiche (in arancio).

Quindi, ai fini del presente studio, allo stato attuale, l'influenza delle linee di disturbo tettonico, può considerarsi non definibile, per la mancanza di evidenze geologiche dirette e/o indizi geomorfologici dovuti alla secolare antropizzazione e rimodellamento dell'area nell'intorno dei lineamenti sismici ricoperti da una potente coltre alluvionale. Il substrato prequaternario, al di sotto della coltre sedimentaria più recente, risale da oriente verso occidente, comportando una diminuzione di spessore di quest'ultima dal confine con il Veneto a Monfalcone, dove il basamento roccioso è molto prossimo alla superficie topografica.

La copertura quaternaria ha origine dai depositi prodotti dal settore centro- orientale del ghiacciaio tilaventino, trascinati a valle dalle correnti pleniglaciali del T. Torre e del T. Malina, suo tributario. Il prodotto di queste deposizioni simultanee è un conoide lievemente piegato in direzione NW-SE, e inclinazione verso il T. Malina, ad est, mentre, per effetto della posteriorità di deposizione rispetto ai rami più orientali del ghiacciaio isontino *(Fig. 3.1.2),* degrada verso Udine, a sud *(Fig.3.1.3).*

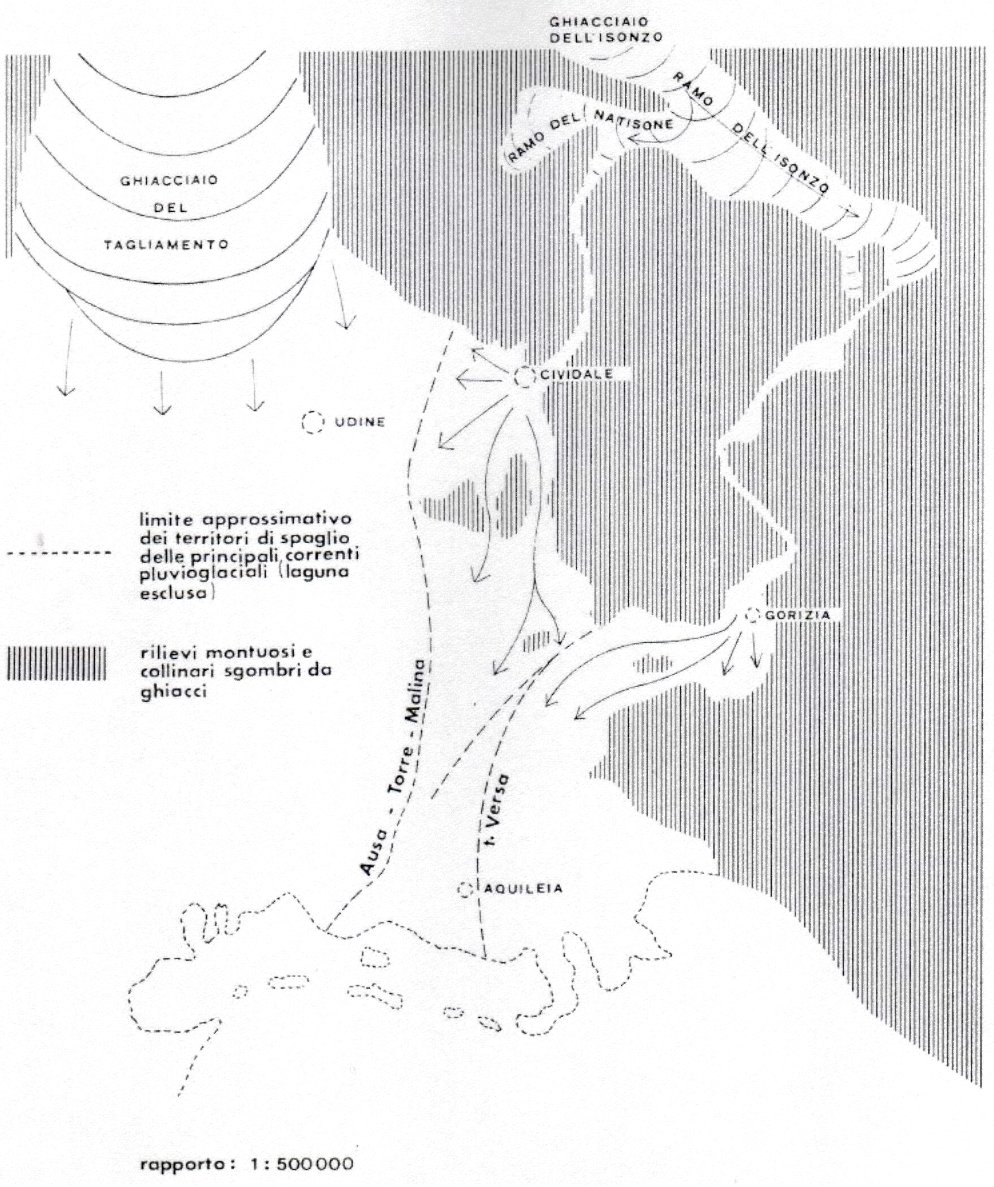


Fig.3.1.2. Sistema fluvioglaciale dell'Isonzo e del Natisone durante il Plenum Glaciale (Da A. Comel).

Nella successiva fase cataglaciale, corrispondente al ritiro del ghiacciaio, le correnti,costrette a fluire in una sezione più ristretta che consente una maggiore capacità di trasporto, incidono profondamente e terrazzano il conoide, deponendo un manto alluvionale essenzialmente ghiaioso sabbioso in diminuzione progressiva verso valle, dove lo spessore dei sedimenti raggiunge il centinaio di metri. L'affioramento residuo del complesso ghiaioso- sabbioso pleniglaciale si concentra sul

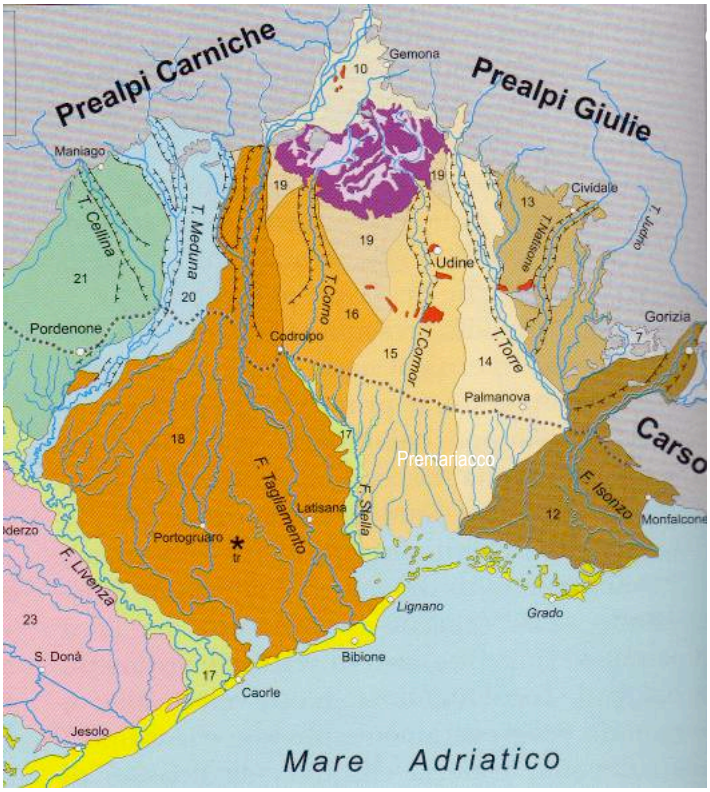


Fig.3.1.3. Schema dei sistemi deposizionali pleniglaciali della pianura friulana (Da "Geomorfologia della provincia di Venezia", A. Bondesan, M. Meneghel, 2004).

settore centro meridionale, nell'intorno di Orzano, mentre da Ziracco a Remanzacco, a Selvis e, più a sud, sino a Cerneglons, l'azione terrazzante del Torre e del Malina ha prodotto i depositi cataglaciali, sabbioso-argillosi immersi in ghiaia e, successivamente rimaneggiati, a ridosso ed entro gli alvei, dalle alluvioni postglaciali ed attuali dei due sistemi idrografici. A nord di Ziracco, infine, emergono vaste plaghe postglaciali argillose e sabbioso argillose commiste a ghiaia, sfumanti, a settentrione, nei banchi argillosi pedecollinari.

3.2. GEOMORFOLOGIA

Il territorio è segnato da marcate incisioni alla base degli antichi piani terrazzati prodotti dal sistema Torre-Malina, che si succedono in senso nord–sud, lungo tutto il settore centro occidentale, imprimendo al paesaggio una serie di sensibili discontinuità morfologiche *(Fig. 3,2.1).*

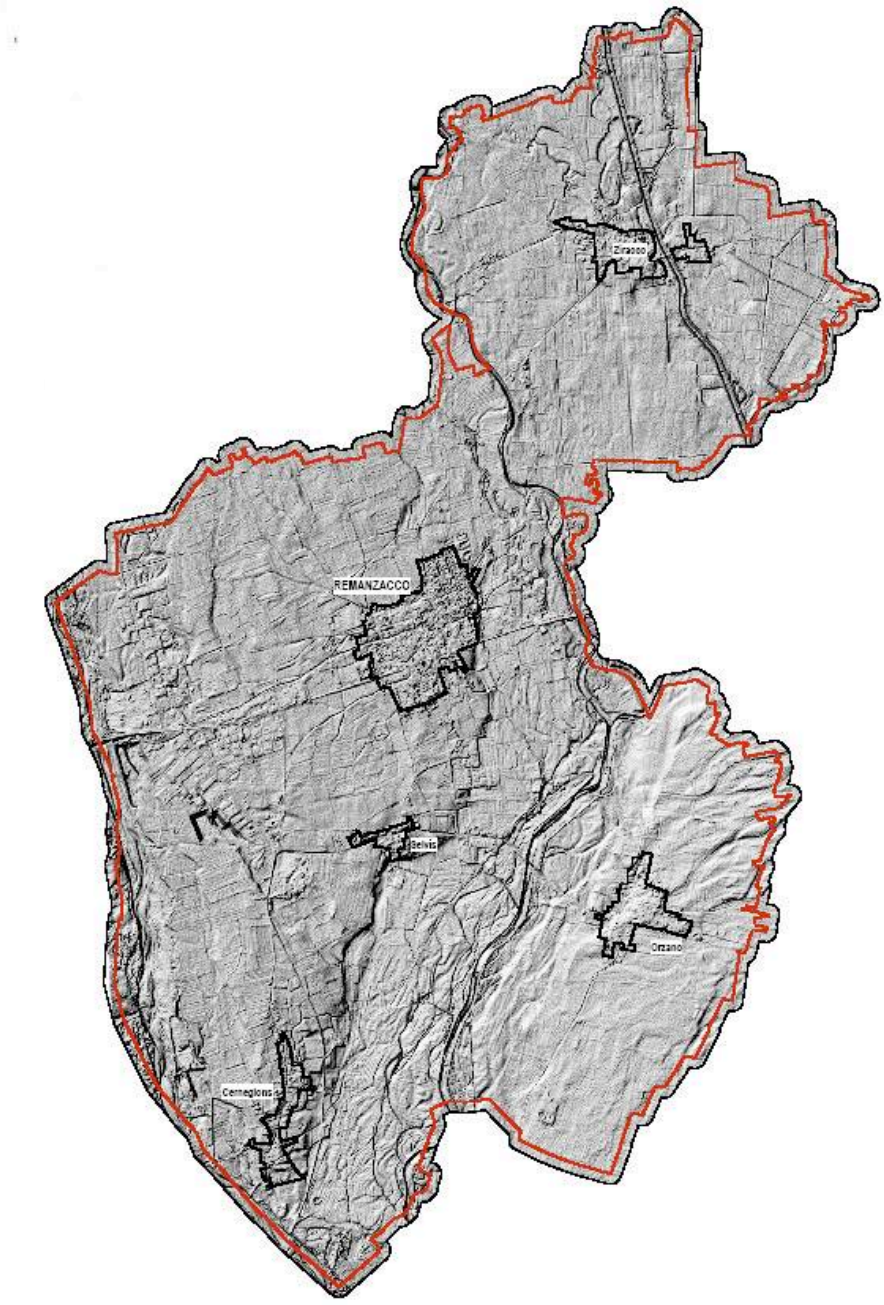


Fig. 3.2.1. Rilievo ombreggiato del territorio comunale. Accanto alle incisioni attuali più significative sono ancora evidenti le impronte dei paleoalvei del Natisone sul settore occidentale .

La pressione antropica, nel tempo, ha in parte attenuato i dislivelli, per visibili ritocchi all'originario profilo topografico operati dalle sistemazioni agrarie più o meno spinte, ma, nel complesso, permane una estesa e tangibile disuniformità del paesaggio. Il limite di distacco più evidente si avverte nel passaggio fra i piani terrazzati del Torre e la bassura golenale del Malina e si snoda lungo l'asse che unisce Remanzacco, a Cerneglons, entro una scarpata pressoché continua, che segnala dislivelli medi di 5-6 m ed oltre (*Foto 3.2.2).*

Foto 3.2.2. Bordo dell'esteso terrazzamento sull'asse Remanzacco-Cerneglons, in prossimità di Selvis.

Al di là di questa linea di demarcazione, verso oriente, appaiono evidenti le impronte di paleo alvei appartenenti all'estinto ramo destro del Natisone, che ha tracciato una serie di solchi, variamente intrecciati e paralleli fra loro, lungo una direttrice NE-SW *(Fig. 3.2.3).*

L'azione delle antiche correnti, nonostante sia in parte mascherata dalle sovrastrutture attuali, produce una diffusa irregolarità di pendenze sul piano, sino al raccordo con l'ampia valle incavata del Malina, nel suo percorso centro meridionale in sponda sinistra.

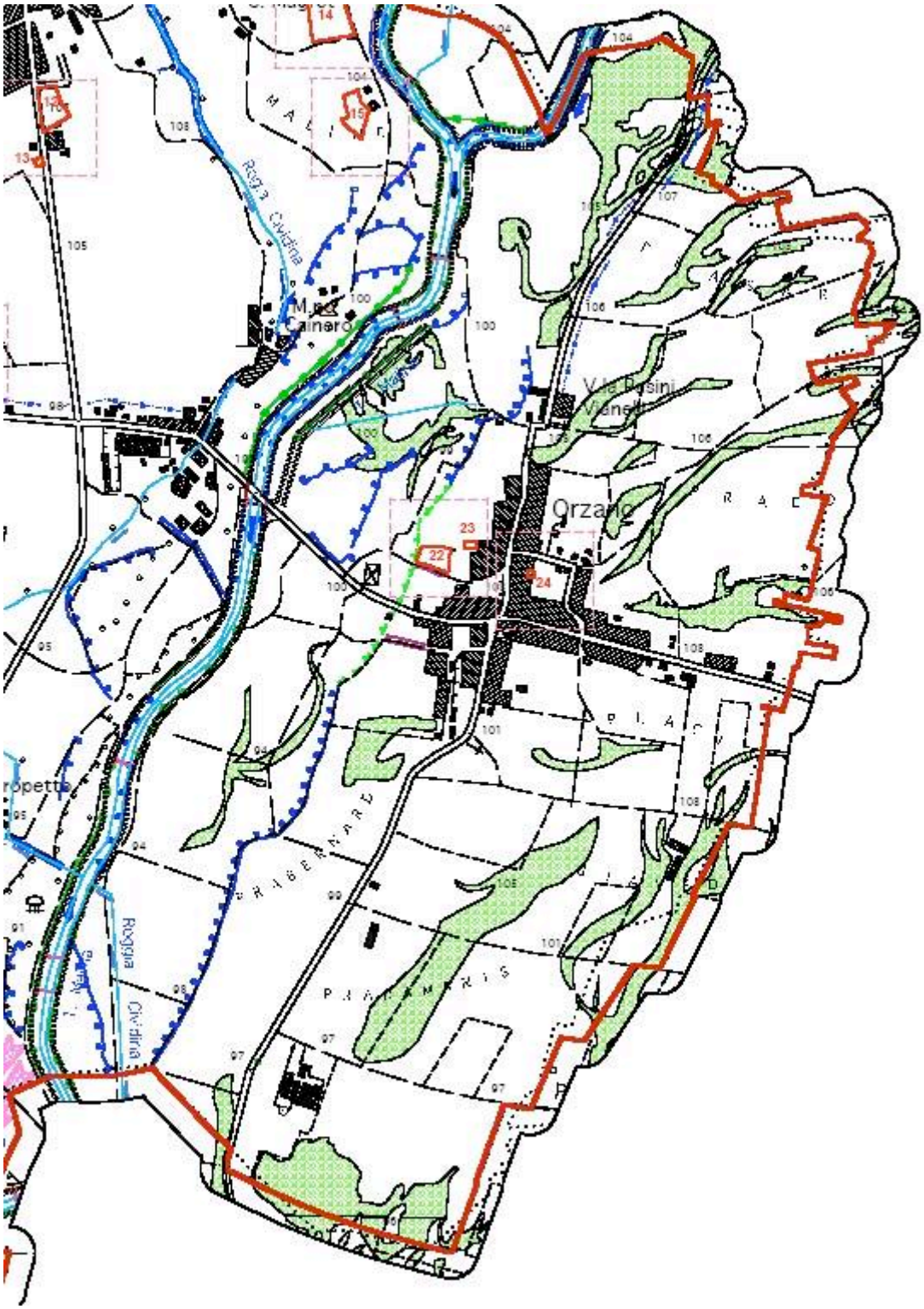


Fig. 3.2.3. Paleoalvei (in verde) del Natisone sul settore sud occidentale del comune.

Altri elementi di discontinuità, legati essenzialmente ad interventi antropici, emergono lungo la piana, soprattutto sul margine occidentale, a ridosso e all'interno dell'arginatura del Torre.
Ci si riferisce alle molteplici cavità, più o meno estese, alcune profonde oltre 10 m e con angolo di scarpa tra 45° e 60°, inizialmente impiegate per estrazione di ghiaia, ora in disuso o, successivamente utilizzate per discarica di inerti.

Fig. (a sinistra) e Foto (a destra) 3.2.4. Nel cerchio a sinistra, cava dismessa nell'area golenale del Torre, a sud della SS n. 54 (Foto a destra) e, nel cerchio a destra, cava appena disattivata, presso località Prati di San Martino.

Nello specifico, a partire dal confine comunale a nord, sul settore a ridosso del Torre, si susseguono cinque depressioni, di superficie variabile, quattro delle quali si collocano entro il cordone arginale esterno. Tutte le cave per estrazione e lavorazione d'inerti sono chiuse *(Fig.e Foto 3.2.4*), mentre rimane, con funzione di discarica d'inerti, quella prospiciente alle località Angorie e Foran..
Sono, nel complesso del territorio, entità abbastanza contenute, ma la loro localizzazione in area prevalentemente perialveale attribuisce una condizione di fragilità al delicato sistema idrografico del corso maggiore presente nel Comune e in particolare, nel tratto più meritevole di salvaguardia, ad ovest dell'abitato di Cerneglons, in prossimità di un'area paesaggistica - architettonica significativa *(Fig. 3.2.5).*

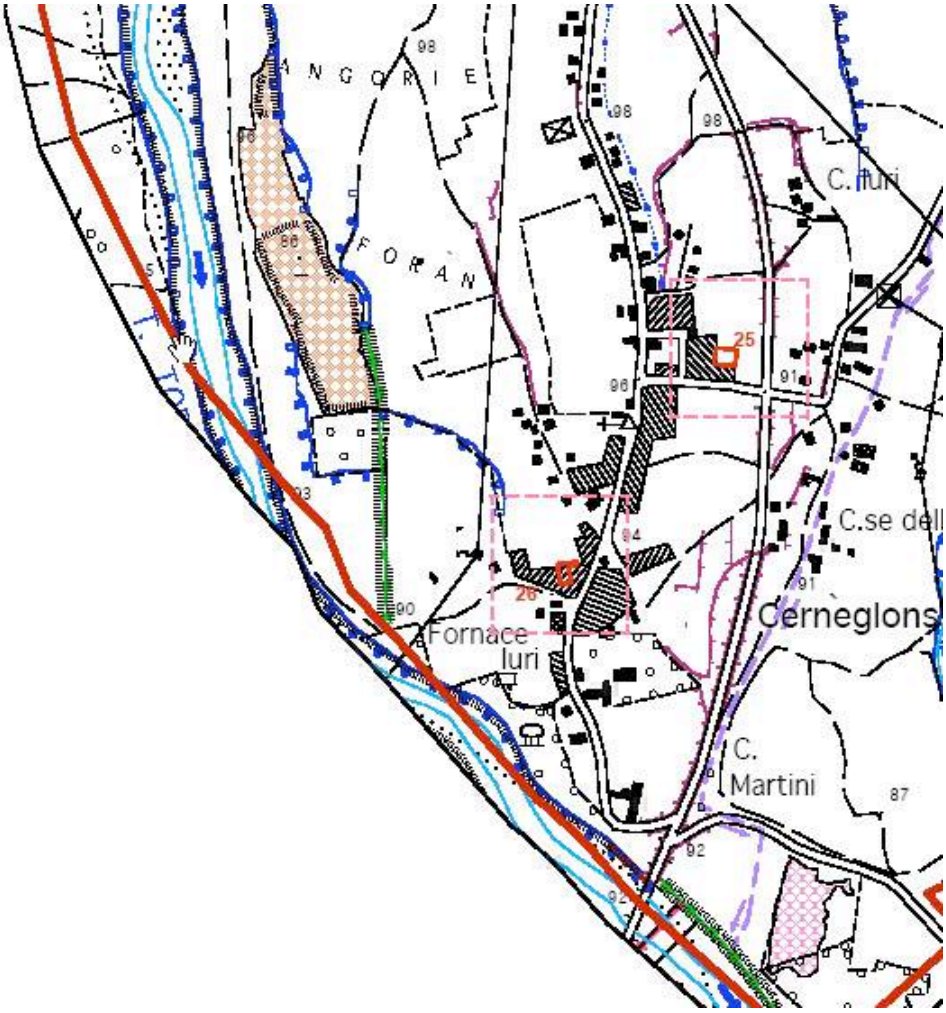


Fig.3.2.5. *Discarica in zona golenale del Torre, presso l'abitato di Cerneglons, in zona prossima ad area paesaggistica-architettonica significativa.*

Per le cave dismesse, sede di potenziali o reali fenomeni di dissesto, sarebbe auspicabile un ripristino o, quantomeno, rimanendo area degradata, un utilizzo per fini energetici, ad esempio con impianti fotovoltaici, che troppo spesso strappano all'uso agricolo suolo di alta qualità.

3.3. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

L'area comunale è solcata dal F. Torre che qui sviluppa il suo bacino di pianura, a partire dalla stretta di Zompitta. A monte di quest'ultima il bacino ha una estensione di 160 Kmq, entro i quali si snoda il percorso delle due aste principali del Torre e del Cornappo, entrambi sostenuti da vari tributari di differente entità. Il Torre, che ha origine nella valle dei Musi, è alimentato dalla ricca sorgente di Tanataviele, che apporta oltre 500l/s, mentre al Cornappo perviene il contributo di numerose sorgenti e venute carsiche della Bernadia. Il tracciato dell'alto corso si allunga entro una forra profondamente incisa ed incarsita, per circa 2 Km, dopodiché , il fiume riceve il T. Mea e, in destra orografica, il Vedronza. La valle alluvionale si allarga nei pressi di Tarcento, dove al collettore principale affluisce il Cornappo. Qui la superficie d'alveo è anastomizzata, con letti di magra minori intrecciati tra loro e talora separati da isole ricoperte dalle acque di piena. Allo sbocco in pianura, a valle di Zompitta, e quindi anche in corrispondenza del territorio comunale di Remanzacco, il fiume amplia ancora il suo alveo, mantenendone la caratteristica configurazione dei fiumi a fondo mobile, con canali di tipo *braided* e larghezza in genere superiore ai 500m, e, in qualche punto anche oltre un chilometro, ma perde la sua massa idrica per assorbimento, in periodo di magra, entro l'uniforme distesa di ghiaie della piana più o meno grossolane e ricoperte da uno scarso strato di terreno vegetale *(Foto 3.3.1).*

Foto 3.3.1. L'alveo del Torre poco a sud della SS54, in prossimità dell'area industriale di Remanzacco.

La discontinuità idraulica si ripete anche nel suo affluente principale, il T. Malina, che registra portate media, minima e massima rispettivamente di 7, 1,3 e 76,5 m3/s.

Foto 3.3.2. L'alveo del Malina sulla strada che porta da Remanzacco a Ziracco.

Il torrente nasce nella conca di Subit e drena, con un bacino complessivo di 160 Kmq, tutte le acque della zona collinare compresa tra il Natisone e il Cornappo. Il territorio comunale è inciso dal suo corso, lungo il settore centro orientale, in senso meridiano, con un tracciato meandreggiante, per lunghi tratti rettificato ed incanalato entro stretta arginatura *(Foto 3.3.2)*. Poco a sud del capoluogo, il Malina riceve le acque del Canale Grivò, proveniente dal settore nord orientale *(Foto 3.3.3)*.

Foto 3.3.3. Canale di Grivò a sud di Ziracco.

Quest'ultimo si forma in prossimità di Stremiz, dall'apporto di numerose sorgenti che sgorgano dai rilievi più orientali. Poco prima di immettersi nel territorio comunale accoglie, nella destra, il Rio Cernea, subito dopo, in sinistra, il R. Sgiava e, a valle di Ziracco, anche il contributo del Grivò di Campeglio. Unito al Chiarò, affluisce, infine, al Malina *(Foto 3.3.4).*

Foto 3.3.4.Punto di confluenza del Grivò (Ellero) al Malina..

L'abitato di Remanzacco è lambito anche dalla Roggia Cividina, che fa parte del sistema Roiale, regolato dal Consorzio Ledra-Tagliamento *(Foto 3.3.5).*

Foto 3.3.5. La roggia Cividina

Il sistema sfrutta, da oltre otto secoli, le acque del Torre, derivate per due terzi in favore delle rogge di Udine e per un terzo della Roggia Cividina, che percorre il territorio comunale, in sinistra Torre, a lato del Malina, nel quale, in parte, si disperde *(Fig. 3.3.6*). La Roggia Cividina attraversa, a nord, i Casali Battiferro di sopra, passa ad est del capoluogo, percorre i Casali Battiferro, ad ovest di Orzano, e, all'altezza dei Casali Propetto si divide in due rami: l'uno supera, attraverso un sifone, l'alveo del Torrente Malina, procedendo verso Buttrio, mentre l'altro, varcata la campagna ad est di Cerneglons, si immette nel greto del Malina.

Fig.3.3.6. Sistema Roiale.

Accanto al sistema naturale, l'ambito del Comune è solcato anche da una rete di canali artificiali irrigui per lo smaltimento delle acque meteoriche, gestiti dal Consorzio Poiana, che sovrintende il territorio mediante controllo e monitoraggio e l'esecuzione delle opere idrauliche della rete stressa.

ZONE DI ACCUMULO D'ACQUA

La discontinuità morfologica del territorio comunale, ma anche l'estesa impermeabilizzazione dei suoli legata all'espansione delle zone industriali e commerciali lungo la statale 54, nonché la sede viaria stessa che, tagliando in senso trasversale il territorio, funge da barriera al deflusso, favoriscono ampie superfici di ristagni idrici e fenomeni di rigurgito, in caso di eventi meteorici intensi o prolungati. Da questa situazione nasce la necessità di riconoscere le aree di potenziale accumulo idrico, avulse dai fenomeni esondativi prodotti dalla rete primaria, ma in qualche caso vincolanti nei confronti di una possibile urbanizzazione.

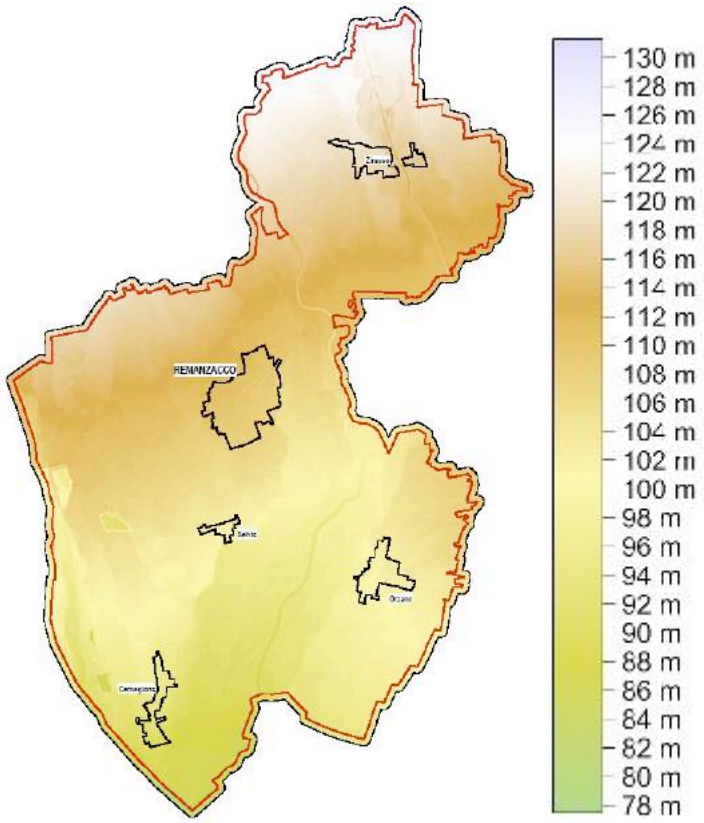


Fig. 3.3.7. Modello digitale del territorio.

Si è ricorso allora all'utilizzo dei dati laser-scanner forniti dall'Amministrazione Comunale, e serviti, mediante l'applicazione del software Surfer, al rilievo del modello digitale del terreno (DTM*) (Fig. 3.3.7 e TAV.3),* con una maglia di 2mx2m e di 5mx5m. I dati, implementati nel codice di calcolo Saga, hanno consentito di rilevare il reticolo drenante *(Fig. 3.3.8 e TAV.5),* le aree drenanti *(Fig.3.3.8)* e l'altezza del piano campagna *(Fig.3.3.8)* rispetto al reticolo drenante, per ottenere alla fine le zone di concentrazione d'acqua e quindi la tendenza di una cella a produrre ruscellamento per saturazione.

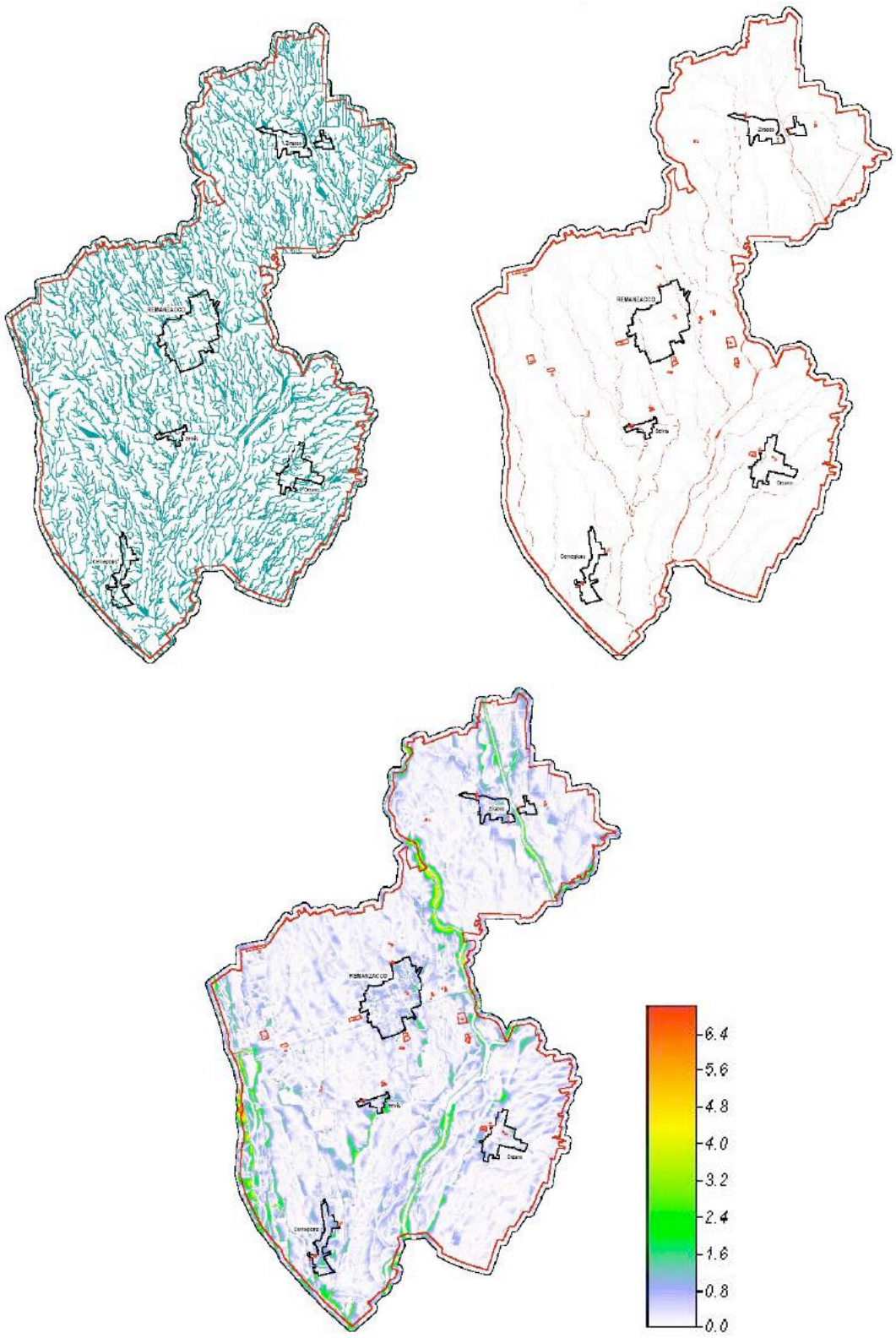


Fig. 3.3.8. Reticolo drenante (in alto a sinistra), aree drenanti (in alto a destra) pressoché coincidenti con i canali e altezza del piano campagna (in basso).

Le aree di accumulo più significative sono state digitalizzate e successivamente verificate mediante sopralluoghi e alla presenza dei tecnici del Consorzio Poiana *(TAV. 6 e TAV. 7).*

Com'era prevedibile la maggior parte di esse si accentra lungo la direttrice stradale-ferroviaria, passante per il capoluogo, e, per il resto va ad occupare le depressioni disseminate sul territorio, accentrandosi dove la rete scolante minuta si è modificata ed ha perso efficacia nel tempo *(Fig.3.3.9 e TAV.7). Nelle aree a scolo carente ricadono i punti 6,8, 11, 18 e parte del 7.*

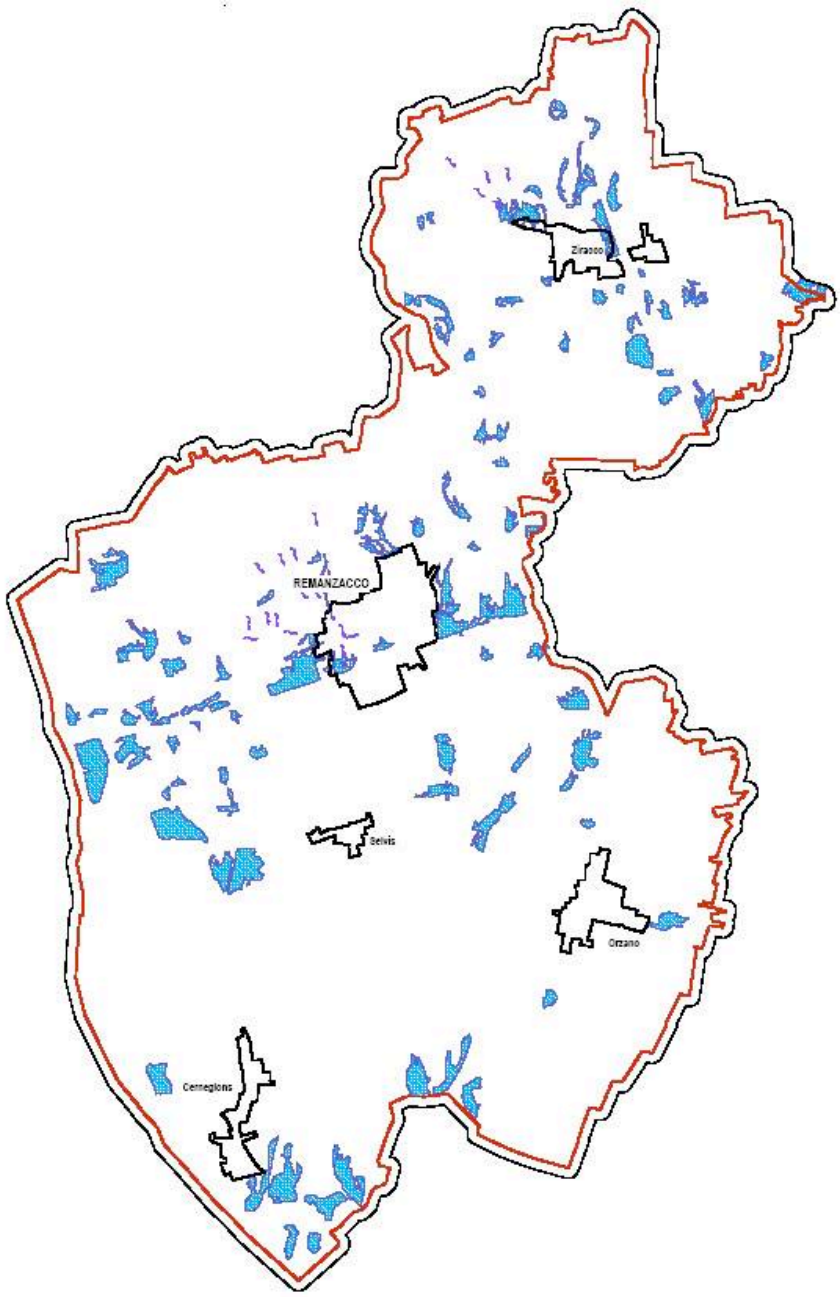


Fig. 3.3.9. Zone di accumulo d'acqua (in azzurro).

PERICOLOSITA' IDRAULICA

Alla rete idrografica sono legate superfici di pericolosità idraulica, individuate dal P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) condotto dall'Autorità di Bacino del Fiume Isonzo (*Fig.3.3.10 e TAV.15*).

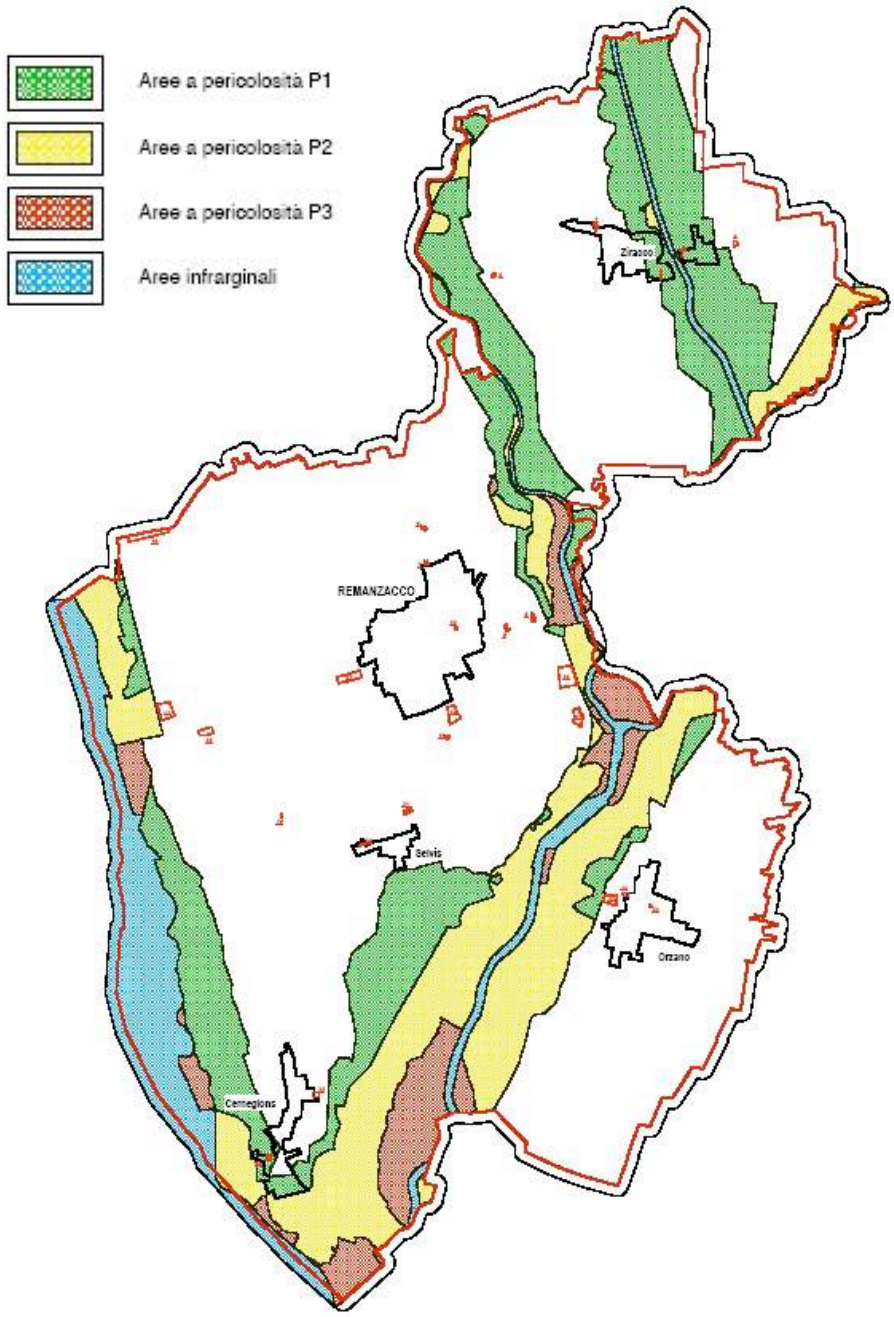


Fig. 3.3.10. Aree di pericolosità idraulica indicate dal PAI del bacino dell'Isonzo.

Il PAI individua tre fasce di pericolosità idraulica:

- pericolosità moderata (P1) *entro la quale ricadono i punti di variante n. 2, 4 e 26*
- pericolosità media (P2)
- pericolosità elevata (P3)
- Pericolosità molto elevata (P4), corrispondente alle aree infrarginali

3.4. I SUOLI

A titolo indicativo, per un confronto con la litologia di superficie, 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.

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. Il comune di Remanzacco rientra nelle unità cartografiche B2,B3,C3,C8,C11,E2,E3 ed E8 *(Fig.3.4.1 e TAV.9)* .

Le unità B2 e B3 si snodano in continuità l'una rispetto all'altra: la B2 al centro del territorio, nell'intorno del capoluogo, rappresenta una porzione prossimale del conoide del Torre, legato al sistema fluvioglaciale tilaventino, e la B3, all'esterno della fascia golenale, lungo il percorso del Torre, si ascrive ai terrazzi e porzioni distali dello stesso conoide. I suoli dell'unità B2 vanno da mediamente profondi a sottili, franchi ghiaiosi e molto ghiaiosi. I suoli dell'unità B3, più prossimi agli alvei, ma ancora antichi, sono franchi molto ghiaiosi.

L'unità C3 è costituita dalle superfici modali debolmente terrazzate del conoide alluvionale costruito dal sistema del Natisone durante il tardo Pleistocene e corrisponde a suoli franchi ghiaiosi moderatamente profondi.

L'unità C8 appartiene all'area di spaglio pedecollinare, il cui limite meridionale è determinato dall'incontro tra i conoidi di Torre e Natisone. I suoli vanno da franco limoso-argillosi moderatamente ben drenati a franco limosi, ben drenati *(Foto 3.4.2)*. L'unità C11 è una fascia disposta in senso meridiano, che ingloba l'abitato di Ziracco, all'interno della C8, e che si differenzia rispetto al territorio circostante per l'evidenza della paleoidrografia di tipo braided e per una colorazione più rossastra dei suoli in superficie. L'analisi delle quote da DTM indica una quota più elevata dell'unità rispetto ai territori posti ai margini, fattore che concorre nell'attribuire

a questo settore un maggior grado di pedogenesi. I suoli sono ancora franco-limosi da ben drenati a moderatamente ben drenati.

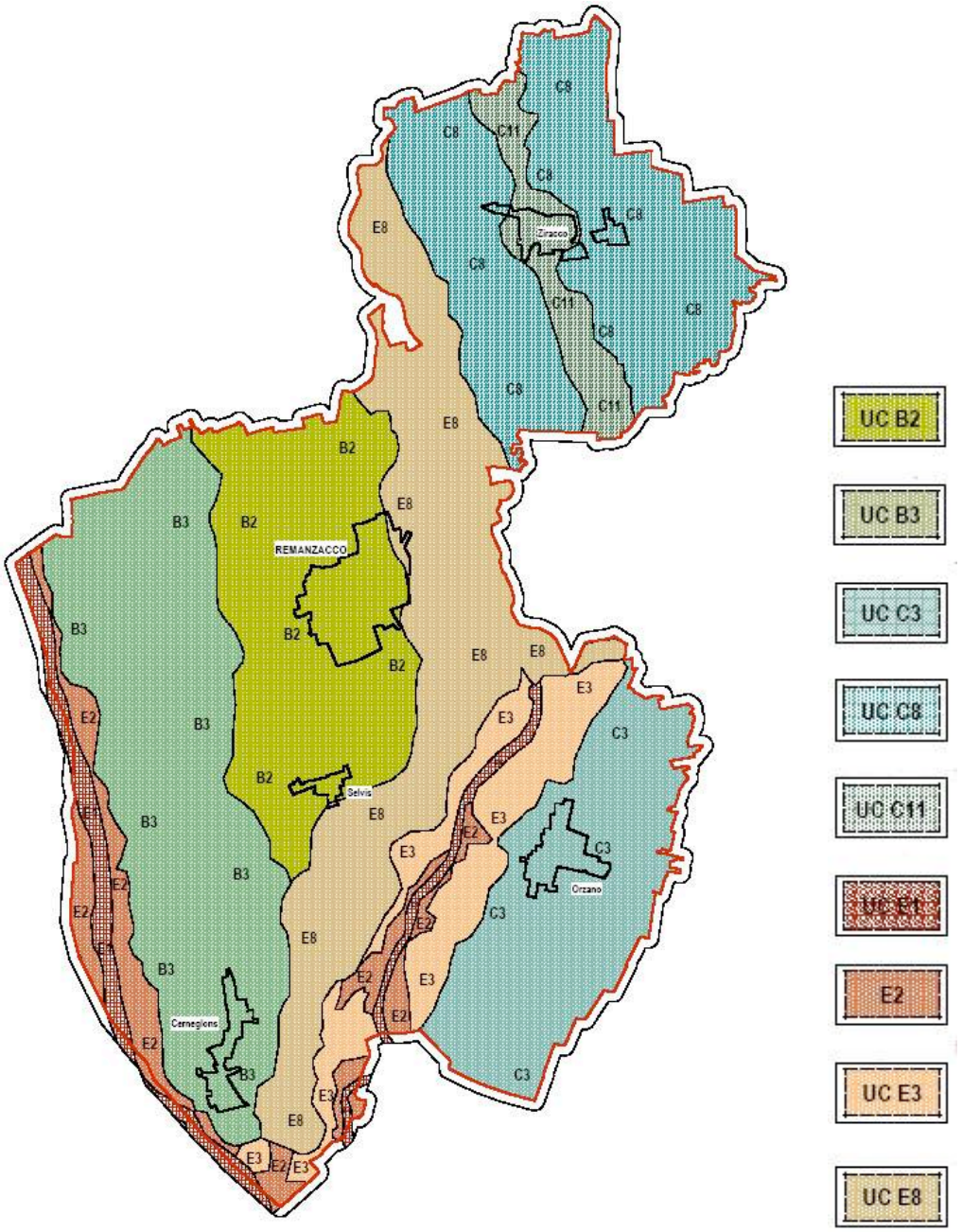


Fig.3.4.1. Carta dei suoli prodotta dall'ERSA.

Le unità E2 si inseriscono nelle aree golenali non coltivate del Torre e del Malina, in corrispondenza dei terrazzi colonizzati da vegetazione ripariale. A partire dal margine esterno di questi ultimi si estendono, sempre in area golenale, le unità E3, che occupano la porzione destinata ad uso agricolo e sono formati da un complesso di materiale granulometricamente eterogeneo: più ghiaioso a nord, via via più sabbioso a sud. I suoli vanno, quindi, da franco-ghiaioso sabbioso, sottili, a franco-limosi, moderatamente profondi. Parallelamente al percorso attuale del Malina, sulla sua sponda destra, si estende un antico alveo del Torre, che ha deposto materiali ghiaioso-sabbiosi successivamente rimaneggiati e variamente commisti ai prodotti derivanti dal disfacimento delle rocce marnoso-arenacee trasportate dal Malina. Ne deriva l'unità E8, composta da suoli franco-limosi e franco-sabbioso ghiaiosi sottili.

Foto 3.4.2. Suoli del'unità C8 franco limosi-argillosi moderatamente ben drenati.

3.5. LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Sul territorio comunale affiora una serie di depositi quaternari operati dalle correnti fluvioglaciali e successivamente rimaneggiati dai corsi d'acqua che hanno rideposto la piana superficiale *(Fig. 3.5.1 e TAV. 10).*

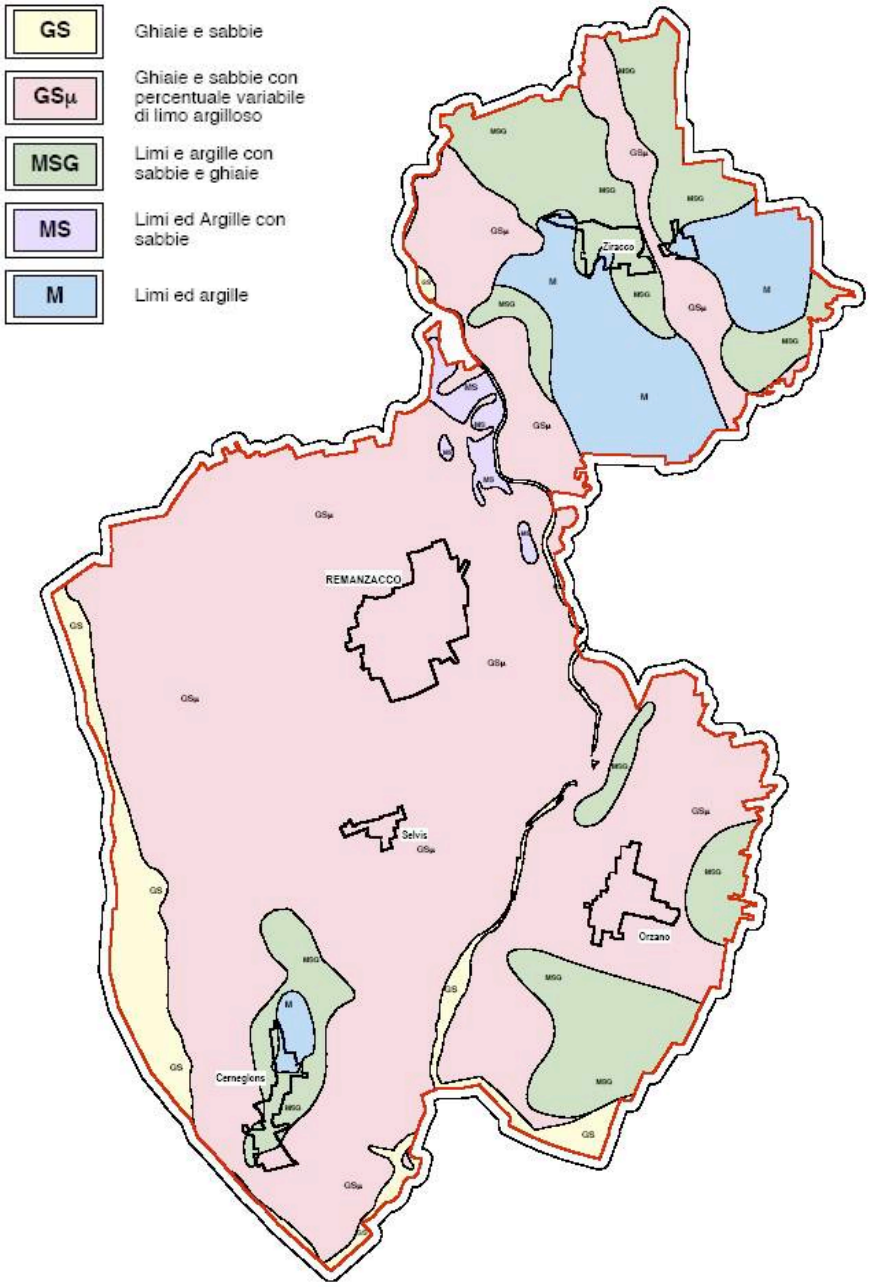


Fig. 3.5.1. Litologia di superficie.

GS: terreni ghiaioso sabbiosi in varia matrice di fine limoso argillosa

Sono i terreni più antichi, prevalentemente ghiaioso sabbiosi in più o meno abbondante matrice fine, occupano buona parte del territorio e, nel loro complesso rappresentano l'apparato sedimentario deposto nelle fasi pleni e cataglaciale dalle correnti del Torre, prima divaganti, poi, in fase erodente, via via incanalate entro i terrazzamenti e, successivamente rimaneggiate dalle piene di rotta più recenti, ancora ad opera del Torre e in subordine del Malina.

Il materiale è formato da clasti grossolani prevalentemente arrotondati, di varia pezzatura, sempre associati a sabbia, carbonatici, di natura calcarea, in parte dolomitica, con strato terroso di alterazione superficiale più o meno marcato *(Foto 3.5.2).*

Foto 3.5.2. Terreni ghiaioso sabbiosi in varia matrice limoso argillosa, in prossimità del capoluogo.

GS: Terreni essenzialmente ghiaioso sabbiosi

Sempre di natura calcarea e più o meno con le stesse caratteristiche granulometriche, ma con una minor percentuale di fine, appaiono i depositi alluvionali più recenti, associati al corso del Torre e contenuti grosso modo entro la linea di percorrenza dei terrazzi in sponda sinistra. Il deposito è eterometrico, a pezzatura dominante grossolana (*Foto 3.5.3.).*

Foto 3.5.3. Terreni ghiaioso sabbiosi in fascia golenale del Torre.

MSG: terreni limoso sabbiosi commisti a ghiaia

Il complesso alluvionale, che si estende prevalentemente nella fascia orientale del territorio, deve la sua origine alle correnti dei corsi minori che hanno abbandonato sul piano il prodotto di alterazione degli affioramenti marnoso arenacei provenienti dagli attigui rilevi eocenici del settore collinare. Seguono il percorso del Grivò, su entrambe le sponde, e riappaiono sul settore meridionale, in sponda destra del Malina e nell'intorno dell'abitato di Cerneglons *(Foto 3.5.4).* I depositi sono ancora ghiaioso sabbiosi, ma ricoperti da abbondante frazione limosa.

Foto.3.5.4. Terreni limoso sabbiosi commisti a ghiaia in prossimità di Cerneglons.

M: terreni prevalentemente limosi privi di frazione grossolana

Si associano alla facies limoso sabbiosa con ghiaia e si accentrano in due grosse plaghe a sud di Ziracco e in un nucleo più modesto nell'intorno dell'abitato di Cerneglons. Rappresentano i prodotti di deposito delle correnti di torbida che hanno trascinato a valle il materiale più fine eroso dai rilievi eocenici. L'abitato stesso di Ziracco poggia su un potente livello di fine, messo in luce da sondaggi operati dall'Università di Trieste.

Foto. 3.5.5. Terreni limosi a sud di Ziracco.

MS: terreni prevalentemente limoso –argillosi e sabbiosi

Sono localizzati in una plaga a nord di Remanzacco, frutto di deposizione del Torrente Malina e probabilmente rimaneggiati dal Torre. Le sabbie si accompagnano a presenza importante di limi e argille (*Foto 3.5.6).*

Foto. 3.5.6. Terreni limoso-argillosi e sabbiosi in prossimità di Casali Battiferro.

3.6. RILIEVO DEI POZZI CENSITI DALLA RFVG E SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

Per la ricostruzione dei profili litostratigrafici del territorio, si sono riportati i pozzi censiti dalla Regione Friuli Venezia Giulia nella *TAV. 11* e in *Fig.3.6.1* . Alcuni di essi sono serviti alla elaborazione di due sezioni litostratigrafiche, una in senso N-S ed una in senso E-W *(TAV.12)*

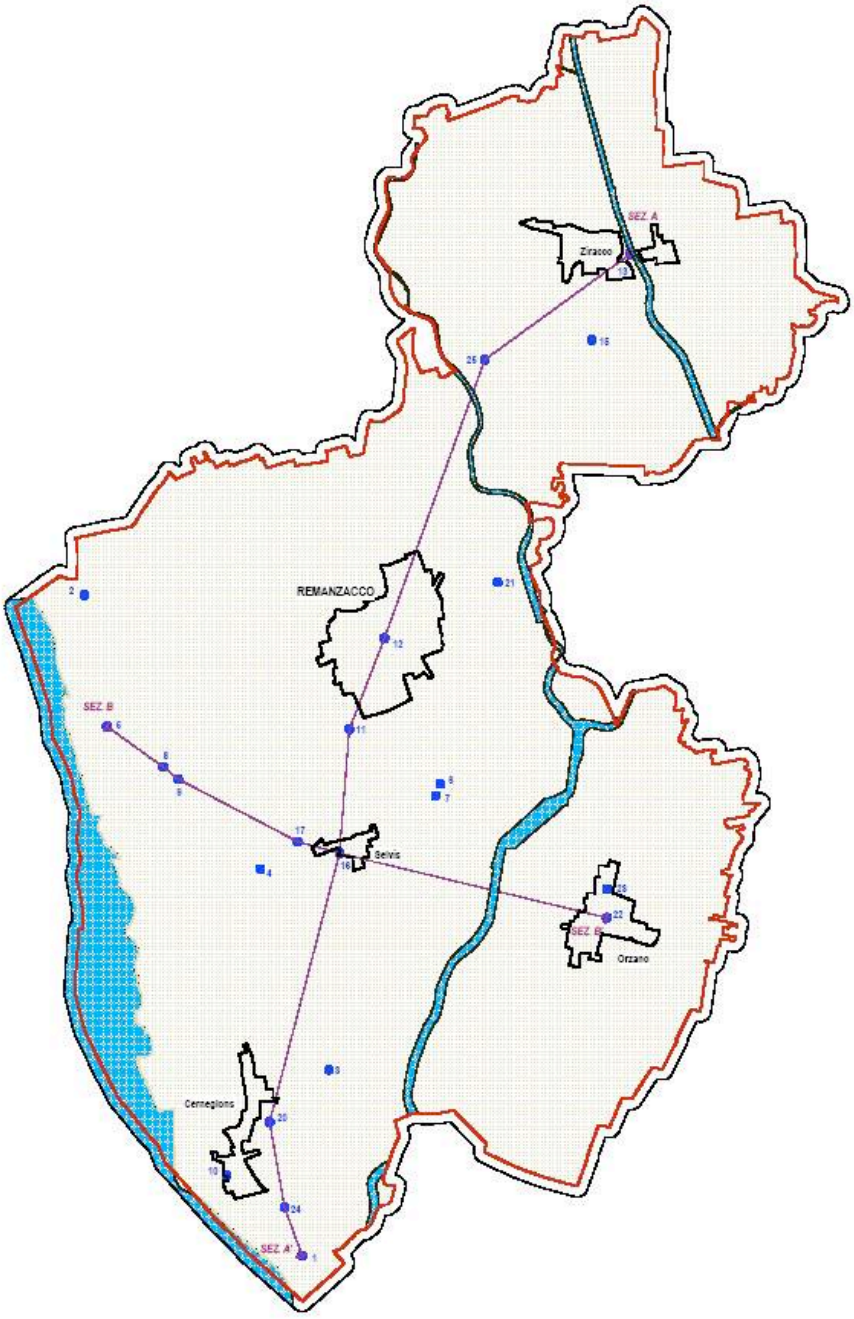


Fig.3.6.1. Ubicazione dei pozzi censiti dalla RFVG e traccia delle sezioni litostratigrafiche.

3.7. IDROLOGIA SOTTERRANEA

Il territorio appartiene al lembo dell'alta pianura compreso fra il Torre ed i colli arenacei del Friuli Orientale che si innestano al di sotto del manto alluvionale di superficie. In seno a questo, a profondità variabili, si estendono alcuni livelli di ghiaie più o meno cementate e conglomerati, a partire dai 10-30 m dalla superficie (Mosetti,1983), interposti entro i depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi del Torre ed estesi in modo discontinuo anche in senso areale. La differente conducibilità idraulica fra orizzonti più o meno cementati e la diversa giacitura dei depositi dovrebbero produrre un sistema idrico multistrato, con probabile presenza di acquiferi sospesi, ma, secondo i rilievi condotti dall'Università degli studi di Trieste – DiGeo *(Risorse idriche sotterranee del FVG:sostenibilità dell'attuale utilizzo, 2011)* in questi ultimi decenni si è verificato un continuo abbassamento del livello freatimetrico, per cui l'idrografia sotterranea risulta prevalentemente condizionata dal tetto della formazione prequaternaria che rappresenta quindi il basamento dell'acquifero. La tavola d'acqua fluisce da NE verso SW, alimentata dalle perdite in sub alveo del Torre, del Malina e degli innumerevoli rii che provengono dai rilievi nord orientali. Nonostante l'abbondanza dei tributi idrici della zona collinare lo spessore del materasso alluvionale permeabile è tale da assorbire totalmente la massa idrica, lasciando pressoché secco il materiale ghiaioso degli strati superficiali.

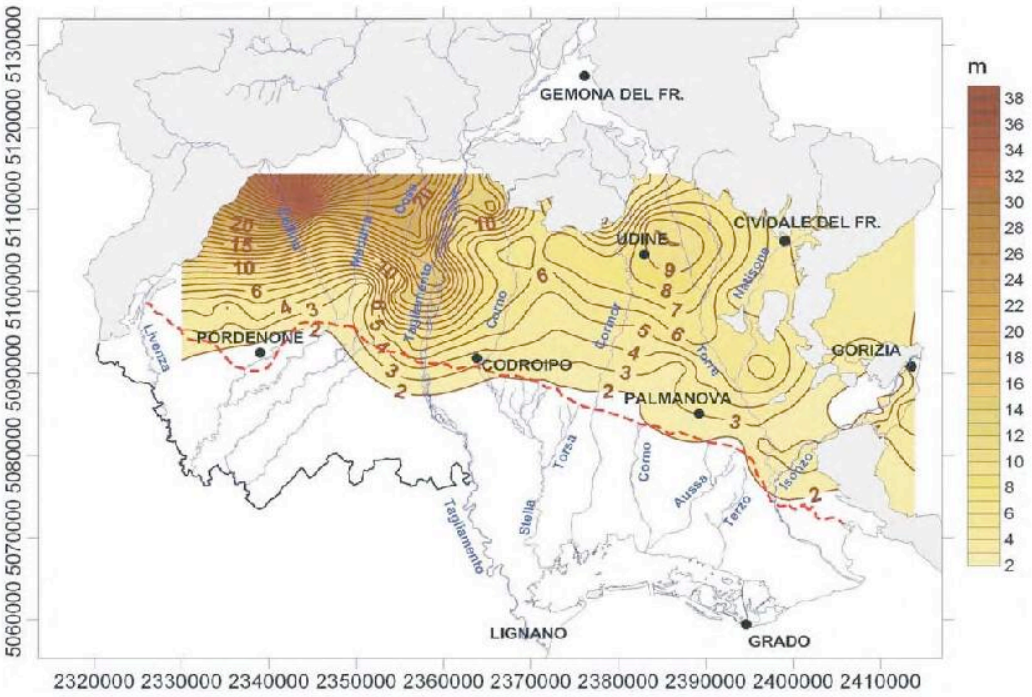


Fig.3.7.1. Escursione freatimetrica media annua degli acquiferi (Martelli G. e Granati C.,2010).

Secondo le indicazioni di misura dei pozzi distribuiti sul territorio comunale, il livello freatico raggiunge profondità comprese fra 44 e 60 mslm, in periodo di magra, e profondità comprese fra 72 e 98 mslm, in periodo di massima piena *(Figg. 3.7.2 e 3.7.3).* L'escursione freatimetrica media annua si attesta nell'intorno di 9 m *(Fig.3.7.1)*

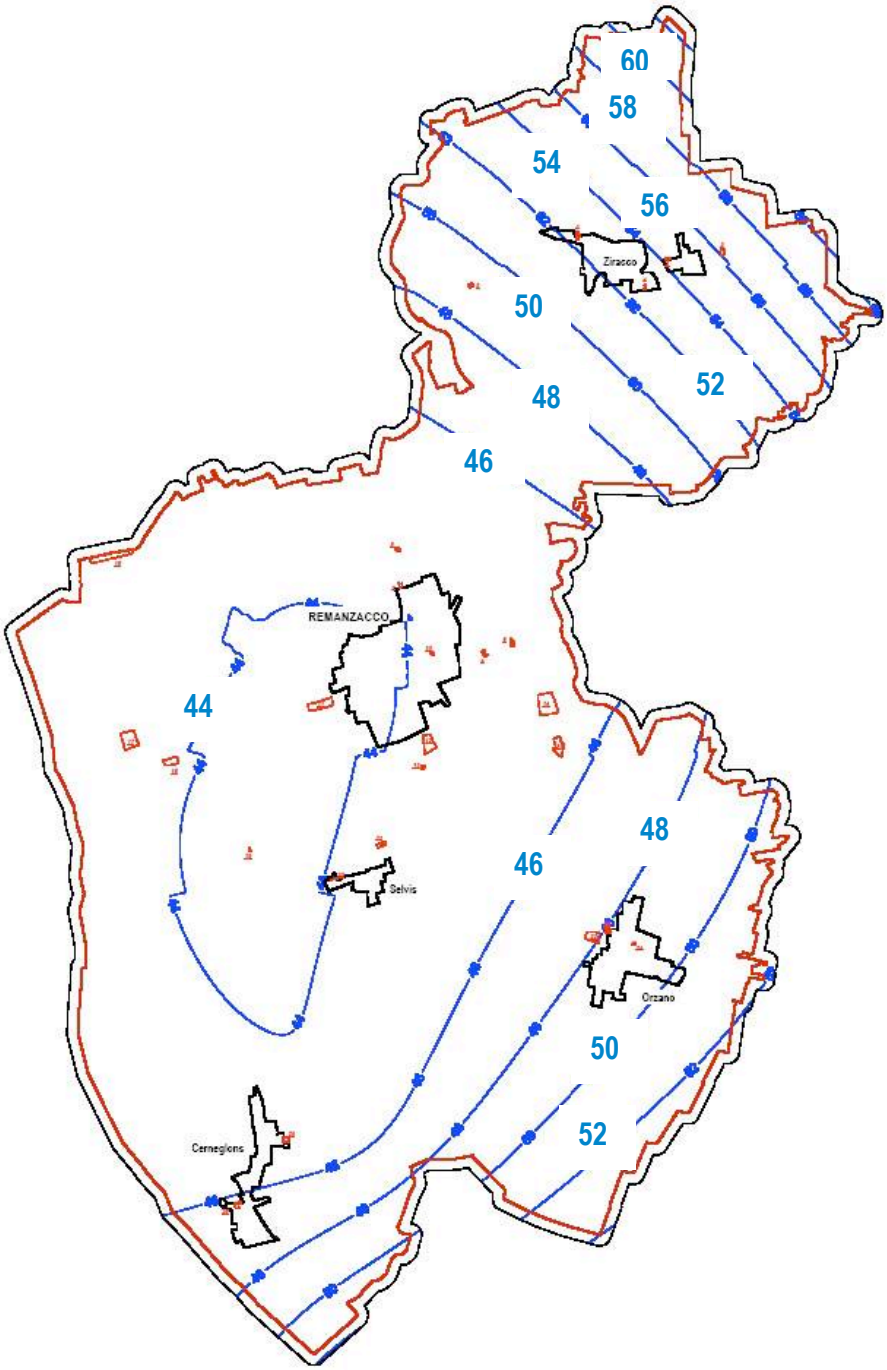


Fig.3.7.2. Isofreatiche in periodo di magra.

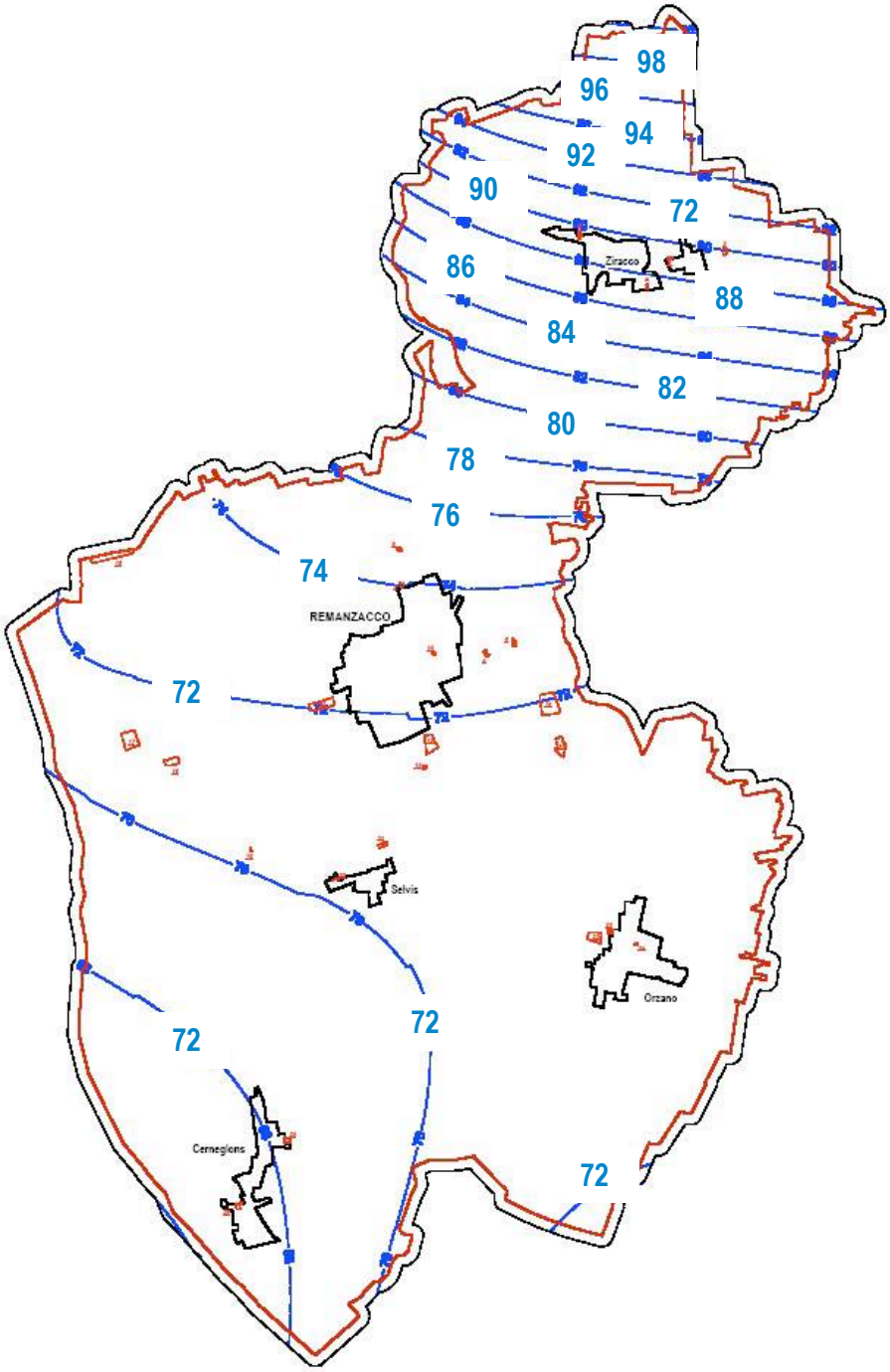


Fig. 3.7.3. Isofreatiche in periodo di massima piena.

Le caratteristiche chimiche delle acque di falda sono impresse dal Torre, che apporta una maggior percentuale di magnesio rispetto al Cornappo e una concentrazione di solfati minore di quella apportata dal Tagliamento (*Fig.3.7.4)*.

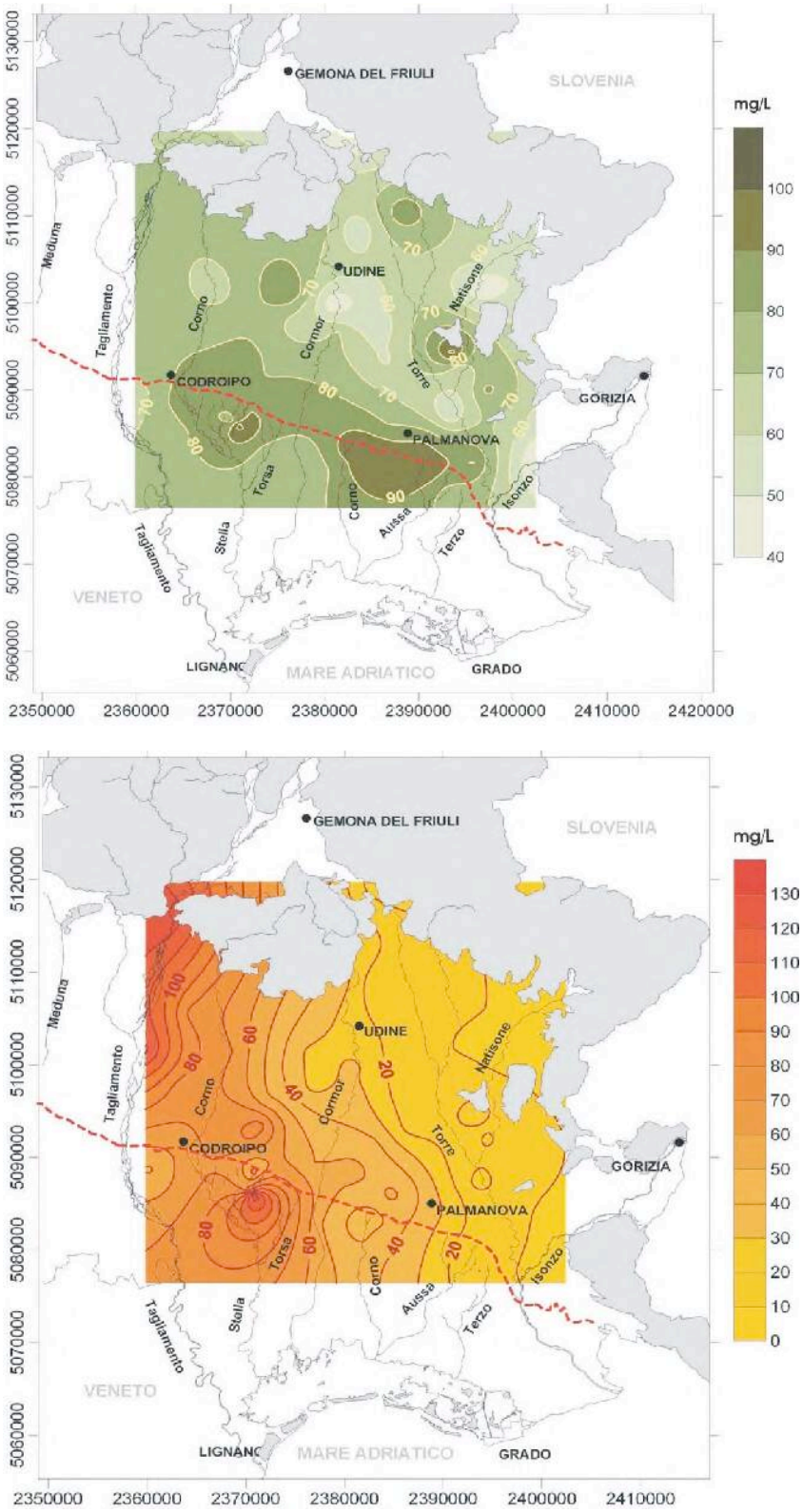


Fig.3.7.4. Distribuzione del calcio (sopra) e dei solfati (sotto) nelle acque sotterranee dell'Alta pianura friulana (Da "Quadro idrogeologico generale della Pianura alluvionale friulana sulla base di indagini quantitative e qualitative pluriannuali" Martelli G. e Granati C. –Memo. Descr.Carta Geol. d'It.(XC(2010), pp.181-208,figg26,tabb.3)).

4. INDAGINI ESEGUITE

L'analisi prospezionale del territorio, guidata nelle sue linee essenziali dalle acquisizioni desunte in sede di rilievo speditivo, comprende una serie di indagini distribuite su tutto il territorio per ricavare un quadro esauriente della situazione geomeccanica generale, attraverso il confronto e il collegamento fra i diversi punti di osservazione, in modo da valutare il grado complessivo di omogeneità dei terreni.

Naturalmente i dati geotecnici forniti dalle prove sono indicativi, anche se le indagini sono eseguite grosso modo in corrispondenza dei punti variante, e valgono per un inquadramento generale, mentre per il loro utilizzo, nel singolo intervento, devono essere opportunamente completati con rilievi più dettagliati e approfonditi nel substrato interagente con le opere fondazionali.

Per il rilievo stratigrafico del substrato e la caratterizzazione sismica del territorio ci si avvale di 7 prove penetrometriche (CPT), 26 prove sismiche a rifrazione e 26 prove sismiche di tipo MASW, (queste ultime per la classificazione dei suoli di fondazione, secondo le norme NTC), 27 microtremori e 5 tomografie elettriche.

a. INDAGINI SISMICHE

L'apparecchiatura usata per le indagini sismiche è costruita dalla ditta MAE di Frosolone (IS) ed è un sismografo a 24 canali (24 geofoni) tipo Sysmatrack (Fig.4.1) che può eseguire indagini di prospezione sismica a rifrazione, riflessione, down-hole e MASW.

Fig.4.1. Strumentazione MAE.

Metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Si è condotta una campagna di indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) con realizzazione di 26 stendimenti sismici, in corrispondenza di altrettante prove sismiche a rifrazione, effettuati con strumentazione con risoluzione pari a 24 bit e 24 canali.*(Fig.4.2).*

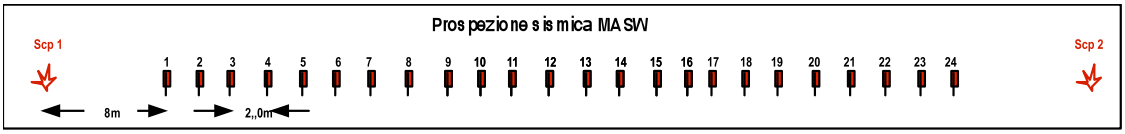


Fig. 4.2. Schema dell'estendimento sismico. Scp1,2 = scoppio ; P =passo, distanza tra i geofoni; 1,2,3…. Geofoni, con l'impiego di 24 geofoni.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software SurfSeis 3 (del Kansas Geological Survey).

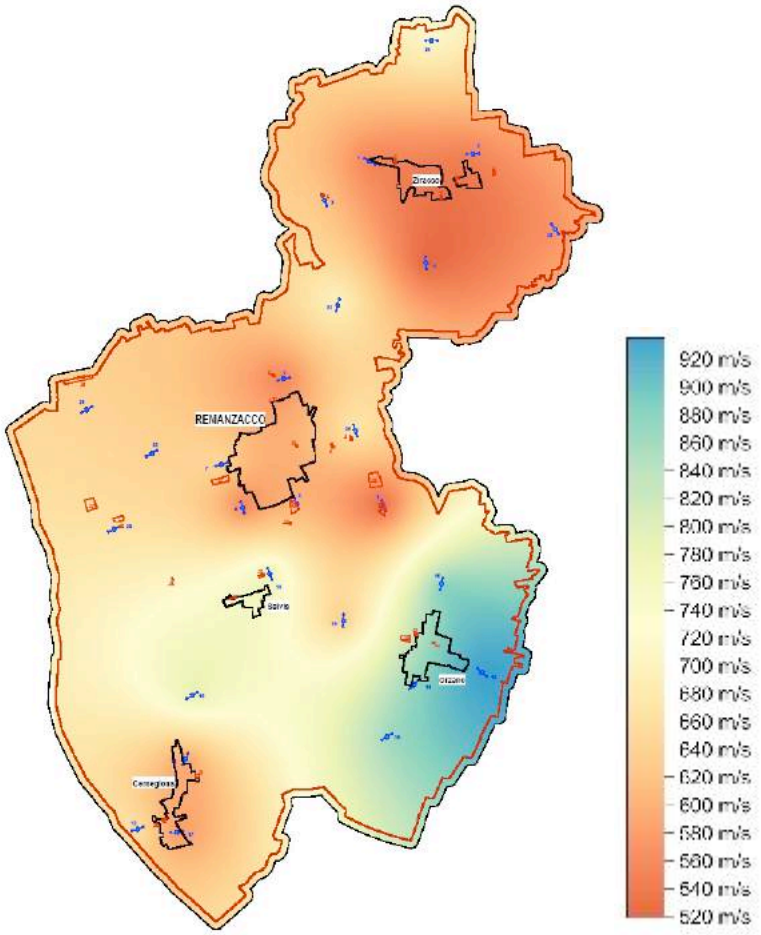


Fig.4.3. Carta delle velocità delle onde S nei primi 30 m.

La contour map del valore delle V_{S30} ha evidenziato in sponda sinistra del torrente Malina un massimo legato, alla presenza di strati di ghiaie cementate o conglomerato a quote relativamente profonde (*Fig. 4.3 e TAV.23*). Le categorie di suolo individuate sono la B e la S2.

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 Vs,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).

S2- Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il suolo di tipo S2, che risulta predominante sul territorio comunale, rappresenta un caso piuttosto frequente di terreno con valori di V_{S30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (categoria B) ma con substrato sismico (V_S > 800 m/s) posto a profondità inferiore a 30 metri, ovvero terreni con V_{S30} superiore a 800 m/s, ma con substrato sismico posto a profondità superiore a 3 metri tali cioè da risultare appartenenti alla categoria sismica S2 anche se non si tratta di suoli suscettibili di liquefazione, né ascrivibili ad argille sensitive *(Fig. 4.4)*. Queste distribuzioni di valori di V_S richiedono predisposizioni specifiche di analisi per la definizione delle azioni sismiche, commisurate alla tipologia di opera da realizzare .

La categoria di suolo B è comunque stata individuata nei pressi dell'abitato di Remanzacco ed anche in una fascia che si estende in corrispondenza dell'abitato di Ziracco e in sponda destra del torrente Malina, a sud del paese.

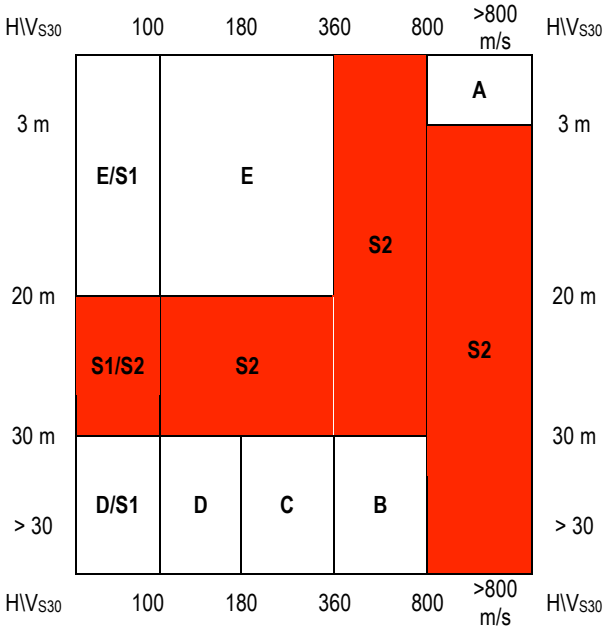


Fig.4.4. Categorie sismiche (NTC 2008).

Sismiche a rifrazione

Al fine invece di caratterizzare i terreni superficiali e sub superficiali, in corrispondenza degli stessi punti di indagine MASW, sono state realizzate anche le acquisizioni sismiche con la tecnica della rifrazione *(Foto 4.4).*

La prova consiste nella misura diretta della velocità di propagazione delle onde sismiche, attraverso la produzione in superficie di sollecitazioni dinamiche e la registrazione delle vibrazioni lungo una linea sismica.
Nel nostro caso le sollecitazioni sono state prodotte in senso verticale al fine di acquisire nei 24 geofoni utilizzati le onde di tipo P, per qualificare i terreni superficiali e sub superficiali.
Tale indagine,infatti, 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.
Per elaborare i dati acquisiti è stato utilizzato l'algoritmo di Palmer, una metodologia di interpretazione chiamata metodo reciproco generalizzato (G.R.M.), che consente l'utilizzo della sismica a rifrazione anche in presenza di situazioni complesse del sottosuolo quando cioè cadono i presupposti teorici che fondano i metodi tradizionali.
Il metodo G.R.M. utilizza sia gli arrivi diretti che quelli reverse. I tempi di arrivo ai due geofoni, separati da quella che è definita distanza XY, vengono usati nell'analisi di velocità e nel calcolo della sezione tempo-profondità.

Foto.4.4. Sismica a rifrazione nei pressi di Ziracco.

Scopo di queste indagini è di ricavare i tipi litologici del sottosuolo, differenziandoli in base alla velocità delle onde elastiche. Il valore della velocità, a sua volta, dipende dalle caratteristiche meccaniche, in particolare essenzialmente dai moduli elastici e dalla densità.
I sondaggi sismici sono stati eseguiti con passo di 2 m e 2,5 m, e le sorgenti impulsive (scoppi) sono state poste alle estremità e al centro dello stendimento (Fig. 4.5).

Fig. 4.5.Schema dell'estendimento sismico. Scp1,2,3…= scoppio ; P =passo, distanza tra i geofoni; 1,2,3…. Geofoni. In alto con l'impiego di 16 geofoni, sotto con quello da 24 geofoni.

L'analisi dei risultati riconosce al massimo 2 interfacce il cui andamento spaziale è descritto con delle contour maps che individuano velocità del 1° strato *(Fig.4.6 e TAV.20),* velocità del 2° strato *(TAV.21)* e velocità del 3° e ultimo strato (*TAV.22*). Tutte e tre le mappe ricalcano, pressappoco, l'andamento della distribuzione del valore di V_{S30}, mentre i valori delle velocità delle onde P del primo strato sono, in alcuni casi, abbastanza basse, indicative di un basso addensamento dei depositi (zona di Ziracco e Cerneglons), la velocità del 2° corrisponde a terreni dalle buone caratteristiche meccaniche, mentre il terzo strato (dove individuato) risalta in sponda sinistra del Malina la presenza di velocità tipiche delle ghiaie cementate e dei conglomerati (V_P > 1900 m/s).

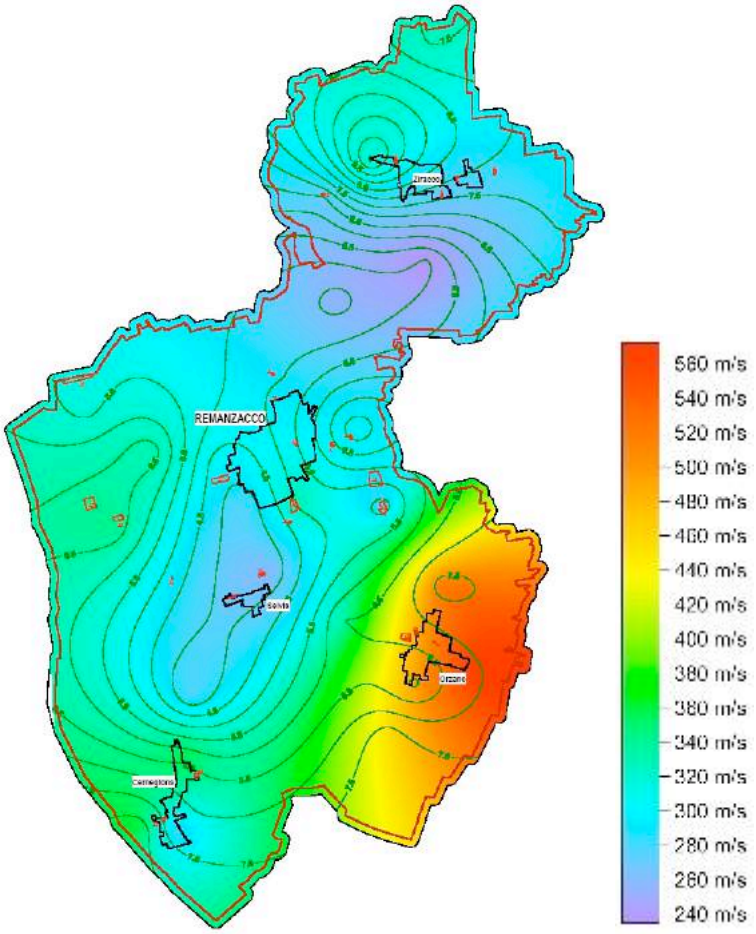


Fig.4.6. Mappa della velocità delle onde P nel primo strato.

b. MICROTREMORI

Oltre alle indagini sismiche sono state eseguite anche altre indagini di tipo geofisico, in particolare indagini con i microtremori.

I metodi di microzonazione basati sull'uso dei microtremori, ovvero vibrazioni ambientali a basso contenuto energetico indotte nel terreno da cause naturali (vento, fenomeni geotermici, attività sismica di bassissimo livello, ecc.) o artificiali (traffico, attività industriali, ecc.), consentono di valutare la frequenza (o periodo) fondamentale di risonanza dei terreni attraversati e fornire una stima indicativa di fenomeni di amplificazione. Tale stima risulta di grande importanza se si considera che sotto l'azione di un sisma sia un edificio che il terreno di fondazione si comportano come sistemi oscillanti con il loro periodo proprio e di conseguenza i danni più severi si verificano quando, una struttura presenta modi di vibrazione prossimi alle frequenze proprie dei terreni.

In virtù dei fatti accennati si capisce quindi l'importanza d'individuare il periodo proprio di risonanza dello strato di terreno superficiale di una determinata area. Tale obiettivo può essere raggiunto utilizzando il metodo di Nakamura che, tra i metodi basati sull'uso dei microtremori, rappresenta lo strumento più adeguato (essendo anche economico, semplice e speditivo), fornendo risultati che offrono il miglior accordo con le stime di risposta sismica locale (RSL) ricavate da registrazione sismiche.

Anche questa metodologia è stata applicata al sito in esame attraverso l'utilizzo del digitalizzatore SR04C3 della SARA Electronic Instrument., che ha consentito di individuare il periodo di risonanza del terreno e valutare il fattore di amplificazione (Fig. 4.7).

Fig.4.7. Il digitalizzatore SR04C3 della SARA Electronic Instrument.

Aspetti teorici del metodo

La tecnica di analisi dei microtremori chiamata "tecnica di Nakamura" si basa sulle seguenti ipotesi:

1) le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;

2) le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base;

3) la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale.

Sotto queste ipotesi, nel dominio della frequenza, 4 sono gli spettri coinvolti: le componenti orizzontali (Hs) e verticali (Vs) del moto in superficie e le corrispondenti componenti alla base dello strato (Hb, Vb) (Fig.4.8).

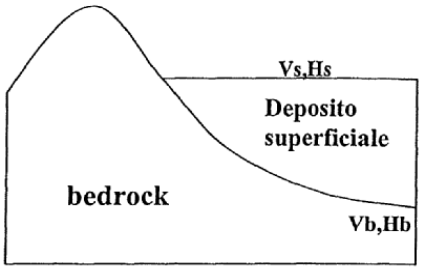


Fig. 4.8

Sulla base di risultati empirici, teorici e numerici è stato dimostrato che i massimi della funzione H/V consentono di individuare correttamente la frequenza (ovvero il suo reciproco, il periodo) fondamentale di risonanza per le onde S relativa allo strato di terreno soffice superficiale al di sopra del bedrock.

Secondo Nakamura il rapporto spettrale $R_v(\omega)$ fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base, dipende esclusivamente dalla sorgente del microtremore; l'effetto di tale sorgente $A_s(\omega)$, nel dominio della frequenza ω, può essere quindi essere quantitativamente stimato mediante la formula:

$$R_v(\omega) = \frac{V_s(\omega)}{V_b(\omega)} = A_s(\omega)$$

dove $Vs(\omega)$ e $Vb(\omega)$ rappresentano rispettivamente l'ampiezza dello spettro della componente verticale del moto in superficie ed alla base. Al contrario il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (Hs) e alla base dello strato (Hb), contiene, oltre che il termine di sorgente, anche il termine di amplificazione di sito in superficie $S_s(\omega)$ e può essere espresso nel seguente modo:

$$R_h(\omega) = \frac{H_s(\omega)}{H_b(\omega)} = A_s(\omega) \cdot S_s(\omega)$$

per rimuovere dai segnali l'effetto di sorgente, Nakamura propone di dividere i due rapporti R fra loro, ottenendo così la seguente espressione per la funzione di trasferimento di sito:

$$\frac{R_h}{R_v} = S_s = \frac{H_s}{H_b} \cdot \frac{V_b}{V_s}$$

Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè:

$$\frac{V_b}{H_b} = 1$$

la funzione di trasferimento del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo:

$$S_s = \frac{H_s}{V_s}$$

L'ipotesi che il rapporto V_b/H_b sia uguale ad I è stata verificata sperimentalmente dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo.
Sulla base di risultati empirici, teorici e numerici è stato dimostrato che i massimi della funzione H/V consentono di individuare correttamente la frequenza (ovvero il suo reciproco, il periodo) fondamentale di risonanza per le onde S relativa allo strato di terreno soffice superficiale al di sopra del bedrock.
Tutte le registrazioni dei microtremori presentate in questo studio sono state effettuate con il digitalizzatori SR04C3 della SARA Electronic Instrument (vedi allegato).

Analisi dei dati
Al fine di valutare eventuali fenomeni di risonanza con dei terreni con le strutture in progetto la stazione HVSR è stata elaborata e interpretata.
L'acquisizione è stata effettuata in campo libero con intervallo di campionamento pari a 200 Hz e lunghezza di registrazione di 15 minuti.
Le elaborazioni sono state eseguite con il software open-source Geopsy (by Marc Wathelet) (Fig. 4.9). In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo t, e digitalizzato.
Il software, per ciascuna delle 3 componenti del moto:

1. *divide il tracciato acquisito nelle N finestre più stazionarie di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 30 s), la stazionarietà e calcolata attraverso l'algoritmo STA/LTA (Vedi allegato),*
2. *calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,*
3. *calcola la media degli spettri di ampiezza orizzontali per ciascuna finestra,*
4. *calcola il rapporto fra gli spettri orizzontali e verticali H/V per ciascuna finestra;*
5. *calcola il rapporto spettrale H/V medio.*

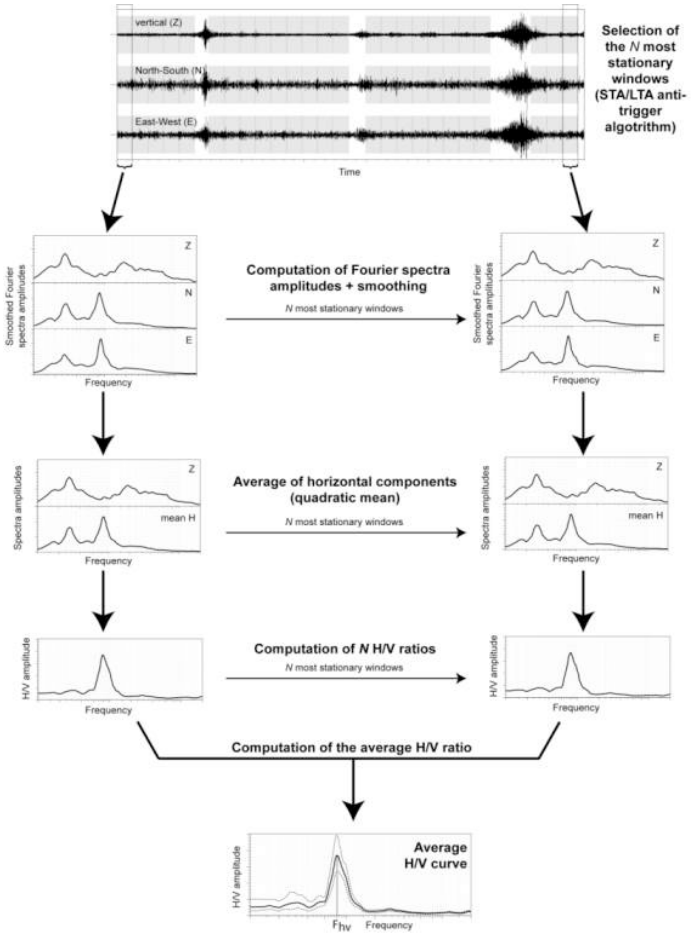


Fig. 4.9. Sequenza di elaborazione.

Dalla contour map del rapporto H/V (*TAV. 19*) si vede allora che sono possibili amplificazioni superiori a quelle previste dalla normativa, nella zona compresa fra gli abitati di Ziracco e Moimacco e in corrispondenza della zona industriale sorta lungo la provinciale che porta a Salt.
Le frequenze dei picchi che le generano (*TAV.18)* sono comprese tra 3 e 4 Hz e, pertanto, rientrano in un range di interesse ingegneristico. In tali zone, in caso di costruzione di infrastrutture, andrà attentamente valutata la risposta sismica locale ed, eventualmente, aumentato il valore dell'amplificazione sismica.

c. TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Le 5 tomografie condotte sul territorio *(vedi Allegato*) sono servite di supporto agli altri metodi geofisici di investigazione del sottosuolo, fornendo un maggiore dettaglio di informazioni nell'ambito dei primi 5-6 m del substrato.

La tomografia dipolare è una delle tecniche geoelettriche di recente sviluppo che permette di determinare contemporaneamente sia le variazioni verticali di resistività (come nel caso dei SEV), che quelle laterali (come nel caso dei profili di resistività). In altre parole, la tecnica geoelettrica della tomografia permette di ottenere un'immagine estremamente dettagliata della distribuzione areale dei valori di resistività elettrica sulla sezione verticale di sottosuolo passante per il profilo di misura considerato. Il grande vantaggio di questa tecnica è quello di poter discriminare più efficacemente i contrasti di resistività esistenti nel sottosuolo, così da ottenere informazioni attendibili circa le condizioni fisiche delle rocce, la presenza di strutture tettoniche, la presenza di acqua sotterranea etc..La realizzazione di una tomografia geoelettrica completa consiste in una prima fase di acquisizione dei dati di resistività apparente (ovvero nella costruzione di una pseudo-sezione di resistività), e nella successivo elaborazione di tali dati mediante la tecnica d'inversione proposta da Loke & Barker.

a. *Principio fisico.*

Il metodo di tomografia elettrica si basa sull'applicazione al terreno di una corrente elettrica "quasi" continua attraverso elettrodi infissi nel terreno (C1,C2), ovvero la corrente e continua, ma si impongono dei cambi di polarità con una certa frequenza in modo da eliminare i possibili disturbi dovuti agli effetti di polarizzazione agli elettrodi, al potenziale spontaneo ed alle correnti telluriche.Si ricava la resistività apparente del terreno dalla misura della corrente erogata attraverso gli elettrodi di corrente (C1, C2), dalla differenza di potenziale misurata attraverso altri due elettrodi (di potenziale: P1,P2) e dalla configurazione geometrica degli elettrodi.

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \cdot K$$

dove:

ρ_a *= resistività apparente (Ω*m)*

ΔV *= differenza di potenziale (V)*

I = intensità di corrente (A)

K = fattore geometrico (m)

La resistività dei terreni è una complessa funzione della porosità, permeabilità, contenuto ionico dei fluidi di ritenzione e mineralizzazione argillosa; questa grandezza esprime l'attitudine del terreno

all'attraversamento di una corrente elettrica. Condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista e sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine, in modo che le porzioni del sottosuolo di interesse siano evidenziate da differenze ("anomalie") di resistività elettrica. Una volta note l'intensità di corrente I e la differenza di potenziale ΔV si calcola la resistività elettrica relativa alla configurazione elettrodica utilizzata (Wenner, Schlumberger, ecc.). Da ogni posizione reciproca del dipolo di corrente e del dipolo di tensione si ottiene un valore di resistività apparente ρ_a che viene usualmente rappresentato su un profilo orizzontale nel punto di intersezione di due semirette tracciate a partire centri di C_1,C_2 e P_1,P_2 con pendenza pari a circa 45° (pseudo-sezione di resistività).In questo modo i valori di ρ_a si dispongono allineati su di un "profilo" ubicato al di sotto del quadripolo, ad una profondità funzione della loro distanza (Fig.4.10). Con il progressivo incremento della distanza che intercorre tra le due coppie di elettrodi si indagano via via profondità crescenti, ottenendo in questo modo una pseudosezione verticale di resistività apparente, sviluppata al di sotto dello stendimento.

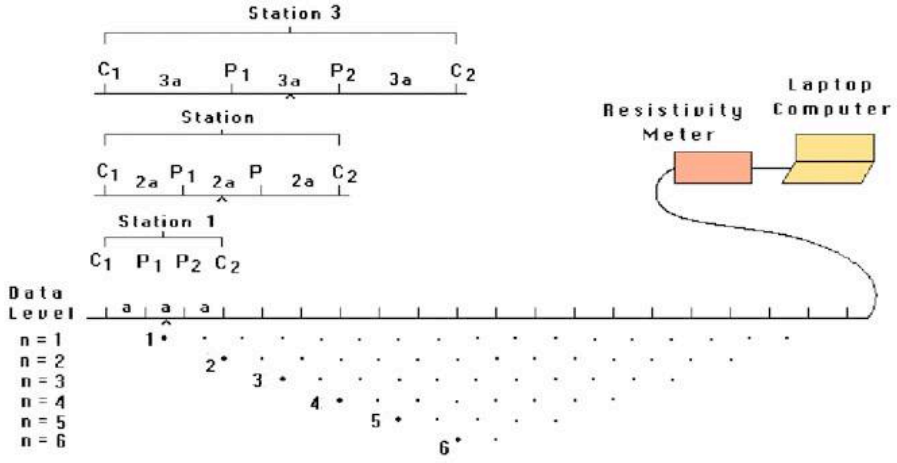


Fig. 4.10. Un esempio di configurazione degli elettrodi.

Foto 4.11. Tomografia elettrica ad Orzano.

Con il metodo multi array, tali operazioni vengono velocizzate grazie allo stendimento di sequenze elettrodiche costituite da 32 elettrodi collegati in serie attraverso un "multicore cable" (Fig. 11) e quindi al georesistivimetro che, per tale tipo di indagine, risulta associato ad un selettore elettrodico. Gli elettrodi di corrente e di potenziale sopraccitati vengono scelti automaticamente dallo strumento, in base alla configurazione creata appositamente per il problema in oggetto e scaricata tramite il laptop. Lo strumento utilizzato per questa indagine è GEORESISTIVIMETRO MAE A3000-E (Fig.4.11).
Le risultanze sono in concordanza con gli esiti delle altre prospezioni *(vedi Allegato*).

d. PROVE PENETROMETRICHE

Sono state condotte 7 prove penetrometriche distribuite sul territorio (vedi Allegato), per un confronto con le risultanze sismiche ed una conferma dell'andamento litostratigrafico del substrato superficiale.

L'apparecchiatura usata per le prove penetrometriche è costruita dalla ditta Pagani Ermanno di Piacenza ed è un penetrometro statico-dinamico tipo TG 30/100 KN con motore da 16 HP montato su carro con cingoli gommati (Foto 4.12).
Il tiro in estrazione é di 12.000 Kg, mentre la spinta in infissione é di 10.000 Kg. La misura viene effettuata con cella di carico estensiometrica collegata a una centralina elettronica che visualizza la spinta alla punta (Rp), quella laterale (Rl) e quella totale in Kg/cm^2.La punta utilizzata é la punta meccanica di tipo Begemann con manicotto, per la misura dell'attrito laterale locale, le aste di spinta sono in acciaio Ø 36 mm della lunghezza di 1 m con astine interne in acciaio temprato.

Fig. 4.12. Penetrometro statico-dinamico

a) Prove penetrometriche statiche

Le prove penetrometriche statiche, basate sulla resistenza alla punta (Rp) e su quella laterale (Rl) opposte dal materiale attraversato, forniscono, attraverso il rapporto Rp/Rl, una classificazione litologica, secondo Begemann, (o altri autori) per categorie di litotipi dipendenti dal valore del rapporto suddetto.
Accanto alla definizione litostratigrafica si possono poi estrapolare le caratteristiche geotecniche salienti del materiale e cioè il peso specifico, la coesione, l'angolo d'attrito, la densità relativa e, indicativamente, anche la pressione litostatica efficace, cioè la pressione di carico riferita al punto medio dello strato.
Il peso specifico si deduce partendo dal valore di Rp medio, applicato a relazioni ottenute sperimentalmente, su litotipi della pianura veneta.
Per determinare la misura della coesione non drenata vengono impiegate le relazioni di De Beer valide per limi e argille, mentre per le sabbie e le ghiaie l'angolo d'attrito si ricava dal diagramma proposto da Durgunoglu e Mitchell, impiegando il valore di Rp e della pressione litostatica efficace (σ_{1v}).
Il calcolo di σ_{1v} viene effettuato in modo automatico, applicando una relazione che tiene conto del peso specifico naturale del terreno in relazione alle diverse quote, rispetto alla base degli strati attraversati.
La densità relativa infine viene determinata, sempre in base al valore di Rp e di σ_{1v}, mediante un grafico proposto da Jamiolkowski.

b) Prove penetrometriche dinamiche

Scopo delle prove penetrometriche dinamiche é di fornire dati significativi sull'addensamento degli strati attraversati e sulla presenza della falda.
Le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica di acciaio (avente superficie di 10 cmq) posta all'estremità di una serie di aste metalliche. L'infissione avviene facendo cadere sulla testa delle aste, un maglio del peso di 30 Kg dall'altezza costante di 20 cm. Si conta il numero di colpi necessari per l'infissione di tratti di asta di 10 cm. La resistenza del terreno é funzione inversa alla penetrazione per ciascun colpo, e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.
Le prove, mediante opportuni coefficienti di conversione, vengono correlate alle penetrometriche statiche che sono basate sulla resistenza alla punta (Rp) e su quella laterale (Rl) opposte dal materiale attraversato e forniscono, attraverso il rapporto Rp/Rl, una classificazione litologica, secondo Begemann, Searle etc

Le risultanze sono in sintonia con quanto rilevato dalle indagini sismiche *(vedi Allegato*).

5. MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

5.1. LITOSTRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Il complesso delle indagini ha permesso di mettere in luce il profilo litostratigrafico del substrato che, nei primi metri, ripropone i termini ghiaioso sabbiosi affioranti nei suoli più grossolani superficiali, con matrice fine limoso argillosa progressivamente decrescente in profondità *(Foto 5.1.2)*. Nel settore nord orientale, in prossimità di Ziracco e a sud, in prossimità di Cerneglons, a profondità variabili da 9 a 12 m, localmente affiora un livello metrico di argilla o limo.

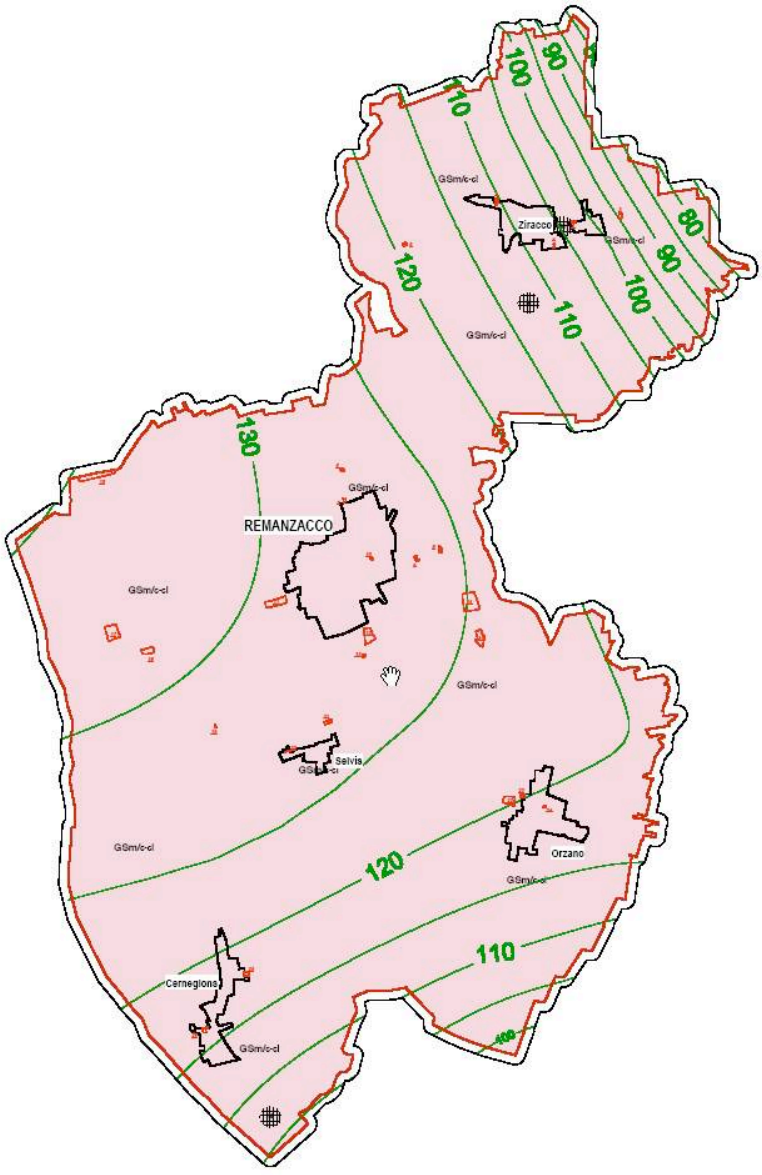


Fig.5.1.1. Ricostruzione della profondità del basamento roccioso al di sotto del complesso quaternario di ghiaie e sabbie in matrice limosa, con livelli cementati e conglomeratici e livelli di argilla e limo a Ziracco e Cerneglons.

Le risultanze delle prospezioni geofisiche mettono in luce vari livelli di materiale più o meno cementato che mantengono inalterata la loro costituzione litologica fortemente ghiaiosa, calcareo dolomitica, per la presenza di materiale fluitato in fase glaciale. Come avviene in superficie, la natura litologica del materiale rallenta i processi d'alterazione responsabili dell' incremento nella frazione di fine, conservando uno scheletro molto elevato in percentuale.

Il complesso sedimentario si estende , con vari livelli di materiale cementato e conglomerato, sino al basamento prequaternario *(Fig. 5.1.1)* che in questo settore di pianura si attesta a profondità comprese fra 80 e 130 m dal piano campagna e le cui unità sommitali sono con buona probabilità rappresentate dalle molasse mioceniche *(Carta del sottosuolo della pianura friulana, R. Nicolich, B. Della Vedova, M. Giustiniani, 2004).*

Foto.5.1.2. Substrato superficiale ghiaioso sabbioso a sud di Remanzacco.

5.2. 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		
Ø (angolo di attrito)	*25÷ 45°*	
Cu (coesione)	*0,0÷1,5*	*Kg/cmq*
g (peso di volume)	*1,7÷2,0*	*t/mc*
Dr (densità relativa)	*0,6÷1,0*	
Ed (modulo edometrico)	*100÷600*	*Kg/cmq*
Depositi sabbioso argillosi e limosi con ciottoli		
Ø (angolo di attrito)	*15°÷ 35°*	
Cu (coesione)	*0.5÷3,5*	*Kg/cmq.*
g (peso di volume)	*1.6÷1,9*	*t/mc*
Ed (modulo edometrico	*55÷300*	*Kg/cmq.*

6. ZONIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Nel territorio in esame si individuano tre zone di omogeneità geologico tecnica: Z2-3, Z3 e Z4, decrescenti in ordine alle proprietà fisico-meccaniche e opportunamente cartografate in tavola, secondo quanto è stato definito anche nello studio geologico per il PRGC *(Fig. 6.1 e TAV.24).*

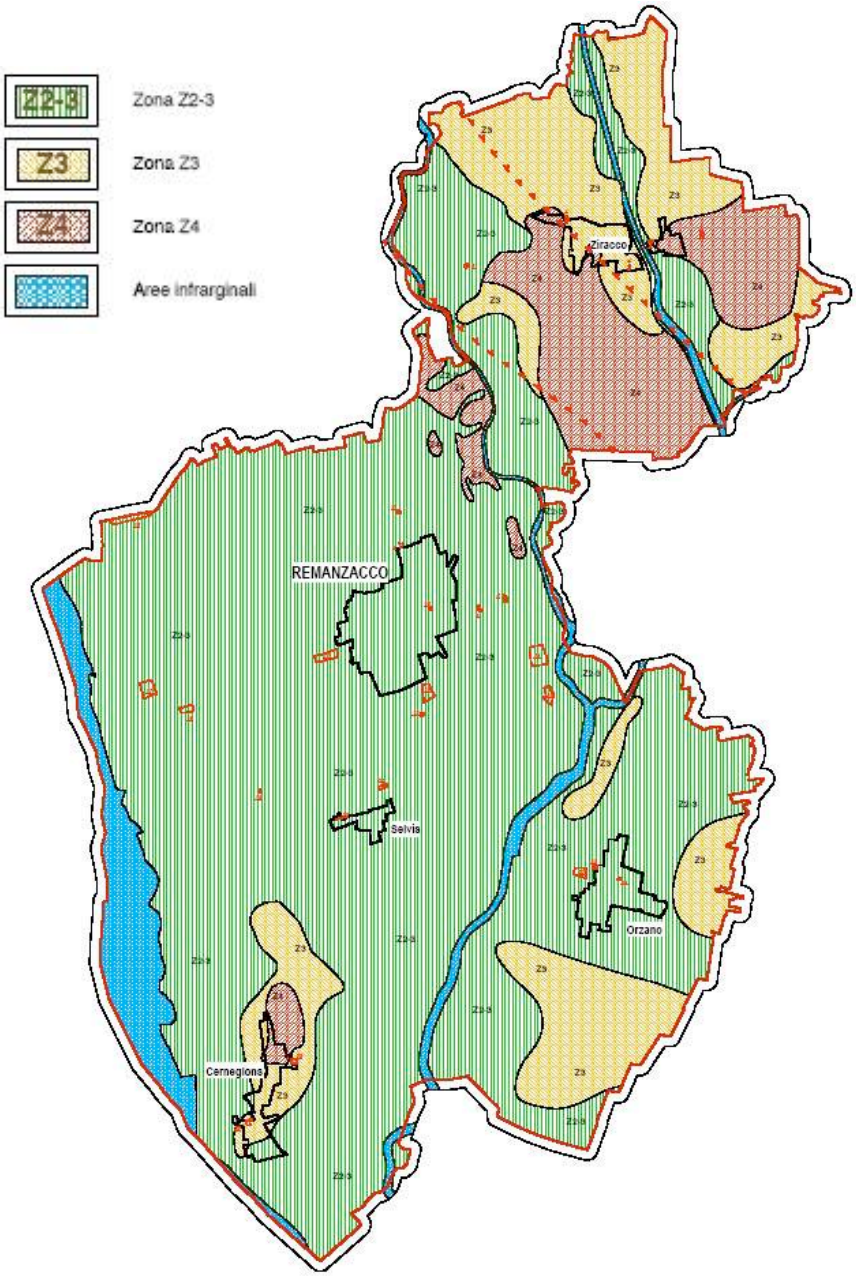


Fig. 6.1. Carta della zonizzazione geologico-tecnica.

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.

Zona Z2-3

Corrisponde agli affioramenti più grossolani che occupano gran parte del territorio comunale, nel suo settore centrale e meridionale. Si tratta di terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi moderatamente addensati, con varia percentuale di limo, le cui proprietà meccaniche sono buone.

Vi ricadono i punti di variante dal n 5 al n 24 e parte del n 2.

Zona Z3

Comprende vaste plaghe del territorio nord orientale e sud orientale ed un piccolo nucleo nell'intorno di Cerneglons. I terreni sono ancora prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi generalmente addensati, ma con alta percentuale di limi ed argille. Il complesso sedimentario offre ancora caratteristiche geotecniche discrete, ma localmente può accompagnarsi ad accentramenti di materiale più fine che ne possono diminuire le caratteristiche di portanza.

Vi ricadono i punti di variante n.1, 4, 25 ,26 e parte del 2.

Zona Z4

Si accentra nei depositi limoso argillosi e limoso argillosi sabbiosi distribuiti sul settore nord orientale e in una piccola plaga nell'abitato di Cerneglons. Le caratteristiche di eterogeneità e di possibile compressibilità producono, nei termini superficiali interagenti con le opere fondazionali, una netta decrescenza della risposta geotecnica del materiale alle sollecitazioni e tale da causare perdite sensibili di resistenza dello scheletro o cedimenti significativi dei livelli coesivi.

Vi ricade il punto di variante n.3

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

La variante n° 28 al PRGC comprende 26 punti, la maggior parte dei quali rientrano in zona agricola e riguardano completamenti di zone insediative.
Per lo studio odierno si è condotto un complesso di rilievi, che, accanto alle informazioni acquisite da indagini e studi precedenti, permettono di trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- il territorio è pianeggiante, ma interrotto da discontinuità morfologiche ben evidenti in corrispondenza di una serie di terrazzi fluviali e di cavità artificiali, sede di cave dismesse per l'estrazione e la lavorazione d'inerti;

- sulla piana affiorano depositi quaternari, formati da 5 litofacies:
  - GS terreni ghiaioso sabbiosi in varia matrice di fine limoso argillosa. *Vi ricadono i punti di variante dal n 5 al n 24 e parte del n 2*
  - GS: terreni essenzialmente ghiaioso sabbiosi.
  - MSG: terreni limoso sabbiosi commisti a ghiaia. *Vi ricadono i punti di variante 1,25, 26 e parte del 2*
  - M: terreni prevalentemente limosi privi di frazione grossolana . *Vi ricade il punto di variante n. 3*
  - MS: terreni prevalentemente limoso –argillosi e sabbiosi.

- il substrato, messo in luce dalle indagini geofisiche, tomografiche, penetrometriche e dai rilievi dei pozzi, è uniformemente ghiaioso sabbioso con scarsa matrice di fine, fatta eccezione in prossimità di Ziracco e di Cerneglons, dove, a profondità variabili da 9 a 12 m, accoglie un livello metrico di argilla o di limo;

- Il territorio è solcato dai due corsi maggiori del F. Torre e del T.Malina, cui si associa una rete di scolo minore che fa capo alla R. Cividina;

- Alla rete idrografica sono associate le aree di pericolosità idraulica individuate dal P.A.I. del bacino idrografico del Fiume Isonzo:

- pericolosità moderata (P1) *entro la quale ricadono i punti di variante n. 2, 4 e 26*
- pericolosità media (P2)
- pericolosità elevata (P3
- pericolosità molto elevata (P4) corrispondente alle aree infrarginali;

- Le condizioni morfologiche e la rete di scolo minore producono zone di accumulo d'acqua, e quindi a scolo carente, distribuite su tutto il territorio. *Vi ricadono i punti di variante 6,8, 11, 18 e parte del 7;*

- Il livello freatico, ricavato dalle indicazioni di misura dei pozzi distribuiti sul territorio comunale, raggiunge profondità comprese fra 44 e 60 mslm, in periodo di magra, e profondità comprese fra 72 e 98 mslm, in periodo di massima piena. L'escursione freatimetrica media annua si attesta nell'intorno di 9 m;

- nel territorio in esame si individuano tre zone di omogeneità geologico tecnica: Z2-3, Z3 e Z4, decrescenti in ordine alle proprietà fisico-meccaniche. Nella zona Z2-3 *ricadono i punti di variante dal n 5 al n 24 e parte del n 2,* nella Z3 *i punti di variante n.1, 4, 25 ,26 e parte del 2*, nella Z4 *il punto di variante n.3;*

- le indagini geofisiche hanno consentito anche di definire, a livello indicativo, la classificazione dei suoli, secondo i dettami delle norme NTC e di valutare in maniera diretta l'esistenza di fenomeni di amplificazione sismica locale, mettendo in luce un rapporto H/V>2, maggiore della soglia di significatività nella zona compresa fra gli abitati di Ziracco e Moimacco e in corrispondenza della zona industriale sorta lungo la provinciale che porta a Salt;

All'interno del territorio comunale 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, le aree soggette a pericolosità idraulica, le

aree a scolo carente, per accumulo d'acqua e le zone di potenziale instabilità legata a condizioni morfologiche particolari (discariche, zone di ripristino recente).
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 comunale aree a pericolosità P1, moderata, P2, media e P3, elevata, soggette alla normativa riassunta negli articoli 10,11 e 12 indicati in appendice alla presente relazione. *I punti n. 2, 4 e 26 della odierna variante ricadono in area a pericolosità P1, entro la quale, per le nuove edificazioni non è ammessa la realizzazione di scantinati e il piano di calpestio dei fabbricati deve essere posto almeno a 50 cm al di sopra del piano campagna.*
Le stesse norme valgono anche nelle aree non dichiarate esondabili, ma soggette ad accumulo d'acqua e quindi compromettenti per lo scolo e lo smaltimento idrico, in corrispondenza dei punti n.6, 8, 11 e 18 e parte del 7.
Per il punto di variante n. 7 rimane il solo divieto di realizzare scantinati, in quanto l'area si trova a quota più elevata rispetto all'ambito circostante, ma è marginata, su due lati, da vie di deflusso d'acqua, che troverebbero facile accesso al fondo, in presenza di vani interrati.
In questo contesto assume un particolare significato la possibilità di alleviare in parte la criticità idraulica dell'area posta sul settore nord orientale dell'abitato di Remanzacco mediante il ripristino di un piccolo invaso alimentato dalla Roggia Cividina, a margine dei prati stabili che oltretutto rappresentano un ambito naturalistico meritevole di conservazione.

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

E' in quest'ottica che la legge Regionale n. 16 dell' 11 agosto 2009 interviene per porre particolare attenzione sul rispetto del principio d'invarianza idraulica. *Stabilito che ogni modifica volta ad incrementare l'urbanizzazione nell'utilizzo del territorio comporta una riduzione della capacità di quest'ultimo di modulare le piene e in alcuni casi configura situazioni di rischio idraulico, in relazione all'applicazione del principio di invarianza idraulica ogni intervento che provoca una significativa impermeabilizzazione dei suoli ed aumenta la velocità di corrivazione, deve prevedere azioni correttive mitigatrici degli effetti, mediante la realizzazione di volumi di invaso attuati in modo da mantenere i colmi di piena inalterati prima e dopo la trasformazione. Per piccoli interventi è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi, viali di accesso alle residenze e spiazzi in genere, mediante grigliati o comunque superfici ad alta assorbenza. Qualora le condizioni morfologiche e del suolo consentano, previa verifica, una laminazione diretta delle portate in eccesso, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica.*

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 è subordinato*:**

*- in **zona Z2-3**, che riguarda i punti 5 , 6 , 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e parte del punto 2, al riconoscimento geognostico ed alla caratterizzazione geotecnica del terreno;*

*- in **zona Z3**, ove ricadono i punti 1, 4 ,25, 26 e parte del 2, all'esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche puntuali ed approfondite in misura adeguata alle caratteristiche e all'importanza del progetto,*

*- in **zona Z4**, dove ricade il punto 3, al riconoscimento delle condizioni morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche locali e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di base, mediante indagini puntuali che valutino, caso per caso e con attenzione la qualità e la consistenza dei materiali compressibili, la portanza e l'entità dei cedimenti in riferimento ai carichi indotti, per una corretta scelta delle relative soluzioni progettuali.*

Aree di scavo e di ripristino

In corrispondenza delle aree di discarica sia in esercizio, sia dismesse, soggette a potenziali scivolamenti, crolli-ribaltamenti o di recente ripristino viene esclusa l'edificazione.

Qualsiasi altro utilizzo deve mantenere o migliorare le condizioni esistenti di equilibrio e di sicurezza dei suoli, prevedendo, secondo le caratteristiche tecniche del progetto, la presentazione di una relazione geologico-tecnica che stabilisca la compatibilità geomorfologica, mediante una verifica di stabilità, in rapporto alla natura e al grado di assestamento del materiale di riporto. Laddove possibile, le aree di scavo degradate è bene trovino un utilizzo adeguato, ad esempio mediante piantumazione di essenze arboree stabilizzanti o impianti fotovoltaici che, in questo modo offrono un vantaggio energetico senza intaccare suolo agricolo fertile.

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.*

Per gran parte del territorio che ricade in suoli di categoria S2, è opportuno attuare predisposizioni specifiche di analisi per la definizione delle azioni sismiche, commisurate alla tipologia di opera da realizzare.

Le indagini geofisiche hanno consentito anche di valutare in maniera diretta l'esistenza di fenomeni di amplificazione sismica locale, mettendo in luce, mediante il rapporto H/V, possibili amplificazioni superiori a quelle previste dalla normativa, nella zona compresa fra gli abitati di

Ziracco e Moimacco e in corrispondenza della zona industriale sorta lungo la provinciale che porta a Salt. Le frequenze dei picchi che le generano sono comprese tra 3 e 4 Hz e, pertanto, rientrano in un range di interesse ingegneristico.
In tali zone, in caso di costruzione di infrastrutture, andrà attentamente valutata la risposta sismica locale ed, eventualmente, aumentato il valore dell'amplificazione sismica.
Allo stesso modo è opportuno valutare di volta in volta anche ulteriori incrementi nella sollecitazione sismica locale, soprattutto in prossimità delle scarpate fluviali, in presenza di terrazzi e nel contatto fra formazioni rocciose con diversa rigidità sismica.
Data la natura litologica del materiale che compone il substrato nell'ambito del territorio comunale, non si ritiene prevedibile che si verifichino fenomeni di liquefazione.

In ultima analisi, per le risultanze riscontrate in sede d'indagine e nel rispetto dei vincoli imposti dalle aree di vulnerabilità idrogeologica, geologico-tecnica e sismica, si ritiene che le aree soggette alla variante n. 28 al PRGC siano compatibili con le condizioni geologiche ed idrogeologiche del territorio in esame.

Varmo, ottobre 2012

Dr. Maurizio M. Pivetta
Geologo