

S.S. 675 "UMBRO - LAZIALE"
**Sistema infrastrutturale del collegamento del porto
 di Civitavecchia con il nodo intermodale di Orte**
Tratta Monte Romano est - Civitavecchia
1° Stralcio Tratta Monte Romano est - Tarquinia

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM366

R.T.I. di PROGETTAZIONE:



I PROGETTISTI:

*Ing. Nicola Cuozzo (Integratore prestazioni specialistiche)
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N. 15447*

Dott. Geol. Giampiero Carrieri

Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.:

Ing. Biagio Camaldo

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giampiero Carrieri

Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Geol. Giampiero Carrieri

Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA E GEOTECNICA
GENERALE
Relazione Geologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

CODICE
ELAB.

T00GE00GEORE02

C

-

C

REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO

LUGLIO 2022

G. Ricci

W. Giulietto

G. Carrieri

B

REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO

MAGGIO 2022

G. Ricci

W. Giulietto

G. Carrieri

A

EMISSIONE PD

MARZO 2022

G. Ricci

W. Giulietto

G. Carrieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

SOMMARIO	1
1 PREMESSA	2
1.1 Scopo del lavoro	2
1.2 Descrizione del Progetto	2
1.3 Documentazione di riferimento.....	3
1.4 Riferimenti normativi	4
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	5
2.1 Geologia.....	5
2.2 Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche	6
2.3 Assetto geostrutturale	9
2.4 Geomorfologia	10
2.4.1 <i>Dissesti franosi</i>	12
2.5 Idrogeologia	13
3 INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
4 MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI PROGETTO	16
4.1 Geologia.....	16
4.2 Geomorfologia	24
4.3 Idrogeologia	30
5 BIBLIOGRAFIA	34

1 PREMESSA

1.1 Scopo del lavoro

La presente relazione fa parte della documentazione costituente la Progettazione Definitiva del 1° stralcio Monte Romano est - Tarquinia di collegamento tra la SS675, posta a est di Monte Romano, con la SS1bis Via Aurelia a circa 3km a ovest dal centro abitato.

Nella presente nota vengono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, stratigrafico ed idrogeologico di riferimento; successivamente viene analizzato il tracciato in progetto, per tratti omogenei, con riferimento alle interrelazioni prevedibili fra l'assetto del sottosuolo ed il suo comportamento conseguente alla costruzione delle principali opere previste.

1.2 Descrizione del Progetto

Questo progetto è sostanzialmente lo stralcio di un progetto più esteso sviluppato da ANAS nel 2006 (PD 2006).

Il tracciato (si veda la Figura 1-1) presenta uno sviluppo di circa 4+950 km, prevedendo la realizzazione della galleria naturale "Monteromano" (L = 1500m circa), una galleria artificiale (L = 125m) di sottoattraversamento della SS675, un ponticello (L=12m) alcuni sottovia per risolvere le interferenze con la viabilità secondaria, un cavalcavia e rilevati o trincee di collegamento tra le opere. Rispetto al PD 2006.

Il nuovo progetto prevede una nuova attribuzione delle progressive chilometriche che andrà in senso inverso al precedente, partendo dalla pk 0+000 (ex pk 14+700) in corrispondenza della connessione del tratto esistente della SS 675 in prossimità del futuro svincolo di Monte Romano, per terminare in corrispondenza della pk 4+630 (ex pk 10+100) dove sarà realizzato il nuovo svincolo (svincolo Tarquinia) di collegamento con la SS1bis Via Aurelia, non previsto dal PD 2006.

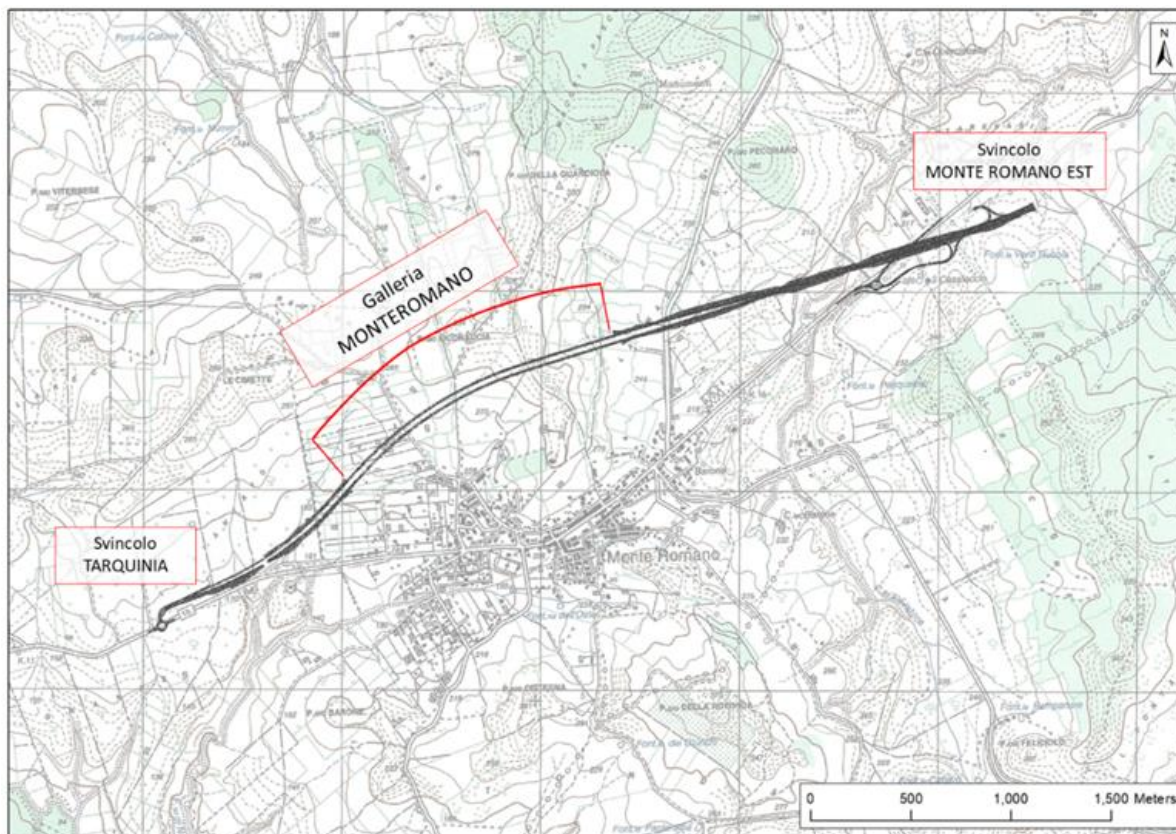


Figura 1-1: Planimetria di inquadramento territoriale del progetto.

1.3 Documentazione di riferimento

Gli elementi necessari a sviluppare lo studio geologico presentato in questa relazione sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto, dell'analisi diretta delle condizioni geologiche e geomorfologiche, dell'esecuzione di un rilevamento geologico-tecnico in scala 1:5.000, dell'interpretazione di dati geognostici preesistenti, nonché dell'esecuzione delle specifiche indagini geognostiche di seguito indicate:

- Campagna Sondedile (1994);
- Campagna Geostudi Polo Geologico del 2006.
- Campagna 2022

Si evidenzia che per una esauriente comprensione dello studio geologico svolto, la presente relazione deve essere esaminata parallelamente ai documenti di seguito elencati.

Tabella 1-1: elaborati "GEO" di Progetto Definitivo da analizzare congiuntamente alla presente relazione

Cod. elaborato	Titolo	Scala
T00GE00GEOCG01_C	Carta Geologica	1:5.000 (2 tavole)
T00GE00GEOCG10_B	Carta Geomorfologica	1:5.000 (2 tavole)
T00GE00GEOCI01_C	Carta Idrogeologica	1:5.000 (2 tavole)

Progetto Definitivo

Cod. elaborato	Titolo	Scala
T00GE00GEOFG01_C	Profilo Geologico	1:5000/5000 (3 tavole)

1.4 Riferimenti normativi

La presente relazione è redatta in conformità a quanto previsto dal Nuovo Codice Appalti (DIG 50/2016)¹ ed è parte integrante del progetto. Il modello geologico e le sue caratteristiche devono costituire un imprescindibile elemento di riferimento affinché si possano inquadrare i problemi connessi con la scelta, la progettazione e il dimensionamento degli interventi.

La relazione recepisce, inoltre, le indicazioni contenute nel Decreto Ministeriale 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC18) e nella relativa Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, C.S.LL.PP, " Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2019.

¹ Si evidenzia che in relazione alla Progettazione il D Lg 50/2016 NON cambia quanto già previsto nel DPR 207/2010, conseguentemente in merito alla presente relazione vale quanto indicato al "Capitolo II – Sezione III (Progetto Definitivo) Art. da 24 a 32)

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 Geologia

L'evoluzione geodinamica dell'area è stata controllata dalla presenza di alcune unità paleogeografico-strutturali sviluppatasi su di un segmento crostale continentale, disarticolato in blocchi, sul quale si sono disposte alcune unità fondamentali, dalla cui interazione è derivato l'assetto di questo settore della catena appenninica. L'evoluzione tettonica di quest'ultima ha visto sovrapporsi diverse fasi, in ordine cronologico dalla più antica:

- una fase compressiva oligocenico-miocenica inferiore (aquitaniano), durante le quali si sono messe in posto, in questo settore, le unità fondamentali della catena, rappresentate dai flysch alloctoni tolfetani (successione di sedimenti torbiditici, calcareo-marnosi, arenacei e argilloscistosi);
- una tettonica miocenica a carattere distensivo, con la disarticolazione del substrato, connessa alle fasi di apertura del Tirreno;
- per ultimo la conseguente ingressione marina a partire dal Pliocene, segnata dalla deposizione di formazioni argillose e sabbioso-conglomeratiche.

I terreni flyscioidi, in questa zona raggruppati in due unità tettoniche, costituiscono l'ossatura centrale del territorio esaminato, affiorando estesamente nell'area a nord di Monte Romano e lungo tutta l'estensione del progetto.

Alle unità sinorogeniche di catena si è succeduta, quindi, la deposizione di formazioni postorogene, sedimentate all'interno di un bacino pliopleistocenico subsidente, all'interno del quale la differenziazione batimetrica operata dalla tettonica, unitamente alle oscillazioni del livello del mare, hanno portato alla differenziazione in unità riferibili ad ambienti deposizionali differenziati, da bacinali a litorali: nel Pliocene inferiore prevalgono sedimenti argillosi di mare aperto, mentre tra il Pliocene medio e superiore prevale la differenziazione di formazioni di ambiente litorale (sabbie con intercalazioni calcarenitiche in facies di "panchina" e calcareniti vere e proprie nelle zone di bassofondo ("macco" Auct.).

I terreni postorogeni, di età compresa fra il Pliocene inferiore ed il Tirreniano, costituiscono la struttura affiorante in tutta la porzione occidentale del territorio interessato dal progetto, dall'Aurelia fin quasi all'altezza di Monte Romano.

L'evoluzione geodinamica dell'area si chiude con la messa in posto delle unità piroclastiche ed ignimbriche, collegate all'attività del distretto vulcanico Vicano, stratovulcano ad edificio centrale e chimismo alcalino-potassico la cui attività, essenzialmente esplosiva, ha coperto l'intervallo 800.000 ÷ 90.000 anni fa. La posa delle principali coltri ignimbriche, prodotte da eventi di tipo

pliniano, è avvenuta fra 200.000 e 150.000 anni fa. Terreni riferibili a tale contesto costituiscono il plateau ignimbrico che affiora estesamente nel settore orientale dell'area, ad est della valle del Biedano.

L'evoluzione recente, comune a tutto il margine tirrenico, è caratterizzata da sollevamenti della fascia costiera, testimoniati dalla presenza di terrazzi marini posti in posizione elevata. L'assetto risultante può definirsi come una serie di dorsali parallele alla costa, orientate da NW a SE.

Qui di seguito sono elencati, dai termini più antichi a quelli più recenti le formazioni che affiorano nell'area vasta di progetto. In riferimento dal tracciato di progetto esso si sviluppa interamente sulla sequenza delle unità che compongono il Flysch della Tolfa.

I codici che identificano le varie formazioni geologiche sono quelli adottati dalla recente carta geologica alla scala 1:50.000 prodotta dal progetto CARG (ISPRA).

2.2 Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche

Serie dei Flysch della Tolfa

Compongono questa serie le formazioni a carattere flyschoidi, sovrapposte tettonicamente al complesso basale in facies toscana; esse costituiscono, perciò, la copertura alloctona della regione, rappresentando gli affioramenti più meridionali delle "Unità Liguridi" in senso lato. Questo complesso viene suddiviso in più Unità tettoniche composte da formazioni in parte coeve: i terreni presenti nell'area in studio appartengono all'unità esterna, corrispondente alla serie cretaco-oligocenica. Nella Figura 2-1 viene rappresentato lo schema della successione litostratigrafica pre-pliocenica.

Nell'ambito del presente lavoro, indipendentemente da distinzioni di carattere formazionale, ma adottando esclusivamente un criterio litostratigrafico, sono state distinte e descritte le unità individuate nella cartografia ufficiale del Progetto CARG – Tarquinia Foglio 354.

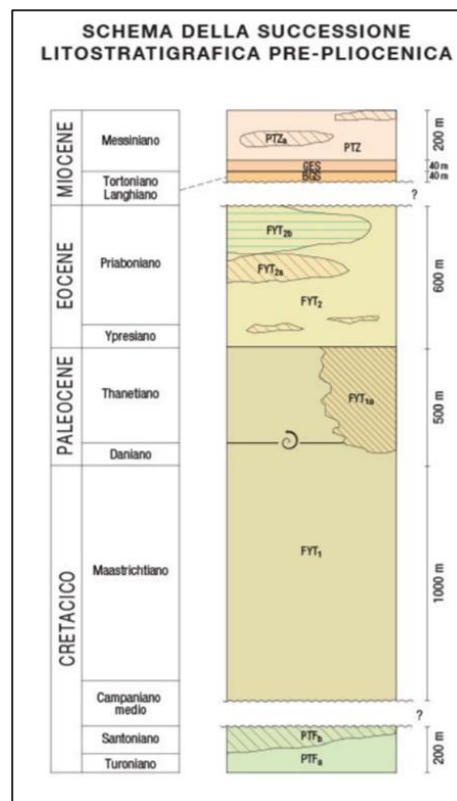


Figura 2-1: Schema della successione litostratigrafica prepliocenica

➤ **Membro di Poggio vivo (FYT₁)**

Questo membro è costituito come un'alternanza di strati medi e sottili non continui di calcari, calcari marnosi e calcareniti torbiditiche da beige a biancastri, fratturati, immersi in spessi interstrati di argille limose marnose, talora debolmente sabbiose e ghiaiose, inglobanti frammenti calcareo marnosi da millimetrici a pluricentimetrici, con argilliti in scaglie e

subordinati limi argillosi debolmente sabbiosi, colore da marrone chiaro- nocciola a grigiastro bruno. La frazione calcarea e calcareo marnosa si presenta generalmente con uno spessore generalmente compreso tra 50 e 200 cm e localmente anche superiore ai 10m, come evidenziato dai i dati dei sondaggi riferibili agli strati litoidi incontrati, e presentano talvolta una base calcarenitica di colore grigio chiaro o giallastro. Presenti fratture concoidi nei calcari marnosi. L'ammasso roccioso è attraversato da frequenti discontinuità per taglio, effetto delle sollecitazioni geodinamiche subite e l'assetto è di tipo caotico. Dove la frazione calcareo marnosa e/o calcarenitica mostra una continuità verticale di spessore superiore ai 10m, la sigla dell'unità è stata differenziata con l'inserimento del suffisso "Lit" (**FYT_{1-Lit}**). A tratti le porzioni argilloso-marnose si presentano scagliettate. Si è valutato un rapporto di 1:3 fra gli strati litoidi calcarei e gli interstrati terrosi, pelitici. La carenza di affioramenti consente di determinare solo localmente la giacitura degli strati, ma l'omogeneità della distribuzione spaziale delle misure ha permesso di determinare, per la formazione **FYT₁**, una direzione compresa tra i 233° e 319° e un'inclinazione media intorno ai 21°.

L'età è riferita al Cretacico superiore-Eocene.

○ **Litofacies del Torrente Bidignone (FYT_{1a})**

La litofacies **FYT_{1a}** è costituita prevalentemente da intervalli emipelagici e subordinatamente da torbiditi carbonatiche. La frazione pelitica è rappresentata da argille limoso-sabbiose, sabbie limoso argillose con abbondanti scaglie argillitiche colore marrone chiaro, talora con abbondanti ghiaie sparse calcareo marnose, e argilliti a struttura caotica inglobanti frammenti calcareo marnosi grigio scuro. Talora si intercalano sottili strati calcarenitici grigi a granulometria fine e calcilutitici dal colore d'alterazione giallo-ruggine o grigio verde.

L'età di questa litofacies è riferita al Paleocene superiore.

➤ **Membro del Fosso Anitrella (FYT₂)**

Questo membro è caratterizzato da una maggiore abbondanza delle litofacies pelitiche rispetto a quelle calcareo-calcarenitiche, con un rapporto fra la parte pelitica e quella calcareo-marnosa stimata nell'ordine del 70-80%.

La porzione pelitica è rappresentata da argille sabbioso limose beige o color tabacco prevalenti, con scaglie argillitiche fogliettate sparse, color grigiastro-bruno e talora con ghiaietto sparso color marrone. A questi depositi si intercalano sottili livelli marnoso calcarenitici- calcarei, con spessori dai 20 ai 40 cm. Non sono presenti buone esposizioni in affioramento della formazione: le principali osservazioni derivano, pertanto, dai dati di sondaggio. La formazione è quasi costantemente coperta da una coltre eluviale composta da frammenti planari di calcari marnosi grigi compatti, o a forma di incudine, immersi in suolo limo-argilloso.

L'età è riferita all'Eocene

- **Litofacies delle argilliti del Mignone (FYT_{2a})**

Questa litofacies si trova all'interno del membro FYT₂, compare marginalmente rispetto al tracciato in progetto, ed è nota in letteratura come "Formazione del Mignone". La litofacies si presenta intensamente fratturata e ridotta in scaglie minute di argilliti e siltiti fissili di colore variabile da grigio scuro-verdastro a rosso vinaccio, con sottili patine di magnesifere a cui si intercalano rari strati marnoso-calcarei dello spessore di alcuni decimetri.

L'età di questa litofacies è riferita all'Eocene.

Unità post-orogene del Sintema del Fiume Marta

Il Sintema del Fiume Marta è costituito da unità marino-costiere, continentali e vulcaniche; in particolare nell'area di progetto compare l'Unità del tufo rosso a scorie nere vicano

- **Tufo rosso a scorie nere vicano (WIC):**

L'unità è rappresentata da una matrice cineritico scoriacea grigio violacea o nera, generalmente poco coerente, con pomici grigie e scorie nere con leucite analcimizzata, sanidino, biotite, clinopirosseni, plagioclasio, litici lavici e clasti termometamorfosati. In particolare, nell'area di progetto si rinvencono facies rimaneggiate (**WIC_a**) i cui depositi sono caotici, a matrice prevalentemente sabbiosa (per la perdita della frazione fine) passante ad argilla limosa sabbiosa in cui sono presenti inclusi di natura piroclastica. La deposizione del tufo rosso a scorie nere vicano nel suo complesso ha determinato il colmamento della paleovalli e la formazione di un *plateau* continuo che si estende dalle pendici del vulcano di Vico fino alle propaggini dell'alto del substrato meso-cenozoico affiorante nella zona di Monte Romano, tutt'oggi conservato e profondamente inciso dai corsi d'acqua attuali.

L'unità è stata datata al Pleistocene medio p.p.

Unità recenti e coperture

- **Coltre eluvio-colluviale (e-c).** Coperture eluvio-colluviali, prevalentemente a granulometria limo-sabbiosa, localmente più argillosa, con rari elementi litoidi non elaborati di natura arenacea, alimentate in gran parte dalle unità plioceniche.
- **Alluvioni (a).** Coperture alluvionali dei principali corsi d'acqua, prevalentemente a grana fine (limo-argillosa), con rare intercalazioni sabbiose. In altri casi, a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbioso-limoso. Sono comprese, oltre a quelle dei corsi d'acqua minori, le alluvioni del Fiume Mignone, disposte su più ordini di terrazzi, e dotate di maggior estensione e spessore. Terreni di riporto (R).
- **Accumuli di frana (Af):** Coltri mobilizzate di corpi di frana prevalentemente a granulometria fine (limo-argillosa)
- **Terreni di riporto (R):** riempimenti artificiali, rilevati stradali.

Con riferimento alla codifica adottata per le diverse unità formazionali si propone (Tabella 2-1) una correlazione tra la codifica utilizzata nelle revisioni precedenti al presente studio e quella individuata dal Progetto CARG, Foglio 354 —Tarquinia di recente pubblicazione sul sito dell'ISPRA.

Tabella 2-1: Tabella di correlazione tra la codifica utilizzata nel presente lavoro e quella individuata nella cartografia ufficiale del Progetto CARG.

CODIFICA DI PROGETTO PREGRESSO	CODIFICA CARG
θ : Ignimbrite III Vicana	WIC : Tufo rosso a scorie nere vicano
fas : Flysch argillo-scaglioso	FYT2 : Flysch della Tolfa - Membro del Fosso Anitrella
fc : Flysch calcareo	FYT1 : Flysch della Tolfa - Membro di Poggio Vivo
Fsc : Flysch siltoso calcareo	FYT1/FYT1_a : Flysch della Tolfa - Membro di Poggio Vivo/Litofacies del Torrente Bidignone

2.3 Assetto geostrutturale

Le unità flyscioidi, avendo subito, in ragione della loro età ed evoluzione geodinamica, le sollecitazioni relative alle fasi compressive dell'orogenesi (fase oligocenico-aquitaniense), sono quelle che presentano le maggiori deformazioni di carattere tettonico strutturale; queste ultime sono prevalentemente riconducibili ad uno stato di minuta caoticizzazione dell'ammasso, al livello di microstrutture, rappresentata dalla scagliettatura dei termini pelitici (argille scagliose s.l.) determinata dalla generazione di superfici di taglio. Al livello delle mesostrutture si osservano giaciture indicanti uno stato di elevata deformazione (strati rovesciati/contorti, giaciture rapidamente e drasticamente variabili).

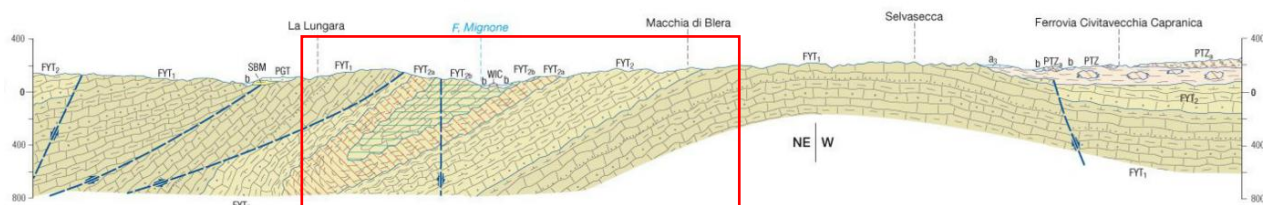


Figura 2-2: Profilo SW-NE nelle unità flyschoidi della Tolfa che mostrano thrust e pieghe con asse NNW-SSE, da foglio CARG Tarquinia; nel riquadro rosso si riporta l'assetto strutturale rapportabile a quello dell'area nell'intorno di Monte Romano, distante c.a. 5,5 km rispetto alla traccia di sezione sul foglio CARG.

Si osservano inoltre, dall'interpretazione aerofotogeologica, strutture a grande scala (lineamenti) non sempre osservabili sul terreno, verosimilmente interpretabili come deformazioni fragili ad alto angolo legate all'attività di una successiva fase distensiva. La carenza di buoni affioramenti non consente di ricostruire con facilità, alla scala operativa adottata, i rapporti geometrici esistenti fra i diversi termini del complesso flyscioidi: in letteratura viene comunque descritta la presenza di una grande struttura sinclinalica, pressoché simmetrica, nell'area di Monte Romano, ad asse NNW-SSE, con nucleo collocato nella zona circostante il cimitero.

I terreni del complesso post-orogeno, fuori dall'area di progetto, presentano, evidentemente, uno stato deformativo molto limitato, corrispondente a leggeri basculamenti delle formazioni, che arrivano, al massimo, a definire monoclini a basso angolo d'immersione. Più intenso risulta lo stato disgiuntivo, legato all'attività neotettonica, rappresentato da faglie prevalentemente dirette, ad alto angolo.

La struttura di Tarquinia-Pisciarello, in particolare, rappresenta un horst, delimitato da faglie orientate prevalentemente NW-SE, probabile riattivazione di un paleoalto attivo già durante il Pleistocene medio, avendo controllato la sedimentazione dell'area.

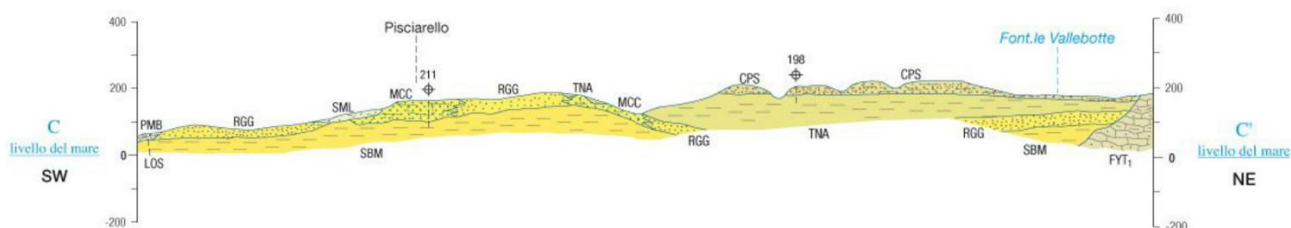


Figura 2-3: Profilo SW-NE nelle unità post-eoceniche, da foglio CARG Tarquinia

Esso è stato, quindi, sbloccato da discontinuità trasversali alle prime, a direzione NNE-SSW, definendo una struttura a blocchi, isolati strutturalmente l'uno dall'altro, come sembrerebbe confermato anche dalle indicazioni idrogeologiche, quali le variazioni locali del gradiente piezometrico e le parziali inversioni della direzione di deflusso riscontrate, che sembrano suggerire la mancanza di una reale continuità idraulica tra strutture contigue. L'ipotesi sulla presenza di alcune discontinuità tettoniche si rende necessaria per giustificare le caratteristiche del passaggio laterale fra unità postorogene (Ps2) e substrato flyscioide.

Con riferimento alle conseguenze di carattere geomeccanico che tali elementi tettonici determinano nei riguardi degli ammassi si osserva che le faglie all'interno delle calcareniti (Calcarenite di Tarquinia cT) sono le sole ad indurre uno stato di reale cataclasi dell'ammasso con sviluppo di breccie di frizione e più ridotte fasce milonitiche. Quelle presenti all'interno delle formazioni argillose plioceniche, interessando depositi a comportamento plastico, si limitano ad indurre uno stato di detensionamento dell'ammasso, che comunque assorbe progressivamente la deformazione.

Nelle argille scagliose, invece, esse tendono ad amplificare lo stato di minuta suddivisione dell'ammasso per processi di taglio, creando fasce di maggior debolezza.

2.4 Geomorfologia

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area interessata dal progetto riflettono, come avviene di

norma, il suo assetto geostrutturale e le fasi evolutive che hanno presieduto alla sua definizione.

La fascia più esterna del territorio interessato, peritirrenica, allungata parallelamente alla linea di costa, esercita la funzione di raccordo morfologico tra quest'ultima ed i rilievi collinari più interni; su di essa insiste il tratto più occidentale dell'intervento, in corrispondenza del collegamento con la S.S. 1 Aurelia. La sua origine deriva dalla successione di cicli marini trasgressivi, succedutisi durante il Pliocene Superiore ed il Pleistocene, e dalla conseguente formazione di terrazzi marini. Nell'area, questi ultimi s'individuano come superfici pianeggianti, a debole inclinazione verso mare; saltuariamente si osservano gradini morfologici aventi direzione subparallela alla linea di costa.

La successiva azione erosiva lineare dei corsi d'acqua, unita localmente a processi di evoluzione dei versanti, esercitata prevalentemente a spese delle formazioni pelitiche, ha successivamente intaccato tali superfici, delimitandone forme pianeggianti residue, bordate da piccole scarpate, dove prevalgono terreni calcarei concrezionati, litoidi, o da rotture di pendio. Ne consegue la presenza di rilievi a sommità tabulare (tipo "mesas"), collegati ai sottostanti versanti, i quali sono interessati prevalentemente da forme di erosione da ruscellamento, concentrato e/o diffuso, di erosione accelerata (calanchi, aree denudate ed incise) e da alcuni dissesti, prevalentemente di carattere superficiale.

Nell'attraversamento della struttura di Tarquinia, topograficamente e strutturalmente rilevata (quote anche superiori ai 160 m s.l.m.), in corrispondenza della quale affiorano terreni più competenti, di costituzione calcarenitici, prevalgono le forme tipiche delle emergenze dei terreni litoidi. In questa zona le buone caratteristiche litotecniche del materiale, che ne hanno facilitato l'impiego nelle costruzioni, e la sua relativamente agevole escavabilità, hanno favorito negli scorsi decenni lo sviluppo dell'attività estrattiva, sviluppatasi in più siti ed in parte tuttora in corso. Quest'area ne risulta, pertanto, fortemente caratterizzata, presentando un forte sviluppo di forme di carattere antropico (fronti di scavo subverticali, piazzali di cava, ecc.).

Avvicinandosi all'area di Monte Romano si passa ai caratteri geomorfologici tipici del sistema collinare dei flysch tolfetani, caratterizzato da rilievi poco pronunciati. I tipi litologici presenti, prevalentemente di natura argillosa, alternati a strati litoidi, fratturati, favoriscono l'evoluzione di rilievi di forma irregolare, con versanti arrotondati e poco acclivi, modellati da corsi d'acqua a carattere torrentizio.

La morfologia di alcuni rilievi ed il pattern del reticolo idrografico evidenzia con chiarezza l'azione di controllo esercitata su di essi dalla tettonica.

Il tratto posto a nord-est dell'area di progetto corrisponde all'areale di affioramento del plateau ignimbrico vicano, corrispondente ad una vasta distesa sub pianeggiante, modellata da un reticolo idrografico di tipo dendritico che, in alcuni casi, determina la presenza di incisioni marcate, con valli dotate di pareti abbastanza ripide; esse presentano sezioni a V laddove prevale tuttora la fase erosiva lineare, e a fondo piatto, invece, dove alla fase erosiva ha fatto seguito un successivo

alluvionamento. In tale ambito, peraltro, l'erosione agisce in modo differenziato nel passaggio dai litotipi cementati, quali i tufi compatti, a quelli più sciolti.

2.4.1 Dissesti franosi

L'area che spazia dal Tirreno fino all'area collinare di Monte Romano è interessata da una propensione al dissesto variabile e localmente non trascurabile, in ragione della natura litologica delle unità affioranti, dello stato evolutivo del reticolo idrografico, delle condizioni microclimatiche e di quelle geostrutturali, nonché dello spessore della coltre di alterazione delle formazioni affioranti. In tal senso, si osserva una densità di dissesti relativamente contenuta per i termini litologici flyschoidi, se rapportata alla loro struttura complessa, mentre si registra una maggior densità di processi di versante in corrispondenza delle aree di affioramento delle formazioni pelitiche plioceniche.

Le principali forme osservate, di seguito descritte, sono riconducibili, da un lato, a processi prevalentemente di carattere erosivo, dall'altro a processi d'instabilità legati alla gravità.

- Forme e processi di erosione accelerata: aree di denudazione: si tratta di porzioni di versante nelle quali l'azione erosiva ha asportato la copertura superficiale, portando a giorno il substrato, che viene progressivamente intaccato. Forme di questo tipo si determinano di frequente a spese della coltre di alterazione delle formazioni argillose plioceniche.
- Forme e processi dovuti alla gravità: tali manifestazioni vengono distinte in:
 - Frane attive: se prodotte da processi in atto all'epoca del rilevamento o delle indagini ricorrenti a ciclo breve;
 - Frane quiescenti: per le quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di funzionamento nell'attuale sistema morfodinamico e che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono riattivarsi.
 - Frane inattive: intese come manifestazioni riferibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali oppure come processi che, pur essendosi prodotti nell'attuale sistema morfoclimatico, hanno portato a termine la loro evoluzione o non possono più riattivarsi, anche in caso di eventi pluviometrici di particolare intensità.

Le tipologie di frane presenti sono riconducibili alle seguenti categorie (rif. Cruden & Varnes, 1996):

- **Colamenti di terra (earth flows):** colate di terra ad evoluzione prevalentemente lenta e velocità variabile da un punto all'altro della massa instabile. Si manifestano nell'area con alcuni caratteri tipici, quali: l'esistenza di limiti sfumati fra il corpo di frana ed il substrato adiacente; la forma in pianta a clessidra; l'assenza di vere e proprie superfici di scorrimento ben individuabili; la collocazione in versanti con ondulazioni, rigonfiamenti, depressioni a conca e piccole scarpate; zone di distacco di forma polilobata; la definizione

del movimento che avviene lungo diverse e discontinue superfici di rottura, senza una separazione netta fra la massa instabile e quella in posto; l'esistenza di zone di accumulo più rilevate rispetto al pendio adiacente, con rigonfiamenti trasversali; zone di piede di forma lobata, con fessure radiali; la presenza di venute d'acqua dall'unghia di frana. Nell'insieme, esse rappresentano masse ad elevata viscosità, dove la velocità del movimento è funzione della pendenza del versante e del contenuto d'acqua della massa instabile, interessate da deformazioni plastiche, che coinvolgono uno spessore, generalmente non eccessivo, di terreno in movimento non su una superficie ben definita, quanto piuttosto su una fascia di scorrimento.

- **Scorrimenti traslazionali di terra:** sono generalmente rappresentati da processi nei quali prevale, appunto, la componente traslativa e che possono essere favoriti da condizioni giaciture, stratigrafiche e strutturali. Fra tali fattori una disposizione a franapoggio delle giaciture può rappresentare un fattore predisponente; l'aumento del tenore in acqua, accompagnato dall'azione di scalzamento al piede, possono agire da cause determinanti. Le manifestazioni individuate e caratterizzate nell'area mostrano alcuni fra gli aspetti tipici del fenomeno: coronamento ben evidente; corpi di frana generalmente frammentati; frequenza di fessure trasversali.

2.5 Idrogeologia

Una prima caratterizzazione idrogeologica dell'area di progetto è desumibile dalla Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, alla scala 1:100.000, foglio 4 (si veda la figura 2-1 che ne riporta uno stralcio con evidenza del tracciato di progetto, ove la galleria Monteromano – colore verde al centro del tracciato - rappresenta l'opera di maggior impatto potenziale con le risorse idriche sotterranee dell'area).

La Carta Idrogeologica della Regione Lazio identifica diversi complessi idrogeologici costituiti da litotipi con caratteristiche simili. Per ogni complesso è indicato il grado di potenzialità acquifera, definita come la capacità di ciascun complesso di assorbire, immagazzinare e restituire l'acqua.

Come si evidenzia dalla figura seguente, il progetto si sviluppa nel "*Complesso dei Flysch marnoso-argillosi*" classificato a bassissima potenzialità acquifera. Non sono presenti sorgenti lungo l'asse di progetto e nell'area limitrofe.

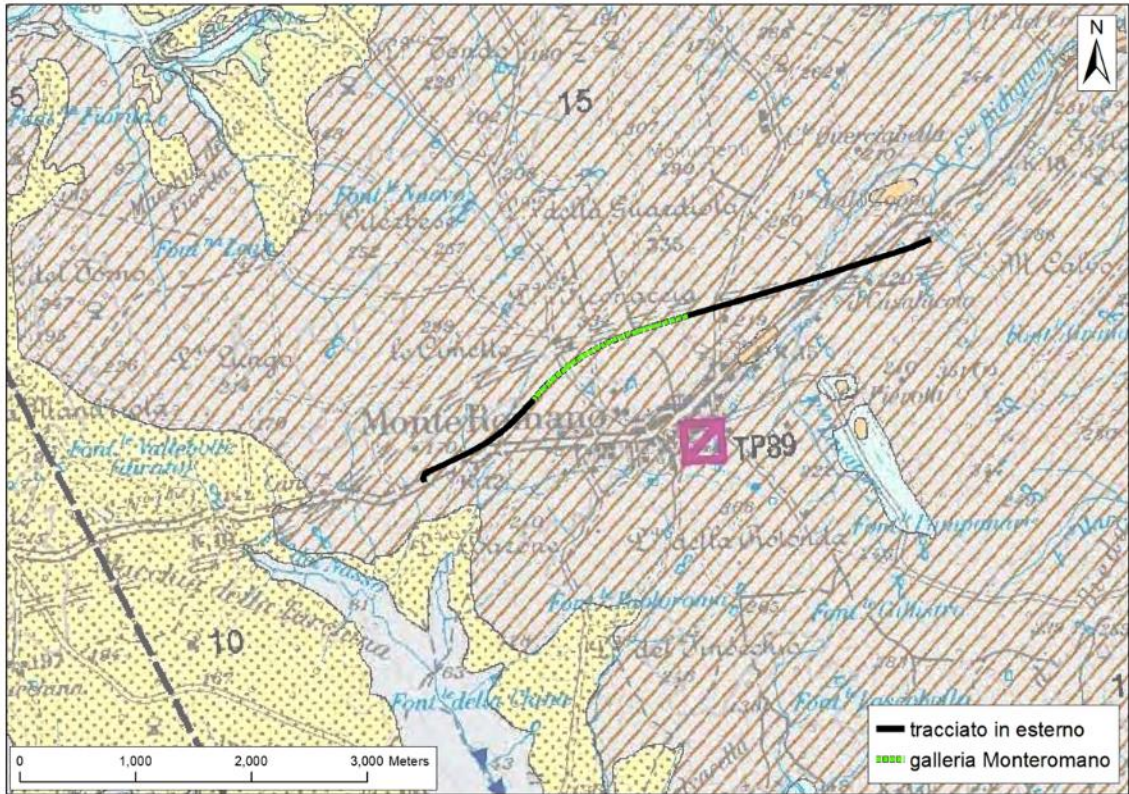


Figura 2-4: Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, alla scala 1:100.000, foglio 4 (stralcio).

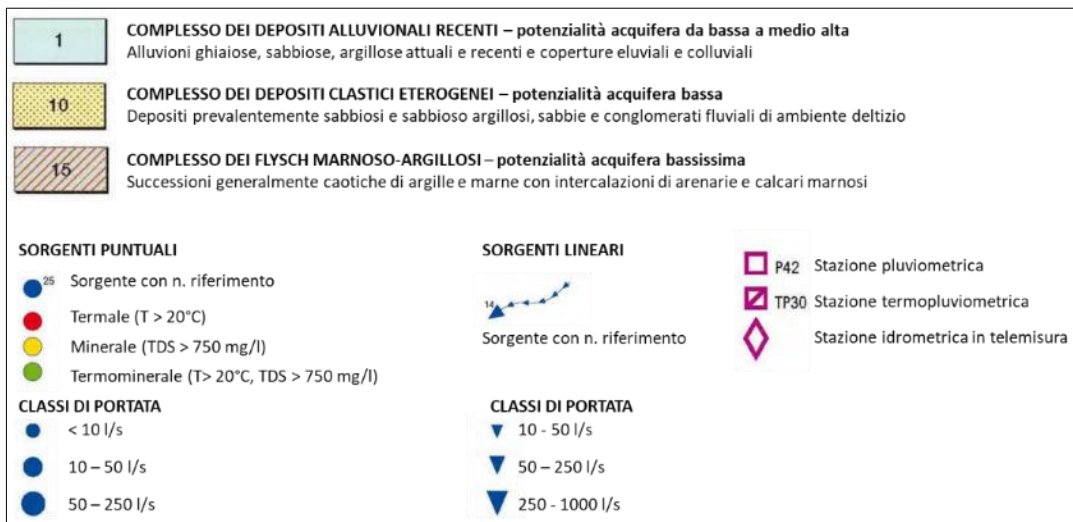


Figura 2-5: Legenda della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le aree interessate dal progetto sono state investigate, direttamente o indirettamente, attraverso diverse campagne d'indagine geognostica:

- Campagna Sondedile (1994) relativa al tracciato in progetto ed inoltre estesa a una porzione di territorio posta ad est (sui terreni del Flysch della Tolfa) di collegamento con al SS 675. Su un totale di n.55 perforazioni, si possono considerare utilizzabili per il tracciato di progetto n.26 perforazioni e alcune prove down-hole nei fori lungo la galleria Monteromano. Sui segnala che i fori lungo la galleria Monteromano sono posizionati fuori dall'asse attuale a distanza variabile da 150m a 450m;
- Campagna Progetto Definitivo 2006, Geostudi, Polo Geologico (2006), ultimata nel novembre 2006, comprendente n.24 sondaggi a carotaggio continuo, pozzetti, CPT, prove sismiche (down-hole e basi a rifrazione). Relativamente al progetto attuale, si possono considerare n.12 sondaggi posizionati lungo l'asse.
- Campagna integrativa 2022: focalizzata sul progetto del 1° stralcio Monte Romano est – Tarquinia, di collegamento tra la SS675 posta a est di Monte Romano, con la SS1bis Via Aurelia a circa 3km a ovest dal centro abitato, eseguita nel periodo aprile-maggio 2022, comprende n.9 sondaggi a carotaggio continuo (tra 15m e 90m), prove in foro SPT, pressiometriche, Lefranc e down-hole, n.5 pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra, stendimenti di sismica a rifrazione e riflessione lungo l'asse della galleria Monteromano e n.6 prove MASW + n.2 prove HVSR lungo il tracciato. I sondaggi geotecnici eseguiti hanno permesso di prelevare campioni rimaneggiati, indisturbati, litoidi sui quali sono state eseguite le prove di laboratorio.

Le campagne di indagini del 1994 e 2006 erano state eseguite a supporto del progetto più esteso sviluppato da ANAS nel 2006 (PD 2006). Relativamente al progetto attuale, di queste campagne si possono considerare n.13 sondaggi posizionati lungo l'asse o nelle immediate vicinanze:

- Sondaggi 1994 – 30, 36, 34, 35, 37, 40, 41, 49, 50 e 51
- Sondaggi 2006 – S20, S18, S17

4 MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI PROGETTO

4.1 Geologia

Partendo dall'innesto sulla SS675 (progr 0+000) e procedendo verso ovest, fino alla progr 0+775, il tracciato attraversa (prevalentemente in trincea) i terreni flyschoidi del Membro di Poggio vivo nella litofacies del Torrente Bidignone (FYT1a). Tali terreni sono costituiti da marne argillose, argille siltose ed argille fissili grigio scuro e marrone a cui si intercalano sottili strati calcarenitici e calcilutitici, superficialmente ricoperti da una coltre (eluviale e alluvionale), alterata ed ossidata, di spessore variabile.

Successivamente e fino alla progr. 1+008 circa il tracciato attraversa, inizialmente in trincea e nella parte finale in rilevato, le coperture eluviali (spessore max c.a. 8m) dei terreni il Flyschoidi del Membro del Fosso Anitrella (FYT2) in facies prevalentemente pelitica. Questa facies è rappresentata da argilliti, siltiti ed argilliti siltose sottilmente stratificate e fogliettate in scaglie minute.

Dalla progressiva 1+008 fino a pk 1+283 il tracciato attraversa il Fosso Lavatore, tramite un ponticello di lunghezza di 49m, e successivamente le alluvioni dello stesso fosso mediante un rilevato, bypassato da un sottovia. La natura delle alluvioni è prevalentemente a grana fine (limo-argillosa), con rare intercalazioni sabbiose, e solo subordinatamente a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbioso-limosa.

Successivamente e fino alla progr. 2+025 circa il tracciato attraversa, in rilevato, terreni piroclastici, prevalentemente in facies alterata e argillificata, al di sotto dei quali (spessore max 8-9m) si rinvencono i terreni flyschoidi del Membro del Fosso Anitrella (FYT2) in facies prevalentemente pelitica.

Procedendo verso ovest si arriva all'imbocco della galleria Monteromano (progr. 2+180) dove è presente il deposito di una frana per colamento di materiale eterogeneo, di natura argilloso-limosa misto a blocchi di calcari marnosi di natura flyschoidi, in stato apparentemente quiescente, che interferisce con il progetto limitatamente alla trincea di approccio all'imbocco della carreggiata sud.

La galleria Monteromano (progr. 2+180 ÷ 3+750) attraversa la serie completa del Flysch della Tolfa: inizialmente nel membro del Fosso Anitrella FYT2 in facies pelitica rappresentata da argilliti, siltiti ed argilliti siltose (fino alla progr. 2+337) e successivamente nel membro di Poggio vivo FYT1, costituita da un'alternanza di calcari, calcari marnosi e calcareniti, fratturati, con interstrati da limoso-argillosi ad argilloso-marnosi. I due membri sono strutturalmente separati dal fronte di sovrascorrimento che ha portato il membro di Poggio vivo FYT1 (più antico) a sovrapporsi al membro del Fosso Anitrella FYT2 (più recente). È presumibile che nella zona di sovrascorrimento la galleria possa attraversare una tratta di elevata caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo, come anche si evince dall'indagine sismica a riflessione e tomografia sismica a rifrazione delle linee PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04 (eseguite sull'impronta

della galleria).

Sulla scorta dei sondaggi disponibili, in particolare il sondaggio PD_S-05 e l'indagine sismica a riflessione e tomografia sismica a rifrazione delle linee PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04, è stata individuata una tratta estesa per c.a. 300m in cui sono presenti livelli calcareo-marnosi compatti poco fratturati il cui spessore supera abbondantemente i 30 m.

Infatti, l'indagine in sismica a riflessione ha identificato, lungo tutta la sezione di rilievo, un riflettore principale (colore blu nella sezione interpretativa) a profondità variabile, da circa 30m fino ad un massimo di circa 160m da piano campagna. Tale riflettore può essere determinato unicamente da un contrasto di impedenza tra due sismostrati, quindi ascrivibile al passaggio con materiali con diverse caratteristiche geomeccaniche. Il riflettore è interrotto lateralmente da più superfici di discontinuità inclinate (linee tratteggiate di colore rosso sulle sezioni) identificate da una profondità di circa 40m da piano campagna; tali superfici determinano la discontinuità laterale del riflettore principale individuato Figura 4-1. Mentre il sondaggio PD_S-05, a partire da c.a. 33 m di profondità, ha intercettato calcari marnosi e marne calcaree con continuità o al più con intercalazioni di potenza trascurabile di livelli marnoso argillosi, fino a fondo foro (90m).

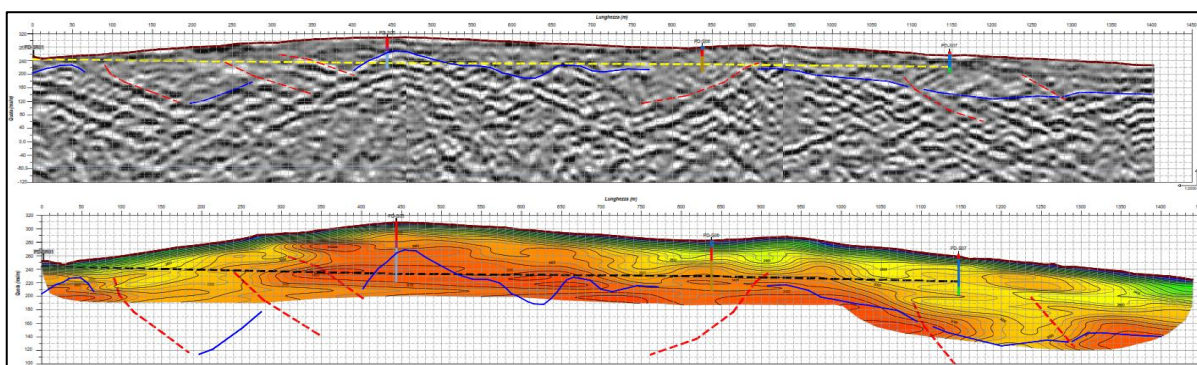


Figura 4-1: linee PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati tomografici in rifrazione sono stati confrontati con le informazioni fornite dai sondaggi presenti lungo la linea per permettere di geometrizzare l'ammasso litoide di calcari marnosi e marne calcaree lungo la sezione della galleria Monte Romano (Figura 4-2). Tra i vari elementi individuati dall'indagine sismica, tra cui il riflettore principale (colore blu nella sezione interpretativa), le superfici di discontinuità inclinate (linee tratteggiate di colore rosso sulle sezioni) sono state prese in considerazione anche le isolinee di velocità delle onde P e i loro rapporti geometrici con i dati dei log stratigrafici dei sondaggi presenti; quest'esercizio ha consentito di individuare nelle velocità comprese o superiori a 3600 m/sec - 3700 m/sec la presenza di un substrato a comportamento litoide. L'assetto strutturale di questi terreni a quota galleria risulta incerto, ma presumibilmente dovrebbe riflettere le misure eseguite sugli affioramenti di superficie (distribuite spazialmente in modo omogeneo) con una direzione compresa tra i 233° e 319° e un'inclinazione media intorno ai 21°.

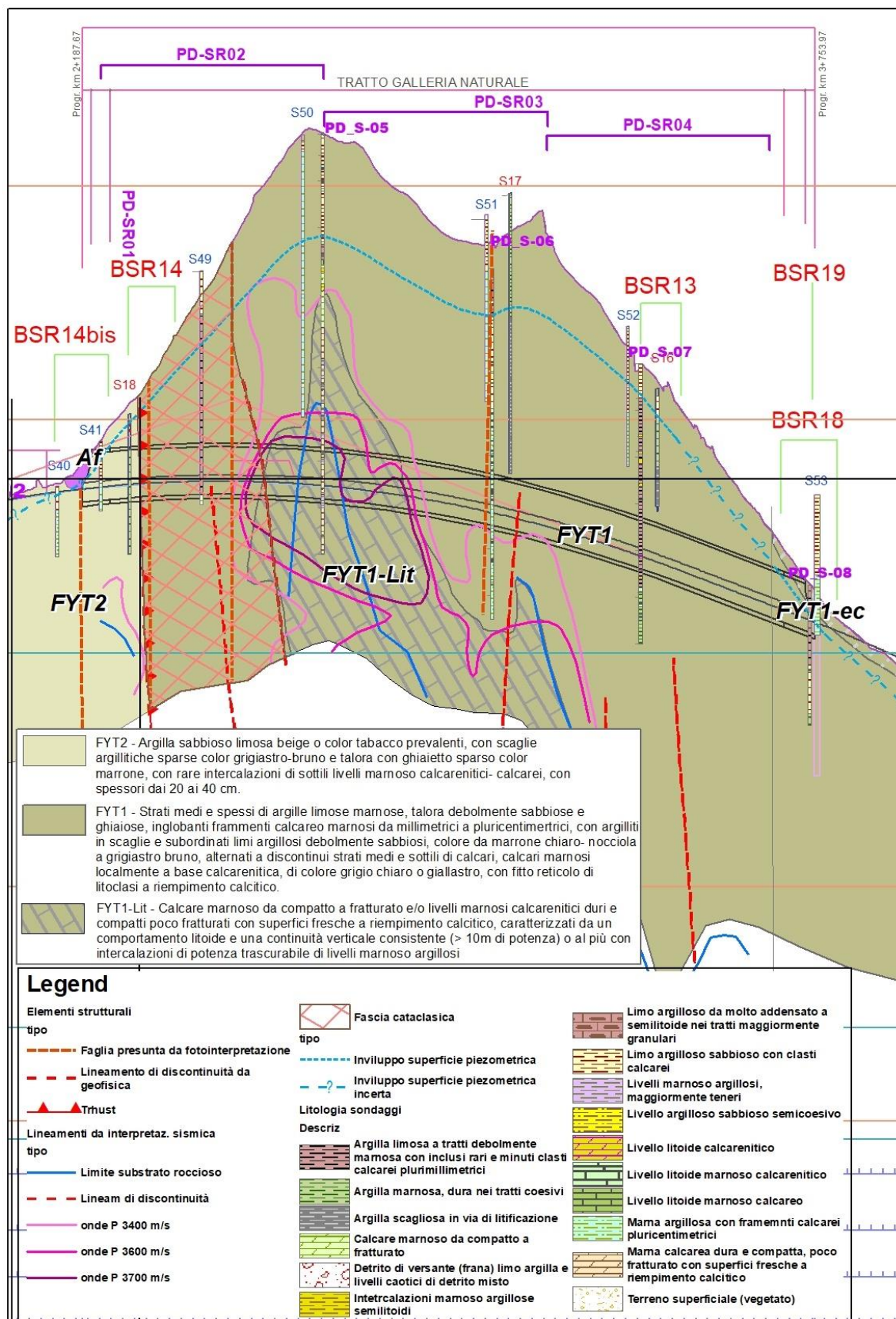


Figura 4-2: Sezione geologica (scala orizz. Vert.: 1:10) nel tratto della galleria Monte Romano con sovrapposizione dei dati dell'indagine sismica delle linee PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04.

Dal portale ovest della galleria Monteromano, il tracciato procede sui terreni del flyschoidi del membro di Poggio vivo FYT1, in facies prevalentemente pelitica (da limi-argillosi ad argille-limose, talora sabbiosi/e, e argille marnose, con frequenti frammenti calcarei millimetrici e pluricentimetrici e abbondanti blocchi calcarei decimetrici).

Il tratto a mezzacosta, con successione di rilevati e trincee, dopo lo sbocco della galleria Monteromano e fino allo svincolo Tarquinia, interessa questi terreni, il cui assetto risulta difficilmente deducibile dai dati di giacitura stante la scarsità di affioramenti.

La Figura 4-3 riporta lo stralcio della carta Geologica CARG – Foglio Tarquinia con evidenza del tracciato di progetto.

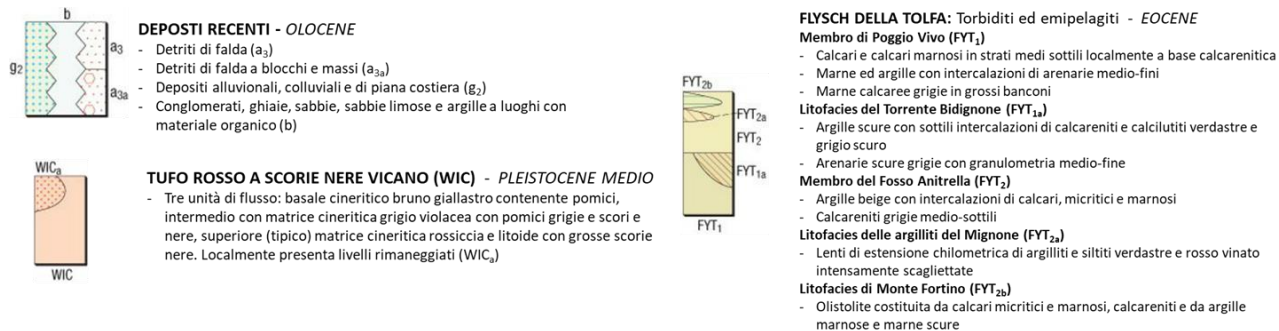
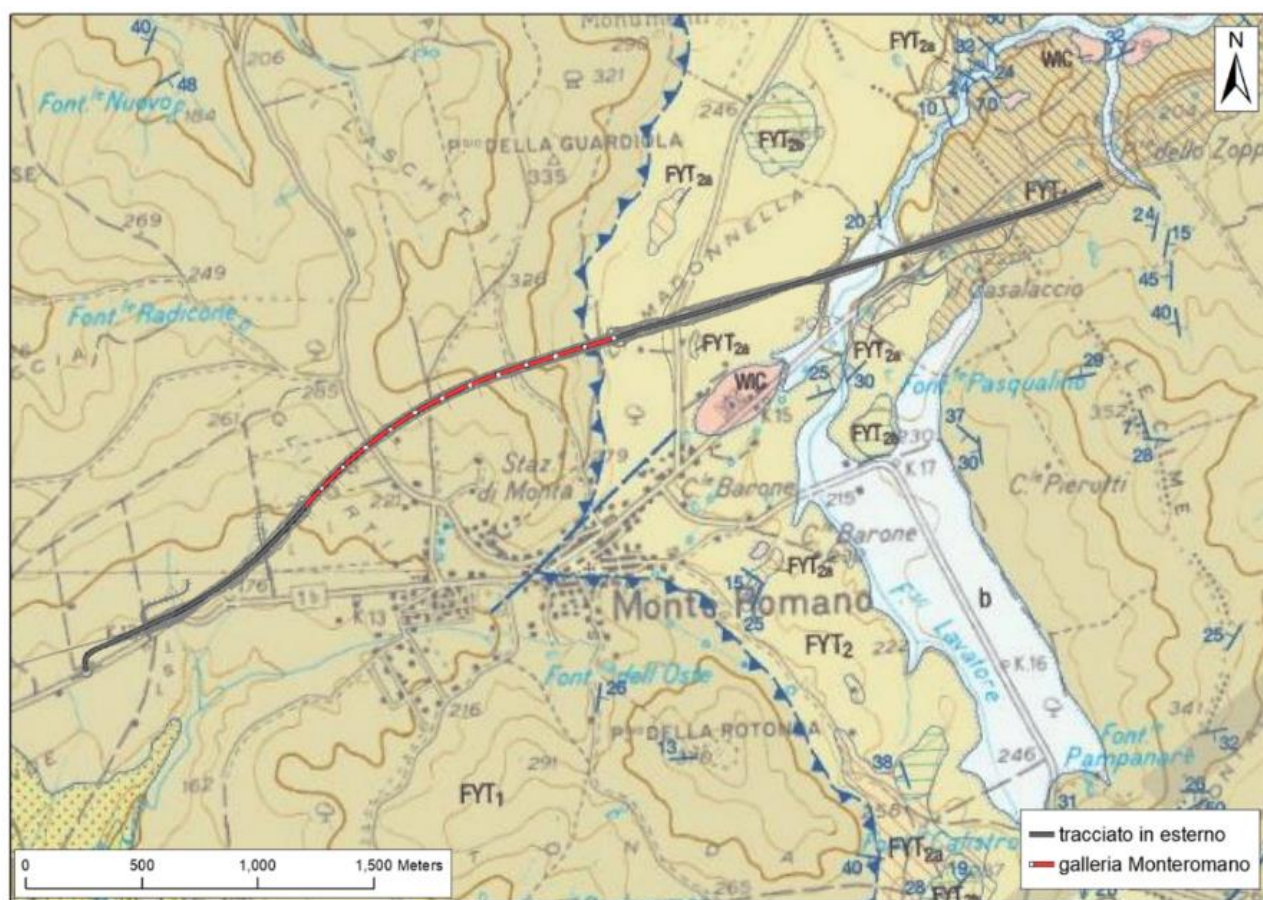


Figura 4-3: Stralcio della carta geologica CARG foglio Tarquinia e tracciato di progetto

Progetto Definitivo

Viene di seguito descritto il contesto geologico riscontrabile in corrispondenza delle principali opere d'arte previste in progetto.

Galleria artificiale di attraversamento della SS675, L=132.5m			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: PD_S-02, PD_S-03, PD_TR-03 (2022); S20, PZ13 (2006); S1bis, S32 (1994)
Geologia e geotecnica	0+590	0+800	<p>La porzione superiore dello scavo (inferiore ai 7 m) interesserà la coltre di alterazione dei terreni flyschoidi della litofacies del Torrente Bidignone FYT1a (limo con argilla sabbioso inglobante ghiaia ed elementi litoidi marnosi, NSPT = 25 a 1,8m e 39 a 3,8m); i terreni sono classificabili come A₇₋₆ (ASTM 3282/93). La parte inferiore e la quota di imposta del solettone di base, interesseranno sempre i terreni della litofacies del Torrente Bidignone FYT1a (intercalazione di limo ed argilla e sottili livelli litoidi marnosi calcarei, NSPT= NSPT = >50) ma poco o per nulla alterati.</p> <p>In corrispondenza dell'imbocco ovest della carreggiata sud, si riviene la coltre di alterazione dei terreni flyschoidi del membro del Fosso Anitrella FYT2 (limi argillosi con clasti calcarei, NSPT= 60 a 2,0m e >50 oltre i 2m), con spessori intorno ai 5m, e al di sotto di questa la porzione non alterata dello stesso membro costituita da limi argillosi da molto addensato a semilitoidi (NSPT= >50).</p>

PT.01-Ponticello fosso Lavatore 12x6 L=49m alla progr. 1+028			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S1-S2 S3 (1994)
Geologia e geotecnica	1+000	1+050	<p>Copertura alluvionale costituita da limo con argilla sabbioso, consistente (NSPT = >50), inglobante frammenti ghiaiosi.</p> <p>Al di sotto (5-6 m ca.) è presente il flysch del membro del Fosso Anitrella FYT2.</p>

ST.01-Sottovia 5x26.4 alla progr. 1+210			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: PD_PZ_01 (2022); PZ12 (2006)
Geologia e geotecnica	1+190	1+241	<p>Copertura alluvionale costituita da limo con argilla sabbioso, consistente (NSPT = 19-20), inglobante frammenti ghiaiosi, classificato come A₇₋₆.</p> <p>Al di sotto (5 m ca.) è presente presente il flysch del membro del Fosso Anitrella FYT2.</p>

ST.02-Sottovia 11x6.8 L=49.50m alla progr. 1+965			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S34, S35, S37 (1994)
Geologia e geotecnica	1+940	2+005	<p>L'opera d'arte interessa, fino a 7 m ca, la coltre eluviale in facies alterata e argillificata dei terreni rimaneggiati del tufo rosso a scorie nere vicano WICa (NSPT=27), passante lateralmente ai terreni flyschoidi del membro del Fosso Anitrella FYT2; Questi terreni sono rappresentati da una matrice limo-sabbiosa, addensata (NSPT = 32), con abbondanti frammenti litoidi calcareo-marnosi.</p> <p>In basso si passa al substrato flyschoidi (FYT2): marne argillose grigie, scagliettate e limi argillosi sabbiosi con clasti calcarei (NSPT>50).</p>

Galleria naturale "Monteromano" L=1441m			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S41 – S49 – S50 – S51 - S52 – S53 (1994); S16 – S17 – S18 (2006); BSR13 – BSR 14 - BSR18 – BSR19 (2006); PD-SR01, PD_S_05, PD_S_06, PD_S_07, PD_S_08, PD-SR01, PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04 (2022).
Geologia	2+150	2+345	Sezione mista in presenza della fascia di passaggio fra i termini flyschoidi del membro del Fosso Anitrella FYT2, argille scagliose e marne argillose con frammenti calcarei e il flysch del membro di Poggio vivo FYT1, qui rappresentato da limi argillosi con clasti calcarei e straterelli litoidi calcilutitici e marnosi e argille limose debolmente marnose.
	2+345	2+575	Flysch del membro di Poggio vivo FYT1: argille grigie scagliettate con subordinati livelli litoidi calcareo-marnosi grigi, con abbondante calcite. Fortemente strutturate, con numerose superfici di discontinuità lucidate per taglio. Assetto generale caotico. I rari affioramenti in superficie hanno comunque consentito di definire l'assetto geometrico membro di Poggio vivo in questo tratto, caratterizzato da una direzione media di 245° e un'inclinazione di 22°.

Galleria naturale "Monteromano" L=1441m			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S41 – S49 – S50 – S51 - S52 – S53 (1994); S16 – S17 – S18 (2006); BSR13 – BSR 14 - BSR18 – BSR19 (2006); PD-SR01, PD_S_05, PD_S_06, PD_S_07, PD_S_08, PD-SR01, PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04 (2022).
	2+575	2+875	Flysch del membro di Poggio vivo in facies calcareo marnosa e/o calcarenitica FYT1 _{Lit} caratterizzati da notevole continuità verticale e orizzontale; presenza di livelli calcarei compatti poco fratturati, o al più con intercalazioni di potenza trascurabile di livelli marnoso argillosi, il cui spessore supera abbondantemente i 30 m. I rari affioramenti in superficie, individuati ad una quota di circa 275 m.s.l.m. e discostati di c.a. 170 m dall'impronta di tracciato, hanno comunque consentito di definire l'assetto geometrico membro di Poggio vivo in questo tratto, caratterizzato da una direzione media di 290° e un'inclinazione di 20°.
	2+875	3+200	Flysch Flysch del membro di Poggio vivo FYT1: strati litoidi marnosi calcarenitici (spessore da 0.5m a 2m), con vene calcitiche e con fratture incrociate da subverticali a 60°, alternati a interstrati di marne argillose con frammenti calcarei pluricentimetrici. I rari affioramenti in superficie, individuati ad una quota di circa 230 m.s.l.m. e discostati di c.a. 250m dall'impronta di tracciato, hanno comunque consentito di definire l'assetto geometrico membro di Poggio vivo in questo tratto, caratterizzato da una direzione media di 300° e un'inclinazione di 24°.
Geologia	3+200	3+775	Flysch calcareo: Argille limose a tratti debolmente marnose, parzialmente strutturate, con inclusi rari e minuti clasti calcarei plurimillimetrici con sporadici interstrati di calcareniti litoidi grigio chiaro. L'assetto geometrico è difficilmente identificabile in ragione della scarsità di affioramenti: l'unico affioramento superficiale, alla progr. 3+380 c.a. e praticamente allineato all'impronta del tracciato, ha registrato una direzione di 15° e un'inclinazione di 11°.
Faglie ed altri elementi tettonici	2+315	2+575	Discontinuità presunta nelle unità flyscioidi del membro di Poggio vivo per il contatto tettonico di sovrascorrimento tra i membri Flysch della Tolfa FYT1 e FYT2: linee di discontinuità individuate dalle indagini geofisiche e lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo.

Galleria naturale "Monteromano" L=1441m			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S41 – S49 – S50 – S51 - S52 – S53 (1994); S16 – S17 – S18 (2006); BSR13 – BSR 14 - BSR18 – BSR19 (2006); PD-SR01, PD_S_05, PD_S_06, PD_S_07, PD_S_08, PD-SR01, PD-SR02_PD-SR03_PD-SR04 (2022).
	3+030	3+175	Linea di discontinuità individuata dalle indagini geofisiche e lineamento individuato da fotointerpretazione;
Idrogeologia e afflussi idrici			Il Flysch appartenente al membro di Poggio vivo, in facies calcareo marnosa e/o calcarenitica FYT1 _{Lit} , possiede una permeabilità relativamente maggiore (c.a. da 6.00E-06 a 4.60E-07 m/sec) rispetto alla porzione pelitica delle argille limose marnose e/o limi argillosi con sottili intercalazioni di livelli calcareo marnosi /e/o marnosi calcarei (c.a. da 1.21E-08 a 3.57E-08 m/sec), ed ospita una debole circolazione idrica. I livelli piezometrici, peraltro, evidenziano un sostanziale equilibrio con l'assetto morfologico e altimetrico della sovrastante copertura. Il membro del Fosso Anitrella (FYT2), costituito qui prevalentemente da argille marnose dure, risulta complessivamente poco permeabile (5.50E-08 m/sec). Si prevede che lo scavo avvenga in condizioni umide, con locale aumento in corrispondenza delle fasce tettonizzate.
Condizioni degli imbocchi:	Lato NE		Le opere di sostegno della carreggiata sud cadono all'interno della coltre di frana quiescente, dello spessore massimo accertato tra i 5 e 9 m, costituita da una matrice limoso argillosa contenente elementi litoidi calcareo-marnosi (NSPT=24). Al di sotto sono presenti i terreni del flysch del membro del Fosso Anitrella FYT2 (marne argillose e argille marnose, NSPT>50).
	Lato SW		L'imbocco, fino ad una profondità di c.a. 2-2,5 m, intercetta la coltre eluviale in facies alterata e argillificata dei terreni del flysch del membro di Poggio vivo (SPT=91). Inferiormente si rinvencono le argille limose a tratti debolmente marnose con inclusi clasti calcarei plurimillimetrici (NSPT>50). L'assetto geometrico è difficilmente identificabile in ragione della scarsità di affioramenti.
Caratteristiche del materiale di smarino:			Le caratteristiche del materiale di scavo rendono parzialmente riutilizzabile, per la formazione dei rilevati, previa selezione ed eventuale miscelazione con altre classi granulometriche, le porzioni litoidi del membro di Poggio vivo FYT1 _{Lit} con bassa incidenza di frazione argillosa. I restanti volumi di scavo verranno smaltiti in siti di deposito.

ST.03-Sottovia 5x7.65 L=49.50m alla progr. 4+014			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: PD_PZ_03 (2022); PZ9 (2006)
Geologia e geotecnica	3+990	4+045	L'opera d'arte interessa, fino ad una profondità di c.a. 2-2,5 m, la coltre eluviale dei terreni del flysch del membro di Poggio vivo qui costituita da limo sabbioso argilloso con abbondanti clasti centimetrici e massi decimetrici calcarenitici e marnosi, da molto consistente a molto addensata nella matrice limoso sabbioso argillosa. In basso si passa al substrato flyschoide (FYT1): limo con argilla sabbioso marrone grigiastro e livelli marnosi in via di litificazione (NSPT>50).

St.04-Sottovia 5x6.70 L=32.85m alla progr. 4+619			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: PD_S-09 (2022); PZ8 (2006)
Geologia e geotecnica	4+600	4+645	L'opera d'arte interessa, fino ad una profondità di c.a. 6 m, la coltre eluviale dei terreni del flysch del membro di Poggio vivo qui costituita da argille limose, con clasti calcarei da millimetrici a centimetrici, alterata, da molto consistente a dura, di colore marrone rossastro con intercalazioni granulari sabbioso limoso ghiaiose (NSPT=36). In basso si passa al substrato flyschoide (FYT1): argilla limosa sabbiosa, debolmente marnosa in profondità, da molto consistente a dura (NSPT>50).

4.2 Geomorfologia

Il progetto si inserisce in una morfologia collinare, con rilievi poco pronunciati, tipica delle aree il cui substrato è costituito dai flysch tolfetani. I tipi litologici presenti, prevalentemente di natura argillosa, alternati a strati litoidi, fratturati, favoriscono l'evoluzione di rilievi di forma irregolare, modellati da corsi d'acqua a carattere torrentizio, con versanti arrotondati e poco acclivi dove prevale la componente argillosa, e con forme più irregolari e maggiormente pendenti dove prevale la componente calcarea del Flysch.

Lungo il tracciato è stata rinvenuta una frana per colamento di materiale eterogeneo, di natura argilloso-limosa misto a blocchi di calcari marnosi di natura flyschoide, in stato apparentemente quiescente, che interferisce con il progetto limitatamente alla trincea di approccio all'imbocco della carreggiata sud, preso l'imbocco della galleria Monte Romano (progr. 2+180,).

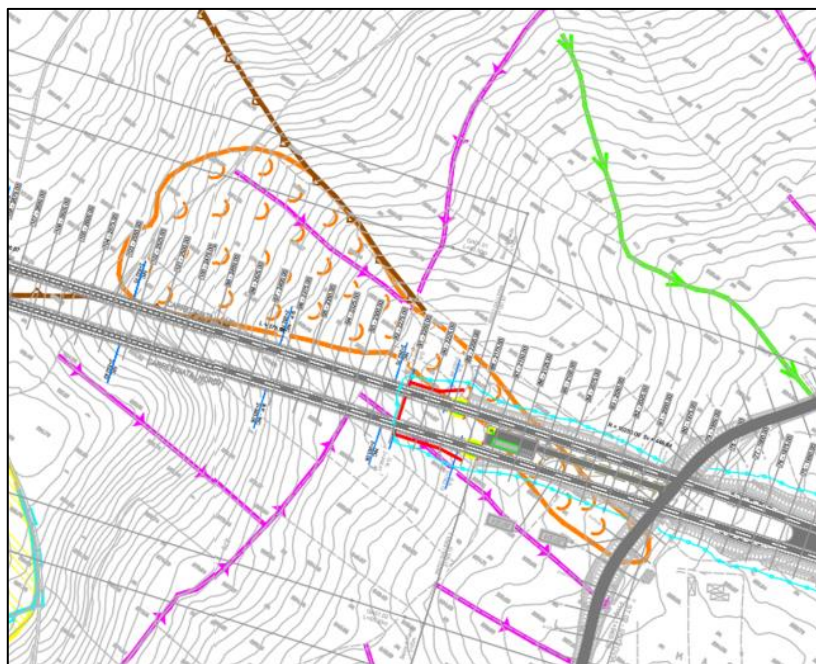


Figura 4-4: Inquadramento della frana per colamento quiescente nella zona del portale est galleria. Monteromano

Da un'osservazione diretta il deposito di frana si caratterizza per una scarpata di altezza variabile tra 1.5 m e 2 m, obliterata dalla vegetazione, nel suo fianco destro afferente alla trincea di approccio all'imbocco della carreggiata sud (Figura 4-5). Tale scarpata prosegue continua fino alla testata del coronamento dove poi il rimodellamento morfologico ha cancellato le forme legate al coronamento della frana. Il fianco sinistro coincide con un impluvio appena accennato il cui versante sinistro appare dissociato dal corpo di frana. Il settore centrale del corpo di frana presenta un leggero rigonfiamento continuo, che si sviluppa longitudinalmente per quasi tutta la lunghezza della frana senza mostrare indicatori di movimento recente. Il settore corrispondente con l'unghia del corpo di frana è caratterizzato da una superficie quasi pianeggiante (Figura 4-6) e non presenta rigonfiamenti o lobature.

Le osservazioni sopracitate hanno contribuito a definire questa forma di dissesto come frana quiescente per colamento.

I sondaggi S18, S41 e S40 e l'indagine sismica a rifrazione BSR14 e BSR14bis hanno permesso di interpretare la superficie di distacco ad una profondità compresa tra 5 e 9 m.



Figura 4-5: Vista dell'areale in frana nel settore limitato all'approccio all'imbocco della carreggiata sud



Figura 4-6: Vista del settore corrispondente all'unghia del deposito franoso.

Le aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico, evidenziate nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI²) disponibile sul Geoportale della Regione Lazio, sono riportate nella Figura 4-7. In particolare, si evidenzia un'area prossima al portale ovest della galleria Monteromano dove è segnalato un'area a pericolo C. Tale interferenza è compresa tra le progressive 3660+00 (tracciato in trincea) e 4011+00 (tracciato in basso rilevato) in corrispondenza del portale ovest galleria Monteromano (Figura 4-8)

Nello specifico le Norme di Attuazione del PAI (NTA) identificano le "Aree a Pericolo C" come (Art.6) *"aree a pericolo di frana lieve ... che risultano interessate da scivolamenti lenti delle coltri superficiali e/o da frane caratterizzate da piccoli volumi e movimento lento"*. L'art. 18, che disciplina gli

² Il PAI a disposizione (tavola 2.06 nord alla scala 1:25.000) è aggiornato al febbraio 2015

interventi su tali aree indica (comma b): " la realizzazione di opere, scavi e riporti di qualsiasi natura deve essere programmata sulla base di opportuni rilievi ed indagini geognostiche, di valutazioni della stabilità globale dell'area e delle opere nelle condizioni "ante", "post" e in corso d'opera effettuate da un professionista abilitato, secondo la normativa vigente " .

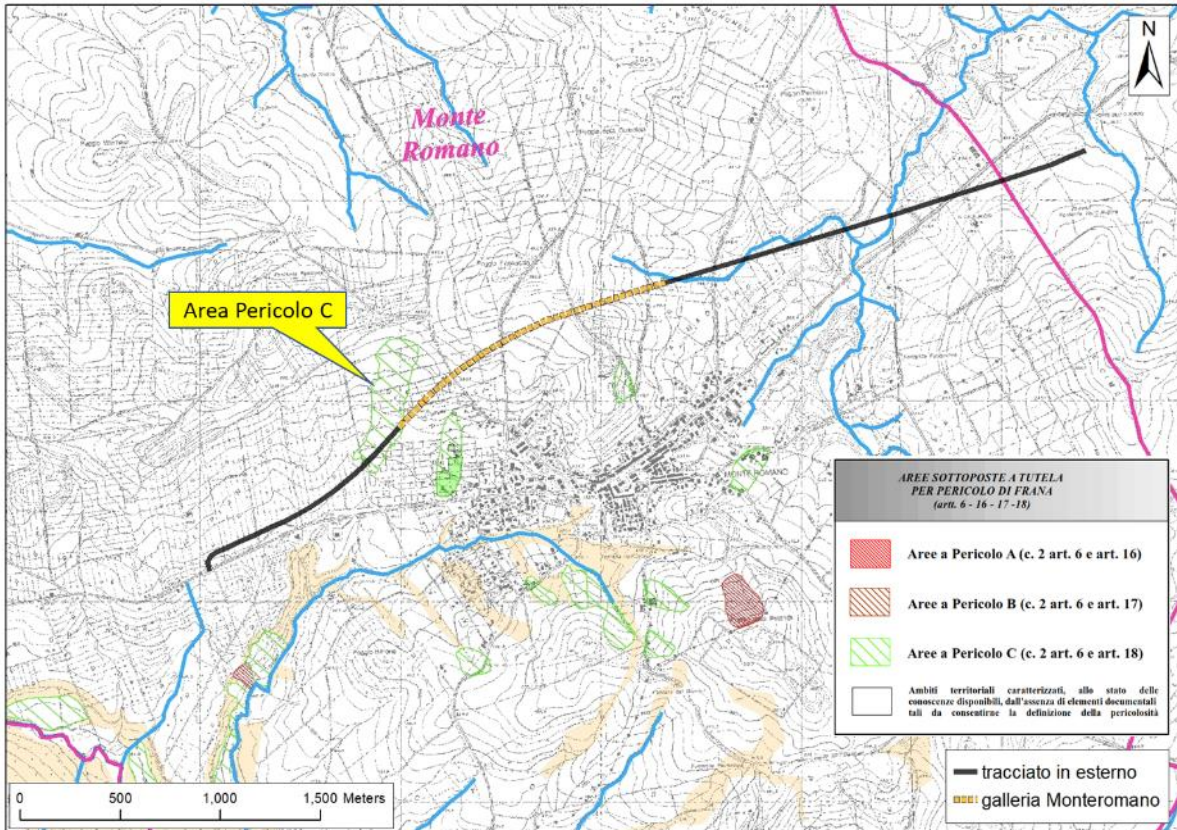


Figura 4-7: Estratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

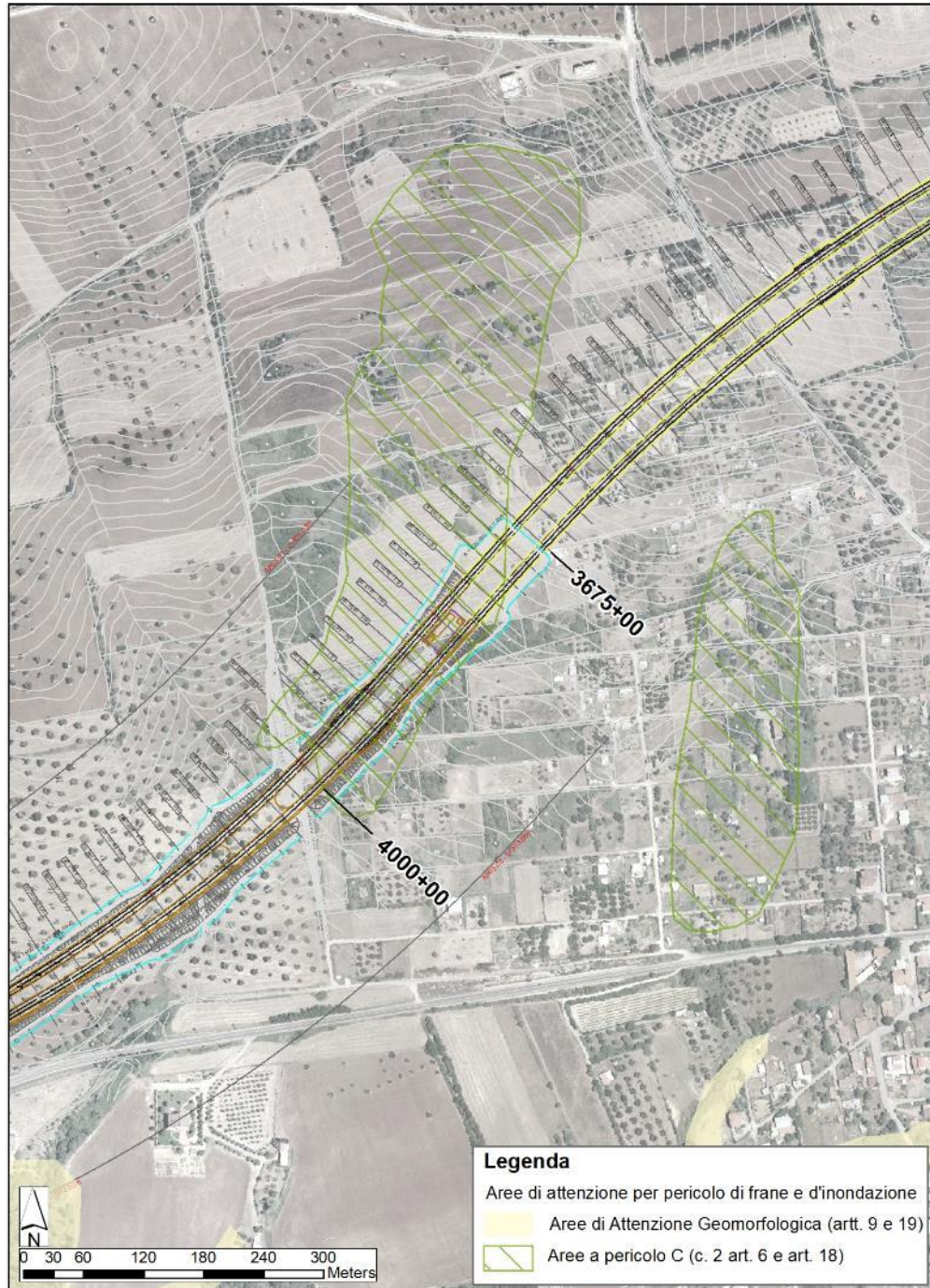


Figura 4-8: zona del portale ovest galleria. Monteromano, areale PAI

Un sopralluogo specifico nell'area di interferenza ha permesso di escludere la presenza di forme ed elementi riconducibili alla presenza di dissesti in atto o quiescenti, e anche nel dettaglio non sono rinvenute forme ascrivibili a scarpate di coronamento, contropendenze, fessure trasversali o longitudinali e rigonfiamenti come si evince anche dalla debole inclinazione e regolarità longitudinale e trasversale dell'intero versante (Figura 4-9 e Figura 4-10). I sondaggi PD_S_08, S16-S16DH (quest'ultimo al limite dell'area a pericolo C) e le indagini sismiche a rifrazione BSR18, BSR19 e

BSR13 hanno permesso di individuare lo spessore dei terreni costituenti la coltre eluvio-colluviale del Flysch ad una profondità compresa tra un massimo di 5m, nel settore prossimo alla testata dell'area perimetrata a "pericolo C", e a circa 2 - 2,5m nel settore in cui è prevista la realizzazione dell'opera

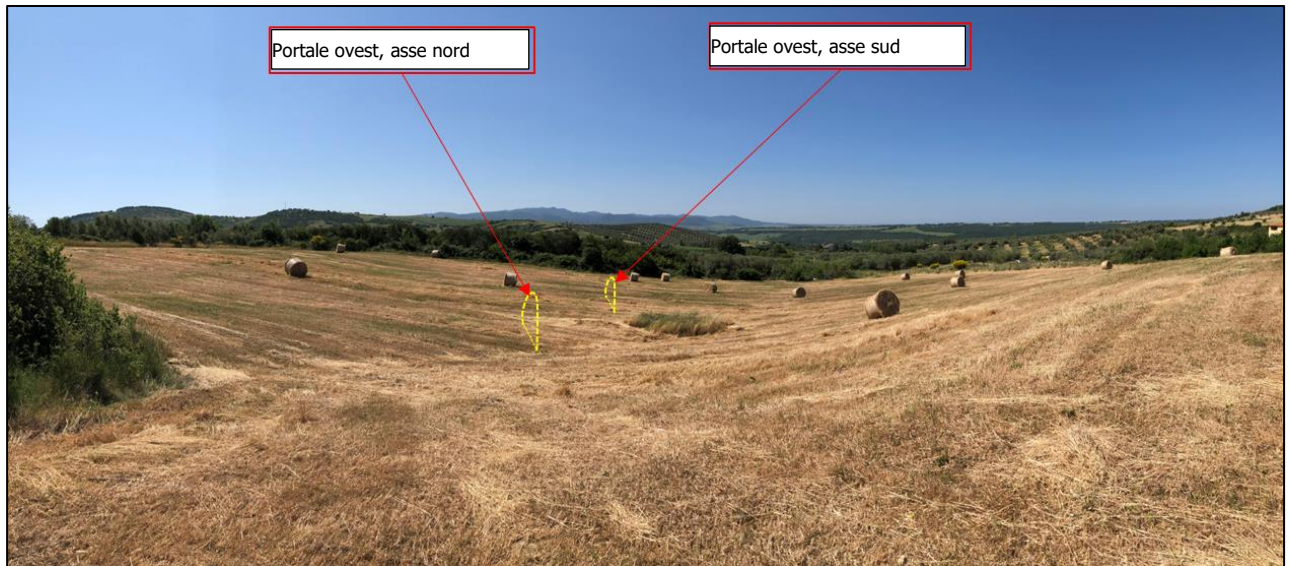


Figura 4-9: Vista in direzione sud del versante sottoposto a tutela per dissesto idrogeologico evidenziate nel PAI, con indicazione della posizione dei portali ovest della galleria Monte Romano



Figura 4-10: Vista in direzione est-nord est del versante sottoposto a tutela per dissesto idrogeologico evidenziate nel PAI, con indicazione della posizione dei portali ovest della galleria Monte Romano

Su entrambe le forme sono state eseguite le analisi di stabilità globale i cui risultati sono riportati nella relazione T00GE00GETRE12_B.

Per tutto il restante sviluppo planimetrico del tracciato di progetto non vi sono interferenze dirette con aree a differente rischio/pericolosità o di attenzione.

4.3 Idrogeologia

Il tracciato in progetto si sviluppa per larga parte sui terreni che compongono il Complesso Idrogeologico dei Flysch tolfetani e in misura marginale sul Complesso dell'unità tufo rosso a scorie nere vicano e nel complesso Idrogeologico delle alluvioni. Le prove di permeabilità effettuate nei sondaggi lungo la tratta di progetto hanno permesso di caratterizzare idrogeologicamente le differenti unità incontrate.

Complesso Idrogeologico dei Flysch tolfetani:

Tale complesso presenta locali distinzioni in relazione alla maggiore o minore incidenza della componente calcareo-calcilutitica, che può determinare limitate modifiche al comportamento idrogeologico d'insieme. Il flysch calcareo (Membro di Poggio vivo **FYT₁**), infatti, mostra un grado di permeabilità variabile da medio a basso, correlato alla fessurazione della componente litoide. In tale unità sono segnalate (no nell'area di progetto) emergenze e piccole sorgenti (con portate stimate dell'ordine della frazione di litro) alimentate da acquiferi di bassa produttività.

La permeabilità della componente litoide **FYT_{1-Lit}**, di tipo secondario, può essere stimata compresa fra 6.00E-06 m/sec e 4.60E-07 m/sec, mentre la permeabilità della componente argilloso limosa marnosa **FYT₁** è stata stimata fra 1.21E-08 m/sec e 3.21E-08 m/sec. La litofacies del Torrente Bidignone **FYT_{1a}**, prevalentemente impostata su terreni limoso argillosi molto addensati, presenta permeabilità molto basse comprese tra i 1.44E-08 m/sec e 3.46E-08 m/sec.

L'unità flyshoide del Membro del Fosso Anitrella (**FYT₂**), in virtù della prevalente componente pelitica scagliettata, è dotata di una permeabilità bassa compresa tra 7.85E-07 m/sec e 5.50E-08 m/sec con parziale eccezione per le fasce interessate da forte destrutturazione geomeccanica per effetto di disturbi tettonici.

In corrispondenza della Galleria Monteromano i livelli piezometrici registrati, anche laddove riferiti direttamente al substrato argilloso, appaiono sostanzialmente in equilibrio con la sovrastante circolazione; essi vengono anche qui interpretati come connessi ad uno stato di saturazione della matrice, piuttosto che alla presenza di un vero e proprio acquifero. Le condizioni del materiale allo scavo, pertanto, sono previste variabili da uno stato umido a stillicidi, ipotizzabili in presenza delle fasce tettonizzate e all'interno della facies calcarea.

Il contesto idrogeologico nel quale sarà scavata la galleria Monteromano, sostanzialmente privo di acquiferi di qualche significatività è tale da non determinare alcun impatto significativo a seguito dello scavo.

Non si prevedono interferenze sfavorevoli in corrispondenza degli scavi in trincea o nelle gallerie artificiali.

Sono inoltre presenti per un tratto antecedente il portale est della galleria Monteromano, due complessi Idrogeologici:

Complesso dell'unità tufo rosso a scorie nere vicano:

Progetto Definitivo

Comprende le unità ignimbriche, dotate di un grado di permeabilità medio, variabile in funzione della granulometria dei materiali rimaneggiati, dello stato di cementazione e della fessurazione dell'ammasso. Il coefficiente di permeabilità è stimato compreso tra $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-7}$ m/sec. L'unità in questione, sia in termini assoluti che in riferimento alle interazioni con il progetto, è da considerarsi di scarso interesse ai fini idrogeologici.

Complesso Idrogeologico delle alluvioni:

Localizzato in una stretta fascia lungo l'incisione del fosso alla progr. 1+100, è costituito da termini litologici prevalentemente a grana fine, da limo argillosa a debolmente sabbiosa, prevalentemente originatisi a spese dei materiali a composizione pelitica o piroclastica. E' dotato mediamente di un grado di permeabilità basso ($k = 1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-9}$ m/sec) che solo localmente, in presenza di una maggiore frazione limosa o sabbiosa fine, acquisisce valori maggiori. Ad eccezione dei corsi d'acqua principali non si evidenziano falde subalvee di particolare rilevanza.

Nelle seguenti tabelle si riporta il riepilogo dei piezometri e delle letture piezometriche effettuate nei sondaggi e pozzetti eseguite durante le varie campagne indagini susseguitesi negli anni e le misure di permeabilità delle prove in foro Lefranc e Lugeon.

Perforazione	Tubo aperto	Cella Casagrande	Misura effettuata durante o a fine perforazione (m)	
S19			Falda assente	
PD_S_01	Presente (privo di letture)		Prof. perforazione (m) 11	3,5
S20			2,0	
PD_S_02	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 12,0	1,5
PD_S_03	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 16,2	2,3
PD_S_04			Prof. Perforazione (m) 16,4	7,3
			Prof. Perforazione (m) 18,9	4,5
PD_PZ_01 (Pozzetto)			Infiltrazioni idriche	1,5
S18		1,77	-	
PD_S_05	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 60,0	14,8
			Prof. Perforazione (m) 77,3	20,2
PD_S_06	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 46,0	8,9
			Prof. Perforazione (m) 54,7	9,3
S17		24.2	-	
PD_S_07			Prof. Perforazione (m) 50,0	7,0

Progetto Definitivo

			Prof. Perforazione (m) 60,0	7,0
S16		8.7	-	
PD_S_08	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 17,0	7,0
PD_S_09	Presente (privo di letture)		Prof. Perforazione (m) 15,0	11,8

SONDAGGI GEOTECNICI	Lefranc a C.V.	Tratto di esecuzione in m	Coeff. permeabilità K (m/sec)	Permeabilità media K (m/sec)	Codice Geo	Litologia
PD-S-01	Le 1	6.00 – 7.50	1.44E-08	2.45E-08	FYT1a	Limo argilloso addensato
PD-S-02	Le 1	8.00 – 10.00	3.46E-08		FYT1a	Limo argilloso addensato
PD-S-03	Le 1	7.30 – 9.30	7.85E-07	4.20E-07	FYT2	Limo argilloso addensato
S18	Lugeon	18.15	5.50E-08		FYT2	Argilla marnosa
PD-S-05	Le 1	70.60 – 72.80	6.33E-06	4.26E-06	FYT1	Litoide
PD-S-05	Le 2	77.00 – 79.00	6.00E-06		FYT1	Litoide
PD-S-06	Le 1	46.00 – 48.00	4.60E-07		FYT1	Litoide
PD-S-06	Le 2	54.50 – 56.50	1.21E-08	2.66E-08	FYT1	Arg. limosa/limi argillosi e marne argillose
PD-S-08	Le 1	16.60 – 18.60	3.57E-08		FYT1	
PD-S-09	Le 1	11.50 – 13.50	3.21E-08		FYT1	

Sono inoltre presenti per un tratto antecedente il portale est della galleria Monteromano, due complessi Idrogeologici:

Complesso dell'unità tufo rosso a scorie nere vicano:

Comprende le unità ignimbriche, dotate di un grado di permeabilità medio, variabile in funzione della granulometria dei materiali rimaneggiati, dello stato di cementazione e della fessurazione dell'ammasso. Il coefficiente di permeabilità è stimato compreso tra $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-7}$ m/sec. L'unità in questione, sia in termini assoluti che in riferimento alle interazioni con il progetto, è da considerarsi di scarso interesse ai fini idrogeologici.

Complesso Idrogeologico delle alluvioni:

Localizzato in una stretta fascia lungo l'incisione del fosso alla progr. 1+100, è costituito da termini litologici prevalentemente a grana fine, da limo argillosa a debolmente sabbiosa, prevalentemente originatesi a spese dei materiali a composizione pelitica o piroclastica. E' dotato mediamente di un grado di permeabilità basso ($k = 1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-9}$ m/sec) che solo localmente, in presenza di una maggiore frazione limosa o sabbiosa fine, acquisisce valori maggiori. Ad eccezione dei corsi d'acqua principali non si evidenziano falde subalvee di particolare rilevanza.

5 BIBLIOGRAFIA

- Fazzini et alii: Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio Settentrionale; Provincie di Viterbo e Roma). Carta e note illustrative. Mem. Soc. Geol. It., 11 (1972).
- Guide Geologiche Regionali. 5 Lazio. Be.Ma. Editrice. Roma, 1993.
- ISPRA Servizio Geologico d'Italia. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 354 Tarquinia (in via di pubblicazione);
- Lavori di adeguamento della S.S. n.1 "Aurelia" al tipo IIa delle norme C.N.R.. Tratto Civitavecchia – Grosseto (dal km 81+100 al km 177+300). Progetto Definitivo. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2001.
- SS 1 "Aurelia" – Svincoli di Civitavecchia Nord e Tarquinia Sud. Progetto Preliminare. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2004.
- SS 675 "Umbro – Laziale" (ex Raccordo Civitavecchia Viterbo-Terni). 3° tronco – 2 lotto Stralcio A. Progetto Definitivo. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2005.