

Contraente: 	Progetto: RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI – RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa :		
N° documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 1 di 41	Data 20.02.2020	RE-CITE-034

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA
Autorità di Bacino del Fiume Tevere



00	20.02.2020	EMISSIONE	DI CRESCENZO	STROPPA	CAPRIOTTI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 2 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	-------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
4	LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI GENERALI	11
4.1	Inquadramento geologico	11
4.2	Inquadramento geomorfologico	16
4.3	Inquadramento idrogeologico	18
5	INTERFERENZE FRANE-TRACCIATO	21
5.1	Analisi dell'interferenza delle frane con il tracciato del metanodotto di progetto	23
5.1.1	Interferenza n. 27 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)	23
5.1.1.1	<i>Modello geologico</i>	23
5.1.1.2	<i>Modello geotecnico e verifica di stabilità</i>	24
5.1.1.3	<i>Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo</i>	24
5.1.2	Interferenza n. 28 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)	25
5.1.2.1	<i>Modello geologico</i>	25
5.1.2.2	<i>Modello geotecnico e verifica di stabilità</i>	26
5.1.2.3	<i>Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo</i>	26
5.1.3	Interferenza n. 29 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)	28
5.1.3.1	<i>Modello geologico</i>	28
5.1.3.2	<i>Modello geotecnico e verifica di stabilità</i>	28
5.1.3.3	<i>Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo</i>	29
6	DESCRIZIONE DEI TRACCIATI DELLE OPERE IN DISMISSIONE	30
6.1	Analisi delle interferenze delle frane con il metanodotto esistente in rimozione	30
6.1.1.1	<i>Macroarea 1 (km 100+000 – km 105+000 circa)</i>	30
6.1.1.2	<i>Macroarea 2 (km 105+000 – fino alla fine)</i>	32
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	34
8	ALLEGATI E ANNESSI	38

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 3 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

1 PREMESSA

La presente relazione di compatibilità idrogeologica riferisce sulle interferenze tra il tracciato del nuovo metanodotto Metanodotto Chieti – Rieti (e le relative opere connesse: allacciamenti e derivazioni) e le perimetrazioni delle aree a pericolosità geomorfologica del competente PAI.

L'asse del tracciato presenta una lunghezza di circa 134 km e laddove interseca movimenti gravitativi si è provveduto ad eseguire la verifica di stabilità del tratto di versante significativo *ante e post operam* nelle condizioni al contorno più sfavorevoli, prevedendo altresì, ove necessarie, idonee opere di stabilizzazione.

Di seguito si riepilogano brevemente le definizioni e le disposizioni delle norme associate alle aree perimetrate con diversi livelli di pericolosità geomorfologica secondo la pianificazione della vigente Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale che recentemente ha assorbito le ex Autorità dei bacini regionali ed interregionali del fiume Sangro e l'ex Autorità di bacino del fiume Tevere.

Le Norme Tecniche di Attuazione (NdA) dei piani relativi ai suddetti bacini, tuttora vigenti, sebbene distinte dal punto di vista degli elaborati sono rispondenti tra loro nei contenuti e perseguono le stesse finalità individuando classi di pericolosità sulla base di criteri omogenei.

In sintesi le finalità dei piani stralci per l'assetto di idrogeologico mirano:

- a) all'individuazione dei dissesti in atto o potenziali;
- b) alla definizione delle modalità di gestione del territorio che, nel rispetto delle specificità morfologico-ambientali e paesaggistiche connesse ai naturali processi evolutivi dei versanti, determinino migliori condizioni di equilibrio, in particolare nelle situazioni di interferenza dei dissesti con insediamenti antropici;
- c) alla definizione di una politica di prevenzione e di mitigazione del rischio di dissesto di versante attraverso la formulazione di indirizzi e norme vincolanti relative ad una pianificazione del territorio compatibile con le situazioni di dissesto idraulico e la predisposizione di un quadro di interventi specifici,

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 4 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	-------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

definito nei tipi di intervento, nella priorità di attuazione e nel fabbisogno economico di massima.

Ciò detto, le aree in dissesto, nel PAI della ex Autorità di bacino del fiume Tevere, sono state classificate sulla base di un indice di pericolosità che correla l'intensità del fenomeno franoso (1-> lieve, 2-> media, 3-> elevata, 4-> molto elevata) con la frequenza di accadimento nel tempo (10-> bassa, 20-> media, 30-> alta, 40-> molto alta). Partendo da questo indice e definiti gli scenari evolutivi dei fenomeni franosi è stata valutata la vulnerabilità.

Il rischio da frana è stato definito (in termini probabilistici) come il prodotto fra la pericolosità (P, probabilità d'occorrenza della frana) e la vulnerabilità (V, probabilità che un elemento a rischio subisca un danno): $R = P \times V$.

Con tale procedura sono state individuate quattro classi di rischio:

- **R4** (*rischio molto elevato*): per il quale sono possibili perdita di vite umane, lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- **R3** (*rischio elevato*): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- **R2** (*rischio medio*): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **R1** (*rischio moderato o nullo*): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 5 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	-------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

Classe	Livello di rischio	Strutture ed infrastrutture	Popolazione
R1	Moderato	Danni marginali socio-economici ed al patrimonio ambientale	Nessun danno
R2	Medio	Danni estetici (minori) agli edifici, estetici e funzionali alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale	Nessun danno
R3	Elevato	Danni funzionali e strutturali agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale	Sfollati e senza tetto (perdita di abitazione), danni alle attività socio-economiche (indiretti)
R4	Molto elevato	Danni funzionali e strutturali agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale	Vittime, feriti, sfollati, senza tetto, danni alle attività socio-economiche

In proposito, le Norme di Attuazione all'art.14 disciplinano le limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio R4:

1 *“Il P.A.I. individua nell’elaborato “Atlante delle situazioni di rischio da frana” le situazioni di rischio ove si applicano le norme di cui ai commi 2 e3.*

2 *Nelle zone individuate a rischio molto elevato per fenomeni franosi, identificate come R4, fatto salvo quanto previsto all’art.4, commi 2, e ferme restando le limitazioni poste in essere dall’autorità regionale competente in materia di pubblica incolumità, sono ammessi esclusivamente:*

a) Gli interventi edilizi di demolizione senza ricostruzione prevedendo la possibilità di delocalizzare edifici e previsioni urbanistiche secondo quanto previsto all’art. 4 comma 2;

b) Gli interventi sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, di manutenzione ordinaria, e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell’art. 3 del DPR 380/2001 e s.m.i., nonché le opere interne agli edifici e quelle relative all’abbattimento delle barriere architettoniche, comportanti anche la modifica di destinazione d’uso ma senza aumento del carico urbanistico;

c) gli interventi di consolidamento volti alla riduzione del livello di rischio e di pericolosità;

d) gli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici, delle attrezzature ed infrastrutture esistenti con possibilità di prevedere aumenti di superfici e volumi per la realizzazione di manufatti, opere o modificazioni finalizzati esclusivamente a migliorare la tutela della pubblica incolumità a condizione che non aumenti il livello di rischio;

e) gli interventi non altrimenti localizzabili per nuove infrastrutture a rete ed

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 6 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali agli edifici, alle infrastrutture e dalle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie;

f) le pratiche per la corretta attività agricola e forestale con esclusione di ogni intervento che aumenti il livello di rischio;

g) gli interventi volti alla bonifica dei siti inquinati;

3 Gli interventi di cui alle lettere c), d) ed e) del comma 2 sono sottoposti alla preventiva autorizzazione dell'autorità competente."

mentre l'art.15 elenca le limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio R3:

"1 Nelle zone individuate a rischio elevato per fenomeni franosi, identificate come R3 nell'elaborato "Atlante delle situazioni a rischio di frana" fatto salvo quanto previsto all'art. 4, comma 2 e ferme restando le limitazioni poste in essere dall'Autorità regionale competente in materia di pubblica incolumità, sono ammesse esclusivamente:

- a) tutti gli interventi consentiti nelle zone a rischio molto elevato di cui all'art. 14, commi 2 e3;
- b) gli interventi edilizi sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, di ristrutturazione edilizia, così come definiti dalle normative vigenti, finalizzati all'adeguamento ed al miglioramento sismico, alla prevenzione sismica, all'abbattimento delle barriere architettoniche, al rispetto delle norme in materia di sicurezza e di igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie, funzionali, abitative e produttive, comportanti anche modesti aumenti di superficie e volume e cambiamento di destinazione d'uso purché funzionalmente connessi a tali interventi;
- c) l'installazione di manufatti leggeri prefabbricati di modeste dimensioni al servizio di edifici, infrastrutture, attrezzature e attività esistenti;"

L'articolo 11, in ultimo, disciplina le aree a rischio R1 ed R2:

"1. La regione trasmette all'autorità di bacino del fiume Tevere, ai fini della costituzione ed aggiornamento di un elenco di Aree di rischio minore (R1 ed R2), i perimetri e le schede relative, redatti secondo metodologia definita dal P.A.I. la regione conserva l'elenco di cui sopra e provvede per la sua diffusione presso i comuni interessati.

2. Per le aree di rischio di livello minore inserite nell'elenco di cui al precedente comma sono adottate dalle regioni disposizioni di regolamentazione degli usi del territorio. Tali disposizioni sono dettate entro 120 giorni dalla comunicazione da parte dell'autorità di bacino dell'avvenuto recepimento delle aree. Nelle more dell'emanazione da parte delle regioni delle disposizioni di cui sopra, nei

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

perimetri comprese nell'elenco di cui al comma 1, l'attuazione degli strumenti urbanistici o la realizzazione di opere è condizionata alla redazione di studi di dettaglio delle condizioni geomorfologiche delle aree che verifichino le compatibilità tra le opere previste e le condizioni di pericolo esistenti.

3. Le disposizioni di cui al precedente comma 2 riguardo agli usi del territorio sono adottate dalle regioni anche nei casi di riclassificazione o ripermetroazione da livello superiore a livello R1 o R2 . In tal caso le aree declassificate sono inserite nell'elenco di cui al comma 1.”

Tutto ciò premesso, il presente studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca bibliografica di tutte le informazioni sul quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico generale;
- analisi delle interferenze fra il tracciato metanodotto e le frane presenti;
- rilievo geologico e geomorfologico dell'intorno significativo delle aree interessate dagli interventi di progetto, mai inferiore a 200 m dall'asse della condotta;
- campagna di indagini geognostiche (geotecniche e geofisiche);
- caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica delle aree in frana;
- verifiche di stabilità dei versanti interessati dalle interferenze frane-tracciato metanodotto (cfr. Cap. 5 e Annesso 3 al presente documento);
- analisi della compatibilità dell'opera in progetto con i movimenti gravitativi esistenti e rilevati.

Si precisa che lo studio è stato esteso ad un intorno significativo dell'area mappata a rischio dal PAI considerando anche un'evoluzione spazio-temporale dei fenomeni gravitativi valutati durante i sopralluoghi effettuati e sulla base della posizione reciproca dei dissesti e del tracciato di progetto.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 41	Rev.:				RE-CISA-034
		00				

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Come già detto in precedenza, l'opera di progetto riguarda la realizzazione di un nuovo metanodotto che dal comune di Chieti, in Abruzzo, si svilupperà fino al comune di Rieti, nel Lazio.

Tale metanodotto avrà diametro DN400 (16") DP 24 bar nel suo tratto principale, per una lunghezza totale di circa 133 km. È previsto il mantenimento di alcuni tratti di quello preesistente DN400 con ricollegamento degli stessi alla nuova tubazione di progetto.

Sono previste, inoltre, alcune opere connesse al metanodotto consistenti nella realizzazione di tratti di allacciamento alle reti esistenti, realizzate con tubazioni di diametro minore (da DN 100 a DN 300).



Figura 1: Tracciato del metanodotto di progetto

Il tracciato del nuovo metanodotto Chieti - Rieti presenta una lunghezza di circa 134 km ed interessa le regioni Abruzzo e Lazio.

Nella regione Abruzzo il metanodotto attraversa le seguenti province e comuni:

- Provincia di Chieti nei seguenti comuni
 - Chieti
- Provincia di Pescara
 - Manoppello
 - Rosciano
 - Alanno

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

- Torre de' Passeri
- Castiglione a Casauria
- Pietranico
- Pescosansonesco
- Bussi sul Tirino
- Provincia de L'Aquila
- Collepietro
- Navelli
- Caporciano
- San Pio delle Camere
- Prata d'Ansidonia
- Barisciano
- San Demetrio Ne' Vestini
- Poggio Picenze
- L'Aquila
- Scoppito

Nella regione Lazio il metanodotto interessa la provincia di Rieti nei seguenti comuni:

- Antrodoco
- Borgo Velino
- Castel Sant'Angelo
- Cittaducale
- Rieti

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 10 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato nella G.U. del 20.02.2018 n.42.
- Norme Tecniche di Attuazione Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Tevere.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 11 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	--------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

4 LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI GENERALI

4.1 Inquadramento geologico

Il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza della successione silicoclastica del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (formazione di Mutignano), discordante sulle strutture della catena nel settore occidentale (Maiella-Casoli) ed in concordanza nel settore orientale di avampaese, al di sopra dei depositi del Pliocene medio (Donzelli, 1997; Crescenti, 1971a; Casnedi et alii, 1981; Scisciani et alii, 2000; Calamita et alii, 2002).

Pieghe e sovrascorrimenti (strutture del Gran Sasso, dei Monti Sibillini, del M. Morrone e della Maiella) coinvolgono, in questo settore frontale della catena centro-appenninica, la successione carbonatica triassico-miocenica di piattaforma-bacino pelagico (margine continentale di Adria), i depositi messiniani evaporitici e silicoclastici di avanfossa e quelli silicoclastici del Pliocene inferiore di avanfossa o di bacino satellite. Ad oriente della linea Sangro-Volturno (Ghisetti & Vezzani, 1997), affiora l'alloctono molisano-sannitico, traslato al di sopra dei depositi di avanfossa infraplioceni e coinvolto nelle pieghe e nei sovrascorrimenti che deformano la sottostante successione della piattaforma carbonatica apula.

Come evidenziato dall'interpretazione dei dati di sottosuolo, dette strutture sono sigillate, progressivamente verso est, dalla successione tardopostorogena della formazione di Mutignano (Casnedi et alii, 1981; Scisciani et alii, 2000; Calamita et alii, 2002).

L'anticlinale della Maiella costituisce la struttura più esterna affiorante della catena appenninica abruzzese. Questa piega presenta una culminazione assiale in corrispondenza dell'area della Maiella, immerge verso nord e prosegue per altri 30 km al di sotto dei depositi plio-pleistocenici nella contigua struttura di Villadegna-Cellino.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 12 di 41	Rev.:				RE-CISA-034
		00				

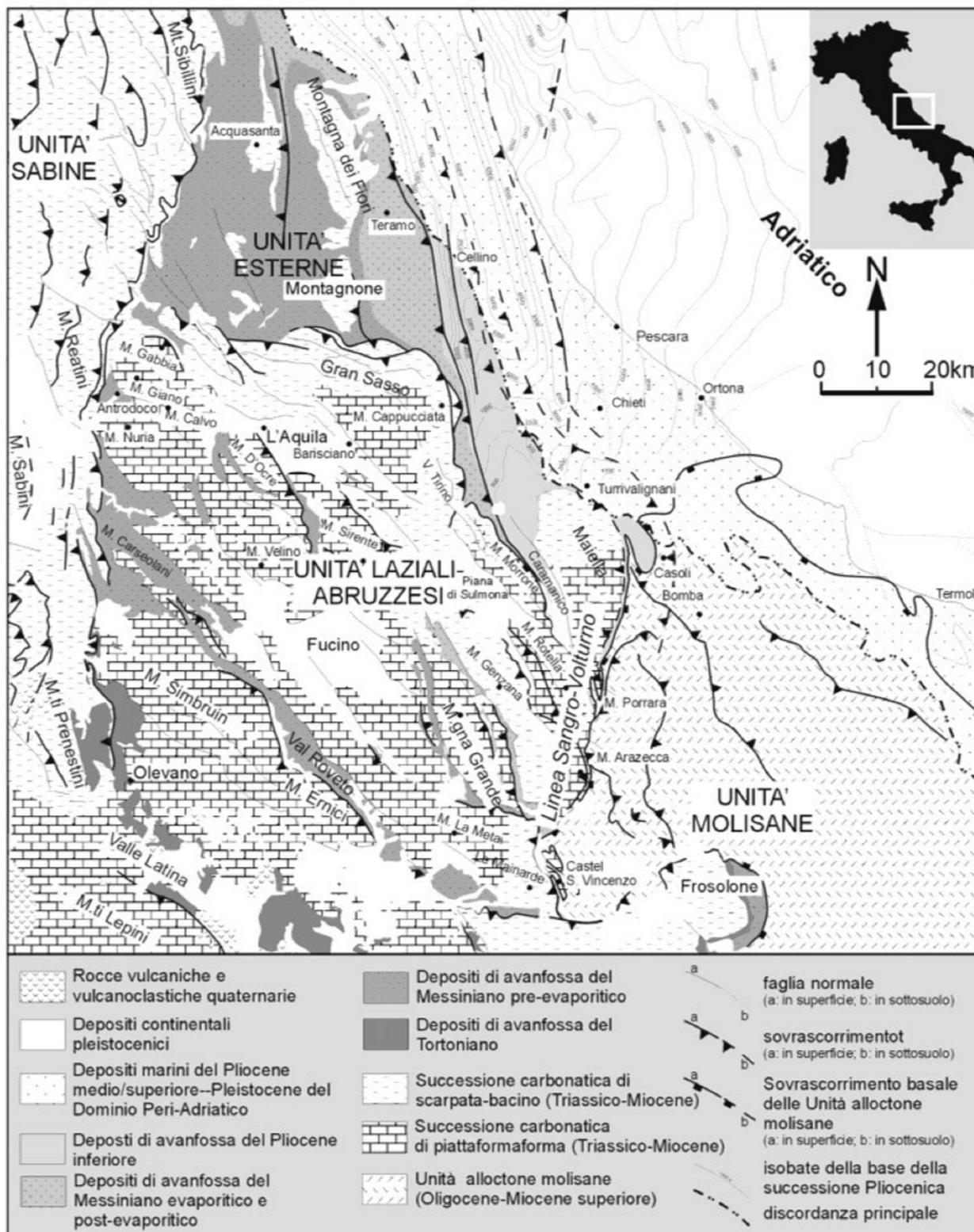


Figura2: Schema strutturale dell'Appennino centrale

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 13 di 41	Rev.: 00	RE-CISA-034
--	--------------------	-------------	-------------

Verso sud, la piega è bordata dalla rampa obliqua Sangro Volturno ad est della quale, le strutture della catena che coinvolgono la piattaforma apula, si rinvergono al di sotto delle unità alloctone molisano-sannitiche.

In particolare, nell'anticlinale della Maiella sono coinvolte le successioni di piattaforma carbonatica e di scarpata/bacino affioranti, rispettivamente nel tratto meridionale e settentrionale dell'anticlinale, e i depositi silicoclastici dell'avanfossa infrapliocenica.

La piega mostra un profilo decisamente asimmetrico con il fianco orientale molto inclinato ed un marcato andamento arcuato a convessità orientale. Ad ovest è presente una faglia normale immergente verso ovest con direzione NNO – ESE (faglia di Caramanico) che si estende per una lunghezza di circa 30 km.

Il rigetto lungo questa struttura raggiunge un valore massimo di circa 3 km nel settore meridionale (Donzelli, 1997), valore che si riduce progressivamente verso nord. Nel settore nord-orientale dell'anticlinale della Maiella è presente la discordanza angolare tra la successione carbonatica ed i depositi silicoclastici della formazione di Mutignano. Questa configurazione consente di riferire alla fine del Pliocene inferiore ed al Pliocene medio la principale strutturazione dell'anticlinale della Maiella.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 14 di 41	Rev.:				RE-CISA-034
		00				

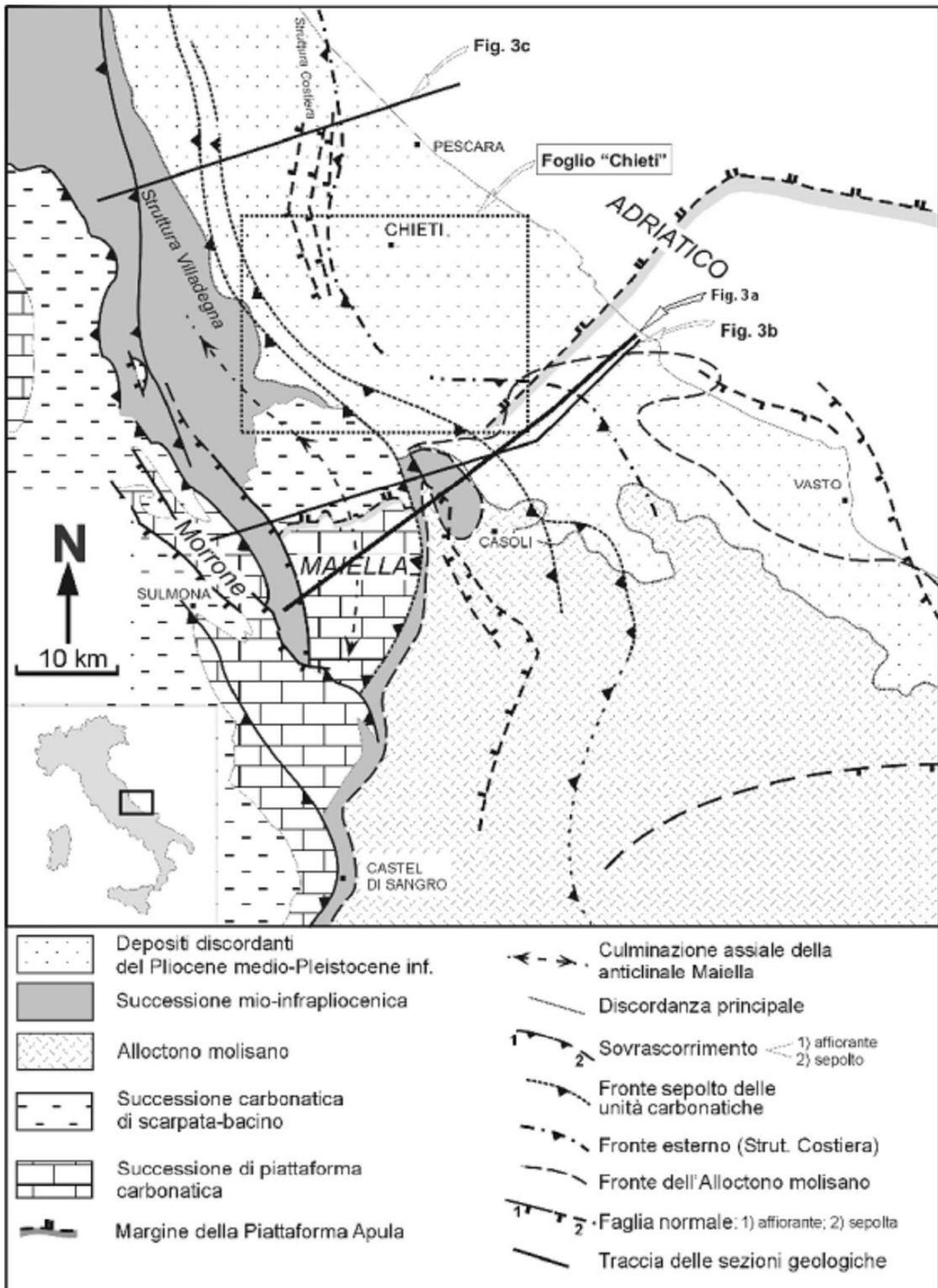


Figura3: Schema strutturale del settore esterno dell'Appennino Centrale

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 15 di 41	Rev.:				RE-CISA-034
		00				

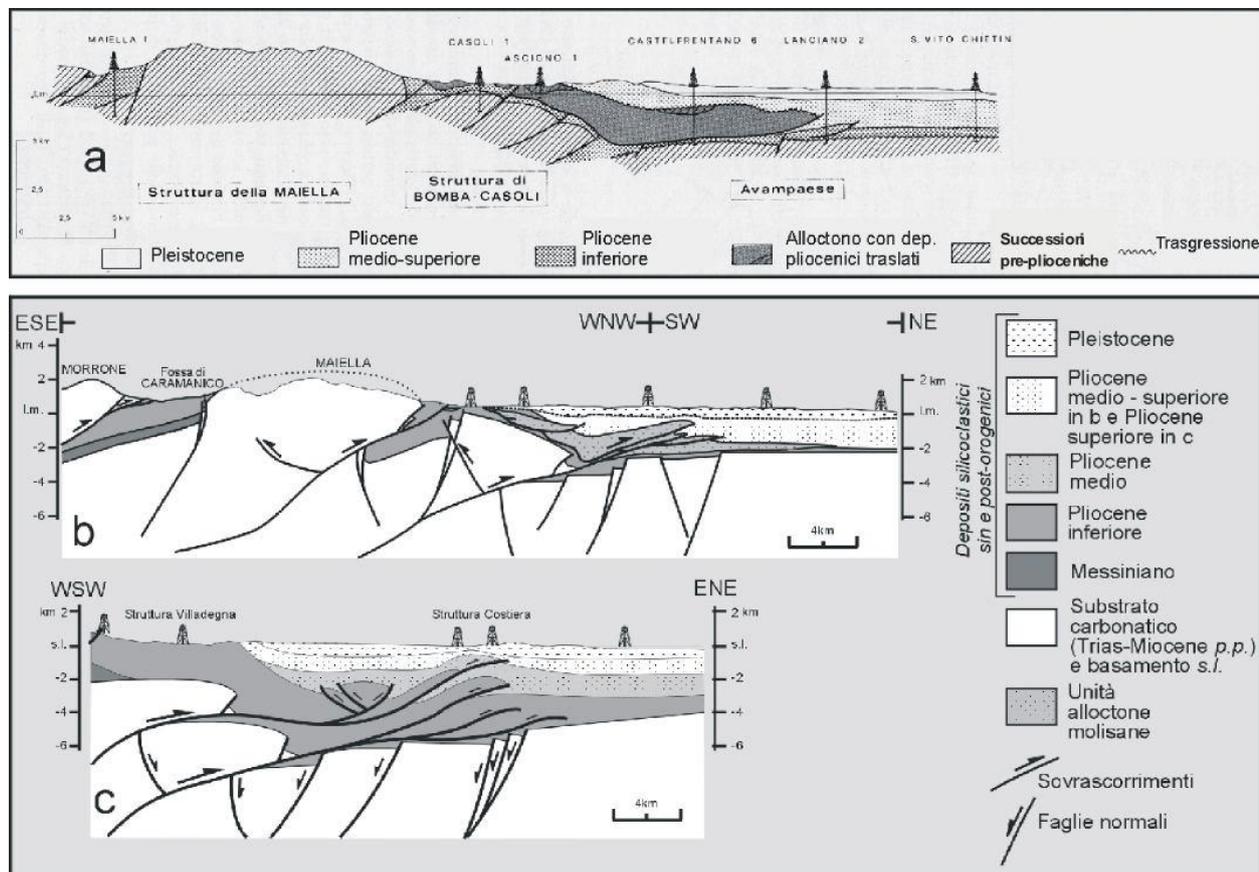


Figura 4: Sezioni geologiche attraverso il fronte della catena appenninica. a) da Casnediet alii, 1981; b-c) modificate da Calamita et alii, 2002

La netta culminazione assiale della piega segue l'andamento del tetto dei carbonati nell'antistante avampaese che risale in senso nord-sud dalla profondità di 5000 metri presso Pescara a quella di circa 2000 metri vicino a Ortona, in prossimità del paleo-margine settentrionale della piattaforma carbonatica apula. L'andamento del tetto dei carbonati evidenzia il controllo dell'architettura del paleo-margine della piattaforma sulla fisiografia dell'avanfossa pliocenica che mostra un depocentro localizzato poco a N di Pescara, al di sopra del bacino pelagico mesozoico. Un analogo controllo è stato esercitato dall'architettura del paleomargine (piattaforma carbonatica laziale-abruzzese bacino pelagico marchigiano) sulla fisiografia dell'avanfossa messiniana del bacino della Laga (Calamita et alii, 2002). Ai piani di sovrascorrimento della Maiella e a quello di Casoli (evidenziati attraverso l'interpretazione dei profili sismici) è associata la "Struttura Costiera" che costituisce la struttura frontale sepolta della catena

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 16 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

centroappenninica, ad oriente della quale si rinvencono le avanfosse del Pliocene medio, Pliocene superiore e Quaternario. Verso sud, il fronte della catena coinvolge anche le unità alloctone molisano-sannitiche e la sua principale attività è sigillata dai depositi plio-pleistocenici. Il piegamento del sovrascorrimento basale delle Unità Molisane e di quello della Maiella nell'anticlinale di Casoli evidenzia una progressione in sequenza della deformazione. Faglie normali associate alla flessurazione dell'avampaese sono state evidenziate in questo settore sia dai dati di geologia di superficie che da quelli di sottosuolo (Calamita et alii, 2002).

I depositi del Pliocene superiore della formazione di Mutignano hanno sigillato la storia deformativa che ha portato allo sviluppo dell'anticlinale della Maiella. Il tilting che ha coinvolto questa formazione, connesso al sollevamento regionale del settore periadriatico, ha portato allo sviluppo del caratteristico assetto monoclinale con immersione a nord-est e con pendenza progressivamente decrescente in senso ovest-est. Presso la linea di costa, l'associazione sabbioso-conglomeratica, che chiude la sedimentazione marina, mostra una pendenza di $3^\circ \div 5^\circ$. Dall'integrazione dei dati descritti con quelli di sottosuolo, emerge che l'associazione della formazione di Mutignano affiora con continuità e con assetto monoclinale e pendenza di pochi gradi, quindi al di sopra delle strutture della catena (Casoli e strutture frontali) e dell'antistante avampaese, sigillando e post-datando la strutturazione compressiva.

4.2 Inquadramento geomorfologico

Il territorio regionale manifesta caratteristiche litostratigrafiche e tettoniche altamente variabili in quanto connessi agli ambienti orogenici di catena e avanfossa. Ovviamente le differenze si riflettono sugli elementi paesaggistici, scoprendo profonde differenze tra la fascia appenninica e la zona costiera. Infatti, schematicamente è possibile distinguere tre grandi unità geomorfologiche, in fasce di diversa ampiezza, a partire dalla dorsale appenninica, procedendo verso est:

- la fascia montuosa interna, costituita dalla catena appenninica e delimitata dalle pendici del massiccio del Gran Sasso e di quello della Maiella;

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 17 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	--------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

- la fascia pedemontana, in gran parte collinare e compresa tra le montagne e la linea di costa, larga in media una trentina di chilometri;
- la fascia costiera adriatica di esigua larghezza.

L'area in esame è compresa tra la fascia costiera adriatica e le prime colline dell'entroterra ed è caratterizzata da blandi rilievi collinari con sommità tabulare che terminano morfologicamente verso il mare con falesie e paleofalesie. Nel suo insieme, il complesso assetto geomorfologico dell'area è determinato dalle litologie presenti, dai processi modellatori (erosione, trasporto, deposizione), dall'assetto strutturale e dagli eventi climatici. Le forme del territorio sono costituite dai rilievi tipo mesa e tipo cuesta e derivano dall'erosione selettiva nelle successioni argilloso-sabbioso-conglomeratiche plio-pleistoceniche che hanno determinato la formazione, nei cicli erosivi-deposizionali, di un sistema di valli modellate dall'approfondimento del reticolo idrografico.

Queste, in rapporto all'assetto strutturale, hanno determinato la formazione di valli principali conseguenti, valli secondarie susseguenti e obsequenti (D'Alessandro et alii, 2003a). Generalmente i sistemi vallivi sono orientati in direzione sudovest-nordest al fondo dei quali scorrono corsi d'acqua che hanno esplicitato e sviluppano ancora una decisa azione di incisione ed erosione. Il territorio in esame nel suo complesso è collocato su una porzione del sistema tabulare originario, successivamente smembrato, e gli aspetti geomorfologici rispecchiano chiaramente l'assetto geologico locale. Infatti, nelle zone di affioramento dei depositi conglomeratici, si possono distinguere superfici a scarsa pendenza (costituite dal tetto dei conglomerati) ed aree con pendenze più accentuate (che possono diventare anche verticali) correlabili alle incisioni delle maggiori aste fluviali ed impostate sui termini sabbiosi ed argillosi sottostanti. Queste caratteristiche generali creano condizioni di stabilità nelle aree pianeggianti poste alla sommità dei rilievi collinari mentre, nelle porzioni bordiere e lungo i versanti, si possono rilevare fenomeni gravitativi la cui genesi è strettamente legata sempre alle litologie affioranti. Fondamentalmente, come emerge anche dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo, sul territorio in esame si individuano una serie di forme gravitative ascrivibili a frane di scorrimento, colate e deformazioni superficiali

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 18 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

lente, con tipologie che spesso coinvolgono aree differenti della stessa frana, dando luogo a forme complesse. Il diverso grado di evoluzione del paesaggio in relazione alla natura delle singole formazioni geologiche è osservabile spesso lungo uno stesso versante, con la presenza dell'affioramento sabbioso e conglomeratico nella parte alta e delle argille verso valle. Tale andamento è chiaramente determinato dalla giacitura degli strati che, nel tempo, hanno mantenuto la loro originaria posizione suborizzontale e quindi, nel pieno rispetto del principio generale di sovrapposizione stratigrafica, le formazioni più giovani (sabbie e conglomerati) vanno ad occupare le aree a quote maggiori.

4.3 Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico dei luoghi è strettamente correlato con le caratteristiche geologiche esposte nella relazione geologica e geomorfologica in atti; all'uopo si illustra brevemente l'inquadramento strutturale in relazione al quadro idrogeologico dell'Italia centrale e più specificamente alle regioni Abruzzo e Lazio. Le fasi tettoniche che hanno influenzato in maniera determinante il quadro idrogeologico regionale sono tre (Boni et alii, 1986b):

- la tettonica liassica ha portato alla differenziazione di due principali domini di sedimentazione dei carbonati: il dominio pelagico, che risente di influenze continentali, e la piattaforma subsidente, esclusivamente formata da carbonati. I caratteri idrogeologici delle serie che si sono deposte nei due ambienti e la diversa risposta alle sollecitazioni tettoniche hanno generato due domini idrogeologici differenziati.
- La fase mio-pliocenica ha differenziato le strutture idrogeologiche all'interno dei domini. Nel Miocene superiore il dominio di piattaforma carbonatica si è smembrato in blocchi, separati da profondi solchi. I sedimenti torbiditici hanno riempito i solchi, dando origine al processo di differenziazione delle numerosissime strutture idrogeologiche indipendenti che caratterizzano il dominio di piattaforma carbonatica. Le spinte orogeniche hanno deformato anche la serie pelagica generando una sequenza continua di pieghe che hanno prodotto ampie depressioni separate da dorsali allungate.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 19 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

- Nella fase tettonica plio-pleistocenica di sollevamento ed emersione della catena si sono create profonde depressioni ai margini e all'interno delle dorsali carbonatiche che, trasformate in vasti bacini lacustri, sono state colmate da imponenti depositi alluvionali. In questa fase è avvenuta la migrazione dei livelli di base dei principali acquiferi carsici dal momento che tutte le più grandi sorgenti della regione presentano caratteri morfologici estremamente giovanili. La recente migrazione del livello di base ha determinato la formazione di un paleoreticolo e la ripresa del processo carsico su nuovi livelli. A scala regionale, queste principali fasi tettoniche hanno imposto l'assetto strutturale e stabilito i rapporti di giacitura fra masse litoidi con diversa permeabilità definendo i limiti attuali delle strutture idrogeologiche.

Le rocce del dominio di piattaforma carbonatica (Boni et alii, 1986b) assorbono in media da 25 a 28 l/s/km², mentre quelle del dominio pelagico ne assorbono solo 17,5 l/s/km²; nelle fasce di transizione l'infiltrazione calcolata è di circa 23 l/s/km², nelle calcareniti di 7,5 l/s/km². L'assetto idrogeologico delle aree di piattaforma carbonatica appenninica è caratterizzato da estesi acquiferi (Petitta, 2006) ospitati nelle principali dorsali montuose, la cui permeabilità è molto elevata per fessurazione e carsismo. Questi acquiferi, i più importanti dell'Appennino, sono estesi per diverse centinaia di km² e alimentano sorgenti basali di notevole portata, ubicate nelle zone più depresse, dove l'acquifero è tamponato da sedimenti a permeabilità più bassa, costituiti dai depositi terrigeni flyschoidi tardo-miocenici o dai sedimenti plio-quadernari di riempimento delle valli fluviali e delle depressioni tettoniche intramontane.

I sedimenti quadernari, costituiti da depositi di versante, alluvioni fluviali e sedimenti lacustri e/o palustri, presentano una permeabilità variabile in funzione della granulometria e comunque inferiore a quella degli acquiferi carbonatici, in alcuni casi consentono travasi sotterranei dalle falde degli acquiferi regionali negli acquiferi porosi multistrato.

I terreni di natura carbonatica laddove affioranti hanno un ruolo di aree di ricarica delle risorse idriche disponibili nei diversi domini idrogeologici.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 20 di 41	Rev.:				RE-CISA-034
		00				

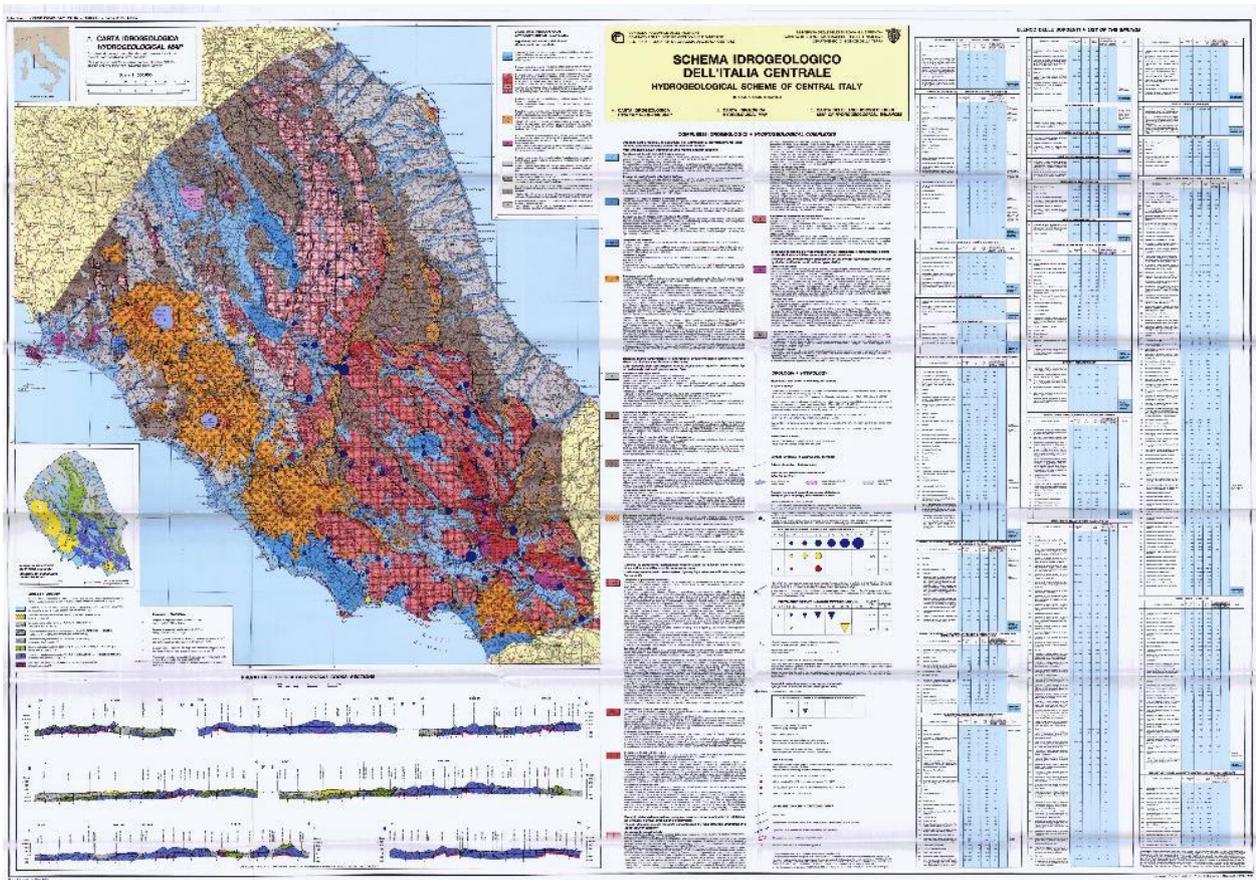


Figura 5: Schema idrogeologico dell'Italia Centrale (Boni et al. 1986)

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 21 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

5 INTERFERENZE FRANE-TRACCIATO

Nella Tabella 5.1 vengono riportate le interferenze fra il tracciato del metanodotto e le opere connesse ricadenti all'interno del territorio di competenza della ex Autorità di bacino del fiume Tevere ed i movimenti gravitativi cartografati dal PAI. Alcune frane del PAI sono state parzialmente modificate sulla base di altri database sulle frane consultati (IFFI, AVI), di lavori geologico-geomorfologici di dettaglio, pubblicazioni e carte geomorfologiche associate agli studi MOPS redatti a scala comunale. I dati raccolti sono stati opportunamente controllati tramite rilevamento geologico-geomorfologico di campo da cui sono scaturite mappature in certi casi diverse da quelle PAI e decisamente più cautelative.

Id area	Progressiva	Comune	Regione	AdB	Tipologie di frana	Stato di attività	Grado di rischio PAI	Indagini
27	111+800	Borgo Velino	Lazio	A. d B. distrettuale dell'Appennino Centrale (ex A.d. B. del fiume Tevere)	Frana complessa	Attiva	-	SH46 Masw 28
28	112+200	Borgo Velino	Lazio	A. d B. distrettuale dell'Appennino Centrale (ex A.d. B. del fiume Tevere)	Frana complessa	Attiva	-	SH47 Masw 29
29	117+200	Castel Sant'Angelo	Lazio	A. d B. distrettuale dell'Appennino Centrale (ex A.d. B. del fiume Tevere)	Deformazioni superficiali lente	Attiva	-	SH52 SH51

Tabella 1: Interferenze tra la condotta di progetto e i movimenti gravitativi

Per valutare la compatibilità dell'opera in progetto con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi, è stata effettuata per ciascuna interferenza la verifica di stabilità del tratto di versante significativo, laddove le aree ritenute in frana interferiscono con il metanodotto *in fieri*.

Come è noto l'analisi di stabilità consiste nella ricerca della eventuale superficie di scorrimento più svantaggiosa, con l'individuazione delle zone a "resistenza" minore. La potenziale superficie di scorrimento viene ricostruita in funzione della geometria del pendio, delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo e dei coefficienti sismici, come previsto dalle NTC 2018. Le verifiche effettuate riguardano la stabilità globale del versante e sono state eseguite sulla

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 22 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

sezione più cautelativa dal punto di vista della sicurezza, rappresentata dalla direzione di massima pendenza del sito (condizione più sfavorevole) e/o dalla zona dove sono state riscontrate le maggiori criticità geomorfologiche. Nella maggior parte dei casi le verifiche *ante-operam* non hanno considerato gli accorgimenti tecnico/operativi utilizzati (come ad esempio i drenaggi che evitano la saturazione del corpo di frana ed i diaframmi che svolgono un'azione di contenimento dei rinterri) che di norma prevedono la sostituzione di parte del terreno con la tubazione e che contribuiscono a migliorare le condizioni di stabilità. In taluni casi sono stati previsti interventi di regimentazione delle acque nonché opere di sostegno e/o consolidamento e, pertanto, sono state eseguite anche le verifiche *post-operam* sia in condizioni statiche che dinamiche.

Tutte le analisi sono state eseguite in corrispondenza dei tratti di versante interessati dagli interventi di progetto. Tali elaborazioni sono state eseguite utilizzando il programma Stap 14.00 Terreni, prodotto dalla "Aztec Informatica", un programma per l'analisi di stabilità dei pendii in terra con i metodi dell'Equilibrio Limite (Fellenius, Bishop, Janbu, Bell, Sarma, Spencer, Morgenstern e Price, Maksimovic, GLE). Il software consente di analizzare superfici di rottura circolari, a spirale logaritmica e di forma generica, in presenza di falda, sisma e terreno pluristratificato. Le caratteristiche geometriche del pendio, gli elementi ad esso connessi (sovraccarichi, opere di sostegno, sollecitazioni sismiche) e i parametri geotecnici del terreno possono essere inseriti e modificati all'interno dell'area di lavoro. Le analisi di stabilità sono state svolte considerando cautelativamente superfici di scorrimento di forma circolare a diverso raggio di curvatura (*cf. Annesso 3 al presente elaborato*). Tali superfici risultano avere Fattori di Sicurezza (Fs) minori rispetto a quelli ottenuti da superfici generiche che approssimano l'intero corpo di frana cartografato. Le verifiche eseguite utilizzando raggi di curvatura variabili possono essere rappresentative di fenomeni gravitativi a diversa scala: raggi di curvatura elevati che racchiudono buona parte del corpo di frana approssimano colamenti o scivolamenti traslazionali; raggi di curvatura ridotti approssimano scivolamenti rotazionali o fenomeni di instabilità localizzati.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA					
N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034		Foglio 23 di 41		Rev.: 00	
					RE-CISA-034

VALORI DEL FATTORE DI SICUREZZA E STABILITÀ DEI VERSANTI		
$F_s < 1$ Versante instabile	$1 < F_s < 1,1$ Versante in precarie condizioni di stabilità	$F_s \geq 1.1$ Versante sufficientemente stabile

5.1 Analisi dell'interferenza delle frane con il tracciato del metanodotto di progetto

Ogni interferenza tra tracciato del metanodotto di progetto e le aree in frana è stata ricostruita in pianta su base topografica e su ortofoto con i limiti della frana, la sua tipologia e lo stato di attività (vedi allegati in scala 1:2000). Su tali stralci sono state indicate le indagini esperite nonché la traccia della sezione geologica utilizzata per la modellazione geotecnica del pendio ed in ultima analisi per la verifica di stabilità di ogni settore ritenuto instabile.

5.1.1 Interferenza n. 27 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)

5.1.1.1 Modello geologico

Al km 111+800 è stato rilevato un fenomeno franoso attivo classificato come complesso con evoluzione a colata. Esso interessa un versante impostato nelle arenarie dell'Unità Arenaceo-Pelitica (UAP). Nello specifico il sondaggio SH46 e rilievi di campagna hanno consentito di allestire una sezione geologica (Sezione 27) che schematizza la stratigrafia del sottosuolo ed indica la possibile ubicazione del piano di rottura della frana. La successione dei terreni procedendo dall'alto verso il basso è la seguente:

- Sabbia con ghiaia eterometrica ed eteromorfa, spessore da 2 a 4 m;
- Ghiaia arenacea a luoghi cementata con livelli sabbiosi debolmente cementati e calcarenitici, spessore da 6 a 10 m;
- Sabbie debolmente cementate e limi con ghiaie arenacee, spessore da 5 a 8 m.

Il versante presenta un'acclività media di circa 25° e il piano di rottura si localizza presumibilmente ad una profondità variabile dai 2 a 6 m massimo.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

5.1.1.2 Modello geotecnico e verifica di stabilità

I parametri geotecnici dei terreni affioranti nell'area di studio, di seguito riportati, sono stati desunti dalla bibliografia disponibile e dalle indagini più vicine eseguite sulla stessa tipologia di terreni:

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cmq]
1	sabbia con ghiaia eterometrica	1950	2000	28.00	0,10
2	sabbia arenacea con liv. sabb.	2000	2050	28.00	0,05
3	sabbia deb. cementata e limo con ghiaia aren.	2035	2074	27.40	0,10

Come parametri sismici di input sono stati considerati:

- Categoria di sottosuolo : Tipo B
- Categoria Topografica : T2

La verifica di stabilità ante-operam è stata eseguita nel settore con maggiori criticità, corrispondente al tratto maggiormente incidente sull'opera di progetto. Dallo studio di stabilità si evince che il pendio risponde positivamente in termini di stabilità in quanto non sono presenti superfici di rottura critiche. In particolare il fattore di sicurezza minimo, restituito attraverso il metodo di calcolo di Morgenstern-Price (**F.S.=1,275**) è maggiore del fattore di sicurezza minimo richiesto dalle NTC2018 (pari ad **1,2**). Poiché la condotta attraversa la sezione in esame con microtunnel ("Borgovelino 1") in posizione tale da non interferire con la potenziale superficie di scorrimento, con coefficiente maggiore del minimo previsto anche in fase sismica, si ritiene non doversi prevedere alcuna opera di stabilizzazione.

5.1.1.3 Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo

Il metanodotto in progetto è compatibile con il contesto geomorfologico dei luoghi in quanto è previsto l'attraversamento di buona parte del versante (circa 750 m) mediante tecnologia trenchless (Microtunnel "Borgovelino 1" – Rif. Doc. n. AT-127).

Quest'ultima si basa sull'avanzamento di uno scudo cilindrico cui è applicato frontalmente un sistema di perforazione puntuale o a sezione piena; l'azione di

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 25 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

avanzamento, coadiuvata dall'utilizzo di fanghi bentonitici, è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella posizione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel.

Le fasi operative per l'esecuzione di un microtunnel sono essenzialmente tre:

- Realizzazione e predisposizione delle postazioni: alle due estremità del microtunnel sono realizzate due postazioni, l'una di spinta o di partenza, l'altra di arrivo o di ricevimento.
- Scavo del microtunnel: l'avanzamento della testa fresante è reso possibile tramite l'aggiunta progressiva di nuovi elementi tubolari in c.a. alla catenaria di spinta. Lo scavo è guidato da un sistema laser che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali errori di traiettoria.
- Posa della condotta: questa fase prevede l'inserimento del tubo di linea nel microtunnel. Il varo della condotta potrà essere eseguito tirando o spingendo la tubazione.

L'ultima operazione riguarda il ripristino delle aree di lavoro allo stato originale.

5.1.2 Interferenza n. 28 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)

5.1.2.1 Modello geologico

Tra le progressive km 112+100 e 112+300 la condotta di progetto attraversa un'area in frana classificata come frana complessa con evoluzione a colata e stato di attività quiescente. Il versante di impostazione della frana è costituito dalle calcareniti dell'unità "Calcarei a Briozoi e Litotamni" (CBZ). Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo e la predisposizione della sezione geologica 28 è stato utilizzato il sondaggio SH47. Esso mostra dall'alto verso il basso la presenza di:

- Riporto e suolo limo sabbioso da mediamente a poco consistente, spessore a 1 a 3 m;
- Sabbia debolmente limosa molto addensata con inclusi calcarei, spessore da 2 a 3 m;
- Calcarenite molto fratturata, spessore indefinito.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 26 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

Il versante presenta un'acclività media di circa 13° ed il piano di rottura del fenomeno franoso si imposta al contatto tra i terreni 1) e 2) e quindi ad una profondità variabile da 1 a 2 m.

5.1.2.2 Modello geotecnico e verifica di stabilità

I parametri geotecnici dei terreni affioranti nell'area di studio, di seguito riportati, sono stati desunti dalla bibliografia disponibile e dalle indagini più vicine eseguite sulla stessa tipologia di terreni:

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cmq]
1	terreno vegetale	2000	2500	25.00	0,000
2	sabbia deb. limosa con ciott.	2196	2250	34.35	0,100
3	calcareniti fratturati	2300	2320	45.00	0,030

Come parametri sismici di input sono stati considerati:

- Categoria di sottosuolo : Tipo B
- Categoria Topografica : T1

La verifica di stabilità ante-operam è stata eseguita nel settore con maggiori criticità, corrispondente al tratto maggiormente incidente sull'opera di progetto. Dallo studio di stabilità si evince che il pendio risulta instabile in quanto il fattore di sicurezza minimo, restituito attraverso il metodo di calcolo di Morgenstern-Price (**F.S.=0,814**), è minore del fattore di sicurezza minimo richiesto dalle NTC2018 (pari ad **1,2**). Non si prevedono opere di stabilizzazione poiché la condotta è posta a valle delle superfici di instabilità; si consigliano, altresì, interventi di "drenaggio fuori opera" tipo B per l'intercettazione delle acque di scorrimento superficiali.

5.1.2.3 Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo

Il metanodotto di progetto attraversa un'area instabile e la compatibilità dell'opera con il contesto geomorfologico risulta verificata a condizione di eseguire opere di regimentazione delle acque superficiali e subsuperficiali del tipo trincea drenante fuori condotta.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 27 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

Le trincee drenanti (STD-1385) sono delle strutture allungate disposte in genere parallelamente alla linea di massima pendenza del versante, con profondità limitate, possono raggiungere i 3-5 m, e larghezze di poco inferiori o superiori al metro (0,80 – 1,20). Possono essere realizzate al di sotto della condotta in esame o indipendentemente da essa, ovvero fuori condotta, in altre zone che necessitano il drenaggio.

Il corpo drenante è costituito da una massa filtrante formata da ghiaia lavata a granulometria uniforme (diametro minimo 6 mm, diametro massimo 60 mm), avvolta da tessuto non tessuto e praticamente esente da frazioni limose e/o argillose.

Lo scorrimento dell'acqua avviene dentro tubi in P.V.C. disposti sul fondo del drenaggio, con fessure longitudinali limitate dalla semicirconferenza superiore del tubo stesso. Nella parte terminale dei dreni viene realizzato un setto impermeabile, costituito da un impasto di bentonite ed argilla.



Trincea drenante fuori condotta.

Sulla base di quanto esposto, le attività in progetto risultano essere compatibili con il movimento gravitativo esaminato dal momento che l'intervento di ripristino proposto aumenta il coefficiente di sicurezza del versante.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 28 di 41	Rev.:	00							RE-CISA-034
--	--------------------------	-------	----	--	--	--	--	--	--	-------------

5.1.3 Interferenza n. 29 (Annessi in pianta 1, 2, 3 + sezione geologica)

5.1.3.1 Modello geologico

Nella valle del F. Velino, ovvero alla progressiva km 117+200 affiorano i depositi del sistema di Rieti (SRI). I sondaggi qui effettuati (SH51 e SH52) intercettano essenzialmente ghiaia con clasti eterometrici di natura calcarea e silicea alternate a sabbie medio fini sciolte.

La sezione geologica ricostruita sulla base di tali perforazioni mostra dall'alto verso il basso:

- Terreno vegetale (sabbia), spessore da 1 m a 3 m;
- Ghiaie medie da subarrotondate a subangolari, mediamente addensate, in matrice sabbioso limosa spessore da 2 m a 7 m;
- Sabbie con ghiaie da subarrotondate a subangolari, mediamente addensate, spessore dai 4 ai 6 m.

Sulla scarpata del terrazzo alluvionale si rilevano fenomeni di instabilità associabili a deformazioni superficiali lente attive. Tali fenomeni lambiscono il settore di impostazione della condotta di progetto e possono di conseguenza danneggiarla.

5.1.3.2 Modello geotecnico e verifica di stabilità

I parametri geotecnici dei terreni affioranti nell'area di studio, di seguito riportati, sono stati desunti dalla bibliografia disponibile e dalle indagini più vicine eseguite sulla stessa tipologia di terreni:

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cmq]
1	terreno veg. sabb. e limoso arg.	1866	1887	24.04	0,180
2	ghiaia in mat. sabbiosa	2235	2250	37.00	0,030
3	sabbia con ghiaia	1875	1924	29.65	0,091

Come parametri sismici di input sono stati considerati:

- Categoria di sottosuolo : Tipo B
- Categoria Topografica : T1

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 29 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

La verifica di stabilità ante-operam è stata eseguita nel settore con maggiori criticità, corrispondente al tratto maggiormente incidente sull'opera di progetto. Dallo studio di stabilità si evince che il pendio risulta instabile in quanto sono presenti superfici di rottura critiche. In particolare il fattore di sicurezza minimo, restituito attraverso il metodo di calcolo di Morgenstern-Price (**F.S.=1,294**) è minore del fattore di sicurezza minimo richiesto dalle NTC2018 (pari ad **1,2**). Le superfici di scorrimento sono posizionate in corrispondenza della maggior profondità dell'attraversamento della condotta del microtunnel "Terme di Cotilia" (meno 8 metri dal piano campagna), pertanto si ritengono non influenti per la costruenda opera di metanizzazione.

5.1.3.3 Compatibilità dell'opera in progetto con il movimento gravitativo

Nell'area di interesse è stato previsto il microtunnel "Terme di Cotilia" (Rif. Doc. n. AT-131), della lunghezza 170 m circa, finalizzato a superare l'area franosa individuata a ridosso della scarpata del terrazzo alluvionale posto in destra orografica al fiume Velino.

Il gasdotto, pertanto, passerà in microtunnel e sarà garantita la compatibilità idrogeologica dell'opera.

RIFACIMENTO METANODOTTO CHIETI-RIETI DN400 (16") DP 24 bar E OPERE CONNESSE					
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA					
N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 30 di 41	Rev.:			RE-CISA-034
		00			

6 DESCRIZIONE DEI TRACCIATI DELLE OPERE IN DISMISSIONE

6.1 Analisi delle interferenze delle frane con il metanodotto esistente in rimozione

L'opera di rimozione riguarda il metanodotto Chieti-Rieti DN 400 (16") MOP 24 bar, di lunghezza pari a 125,117 km di cui 8,090 km verranno mantenuti in quanto di recente realizzazione.

Di seguito viene effettuata per macroaree una valutazione su base geologica e geomorfologica delle aree a pericolosità da frana che interferiscono con il metanodotto esistente in rimozione. In questo caso non sono state effettuate verifiche di stabilità in quanto, il progetto di rimozione prevede modalità operative ed interventi di ripristino (al termine delle operazioni), tali da ridurre al minimo l'impatto con le condizioni geomorfologiche dei luoghi. Infatti, gli scavi verranno effettuati a settori, con mezzi leggeri e realizzando piste di accesso ristrette. Una volta rimosso il metanodotto, la trincea esistente sarà riempita con il terreno di scavo, ricostituendo la morfologia originaria del terreno e delle linee di deflusso eventualmente preesistenti in accordo alle prescrizioni degli Enti interessati.

Inoltre, dato che la vocazione della zona è prevalentemente agricola, la porzione più superficiale del sottosuolo (fino ad un massimo di 0,8 m di profondità) viene già continuamente smossa dalle lavorazioni agricole; pertanto, le operazioni di rimozione non andranno ad alterare le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

6.1.1.1 Macroarea 1 (km 100+000 – km 105+000 circa)

La condotta spostandosi a ovest della frazione di Madonna della Strada si immette in una valle stretta ed allungata in direzione SE-NW di origine strutturale (Fosso dell'Imprendadora).

Il gasdotto si imposta parzialmente sulle falde detritiche poste nella fascia pedemontana dei rilievi meridionali o sui depositi alluvionali recenti o attuali presenti nella valle. Il tracciato, collocandosi alla base del versante meridionale della valle, non interagisce con i conoidi detritico-alluvionali attivi e quiescenti presenti prevalentemente sul versante opposto.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 31 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

Si segnala una prima interferenza con una zona instabile dopo il km 102+000 circa ove si riscontrano deformazioni superficiali lente attive (Annesso 2 - Macroarea 1_1). La condotta si localizza nella porzione distale dell'area instabile e non reca segni di movimenti in atto o danneggiamenti.

Il tracciato di progetto abbandona ancora una volta un'area di piana per risalire lungo gli spartiacque di rilievi prima carbonatici e poi terrigeni che raggiungono quote dell'ordine di circa 700÷800 m s.l.m.. Fa eccezione solo un tratto che attraversa per una lunghezza di circa 850 m una piccola valle con depositi principalmente detritico alluvionali.

In questa valle la condotta in dismissione interseca un settore instabile per deformazioni superficiali lente attive cui è stata assegnata una pericolosità molto elevata (P3) dalla competente autorità di bacino (Annesso 2 - Macroarea 1_2).

Non si riscontrano ulteriori fenomeni franosi né altre condizioni di instabilità che possono interagire negativamente con l'opera esistente.

Il progetto di rimozione prevede modalità operative ed interventi di ripristino (al termine delle operazioni), tali da ridurre al minimo l'impatto con le condizioni geomorfologiche del sito. Infatti, gli scavi verranno effettuati a settori, con mezzi leggeri e realizzando piste di accesso ristrette. Una volta rimosso il metanodotto, la trincea esistente sarà riempita con il terreno di scavo, ricostituendo la morfologia originaria del terreno e delle linee di deflusso eventualmente preesistenti in accordo alle prescrizioni degli Enti interessati.

Inoltre, dato che la vocazione della zona è prevalentemente agricola, la porzione più superficiale del sottosuolo (fino ad un massimo di 0,8 m di profondità) viene già continuamente smossa dalle lavorazioni agricole; pertanto, le operazioni di rimozione non andranno ad alterare le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

Sulla base di quanto esposto le attività di rimozione del metanodotto esistente nelle aree di interferenza con movimenti gravitativi risultano essere compatibili con le condizioni geomorfologiche dell'intorno significativo.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 32 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

6.1.1.2 Macroarea 2 (km 105+000 – fino alla fine)

Raggiunta la valle del fiume Velino, la condotta attraversa la S.S. n.4 al km 105+300 circa e la ferrovia Sulmona-Terni per poi aggirare l'area abitata di Borgo Velino.

La condotta attraversa successivamente il Fiume Velino per poi piegare verso sud-ovest e percorrere per circa 800 m l'area pianeggiante in sponda destra del Velino e dopo averlo attraversato al km 104+675 percorre l'area in sponda sinistra.

Al km 105+902 la condotta attraversa nuovamente il fiume Velino per poi risalire e percorrere l'area collinare in destra idrografica del fiume stesso attraversando l'abitato di Castel Sant'Angelo fino al km 108+000 circa.

Lungo il tratto percorso si rileva un fenomeno franoso in località S. Rocco. Trattasi di un piccolo versante interessato da frane diffuse di diversa tipologia attive (Annesso 2 - Macroarea 2_1)

La condotta poi prosegue tagliando trasversalmente l'area collinare in destra idrografica del fiume Velino, passando poco sopra il lago di Paterno.

Al km 110+000 circa piega nuovamente verso sud, attraversa la S.S. n.4 raggiungendo la piana di San Vittorino ove dal km 110+400 circa fino al km 111+450 circa non è prevista la sua rimozione in quanto è un tratto di condotta di recente realizzazione.

La condotta poi prosegue lungo la piana di San vittorino attraversando un'area pianeggiante e agricola. Tale piana, oggetto sin dalla fine del secolo scorso di una serie di interventi antropici che ne hanno modificato notevolmente il paesaggio, è caratterizzata dalla presenza di almeno 29 cavità sub-circolari (camini di collasso o sinkholes) che ospitano laghetti e piccole pozze, di sorgenti mineralizzate, in concentrazioni anomale dei fluidi gassosi, di altri numerosi piccoli sprofondamenti localizzati, ed emergenze di acqua dolce. L'andamento del tracciato del metanodotto non interagisce con nessuno dei sinkhole mappati. Dopo aver lasciato la piana di San Vittorino la condotta in dismissione attraversa la stretta valle del F. Velino mantenendosi sulla sinistra orografica dello stesso ed attestandosi nei depositi alluvionali recenti e/o attuali. Solo tra il km 125+000

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio di 33 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

e km 126+400 il gasdotto attraversa depositi terrazzati antichi frammisti a detrito di falda.

Da qui poi valica un piccolo rilievo carbonatico fino alla quota di circa 400 m per poi ridiscendere ed impostarsi nella valle alluvionale del F. Salto prima e del F. Velino poi. In tale area il tracciato si attesta su depositi alluvionali recenti e/o attuali di tali corsi d'acqua che vengono attraversati in almeno tre punti. Infine al km 131+600 la condotta attraversa in un microtunnel la collina conglomeratica su cui sorge l'abitato di S. Antonio (quota di circa 515 m s.l.m.) per attestarsi nella piana alluvionale del F. Turano (destra orografica) ed arrivare a destinazione.

Non si rilevano in tutta l'area testé descritta ulteriori frane o fenomeni di instabilità tali da interagire negativamente con l'opera in dismissione che in taluni settori e per alcuni passaggi sul F. Velino viene conservata.

Il progetto di rimozione prevede modalità operative ed interventi di ripristino (al termine delle operazioni), tali da ridurre al minimo l'impatto con le condizioni geomorfologiche del sito. Infatti, gli scavi verranno effettuati a settori, con mezzi leggeri e realizzando piste di accesso ristrette. Una volta rimosso il metanodotto, la trincea esistente sarà riempita con il terreno di scavo, ricostituendo la morfologia originaria del terreno e delle linee di deflusso eventualmente preesistenti in accordo alle prescrizioni degli Enti interessati.

Inoltre, dato che la vocazione della zona è prevalentemente agricola, la porzione più superficiale del sottosuolo (fino ad un massimo di 0,8 m di profondità) viene già continuamente smossa dalle lavorazioni agricole; pertanto, le operazioni di rimozione non andranno ad alterare le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

Sulla base di quanto esposto le attività di rimozione del metanodotto esistente nelle aree di interferenza con movimenti gravitativi risultano essere compatibili con le condizioni geomorfologiche dei luoghi

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 34 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio di compatibilità idrogeologica eseguito per la realizzazione del nuovo Metanodotto Chieti-Rieti e opere connesse (allacciamenti e derivazioni) nonché di quello esistente ed in parziale dismissione in conformità alla Norme di Attuazione del PAI e della vigente normativa di settore.

Il tracciato del metanodotto non intercetta aree cartografate dalla ex Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ad oggi Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale) come aree a rischio da frana.

In proposito si precisa che alcune frane del PAI sono state parzialmente modificate sulla base di altri database consultati (IFFI ed AVI), di lavori geologico-geomorfologici di dettaglio, e di pubblicazioni e carte geomorfologiche associate agli studi MOPS eseguiti a scala comunale. I dati così raccolti sono stati opportunamente controllati tramite rilevamento geologico-geomorfologico di campo da cui sono scaturite mappature in certi casi diverse da quelle PAI e decisamente più cautelative.

In sintesi i risultati dello studio possono essere riassunti nei seguenti punti:

- 1) l'intera opera si colloca a cavallo delle regioni Abruzzo e Lazio. Nella provincia di Chieti ricade nel territorio comunale della medesima città, mentre nella provincia di Pescara i comuni interessati sono Manoppello, Rosciano, Alanno, Torre de' Passeri, Castiglione a Casauria, Pietranico, Pescosansonesco, Bussi sul Tirino. Nella provincia de L'Aquila i comuni attraversati sono Collepietro, Navelli, Caporciano, San Pio delle Camere, Prata d'Ansidonia, Barisciano, San Demetrio Ne' Vestini, Poggio Picenze, L'Aquila, Scoppito; nella provincia di Rieti, infine, i territori comunali su cui insiste la condotta sono Antrodoco, Borgo Velino, Castel Sant'Angelo, Cittaducale e Rieti;
- 2) il tracciato del metanodotto, dal punto di vista geologico, si sviluppa tra il margine esterno orientale e occidentale della catena appenninica. Le unità affioranti nell'intorno significativo delle opere di progetto sono riconducibili a depositi di copertura (coltri eluvio-colluviali, depositi di frana, conoidi e depositi alluvionali) e a depositi del substrato geologico continentale e

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 35 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

marino, le cui descrizioni sono ampiamente trattate nella “Relazione geologico – geomorfologica” (Rif. Doc. n. RE-GEO-020) che costituisce parte integrante del presente documento;

- 3) l'area di interesse comprende principalmente le pianure detritico-alluvionali de L'aquila-Scoppito, del fiume Aterno, del Fiume Tirino e del F. Pescara per quanto attiene la Regione Abruzzo mentre per la Regione Lazio ricade nelle valli dei fiumi Velino, Salto e Turano. Oltre agli ambiti geomorfologici suindicati il tracciato di progetto si imposta sui rilievi collinari del contesto arenaceo-argilloso-marnoso con quote inferiori ai 500 m s.l.m. presenti principalmente nel territorio abruzzese e su quelli con maggiore energie di rilievo ricadenti nel contesto carbonatico (mesozoico-miocenico) sia abruzzese che laziale;
- 4) per la ricostruzione stratigrafica, caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la modellazione sismica dei siti, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche che ha compendiato l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT, prove penetrometriche CPT e DPSH, prelievo di campioni indisturbati e relative prove geotecniche di laboratorio, prospezioni di sismica a rifrazione, prospezioni sismiche MASW e tomografia elettrica. Le indagini eseguite lungo il tracciato del metanodotto in corrispondenza delle aree interessate da movimenti gravitativi sono consultabili nella "Relazione sulle indagini geognostiche" (Rif. Doc. n. RE-GEO-030") e nella “Relazione sulle indagini geofisiche” (Rif. Doc. n. RE-GEO-031), che costituiscono parte integrante del presente documento;
- 5) la consultazione della cartografia del PAI nonché di altri “data base” integrata dal rilevamento geologico-geomorfologico di campo ha permesso di identificare e studiare nel dettaglio le tre interferenze del tracciato con le aree in frana (vedi Cap. 5 e tabella 5.1);
- 6) Per valutare la compatibilità del metanodotto di progetto con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico delle aree attraversate, per ciascuna interferenza (cfr. Cap. 5) è stato effettuato:
 - ✓ un rilievo geologico-geomorfologico in scala di dettaglio per ciascuna area perimetrata dal PAI e per ciascun movimento franoso riconosciuto;

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 36 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

- ✓ un piano di indagini per la determinazione dell'assetto stratigrafico, geotecnico e sismico (Rif. Doc. n. RE-GEO-030 e n. RE-GEO-031);
- ✓ una verifica di stabilità del versante (Annesso 3 al presente documento).
Le verifiche sono state eseguite sulla sezione più cautelativa, rappresentata dalla direzione di massima pendenza del sito e/o dalla zona laddove sono state riscontrate le maggiori criticità geomorfologiche. Tali verifiche sono state eseguite sia *ante operam* sia *post operam* considerando in quest'ultimo caso gli interventi di stabilizzazione ritenuti più idonei per il tratto di pendio analizzato.

Le analisi sono state eseguite utilizzando il programma Stap Terreni 14, della "Aztec Informatica", con il metodo di calcolo di Morgenstern e Price, secondo le disposizioni delle NTC 2018 utilizzando un modello stratigrafico (sezioni geologiche in allegato) desunto dal rilevamento geologico e dalle indagini in sito e di laboratorio esperite. Il tutto ha consentito la modellazione geotecnica del pendio necessaria per le verifiche di di cui prima.

Tali verifiche sono state raccolte nell'Annesso 3 al presente documento, da cui risulta che tutte le sezioni attraversate sono sostanzialmente stabili con fattori di sicurezza superiori anche al fattore minimo di sicurezza in fase sismica (F.S.=1,2), fatta eccezione della sezione 29 nella quale non si è ritenuto intervenire con opere di stabilizzazione in quanto le superfici di scorrimento critiche interessano strati al massimo alla profondità di -8mt dal p.c. mentre la condotta corre nel Microtunnel "Terme di Cotilia" a profondità nettamente superiori (-18mt dal p.c.).

- 7) Per quanto riguarda le interferenze con il metanodotto esistente in dismissione, come illustrato al paragrafo 6, non sono state effettuate verifiche di stabilità in quanto, al termine della rimozione della linea del metanodotto, il progetto prevede interventi e modalità operative tali da ridurre al minimo l'impatto con le condizioni geomorfologiche del sito. Gli scavi, infatti, saranno eseguiti a settori, con mezzi leggeri e realizzando piste di accesso ristrette, in modo da ridurre al minimo (ed in tempi molto contenuti) l'impatto sulle condizioni geomorfologiche e quindi sulla stabilità

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 37 di 41	Rev.: 00	RE-CISA-034
--	--------------------	-------------	-------------

del sito. Rimossa la condotta, la trincea esistente sarà riempita con il terreno di scavo, provvedendo, altresì, alla riprofilatura dell'area interessata dai lavori e la riconfigurazione delle pendenze preesistenti. In tal modo sarà ricostituita la morfologia originaria del terreno, provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle linee di deflusso eventualmente preesistenti in accordo alle prescrizioni degli Enti interessati.

Per quanto fin qui esposto si ritiene che gli interventi di progetto sono compatibili con le condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche locali, e con le disposizioni delle NdA del PAI atteso che trattasi di servizi essenziali non delocalizzabili che non concorreranno ad aumentare il rischio da frana (non comporteranno aumento di carico urbanistico), saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi e risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al vigente PAI e ai piani comunali di settore.

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 38 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

8 ALLEGATI E ANNESSI

- **ALLEGATO 1**
 - Doc. n. PG-PAI-131 Carta della Pericolosità da frana – Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-231 Carta della Pericolosità da frana – Opere connesse al Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-331 Carta della Pericolosità da frana – Rimozione Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), MOP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-431 Carta della Pericolosità da frana – Rimozione opere connesse al Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), MOP 24 bar

- **ALLEGATO 2**
 - Doc. n. PG-PAI-132 Carta del Rischio da frana – Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-232 PAI - Carta del Rischio da frana – Opere connesse al Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-332 Carta del Rischio da frana – Rimozione Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), MOP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-432 Carta del Rischio da frana – Rimozione opere connesse al Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), MOP 24 bar

- **ALLEGATO 3**
 - Doc. n. PG-PAI-135 Carta dei dissesti PAI e IFFI – Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-235 Carta dei dissesti PAI e IFFI – Opere connesse al Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-335 Carta dei dissesti PAI e IFFI – Rimozione Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), MOP 24 bar
 - Doc. n. PG-PAI-435 Carta dei dissesti PAI e IFFI – Rimozione opere connesse al Met. Chieti-Rieti DN 400

- **ALLEGATO 4**
 - Doc. n. PG-CGD-142 Carta della franosità rilevata – Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar
 - Doc. n. PG-CGD-242 Carta della franosità rilevata – Opere connesse al Rifacimento Met. Chieti-Rieti DN 400 (16"), DP 24 bar

- **ANNESSO 1:** Interferenze frane con Metanodotto in progetto
- **ANNESSO 2:** Interferenze frane con Metandotto in dismissione
- **ANNESSO 3:** Verifiche di stabilità

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 39 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

BIBLIOGRAFIA

- APAT. (2006). Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 359 "L'Aquila". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 361 "Chieti". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 360 "Torre de' Passeri". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 358 "Pescorocchiano". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Lazio.
- APAT. (2006). Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 357 "Cittaducale". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Lazio.
- APAT. (2006). Note illustrative Foglio 359 "L'Aquila". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Note illustrative Foglio 361 "Chieti". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Note illustrative Foglio 360 "Torre de' Passeri". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo.
- APAT. (2006). Note illustrative Foglio 358 "Pescorocchiano". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Lazio.
- APAT. (2006). Note illustrative Foglio 357 "Cittaducale". APAT-Servizio Geologico d'Italia and Regione Lazio.
- April 6, 2009 L'Aquila earthquake (Mw 6.3, central Italy): implications for site response. *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 52(3), 491–512. doi:10.4430/bgta0014.
- Ascione, A., Caiazzo, C., & Cinque, A. (2007). Recent faulting in Southern Apennines (Italy): geomorphic evidence and implications for rates of activity. *Italian Journal of Geosciences*, 126(2), 293–305.
- Ascione, A., Mazzoli, S., Petrosino, P., & Valente, E. (2013). A decoupled kinematic model for active normal faults: Insights from the 1980, MS ¼ 6.9 Irpinia earthquake, southern Italy. *Geological Society of America Bulletin*, 125(7–8), 1239–1259. doi: 10.1130/B30814.1.
- Ascione, A., Miccadei, E., Villani, F., & Berti, C. (2007). Morphostructural setting of the Sangro and Volturno rivers divide area (Central-Southern Apennines, Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, 13–29.
- Bagnaia, R., D'Epifanio, A., & Sylos Labini, S. (1992). Aquila and Subequan basins: an example of Quaternary evolution in central Apennines. Italy. *Quaternaria Nova*, 2, 187–209.
- Basin (central Apennines, Italy). *Quaternary International*, 267, 62–77. doi:10.1016/j.quaint.2011.03.020.
- Bertini, T., & Bosi, C. (1993). La tettonica quaternaria della conca di Fossa (L'Aquila). *Il Quaternario*, 6, 293–314.
- Blumetti, A. M., Di Filippo, M., Zaffiro, P., Marsan, P., & Toro, B. (2002). Seismic hazard characterization of the city of L'Aquila (Abruzzo, Central Italy): new data from geological, morphotectonic and gravity prospecting analyses. *Studi Geologici Camerti*, 2002, 7–18.
- Blumetti, A. M., Guerrieri, L., & Vittori, E. (2013). The primary role of the Paganica-San Demetrio fault system in the seismic landscape of the Middle Aterno Valley basin (central Apennines). *Quaternary International*, 288(4), 183–194. doi: 10.1016/j.quaint.2012.04.040.
- Boncio, P., Pizzi, A., Brozzetti, F., Pomposo, G., Lavecchia, G., Di Naccio, D., & Ferrarini, F. (2010). Coseismic ground deformation of the April 6th 2009 L'Aquila earthquake (central Italy, Mw6.3).
- Boncio, P., Pizzi, A., Cavuoto, G., Mancini, M., Piacentini, T., Miccadei, E., Working Group Macroarea 3. (2011). Geological and geophysical characterization of the Paganica – San Gregorio area after the
- Bosi, C., & Bertini, T. (1970). Geologia della media valle dell'Aterno. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 9, 719–777.
- Chiarabba, C., Amato, A., Anselmi, M., Baccheschi, P., Bianchi, I., Cattaneo, M., . . . Valoroso, L. (2009).
- Ciccacci, S., D'Alessandro, L., Dramis, F., & Miccadei, E. (1999). Geomorphologic Evolution and Neotectonics of the Sulmona-Intramontane Basin (Abruzzi, Apennine, Central Italy). *Zeitschrift für Geomorphologie. Suppl.-Bd*, 118, 27–40.
- D'Alessandro, L., Miccadei, E., & Piacentini, T. (2008). Morphotectonic study of the lower Sangro River valley (Abruzzi, Central Italy). *Geomorphology*, 102, 145–158. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.019.
- Della Seta, M., Del Monte, M., Fredi, P., Miccadei, E., Nesci, O., Pambianchi, G., . . . Troiani, F. (2008).

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 40 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

- Demangeot, J. (1965). Neotectonique du Gran Sasso (Apennin Central). *Revue de géographie physique et de géologie dynamique*, 7, 223–234.
- Di Bucci, D., Vannoli, P., Burrato, P., Fracassi, U., & Valensise, G. (2011). Insights from the Mw 6.3, 2009 L'Aquila earthquake (Central Apennines) - unveiling new seismogenic sources through their surface signatures: The adjacent San Pio Fault. *Terra Nova*, 23, 108–115. doi:10.1111/j.1365–3121.2011.00990.x.
- Faluccci, E., Gori, S., Peronace, E., Fuselli, G., Moro, M., Saroli, M., . . . Galadini, F. (2009). The Paganica fault and surface coseismic ruptures due to the April 6, 2009 earthquake (L'Aquila, Central Italy). *Seismological Research Letters*, 80, 940–950. doi:10.1785/gssrl.80.6.940.
- Galadini, F., Messina, P., Giaccio, B., & Sposato, A. (2003). Early uplift history of the Abruzzi Apennines (central Italy): Available geomorphological constraints. *Quaternary International*, 101–102, 125–135. doi: 10.1016/S1040-6182(02)00095-2.
- Galli, P., Giaccio, B., & Messina, P. (2010). The 2009 central Italy earthquake seen through 0.5 Myr-long tectonic history of the L'Aquila faults system. *Quaternary Science Reviews*, 29, 3768–3789. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.08.018.
- Ge.Mi.Na. (1963). *Ligniti e torbe dell'Italia continentale*. ILTE Ed. Torino IP. 319 pp.
- Geophysical Research Letters*, 37(6), L06308 (see <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2010GL042807/abstract>). doi:10.1029/2010GL042807.
- Giaccio, B., Galli, P., Messina, P., Peronace, E., Scardia, G., Sottili, G., . . . Silvestri, S. (2012). Fault and basin depocentre migration over the last 2 Ma in the L'Aquila 2009 earthquake region, central Italian Apennines. *Quaternary Science Reviews*, 56, 69–88. doi: 10.1016/j.quascirev.2012.08.016.
- Gruppo di Lavoro MS-AQ. (2010). *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana*. Regione Abruzzo-Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila, 3 vol. and DVD-rom.
- High-resolution controlled-source seismic tomography across the Middle Aterno basin in the epicentral area of the 2009, Mw 6.3, L'Aquila earthquake (central Apennines, Italy). *Italian Journal of Geosciences*, 131(3), 373–388. doi: 10.3301/IJG.2011.35. *Journal of Maps* 377
- Improta, L., Villani, F., Bruno, P. P., Castiello, A., De Rosa, D., Varriale, F., . . . Giacomuzzi, G. (2012).
- ISPRA. (2010). *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000, Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia"*. ISPRA Servizio Geologico d'Italia and Regione Abruzzo. Rome.
- Mancini, M., Cavuoto, G., Pandolfi, L., Petronio, C., Salari, L., & Sardella, R. (2012). Coupling basin infill history and mammal biochronology in a Pleistocene intramontane basin: The case of western L'Aquila
- Marini, G. (1967). *Il Lago pleistocenico della Conca de L'Aquila*. 81 pp. Lanciano.
- Miccadei, E., Paron, P., & Piacentini, T. (2004). The SWescarpment of the Montagna del Morrone (Abruzzi, Central Italy): geomorphology of a fault-generated mountain front. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 27, 55–87.
- Miccadei, E., Piacentini, T., Dal Pozzo, A., La Corte, M., Sciarra, M. (2013). Morphotectonic map of the Aventino-Lower Sangro valley (Abruzzo, Italy), scale 1:50,000. *Journal of Maps*, 9(3), 390–409. doi:10.1080/17445647.2013.799050.
- Miccadei, E., Piacentini, T., Gerbasì, F., Daverio, F. (2012). Morphotectonic map of the Osento River basin (Abruzzo, Italy), scale 1:30,000. *Journal of Maps*, 8(1), 62–73. doi:10.1080/17445647.2012.668764.
- Morphotectonic evolution of the Adriatic piedmont of the Apennines: An advancement in the knowledge of the Marche – Abruzzo border area. *Geomorphology*, 102(1), 119–129. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.018.
- Nisio, S. (Ed.). (2008). *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Volume*, 85, 480 pp.
- Nisio S. (2003). I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia centrale. *Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences* 16(1), 2003, 121-132
- Otto, J. C., Gustavsson, M., & Geilhausen, M. (2011). Cartography: design, symbolisation and visualisation of geomorphological maps. In M. J. Smith, P. Paron, & J. Griffiths (Eds.), *Geomorphological mapping: A handbook of techniques and applications* (pp. 253–295). London: Elsevier.
- Pizzi, A., & Galadini, F. (2009). Pre-existing cross-structures and active fault segmentation in the northerncentral Apennines (Italy). *Tectonophysics*, 476, 304–319. doi:10.1016/j.tecto.2009.03.018.
- Santo A., Ascione S., Di Crescenzo G., Miccadei E., Piacentini T., Valente E. (2014) Tectonic-geomorphological map of the middle Aterno River valley (Abruzzo, Central Italy), *Journal of Maps*,

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

N° Documento: 03857-PPL-RE-000-0034	Foglio 41 di 41	Rev.:					RE-CISA-034
		00					

map of the middle Aterno River valley (Abruzzo, Central Italy). *Journal of Maps*, DOI: 10.1080/17445647.2013.867545

Santo, A., Ascione, A., Del Prete, S., Di Crescenzo, G., & Santangelo, N. (2011). Collapse sinkhole distribution in the carbonate massifs of central and southern Apennines. *Acta Carsologica*, 40(1), 95–112.

Tallini, M., Cavuoto, G., Monaco, F. D., Fiore, V. D., Mancini, M., Caielli, G., . . . Rapolla, A. (2012). Seismic surveys integrated with geological data for in-depth investigation of Mt. Pettino active fault area (western L'Aquila basin). *Italian Journal of Geosciences*, 131(3), 389–402. doi: 10.3301/IJG.2012.10.

The 2009 L'Aquila (central Italy) MW6.3 earthquake: Main shock and aftershocks. *Geophysical Research Letters*, 36, L18308 (see <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL039627/abstract>). doi:10.1029/2009GL039627.

Vittori, E., di Manna, P., Blumetti, A. M., Commerci, V., Guerrieri, L., Esposito, E., . . . Cowie, P. A. (2011). Surface faulting of the April 6, 2009, Mw 6.3 L'Aquila earthquake in Central Italy. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101, 1507–1530. doi:10.1029/2009GL039337.

Wobus, C., Whipple, K., Kirby, E., Snyder, N., Johnson, J., Spyropolou, K., . . . Sheehan, D. (2006). Tectonics from topography: Procedures, promise and pitfalls. In S. D. Willett et al. (Eds.), *Tectonics, climate and landscape evolution*. Geological Society of America, Special Papers, 398, 55–74. doi: 10.1130/2006.2398(04).