

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 1 di 37	Rev. 0

NR/19136
Rifacimento met. Recanati – Foligno (Fraz. Colfiorito)
DN 650 (26”), DP 75 bar
ed opere connesse

STUDIO DELLE INTERFERENZE DEL TRACCIATO IN PROGETTO
CON FAGLIE ATTIVE E CAPACI

0	Emissione	Tamburini	Nisii	Mattei	Febb. '20
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 2 di 37	Rev. 0

INDICE

PREMESSA		3
1	INTRODUZIONE	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON FAGLIE ATTIVE E CAPACI	6
3.1	Catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)	6
3.2	Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults)	8
3.2.1	Faglia “Senigallia” (KP 3 circa)	9
3.2.2	Faglia “Monte San Vito” (KP 5 circa)	11
3.2.3	Faglia “Centare” (KP 72.4 circa)	13
3.2.4	Faglia “Serravalle” (KP 73.7 circa)	15
3.3	Studi di Microzonazione Sismica	18
4	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA’ DELLE FAGLIE ATTIVE E CAPACI PRESENTI LUNGO IL TRACCIATO IN PROGETTO	20
4.1	Metodo di studio utilizzato	21
4.2	Modello sismotettonico	23
4.3	Caratterizzazione cinematica e dinamica delle faglie	24
4.2	Faglia di “Centare”	26
4.3	Faglia di “Serravalle”	29
4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33
5	BIBLIOGRAFIA	37

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – STUDIO GEOLOGICO E NEOTETTONICO NELL'AREA INTERESSATA DAL SISTEMA DI FAGLIE DI M. LE SCALETTE - M. PREFOGLIO - M. CAPRIDOSSO (FAGLIE SERRAVALLE E CENTARE). CARTA DELLE CATEGORIE TOPOGRAFICHE.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 3 di 37	Rev. 0

PREMESSA

Nell'ottica di ammodernamento della rete nazionale di trasporto del gas esistente, Snam Rete Gas S.p.A. intende sostituire il gasdotto attualmente in esercizio "Recanati – Foligno, DN 600 (24"), P 70 bar" (di proprietà Snam Rete Gas) ed alcune linee secondarie da esso derivate, con nuove tubazioni del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Recanati – Foligno (Fraz. Colfiorito), DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse".

Il progetto di rifacimento seguirà integralmente, salvo localizzate ottimizzazioni di tracciato e tecnologiche, i percorsi delle linee del progetto "Metanodotto Recanati - Foligno DN 1050 (42"), DP 75 bar ed opere connesse" (Proponente Snam Rete Gas) che ha già ottenuto il Decreto di compatibilità ambientale (Delibera MATTM n. 38 del 6 marzo 2015), ma che non verrà più realizzato.

Ai fini della valutazione di compatibilità ambientale si fornisce, con il presente studio relativo al progetto "Rifacimento metanodotto Recanati – Foligno (Fraz. Colfiorito), DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse", uno specifico approfondimento della potenziale interferenza con faglie attive e capaci dell'opera in progetto.

Il progetto di rifacimento ricade, analogamente al progetto riferito alla tubazione DN 1050 (42"), nei territori delle regioni Marche e Umbria ed interessa le province di Macerata e Perugia estendendosi fra i territori comunali di Recanati, Montecassiano, Macerata, Treia, San Severino Marche, Serrapetrona, Castelraimondo, Camerino, Muccia, Pieve Torina, Serravalle di Chienti e Foligno.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 4 di 37	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

La caratterizzazione del rischio sismico di una infrastruttura lineare come un metanodotto che attraversa una regione ad elevata sismicità richiede oltre alla definizione della sismicità storica del territorio e della massima azione sismica attesa nella vita dell'opera, anche l'identificazione di eventuali interferenze con zone suscettibili a deformazioni cosismiche permanenti in superficie.

In generale, tra le deformazioni permanenti del terreno indotte da eventi sismici ci sono anche le fratturazioni/dislocazioni che potrebbero manifestarsi lungo il piano di faglia attivato in occasione di un terremoto.

In letteratura scientifica, si ritengono attive le faglie che sulla base di evidenze geologiche e sismologiche, hanno generato almeno un evento sismico negli ultimi 40.000 anni (Pleistocene-Olocene). Sebbene sia da evidenziare che il processo di dislocazione lungo un piano di faglia attivo non necessariamente raggiunge la superficie topografica e si manifesta con rotture o dislocazioni del terreno in occasione di un evento sismico.

Solo se una faglia attiva risulta anche "*capace*", ossia in grado di raggiungere la superficie topografica provocando una frattura del terreno con dislocazioni significative, può potenzialmente rappresentare un elemento di rischio per una infrastruttura.

La normativa sismica vigente (rif: NTC18, EC8-4, etc.), non esclude la possibilità che una condotta interrata adibita al trasporto di idrocarburi possa attraversare aree potenzialmente interessate da fagliazione superficiale, a condizione che in fase di progettazione siano considerati adeguati criteri finalizzati a mitigare gli eventuali rischi e a garantire la sicura prestazione dell'opera in caso di evento.

La valutazione di questo tipo di rischio sismico per una condotta si basa in prima analisi sulla definizione del livello di pericolosità del fenomeno, ossia sull'individuazione di eventuali interferenze lungo il tracciato con Faglie Attive e Capaci (FAC) e sulla loro caratterizzazione geometrica e cinematica, definita in termini di meccanismo focale prevalente e massima dislocazione del terreno attesa in superficie. Successivamente, la geometria dell'attraversamento e i possibili valori di dislocazione attesi in superficie in corrispondenza dell'attraversamento delle faglie possono essere valutati in termini di risposta strutturale dell'opera per definire, se necessario, le eventuali misure di mitigazione del rischio.

Questo studio analizza le intersezioni del tracciato in progetto con Faglie Attive e Capaci (FAC) presenti nel corridoio di interesse dell'opera e valuta le massime dislocazioni attese in superficie in accordo ad un approccio deterministico. Questi valori di deformazione permanente saranno considerati per definire le eventuali misure di mitigazione da sviluppare in fase di progettazione di dettaglio.

Una analisi della sismicità storica e della massima azione sismica attesa lungo il tracciato in progetto è riportata in dettaglio nella specifica SPC. LA-E-80011, mentre una accurata valutazione di possibili interferenze tra il tracciato in progetto e zone potenzialmente suscettibili a liquefazione dei terreni in caso di eventi sismici è riportato nella specifica SPC. LA-E-80013.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 5 di 37	Rev. 0

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella redazione dello studio in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica nazionale e d internazionale ed in particolare, le seguenti disposizioni:

- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (e successive modifiche ed integrazioni)*
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.
- *D.M. 17 gennaio 2018, Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018.*
Suppl. Ordinario n. 8, Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- *Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, C.S.LL.PP. Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019.*
Suppl. Ordinario n.5, Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2019.
- *EN 1998–4. (2006). Eurocode 8*
Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines.
- *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)*
Gruppo di lavoro MS, 2008. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome-Dipartimento della Protezione Civile, Roma.
- *Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (CTMS),*
Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), versione 1.0. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2015.
- *EN 1594 (2013) – Annex E*
Gas supply system – Pipelines for maximum operating pressure over 16bar.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 6 di 37	Rev. 0

3 INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON FAGLIE ATTIVE E CAPACI

In questo capitolo è stato eseguito un primo livello di valutazione della pericolosità del tracciato rispetto all'interferenza con possibili Faglie Attive e Capaci (FAC) in termini areali, ossia analizzando i dati disponibili nel corridoio di interesse dell'opera:

- cartografie e database ufficiali;
- informazioni riportate in letteratura scientifica (rif. Capitolo 5 Bibliografia);
- osservazioni geologico-geomorfologiche eseguite durante i sopralluoghi nel territorio di interesse.

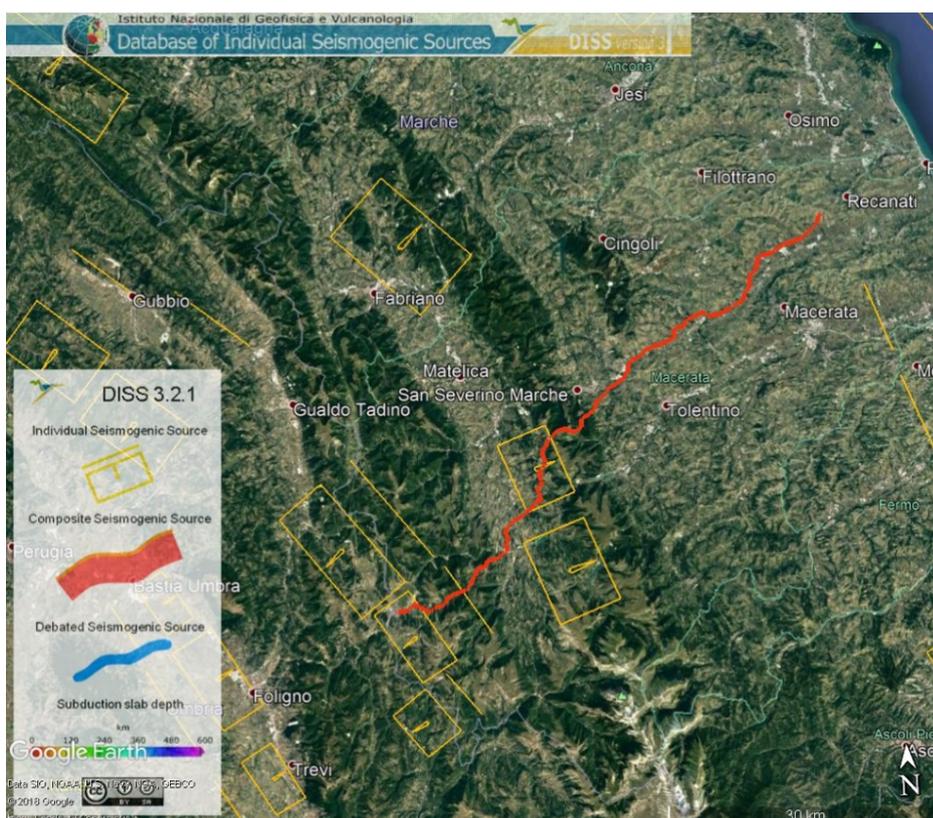
Di seguito è descritta l'analisi di interferenza tra il tracciato in progetto e le presunte faglie attive e capaci riportate nei cataloghi e negli studi ufficiali che interessano il territorio nazionale.

3.1 Catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)

La banca dati DISS (*"Database of Individual Seismogenic Sources"* versione 3.2.1, INGV), che fornisce informazioni sulle principali strutture tettoniche sismogenetiche localizzate sul territorio nazionale.

In particolare, nel database sono riportate come *sorgenti sismogenetiche individuali* anche le principali faglie attive e per ciascuna sono definiti sulla base di dati geologici e geofisici, i parametri geometrici (strike, dip, lunghezza, larghezza e profondità), cinematici (velocità) e sismologici (spostamento per evento singolare, magnitudo, slip rate, intervallo di ricorrenza).

In Fig. 3.1/A sono riportate le sorgenti sismogenetiche individuali cartografate nel DISS e le interferenze con il tracciato in progetto.



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 7 di 37	Rev. 0

Fig. 3.1/A: Sorgenti sismogenetiche individuali, perimetrare in giallo (DISS 3.2.1), intersecate dal tracciato in progetto (linea rossa).

Come evidenziato dalla Figura 3.1/A, il metanodotto in progetto interseca N.2 sorgenti sismogenetiche individuali riportate nel database DISS (v. 3.2.1).

In Tabella 3.1/B e 3.1/C sono riportati i parametri geometrici, cinematici e sismici delle sorgenti sismogenetiche individuali intersecate dal tracciato in progetto.

Tab. 3.1/B: Parametri geometrici, cinematici e sismici della sorgente sismogenetica individuale di Camerino ITI S049 (Fonte: DISS 3.2.1).

Codice	ITI S049
Nome	Camerino
Localizzazione(Lat/Lon)	43.1552 / 13.1022
Lunghezza (km)	8
Larghezza (km)	6
Minima profondità (km)	14
Massima profondità (km)	16.1
Strike (deg)	160
Dip (deg)	20
Rake (deg)	90
Slip per Event (m)	0.4
Slip rate (mm/y)	0.1-0.5
Recurrence (y)	800-4000
Magnitudo	5.8
Ultimo terremoto	28 luglio 1799

Tab. 3.1/C: Parametri geometrici, cinematici e sismici della sorgente sismogenetica individuale di Colfiorito Sud ITI S018 (Fonte: DISS 3.2.1).

Codice	ITI S018
Nome	Colfiorito sud
Localizzazione(Lat/Lon)	43.1552 / 13.1022
Lunghezza (km)	9
Larghezza (km)	6
Minima profondità (km)	4
Massima profondità (km)	7.8
Strike (deg)	148
Dip (deg)	40
Rake (deg)	277
Slip per Event (m)	0.38
Slip rate (mm/y)	0.1-1
Recurrence (y)	380-3800
Magnitudo	5.7
Ultimo terremoto	26 Settembre 1997

Le sorgenti sismogenetiche individuali riportate nel catalogo DISS sono da intendersi come faglie attive, ossia linee tettoniche che sulla base di evidenze geologiche e sismologiche, hanno generato almeno un evento sismico negli ultimi 40.000 anni (Pleistocene-Olocene).

Come riportato in Tabella 3.1/B e 3.1/C per le sorgenti sismogenetiche individuali intersecate dal tracciato in progetto (faglie attive) si prevedono dislocazioni massime per

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 8 di 37	Rev. 0

evento sismico dell'ordine dei 40 cm (valori calcolati dal momento sismico con la relazione di Hanks and Kanamori (1979).

Tuttavia, è bene notare che tali dislocazioni sono quelle previste sul piano di faglia a profondità ipocentrali dell'ordine dei 14km-16km per la sorgente di Camerino e di 6km-9km per quella di Colfiorito Sud.

E', inoltre, da evidenziare che il processo di dislocazione lungo un piano di faglia non necessariamente raggiunge la superficie topografica e si manifesta con effetti quali rotture o fagliazione del terreno negli strati più superficiali (deformazioni permanenti cosismiche).

3.2 Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults)

Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie attive e capaci (FAC) che interessano il territorio italiano.

In particolare, il catalogo contiene la raccolta di tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Nel database sono riportate le principali faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare dislocazioni e/o deformazioni in superficie.



Fig. 3.2/A:Stralcio della carta del catalogo ITHACA con le Faglie Attive e Capaci (linee arancione) presenti lungo il tracciato del metanodotto in progetto (linea in rosso).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 9 di 37	Rev. 0

Come evidenziato dalla Figura 3.2/A, il metanodotto in progetto interferisce con le seguenti faglie (in senso gas):

- Faglia “Senigallia” (cod. 43300).
- Faglia “Monte San Vito” (cod. 43800).
- Faglia “Centara” (cod. 40001).
- Faglia “Serravalle” (cod. 40000).

I parametri che caratterizzano tali lineamenti tettonici sono descritti sinteticamente nei seguenti paragrafi.

3.2.1 Faglia “Senigallia” (KP 3 circa)

La faglia “Senigallia”, con codice 43300, interferisce con il tracciato in progetto al km 3 in prossimità della località C. Ortensi (comune di Recanati), a circa 1.5 km a nord-est dall’abitato di Sambucheto (Figura 3.2/C).

Tabella 3.2/B: Parametri geometrici, cinematici e sismici caratterizzanti la faglia 43300 “Senigallia” (catalogo ITHACA).

Identificazione generale	
Codice	43300
Nome	Senigallia
Regione	Marche (Italia)
Sistema	Pesaro-Senigallia
Rank	Primario
Geometria e cinematica	
Inquadramento geologico	-
Ambiente tettonico	Limite di placca
Strike medio (deg)	150
Dip (deg)	-
Dip Direction	-
Lunghezza faglia	-
Geometria	-
Profondità (km)	-
Cinematica	Inversa
Attività	
Evidenze superficiali	ND
Parametri sismici	
Slip rate (mm/y)	-
Massima magnitudo (Mw)	5.9
Qualità dello studio	Basso

Da un punto di vista geomorfologico, la zona è priva di elementi che possano indicare un marcato controllo tettonico del territorio, con evidenze superficiali di attivazioni di

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 10 di 37	Rev. 0

faglie recenti. Inoltre, da sopralluoghi effettuati in prossimità del presunto attraversamento non si evidenziano elementi che indicano la presenza di linee di faglia in superficie (es: dislocazione dei depositi affioranti, alterazioni morfologiche locali, etc.). Analogamente, nel catalogo ITHACA non sono ufficialmente segnalate evidenze superficiali per questa presunta linea di faglia. Di conseguenza questo lineamento tettonico può essere inteso come una struttura tettonica attiva a livello regionale con una geometria non chiaramente riscontrabile in superficie (tipo *blind fault*).

In conclusione, **non si ritiene che l'intersezione con la linea tettonica riportata possa costituire un elemento di rischio per l'opera in progetto.**

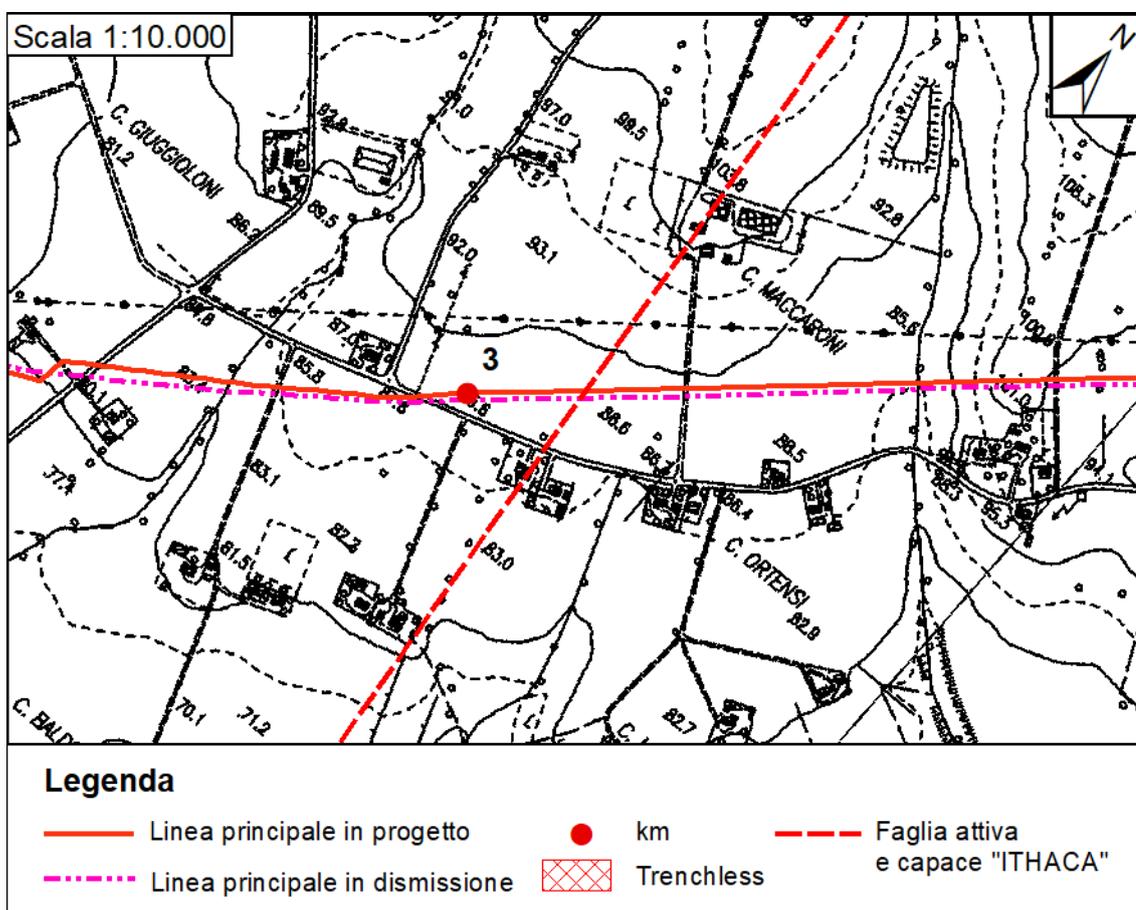


Figura 3.2/C: Stralcio dell'interferenza tra il tracciato autorizzato e la faglia capace "Senigallia" (Cod. 43300).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 11 di 37	Rev. 0

3.2.2 Faglia “Monte San Vito” (KP 5 circa)

La faglia “Monte San Vito”, con codice 43800, interferisce con il tracciato in progetto al km 5 in prossimità della località Castelette (comune di Montecassiano), a circa 800m a Nord-Ovest dell’abitato di Sambucheto (Figura 3.2/E).

Tabella 3.2/D: Parametri geometrici, cinematici e sismici caratterizzanti la faglia 43800 “Monte San Vito” (catalogo ITHACA).

Identificazione generale	
Codice	43800
Nome	Monte San Vito
Regione	Marche (Italia)
Sistema	Macerata-Coriano
Rank	ND
Geometria e cinematica	
Inquadramento geologico	-
Ambiente tettonico	ND
Strike medio (deg)	135
Dip (deg)	-
Dip Direction	SW
Lunghezza faglia	-
Geometria	-
Profondità (km)	-
Cinematica	Inversa
Attività	
Evidenze superficiali	ND
Parametri sismici	
Slip rate (mm/y)	-
Massima magnitudo (Mw)	-
Qualità dello studio	Basso

L’area di interferenza presenta una morfologia sub-pianeggiante ed è collocata in prossimità del fondovalle del Fiume Potenza.

Da un punto di vista geomorfologico, la zona è priva di elementi che possano indicare un marcato controllo tettonico del territorio, con evidenze superficiali di attivazioni di faglie recenti. A conferma dell’assenza di attività di fagliazione superficiale recente in zona si sottolinea che la presunta faglia, in accordo con la geometria riportata nel catalogo, dovrebbe interessare anche l’abitato di Sambucheto, all’interno del quale non si riscontrano indizi di potenziale fagliazione superficiale.

Inoltre, da sopralluoghi effettuati in prossimità del presunto attraversamento non si evidenziano elementi che mostrano la presenza di linee di faglie in superficie (es: dislocazione dei depositi affioranti, alterazioni morfologiche locali, etc.). Analogamente, nel catalogo ITHACA non sono ufficialmente segnalate evidenze superficiali per questa presunta linea di faglia. Di conseguenza questo lineamento tettonico può essere inteso come una struttura tettonica attiva a livello regionale con una geometria non chiaramente riscontrabile in superficie (tipo *blind fault*).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 12 di 37	Rev. 0

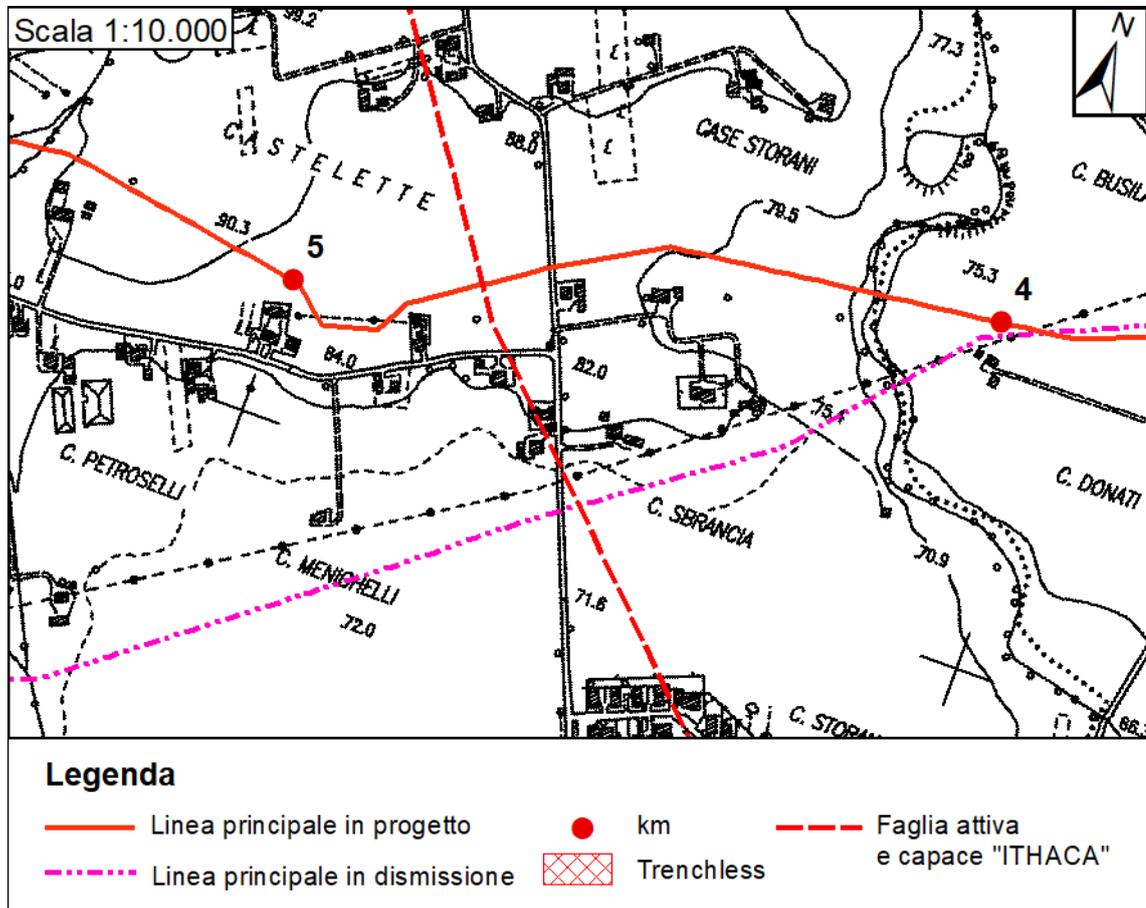


Figura 3.2/E: Stralcio dell'interferenza tra il tracciato autorizzato e la faglia capace "Monte San Vito" (Cod. 43800).

In conclusione, non si ritiene che l'intersezione con la linea tettonica riportata possa costituire un elemento di rischio per l'opera in progetto

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 13 di 37	Rev. 0

3.2.3 Faglia “Centare” (KP 72.4 circa)

La faglia “Centare”, con codice 40001, interferisce con il tracciato in progetto al km 72.4 lungo la Val Sant’Angelo (comune di Pievevitorina), a circa 1 km a ovest dall’abitato di Le Rote (Figura 3.2/G).

Tabella 3.2/F: Parametri geometrici, cinematici e sismici caratterizzanti la faglia 40001 “Centara” (catalogo ITHACA).

Identificazione generale	
Codice	40001
Nome	Centare
Regione	Umbria (Italia)
Sistema	Serravalle
Rank	Primario
Geometria e cinematica	
Inquadramento geologico	-
Ambiente tettonico	ND
Strike medio (deg)	170
Dip (deg)	0
Dip Direction	W
Lunghezza faglia	9.0
Geometria	-
Profondità (km)	-
Cinematica	Normale obliqua sinistra
Attività	
Evidenze superficiali	Evidenze geomorfologiche
Parametri sismici	
Slip rate (mm/y)	-
Massima magnitudo (Mw)	-
Qualità dello studio	Discreto

L’area di interferenza è collocata in prossimità dello stretto fondovalle del Torrente Sant’Angelo, all’interno di un’area montuosa interessata da processi morfogenetici attivi ad opera delle acque correnti e della degradazione fisica delle litologie esposte. Ci sono evidenze geomorfologiche dell’attività recente tettonica della faglia normale, appartenente all’importante sistema di faglie attive di Colfiorito, aventi direzione circa N150 e ribassanti verso SW. Questo sistema di faglie disloca le unità mesozoiche appartenenti all’unità di tetto del sovrascorrimento di M. Vermenone–M. Tolagna e di M. Cavallo-M. Primo.

Da un punto di vista geomorfologico, la faglia in esame ha mostrato indizi di riattivazione nel corso della sequenza sismica del 1997-98 ed ancora oggi è possibile osservare la presenza di indicatori cinematici sulle superfici di faglia affioranti, con rigetti cosismici dell’ordine di 2-4 centimetri di altezza.

Nel caso specifico del tratto di interferenza con la linea in progetto, il contatto tettonico è tra la Maiolica a tetto e i Calcari Diasprini a letto.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 14 di 37	Rev. 0

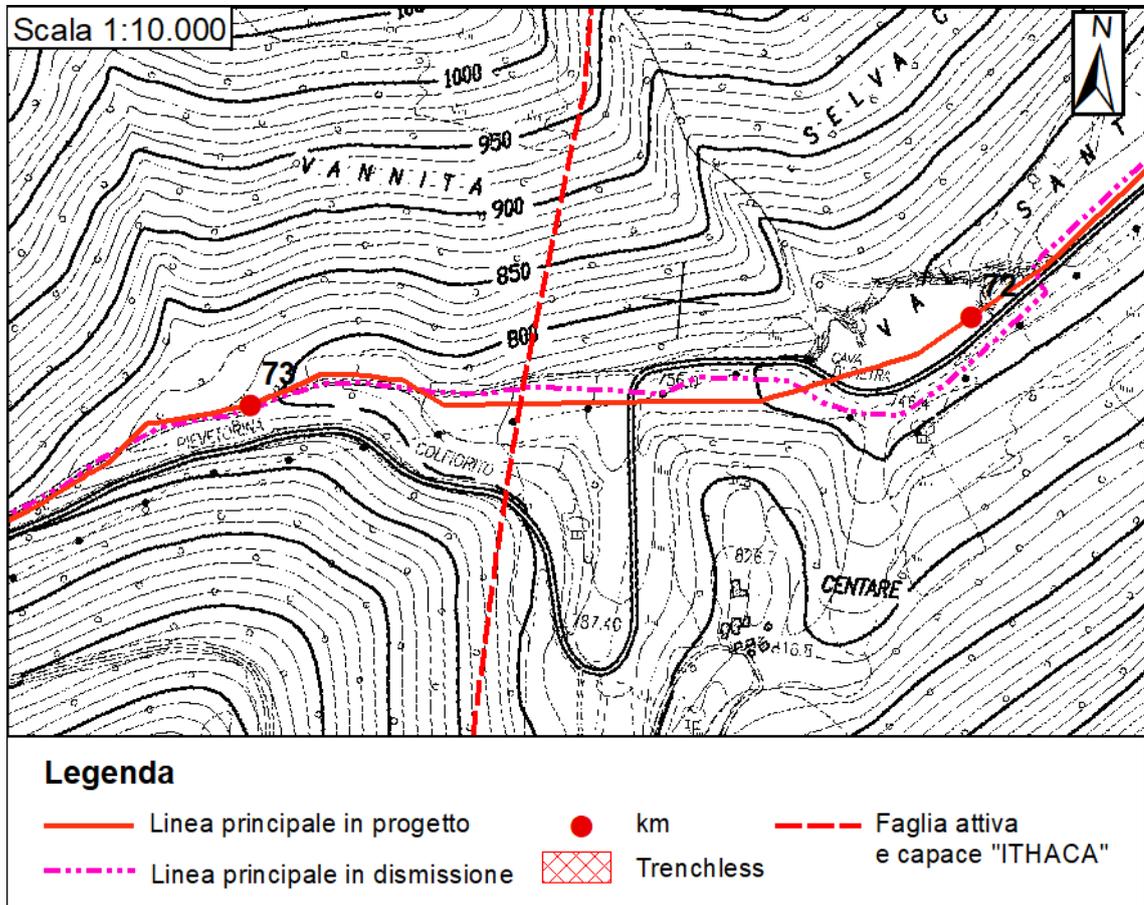


Figura 3.2/G:Stralcio dell'interferenza tra il tracciato autorizzato e la faglia capace "Centare" (Cod. 40001).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 15 di 37	Rev. 0

3.2.4 Faglia “Serravalle” (KP 73.7 circa)

La faglia “Serravalle”, con codice 40000, interferisce con il tracciato in progetto al km 72.6 lungo la Val Sant’Angelo (Comune di Pietvetorina), in prossimità della località La Pintura, nella zona di confine tra la Regione Marche e Umbria (Figura 3.2/I).

Tabella 3.2/H: Parametri geometrici, cinematici e sismici caratterizzanti la faglia 40000 “Serravalle” (catalogo ITHACA).

Identificazione generale	
Codice	40000
Nome	Serravalle
Regione	Umbria (Italia)
Sistema	Serravalle
Rank	Primario
Geometria e cinematica	
Inquadramento geologico	-
Ambiente tettonico	ND
Strike medio (deg)	160
Dip (deg)	0
Dip Direction	W
Lunghezza faglia	9.0
Geometria	-
Profondità (km)	-
Cinematica	Normale obliqua sinistra
Attività	
Evidenze superficiali	Evidenze Geomorfologiche
Parametri sismici	
Slip rate (mm/y)	-
Massima magnitudo (Mw)	-
Qualità dello studio	Alto

L’area di interferenza è collocata in prossimità del bordo sud-orientale della Piana di Colfiorito stretto fondovalle del Torrente Sant’Angelo, all’interno di un’area montuosa interessata da processi morfogenetici attivi ad opera delle acque correnti e della degradazione fisica delle litologie esposte. Ci sono evidenze geomorfologiche dell’attività recente tettonica della faglia normale, anch’essa appartenente al sistema di faglie attive di Colfiorito, aventi direzione circa N150 e ribassanti verso SW.

Da un punto di vista geomorfologico, la faglia in esame ha mostrato indizi di riattivazione nel corso della sequenza sismica del 1997-98 ed ancora oggi è possibile osservare la presenza di indicatori cinematici sulle superfici di faglia affioranti, con rigetti cosismici dell’ordine di 2-8 centimetri di altezza.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 16 di 37	Rev. 0

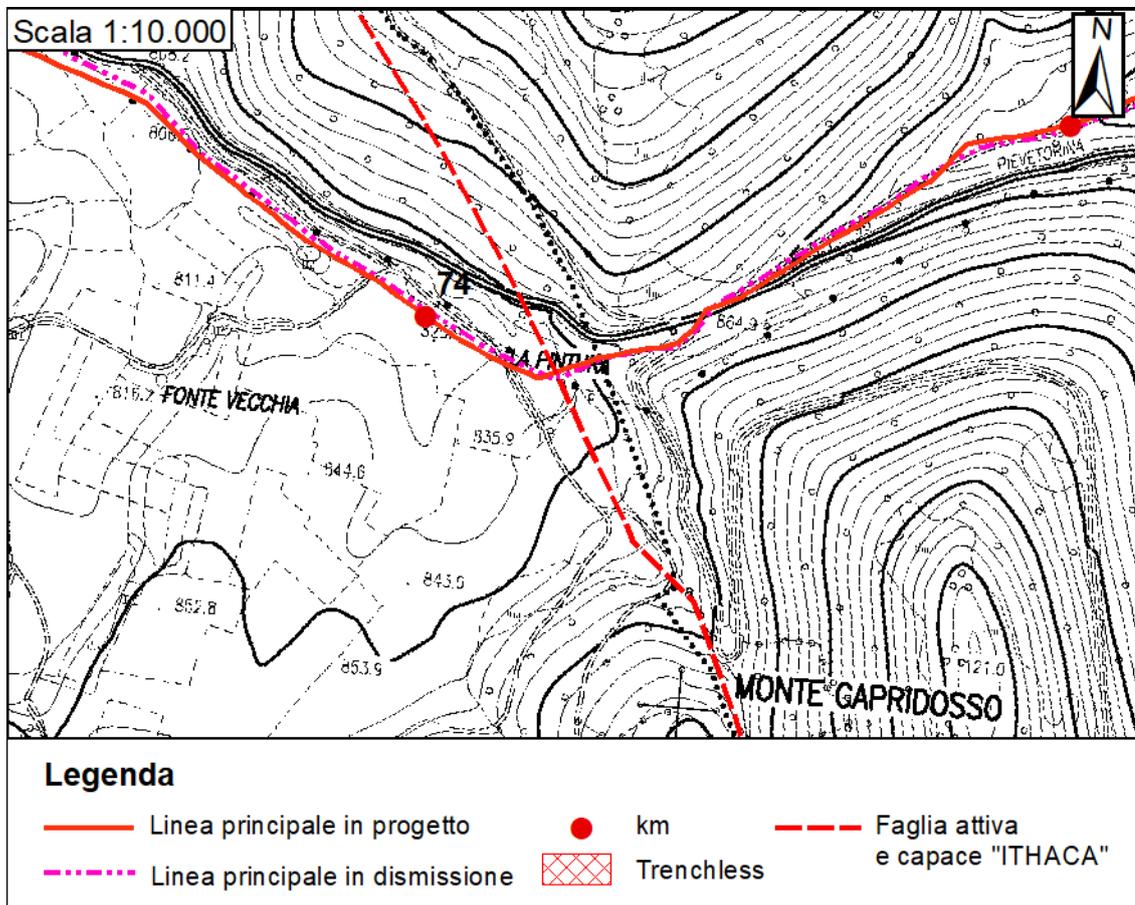


Figura 3.2/I: Stralcio dell'interferenza tra il tracciato autorizzato e la faglia capace "Serravalle" (Cod. 40000).

Le due lineazioni tettoniche individuate nella banca dati ITHACA, sia quella denominata Centare che quella Serravalle, appartengono all'importante sistema di faglie normali attive di Colfiorito.

La posizione di queste linee tettoniche è coerente con la sorgente sismogenetica individuale riportata nel database DISS (ITI S018 Colfiorito Sud). In Figura 3.2/L sono riportate sovrapposte le due faglie capaci di Serravalle e Centare (ITHACA), con la sorgente sismogenetica individuale Colfiorito Sud (DISS).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 17 di 37	Rev. 0

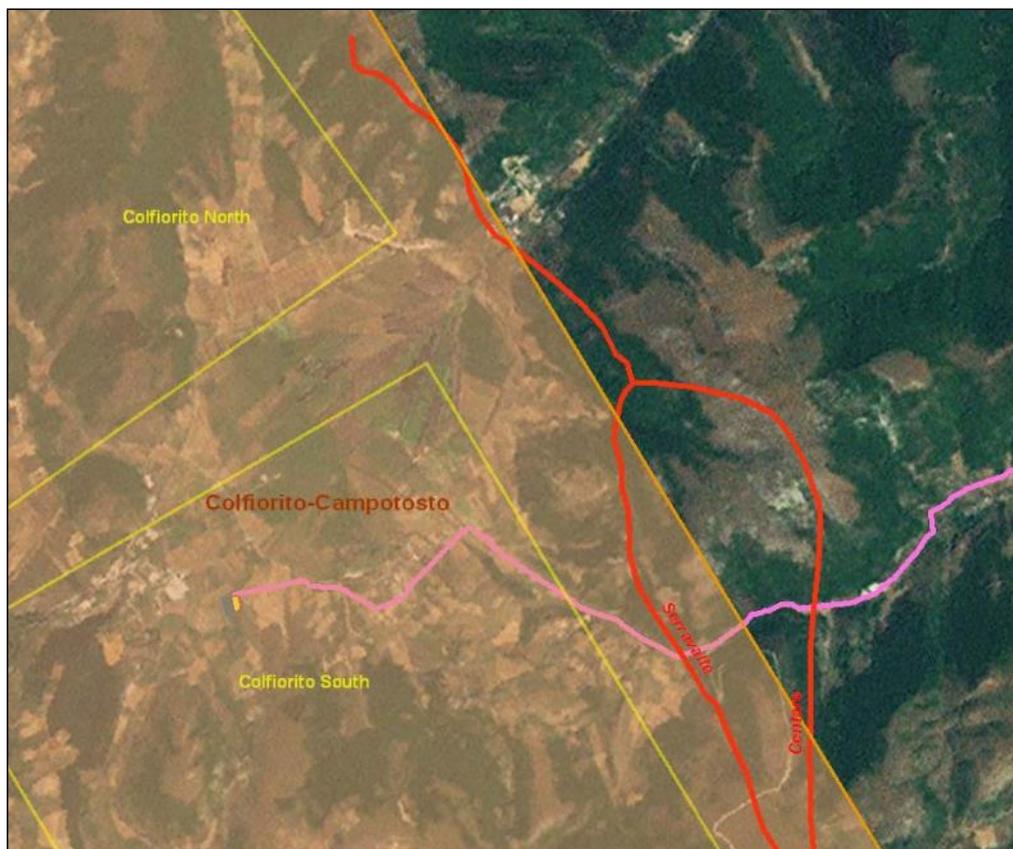


Figura 3.2/L: Sovrapposizione dei dati riportati nel catalogo ITHACA e quelli nel database DISS nella zona di Colfiorito.

Il sistema di faglie attive di Colfiorito è caratterizzato in generale da faglie normali a direzione circa N150-N160 e ribassanti verso SW. In particolare, la faglia Centare rappresenta un segmento a direzione N-S della più occidentale faglia di M. Le Scalette-M.Capridosso (Serravalle). Queste lineazioni hanno mostrato indizi di riattivazione nel corso della sequenza sismica del 1997-98. Tali indizi si sono riscontrati in particolare nella parte alta e sul versante occidentale di M. Faento, a nord del tracciato in progetto, laddove le faglie interessano gli affioramenti rocciosi e dove sono assenti le coltri di copertura. Nel corso dei rilievi eseguiti, in seguito alla sequenza sismica del 1997-98, si è potuto constatare che tali dislocazioni superficiali sono state dell'ordine di pochi centimetri (inferiori ai 10cm).

In generale, **spostamenti differenziali di tale entità non costituiscono un elemento di rischio per le opere in progetto.** Tuttavia, in considerazione dei fenomeni deformativi osservati in nella recente sequenza sismica (1997-98), queste due faglie attive e capaci sono state oggetto di uno studio di approfondimento, per definirne in dettaglio le caratteristiche e le potenziali deformazioni cosismiche attese in superficie in caso di evento sismico.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 18 di 37	Rev. 0

3.3 Studi di Microzonazione Sismica

La Microzonazione Sismica (MS) consiste nella valutazione della pericolosità sismica locale attraverso la caratterizzazione di zone del territorio aventi comportamento sismico omogeneo.

In ambito nazionale per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica sono stati definiti degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (ICMS) nel 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome e il Dipartimento di Protezione Civile. Gran parte dell'opera in progetto ricade all'interno dei comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici del 24 agosto 2016 e, come previsto con l'ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario, questi risultano coperti dagli studi di microzonazione sismica di dettaglio (<http://sisma2016data.it/microzonazione/>).

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso e possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3.

Il livello 1 degli studi di microzonazione sismica (MS1) ha per obiettivo l'individuazione delle microzone a comportamento sismico omogeneo su una carta a scala 1:5.000 – 1:10000. In particolare, il livello 1, prevede la definizione della *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica* (carta delle MOPS), atta ad individuare le microzone, ove sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici, è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Il livello 2, punta a compensare alcune incertezze del livello 1 con approfondimenti conoscitivi e, parallelamente, a fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone instabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Il terzo livello di approfondimento si applica: (1) nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse, o qualora l'estensione della zona in studio renda conveniente un'analisi globale di dettaglio o, ancora, per opere di particolare importanza; (2) nelle zone suscettibili di instabilità particolarmente gravose per complessità del fenomeno e/o diffusione areale, non risolvibili con l'uso di metodologia semplificate.

Nella Tabella 3.3/A sono riportati i comuni interessati dall'opera ed i corrispettivi studi di microzonazione sismica disponibili.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 19 di 37	Rev. 0

Tabella 3.3/A: Studi di MS disponibili nei comuni interessati dal tracciato.

Comuni	Provincia	MS1	MS2-3
Recanati	Macerata	X	-
Montecassiano		X	-
Macerata		X	X
Treia		X	X
San Severino Marche		X	X
Tolentino		X	X
Serrapetrona		X	X
Castelraimondo		X	X
Camerino		X	X
Muccia		X	X
Pievetorina		X	X
Serravalle di Chienti		X	X

Gli studi di MS, in particolare i livelli 2-3, sono generalmente circoscritti alle principali aree urbanizzate o di futura espansione. Al contrario, i tracciati generalmente scelti per questo tipo di infrastruttura si sviluppano in aree preferibilmente lontane da centri abitati.

Pertanto, al fine di valutare la possibile interferenza dell'opera in progetto con potenziali faglie attive e capaci (FAC) individuate dagli studi di microzonazione sismica, sono state esaminate le Carte delle MOPS riportate negli studi di MS di 1 livello.

Nella Tabella 3.3/B sono i risultati dell'esame delle carte MOPS disponibili negli studi di microzonazione sismica di primo livello elaborati dai comuni interessati dal tracciato in progetto.

Tabella 3.3/B: Risultati dell'analisi delle carte MOPS disponibili negli studi MS1 dei comuni interessati dall'infrastruttura in progetto.

Comuni	Presenza di FAC nelle MOPS (MS1)	Interferenze tra FAC e metanodotto in progetto
Recanati	-	-
Montecassiano	-	-
Macerata	X	-
Treia	-	-
San Severino Marche	-	-
Tolentino	-	-
Serrapetrona	-	-
Castelraimondo	-	-
Camerino	-	-
Muccia	-	-
Pievetorina	-	-
Serravalle di Chienti	-	-

In conclusione, a seguito della verifica degli studi di Microzonazione Sismica di 3° Livello disponibili per i Comuni interessati dall'opera, si evidenzia che in nessuno degli studi sono cartografate Faglie Attive Capaci (FAC) interferenti il tracciato della linea in progetto.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 20 di 37	Rev. 0

4 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DELLE FAGLIE ATTIVE E CAPACI PRESENTI LUNGO IL TRACCIATO IN PROGETTO

Dall'analisi areale del territorio interessato dall'opera e da una verifica dei dati bibliografici ufficiali disponibili sono state evidenziate due principali strutture tettoniche che potrebbero rappresentare delle Faglie Attive e Capaci (FAC) che interferiscono con il tracciato in progetto (Figura 4/A):

- Faglia "Centare", con codice 40001 (ITHACA), che interferisce con il tracciato in progetto al km 72.4;
- Faglia "Serravalle", con codice 40000 (ITHACA), che interferisce con il tracciato in progetto al km 72.6.

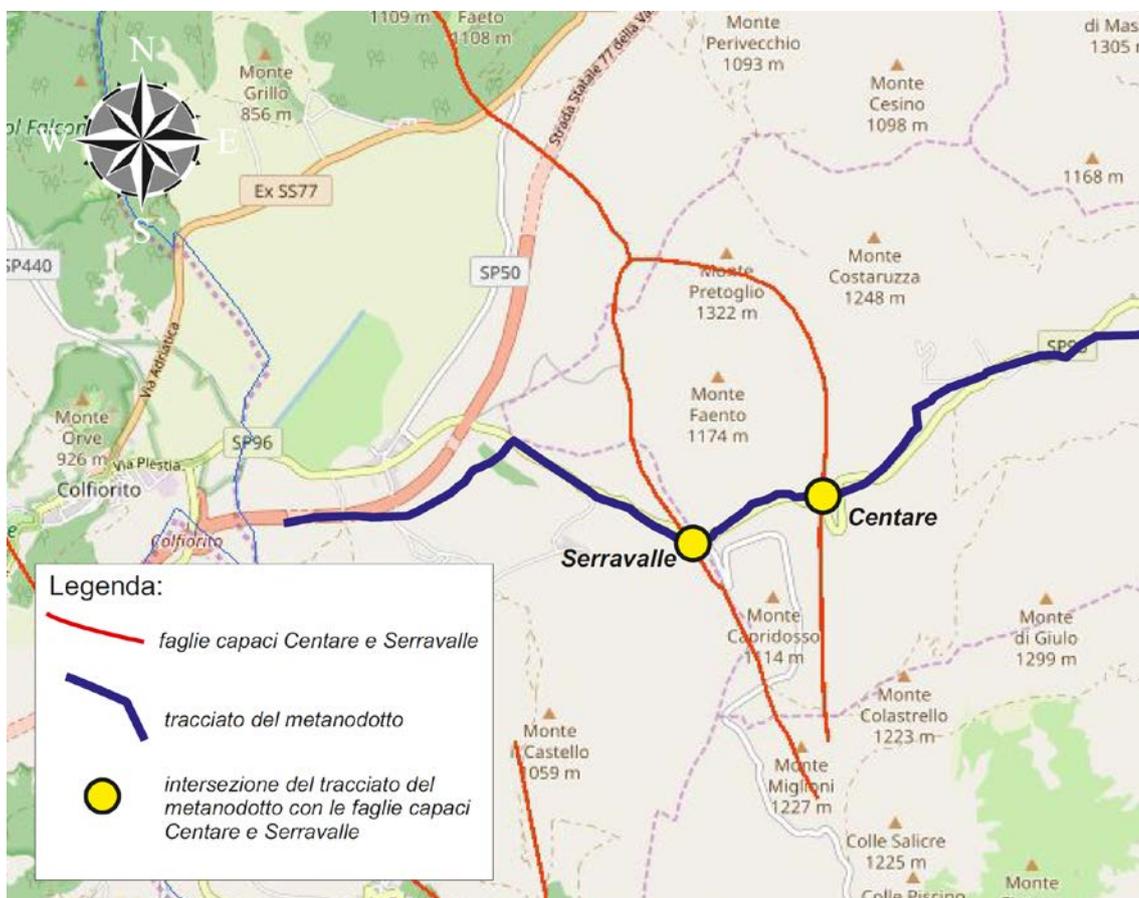


Figura 4/A: Mappa dell'area di intersezione tra le due linee di faglia riportate come faglie attive e capaci (FAC) nel catalogo ITHACA) e il tracciato del metanodotto in progetto.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 21 di 37	Rev. 0

4.1 Metodo di studio utilizzato

Queste linee tettoniche attive e capaci sono state oggetto di uno studio approfondito realizzato da un gruppo di lavoro multidisciplinare del Dipartimento di Scienze Pure ed Applicate dell'Università di Urbino (rif. ALLEGATO 1).

Questo studio è stato eseguito in accordo agli indirizzi e criteri riportati nelle linee guida per microzonazione sismica (MS) di 3° livello relativi alla caratterizzazione di FAC (CTMS 2015). Nello studio sono state inoltre considerate metodologie consolidate e riconosciute in ambito accademico internazionale per la caratterizzazione delle faglie.

In accordo alle linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) emesse dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (CTMS, 2015), le FAC possono essere classificate in due categorie in funzione della incertezza nella loro identificazione:

- **FAC_a** CERTA e DEFINITA – quando il piano di rottura principale e i fenomeni cosismici ad essa collegati sono riconosciuti con certezza, comprendendo anche le strutture tettoniche secondarie e le zone di trasferimento tra segmenti distinti della faglia stessa;
- **FAC_b** INCERTA – dove gli elementi che compongono una faglia attiva e capace e i fenomeni cosismici ad essa collegati non sono cartografabili con certezza e/o nel dettaglio, per assenza di dati o perché non possono essere identificati (zone di trasferimento, gap, erosione, coperture, ecc.).

Lo studio di microzonazione sismica di 3° livello delle FAC prevede inoltre la definizione di una zona di suscettibilità e una zona di rispetto (CTMS 2015), come segue:

La Zona di Suscettibilità (ZS_{FAC}) rappresenta l'area nella quale è localizzata la traccia del piano di rottura principale della faglia attiva e capace e altre possibili strutture tettoniche secondarie associate al piano di rottura principale e le zone di trasferimento tra segmenti distinti della faglia.

La Zona di Rispetto (ZR_{FAC}) costituisce l'area individuata intorno alla traccia del piano di rottura principale della faglia attiva e capace, identificata con certezza; la ZR_{FAC} può essere quindi tracciata esclusivamente per la FAC_a. Inoltre, l'area può essere asimmetrica rispetto alla traccia della faglia per il tetto e il letto della faglia (hanging-wall e foot-wall della faglia). La ZR_{FAC} è contenuta nella ZS_{FAC} , ma tra le due non c'è sovrapposizione.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 22 di 37	Rev. 0

Lo studio ha previsto diverse fasi, come segue:

- analisi dei dati bibliografici presenti in letteratura e cartografia esistente, finalizzata alla caratterizzazione dell'area e identificazione delle principali strutture geologiche;
- analisi dei dati bibliografici di geofisica e sismotettonica relativi alla sismicità storica e strumentale dell'area;
- analisi dei dati di *remote sensing* attraverso lo studio di aerofotogrammi anche storici (es: dati DEM, dati LIDAR, fotografie aeree oblique, etc.);
- rilevamento geologico sul terreno nelle aree di interesse nelle quali sono stati acquisiti dati litostratigrafici, tettonici, strutturali e geomorfologici;
- indagini geofisiche con profili eseguiti nelle aree di interesse;
- studio finale per integrare i dati geologici, strutturali, tettonici e geognostici definiti per le aree di interesse;
- caratterizzazione geometrica e cinematica delle faglie attive e capaci di Centare e Serravalle nel quadro sismotettonico dell'area di Colfiorito.

Durante lo studio sono stati eseguiti rilevamenti geologico-strutturali di dettaglio (scala 1:5.000), per analizzare i parametri spaziali dei piani delle strutture e delle morfostrutture ad essi associati. I risultati di queste analisi hanno consentito la definizione delle geometrie delle faglie.

A supporto dei rilevamenti, sono state realizzate anche delle indagini geofisiche (profili tomografici sismici e di resistività elettrica), che hanno contribuito alla definizione del modello geologico-strutturale locale e alla valutazione dei rigetti.

Le analisi paleosismologiche mediante trincee non sono state effettuate in quanto gli affioramenti presenti nell'area, uniti alle indagini geofisiche di tomografia sismica e di resistività elettrica, hanno permesso di ubicare con buona precisione le tracce dei potenziali piani di rottura delle faglie in superficie (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Inoltre, quest'area è stata investigata attraverso delle trincee per studiare le fratturazioni cosismiche (Pantosti et al., 2000). L'analisi dei dati acquisiti indica eventi massimi possibili per l'area con $M_{max}=6$, anche se non è stato possibile stabilire attraverso questa metodologia il tempo di ricorrenza.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 23 di 37	Rev. 0

4.2 Modello sismotettonico

L'insieme di queste analisi ha consentito la definizione di un modello 3D (Figura 4.1/A), che collega le strutture superficiali con le zone ipocentrali della sequenza sismica osservata del 1997 nell'area di Colfiorito (dati INGV).

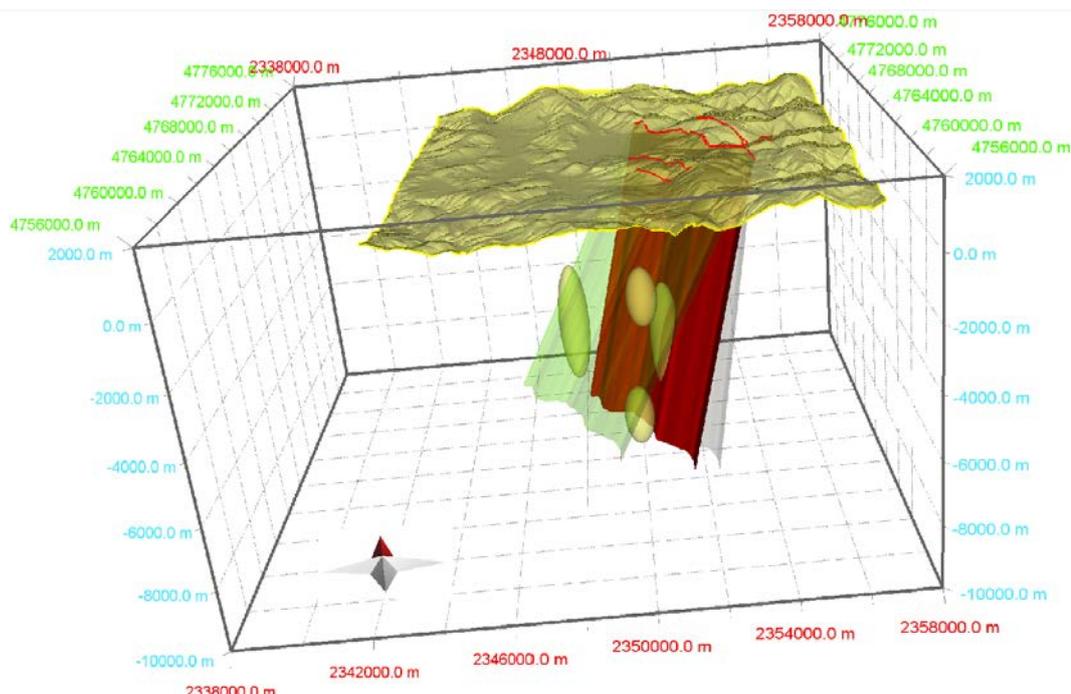


Figura 4.2/A: Modello sismotettonico 3D dei sistemi di faglie affioranti in superficie e le strutture sismogenetiche profonde attivate in occasione della sequenza sismica del 1997 (fonte dati INGV).

Il modello 3D realizzato evidenzia una buona relazione tra la distribuzione degli ipocentri dei sismi del 26/09/1997 ore 00:33 (ML5,6) e 26/09/1997 ore 09:40 (ML5,8) con il piano del sistema di faglie del M. Prefoglio - M. Capridosso a cui appartengono la faglia di Centare e quella di Serravalle.

Infatti, proiettando per 10 km in profondità il piano utilizzando i suoi parametri spaziali geometrici (immersione N250 e inclinazione 75°), esso interseca tutta la zona ipocentrale, sia delle scosse principali che degli aftershocks, anche considerando gli errori di localizzazione. Esiste anche una buona relazione tra la distribuzione degli ipocentri degli eventi del 03/10/1997 (Md 4,7) e del 06/10/1997 (ML 5,4) con il piano della faglia del sistema Costa – M. San Martino proiettato in profondità utilizzando la stessa metodologia.

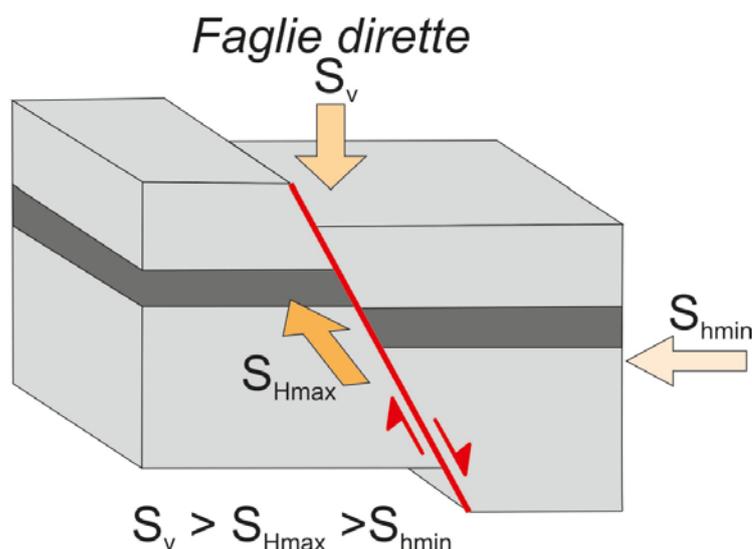
Questo modello mostra abbastanza bene la corrispondenza tra i diversi sistemi di faglie affioranti in superficie e le strutture sismogenetiche profonde. Queste appartengono a due box sismogenetiche: Colfiorito Nord e Colfiorito Sud (DISS – INGV) dello stesso sistema estensionale (Fig. 9 in Allegato).

Risulta anche ragionevole la correlazione tra le rotture cosismiche superficiali e la propagazione della faglia in superficie

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 24 di 37	Rev. 0

4.3 Caratterizzazione cinematica e dinamica delle faglie

La caratterizzazione cinematica e dinamica delle faglie è stata effettuata considerando il modello elaborato da Anderson (Anderson, 1951) che mette in relazione, per i tre principali meccanismi focali (diretto, inverso e trascorrente), il campo di stress che le ha generate rispetto alla superficie terrestre (Figura 4.3/A).



a) Modello di Anderson per una faglia diretta, con relativa orientazione degli sforzi : verticale (S_v), massimo (S_{Hmax}), intermedio S_{hinter} , minimo S_{hmin} .

Figura 4.3/A: Modello di Anderson utilizzato per la caratterizzazione cinematica e dinamica delle faglie attive e capaci.

Quindi per ogni tipologia di faglia è possibile individuare i tensori di stress (S_v , S_{Hmax} e S_{hmin}), che l'hanno generata. La determinazione dell'orientazione e dell'intensità degli stress (S_{Hmax} e S_{hmin}) può essere effettuata partendo da misure dirette eseguite su piani di faglia affioranti in superficie, interpretate poi attraverso la definizione della teoria frizionale delle faglie come indicato in Fig.10c dell'Allegato.

I parametri definiti in questo studio per ciascuna faglie attive e capaci (FAC) sono stati:

1. Lunghezza di una faglia attiva;
2. Giacitura spaziale del piano di faglia in superficie e nel sottosuolo;
3. Cinematica della faglia;
4. Tipo di movimento della faglia;
5. Spessore della zona di faglia e della zona di deformazione ad essa associata;
6. Rigetto geologico, geomorfologico e tettonico;
7. Segmentazione;
8. Velocità di deformazione e tempo di ricorrenza.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 25 di 37	Rev. 0

Lo studio ha fornito anche una analisi delle fratturazioni cosismiche osservate per queste faglie in occasione dell'ultima sequenza sismica che ha interessato l'area tra la fine del 1997 e l'inizio del 1998, che ha registrato una Magnitudo massima $M_w=6.0$ con fratture in superficie dell'ordine di pochi centimetri ($< 10\text{cm}$).

In Figura 4.3/B sono riportate le rotture cosismiche osservate in superficie indotte dai terremoti della sequenza sismica del 1997 nella zona della faglia di Serravalle (Località La Pintura).

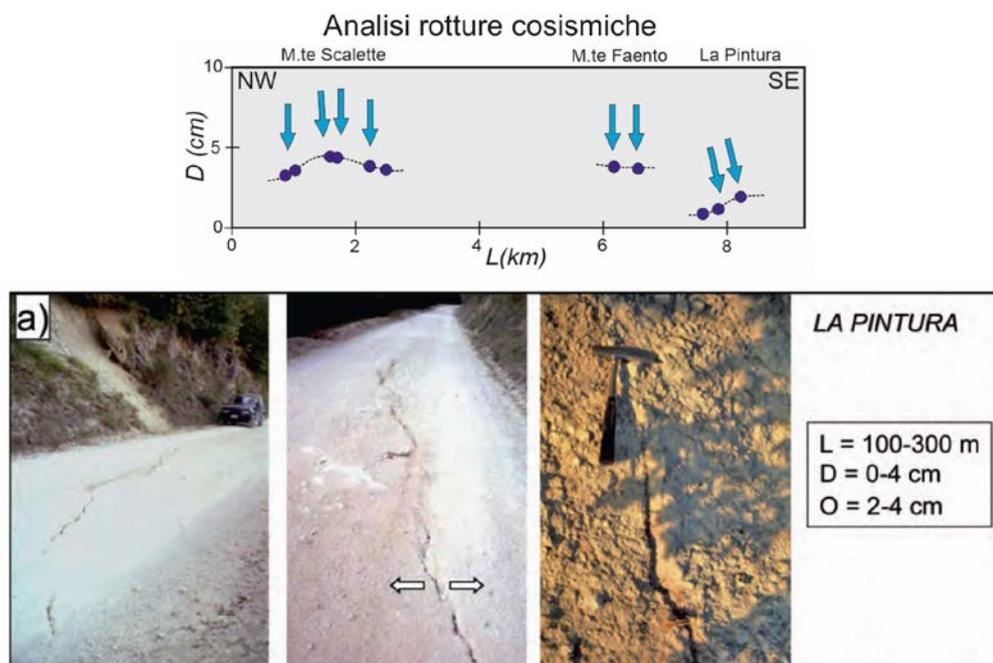


Figura 4.3/B: Rotture cosismiche in superficie osservate lungo la linea di faglia di Serravalle (Località La Pintura).

La valutazione della distribuzione areale della fratturazione superficiale indotta da faglie attivate a seguito di eventi sismici, costituisce senza dubbio un importante strumento per valutarne la loro pericolosità.

Per ciascuna delle due potenziali faglie attive e capaci interferenti con il tracciato in progetto, sono stati stimati le potenziali dislocazioni cosismiche in superficie che potrebbero essere indotte in occasione del terremoto con massima magnitudo massimo attesa.

Per ulteriori approfondimenti circa la metodologia di studio e i risultati ottenuti nello studio di pericolosità di queste faglie attive e capaci si rimanda all'ALLEGATO 1.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 26 di 37	Rev. 0

4.2 Faglia di “Centare”

La Faglia di Centare, che intercetta il metanodotto tra il KP 72+100 e KP 72+400, ha un piano che mediamente immerge a 260°N con una inclinazione di 75°.

Dal punto di vista geologico strutturale questa struttura, insieme a quella di Serravalle, fa parte del sistema di faglie dirette che si estende in direzione NW-SE, da M. Pennino scende a M. le Scalette, M. Prefoglio fino a M. Miglioni, responsabile della formazione del bacino intramontano di Colfiorito.

La faglia di Centare è un sistema secondario che taglia il versante SW del M. Prefoglio (Figura 14 in ALLEGATO 1) e ribassa il fianco sud-occidentale dell’anticlinale, con un rigetto di oltre 200 m, mettendo a contatto la Formazione delle Marne a Fucoidi con la parte stratigraficamente più bassa della Maiolica (Figura 6 in ALLEGATO 1). La lunghezza complessiva della faglia di Centare è di circa 5 km.

Sulla base del rilevamento geologico e dell’analisi strutturale, è stato possibile costruire una sezione geologica orientata circa E-W (Figura 4.2/A).

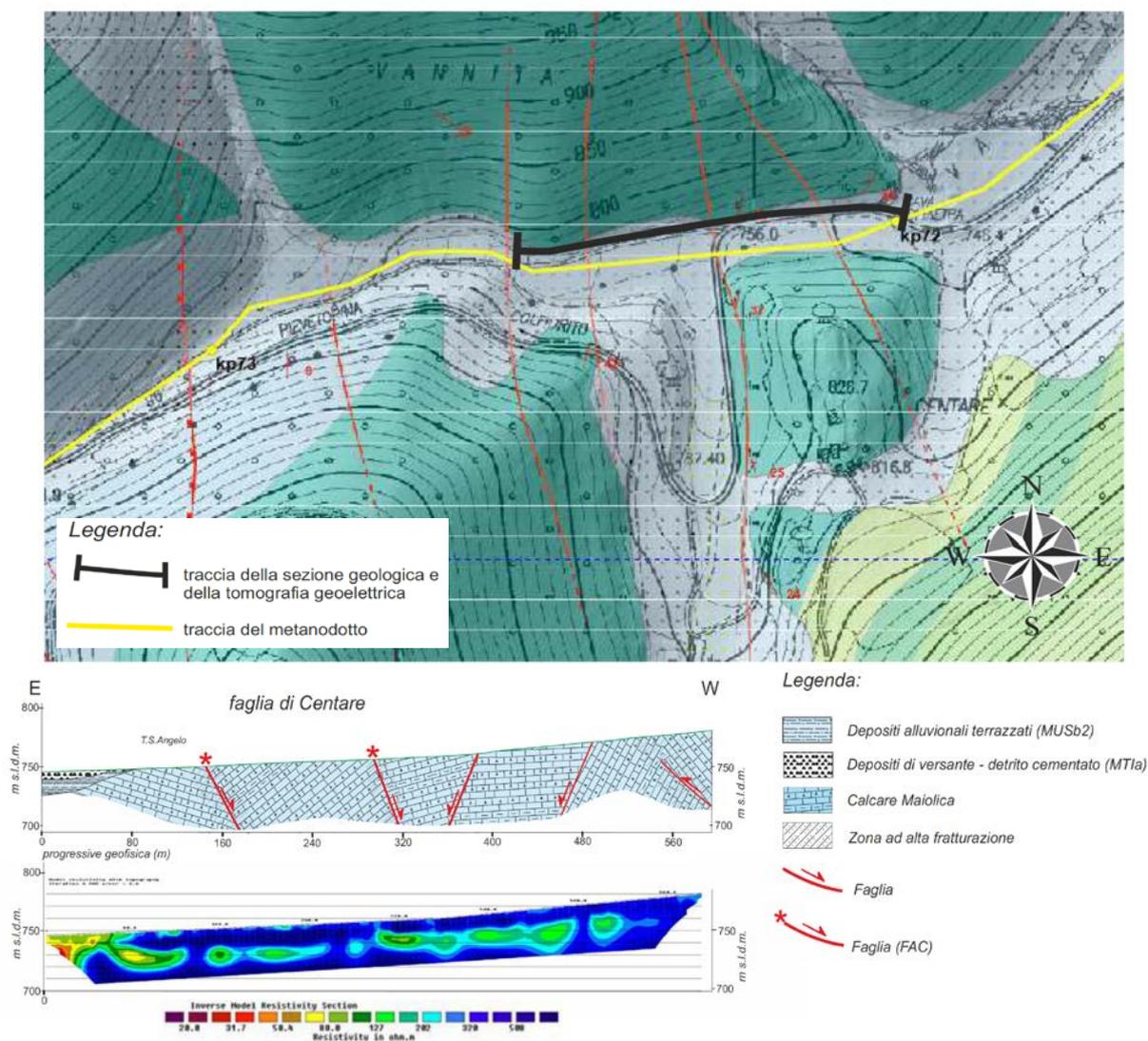


Figura 4.2/A: Mappa dell’intersezione tra la Faglia di Centare (linee rosse) e il tracciato in progetto (linea gialla). In basso sezione geologica e profilo tomografico di resistività elettrica (linea nera).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 27 di 37	Rev. 0

In questo settore affiora esclusivamente la Formazione del Calcere Maiolica con giaciture connesse con il fianco orientale dell'anticlinale NE vergente del M. Prefoglio. Nella parte più occidentale della sezione sono presenti delle strutture plicative presumibilmente connesse alla fase compressiva Neogenica, tagliate dalle faglie dirette immergenti a SW. La stratificazione tende poi a diventare meno inclinata proprio per la presenza di faglie dirette antitetiche alle due faglie che rappresentano il sistema di Centare, immergente a SW. La zona di faglia è caratterizzata da una fascia cataclastica che può raggiungere alcuni metri di spessore mentre la zona di deformazione tettonica si estende per un centinaio di metri di spessore.

Questa sezione è stata poi integrata con una tomografia elettrica (Tabella 4.2/B) che ha permesso di verificare l'andamento delle faglie nelle prime decine di metri di profondità (Fig. 4.2/A).

Tabella 4.2/B: Indagini geofisiche nell'area di studio della Faglia di Centare.

Sigla	Indagine	Lunghezza	Orientamento	Interasse sensori
PDP-1	Tomografia Geoelettrica	595 m	Longitudinale	5 m

In conclusione, per questa faglia esistono solo pochi elementi morfologici e strutturali (vedi cap.4 e sezione 4.4, del documento in ALLEGATO 1), rilevati e cartografati, che possono essere collegati con certezza all'attività cosismica di questa faglia. Per altro questi elementi non sono stati rilevati nella zona di intersezione tra le faglie e il metanodotto. Pertanto, in accordo alle linee guida CTMS 2015, la faglia di Centare può essere classificata come FAC b INCERTA.

Nell'area di intersezione con il metanodotto, la faglia presenta due piani, praticamente perpendicolari alla struttura (Figura 4.2/C) e quindi è stata individuata una zona di rispetto simmetrica (ZR_{FAC}), di forma triangolare che si estende per oltre 200 m e una zona di suscettibilità (ZS_{FAC}) che si estende per circa 250 m nel letto della faglia (zona orientale) e quasi 500 m nel tetto della faglia (zona occidentale, Figura 4.2/D).

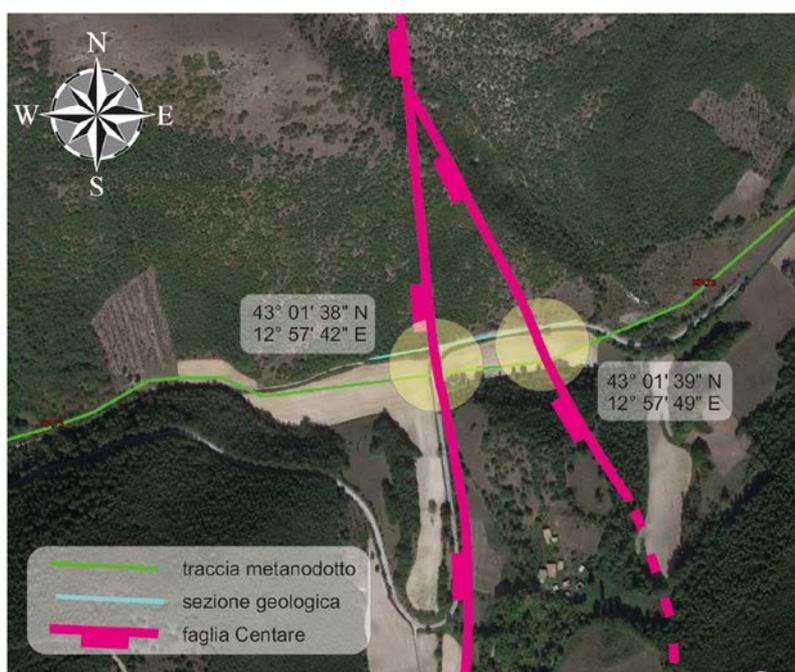


Figura 4.2/C: Definizione di dettaglio delle due zone di intersezione tra il tracciato del metanodotto in progetto e i piani della Faglia di Centare.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria		SPC. LA-E-83012
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 28 di 37	Rev. 0

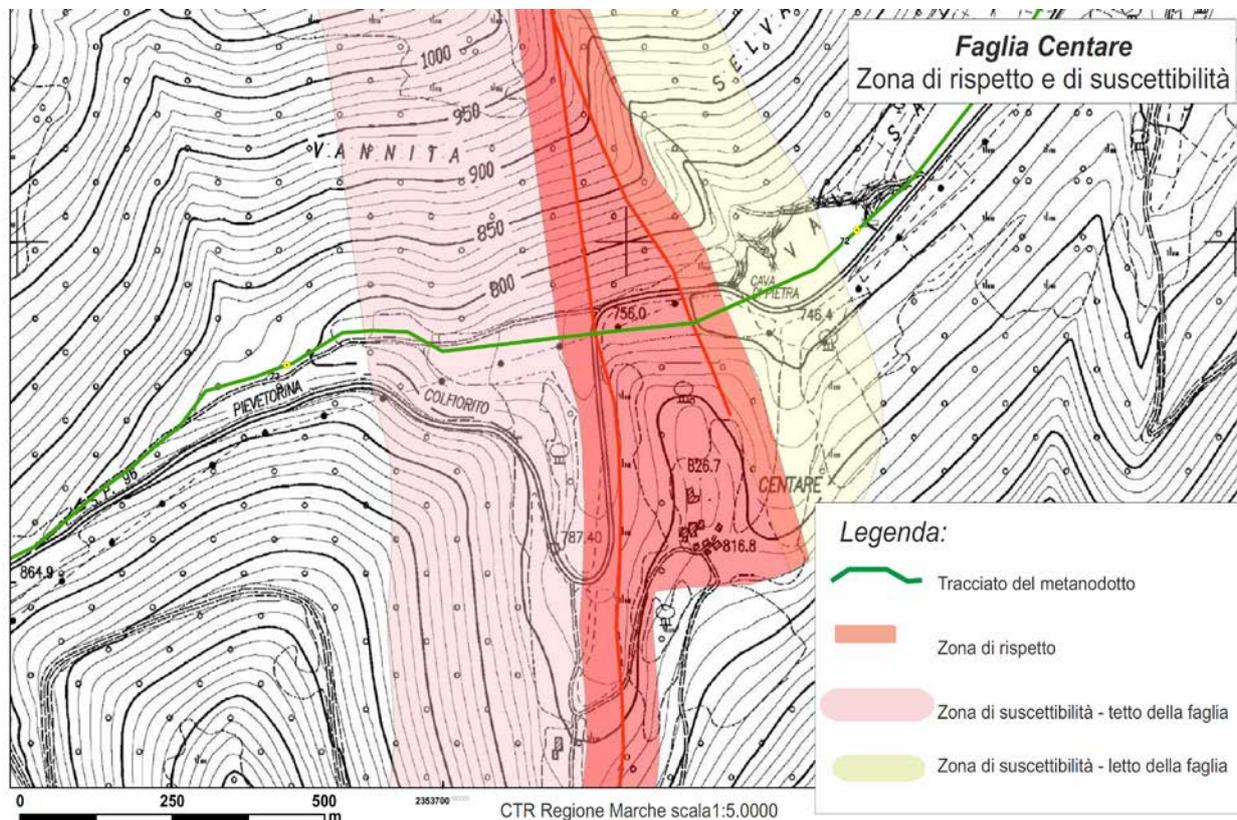


Figura 4.2/D: Definizione delle Zone di Suscettibilità (ZS_{FAC}) e di Rispetto (ZR_{FAC}) in accordo alle linee guida CTMS 2015.

Nell'attraversamento della faglia dovranno essere considerati i seguenti parametri:

Parametri geometrici – Faglia di Centare	
lunghezza della faglia	5 km
direzione del piano di faglia	170° N
immersione del piano di faglia	260°N
inclinazione del piano di faglia	75°
direzione vettore spostamento sul piano di faglia	260°N
inclinazione vettore spostamento sul piano di faglia	75°
rigetto geologico	~ 200 m
rigetto morfologico stimabile	~ 50 m
rigetto tettonico	~ 10 m
Parametri cinematici – Faglia di Centare	
tipo di movimento della faglia	diretto
tempo di ricorrenza per eventi di fagliazione superficiale	~ 300 anni
rigetto cosismico massimo atteso	0.33 m
magnitudo massima attesa	Mw = 5.7
Velocità di scivolamento medio sul piano	0.0006 m/anno

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 29 di 37	Rev. 0

4.3 Faglia di “Serravalle”

La faglia di Serravalle, che intercetta il metanodotto tra il KP 73+700 e KP 74+200, ha un piano che mediamente immerge a 220°N con una inclinazione di 65°. Questa faglia insieme a quella di Centare appartiene al sistema di faglie dirette che si estendono dal M. Pennino a nord, per poi attraversare il M. le Scalette, M. Prefoglio fino a sud al M. Miglioni, con direzione circa NW-SE (Figura 22 dell’ALLEGATO 1).

Nel dettaglio, questa faglia diretta ha un andamento articolato con tratti alternati tra la direzione NW-SE e quella circa N-S. Entrambe queste direzioni, nell’area studiata, hanno una espressione morfostrutturale molto ben marcata ed evidente (Fig. 23, Fig. 24 dell’ALLEGATO 1), che si sviluppa su di una lunghezza complessiva di oltre 6 km.

Sulla base dei rilevamenti geologici e strutturali di superficie è stata costruita una sezione geologica orientata circa NW-SE (Figura 4.3/A). Questa sezione è parallela al tracciato del metanodotto tra KP73+600 a KP 75.

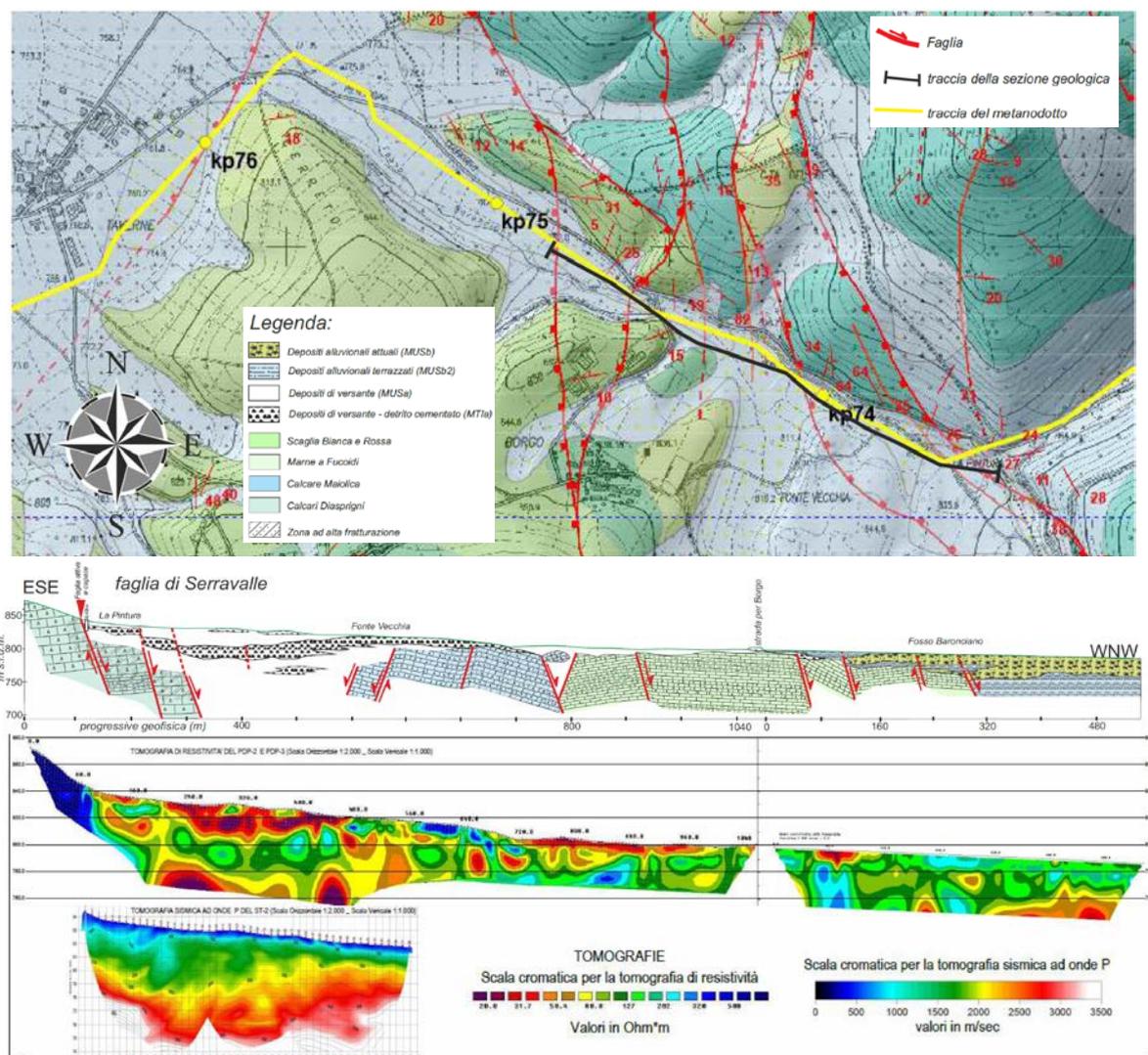


Figura 4.3/A: Mappa con l’intersezione tra la Faglia di Serravalle (linea rossa) e il tracciato in progetto (linea gialla). In basso la sezione geologica e i profili di indagine geofisica.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 30 di 37	Rev. 0

La sezione parte dal versante settentrionale del M. Capridosso in località La Pintura, dove affiora la parte stratigraficamente più alta dei Calcari Diasprigni, con strati poco inclinati, per poi proseguire nel fondovalle dove sono presenti depositi di versante e quelli alluvionali lungo il Fosso Baronciano (Figura 4.3/A e Figura 39 in ALLEGATO 1).

La sezione intercetta numerose faglie dirette immergenti a WSW ed in particolare nella parte più orientale la faglia di Serravalle che, nel dettaglio, risulta essere un sistema composto da almeno tre superfici di scivolamento che tagliano anche il detrito di versante cementato. I tre gradini di faglia, hanno ciascuno un rigetto di alcune decine di metri, mentre il più basso raggiunge presumibilmente un centinaio di metri.

La tomografia di resistività elettrica e di sismica con onde P, eseguita lungo questa sezione (Tabella 4.3/B) identifica in maniera abbastanza precisa la geometria della faglia di Serravalle e permette di raccordare nel sottosuolo le strutture che si osservano negli affioramenti sui versanti.

Tabella 4.3/B: Indagini geofisiche realizzate nell'area di studio della Faglia di Serravalle (Località La Pintura).

Sigla	Indagine	Lunghezza	Orientamento	Interasse sensori
ST-2	Tomografia Sismica rifrazione (onde P)	480 m	Longitudinale	10 m
PDP-2	Tomografia Geoelettrica	1060 m	Longitudinale	5 m
PDP-3	Tomografia Geoelettrica	535 m	Longitudinale	5 m

Per questa faglia il piano di rottura principale e i fenomeni cosismici ad esso associati (in occasione della sequenza sismica del 1997), sono stati riconosciuti con certezza, e cartografati in dettaglio (vedi cap.4 e sezione 4.5.del documento in ALLEGATO 1).

In alcuni affioramenti di questo piano di faglia, in località la Pintura, durante gli eventi sismici del 1997, sono state osservate delle rotture cosismiche aventi una lunghezza di alcuni metri e spostamenti fino a 0.4 m sia orizzontali che verticali (Figura 4.1/B).

Inoltre, nello studio sono state analizzate in dettaglio anche le strutture tettoniche secondarie e le zone di trasferimento tra segmenti distinti della faglia stessa. Questi elementi sono stati considerati anche nella definizione della Zona di Rispetto (ZR_{FAC}) nell'intersezione della faglia con il tracciato del metanodotto.

Pertanto, in accordo alle linee guida CTMS 2015, la faglia di Serravalle può essere classificata come FAC a - CERTA E DEFINITA.

L'intersezione tra la faglia e il metanodotto presenta un angolo acuto di circa 60° ad est che tende a diminuire verso ovest al tetto della faglia (Figura 4.3/B).

La zona di rispetto (ZR_{FAC}) si estende per oltre 100 m, è leggermente ampliata verso il tetto della faglia in quanto il metanodotto si sviluppa quasi parallelamente alla struttura, mentre quella di suscettibilità (ZS_{FAC}) si estende per circa 250m nel letto della faglia zona (zona orientale) e oltre 500m nel tetto della faglia (zona occidentale) (Figura 4.3/C).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 31 di 37	Rev. 0

Nell'attraversamento della faglia dovranno essere considerati i seguenti parametri:

Parametri geometrici – Faglia di Serravalle	
lunghezza della faglia	6 km
direzione del piano di faglia	130° N
immersione del piano di faglia	220°N
inclinazione del piano di faglia	65°
direzione vettore spostamento sul piano di faglia	227°N
inclinazione vettore spostamento sul piano di faglia	63°
rigetto geologico	~ 400 m
rigetto morfologico stimabile	~ 100 m
rigetto tettonico	~ 13 m
Parametri cinematici – Faglia di Centare	
tipo di movimento della faglia	Diretto con modesta comp. DX
tempo di ricorrenza per eventi di fagliazione superficiale	~ 300 anni
rigetto cosismico massimo atteso	0.33 m
magnitudo massima attesa	Mw = 5.7
velocità di scivolamento medio sul piano	0.00086 m/anno

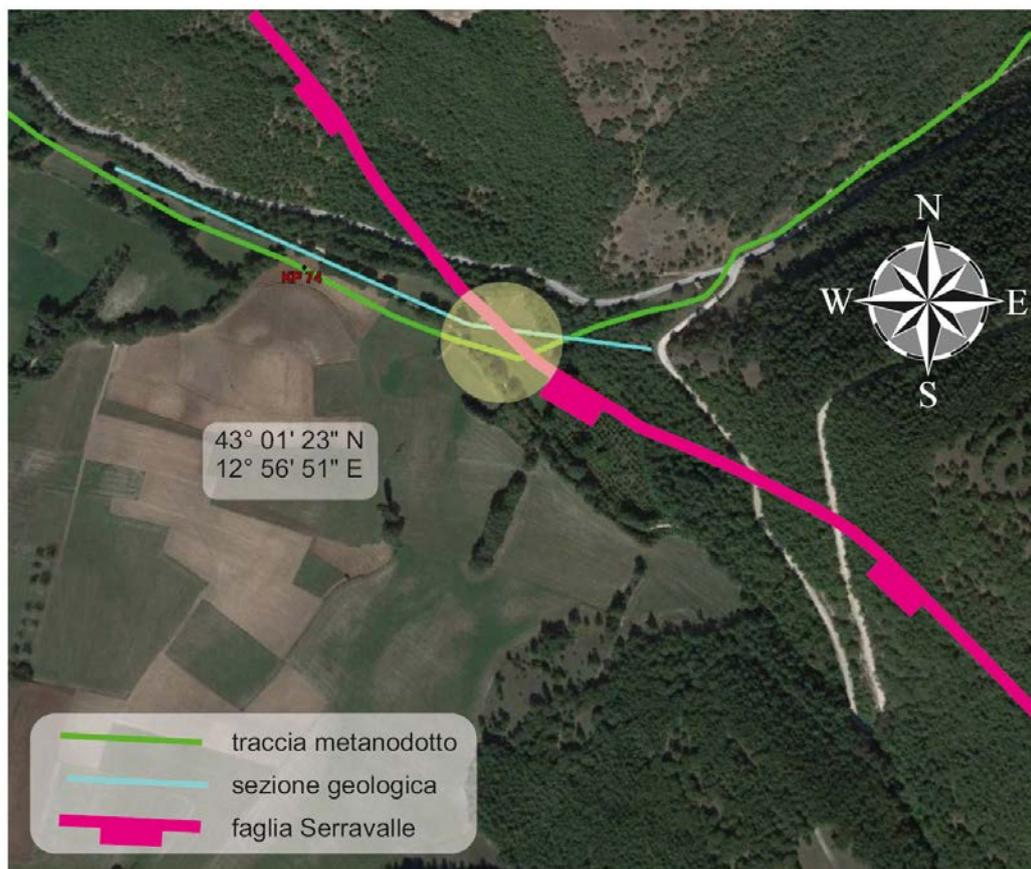


Figura 4.3/B: Definizione di dettaglio della zona di intersezione tra il tracciato del metanodotto in progetto e il piano della Faglia di Serravalle.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 32 di 37	Rev. 0

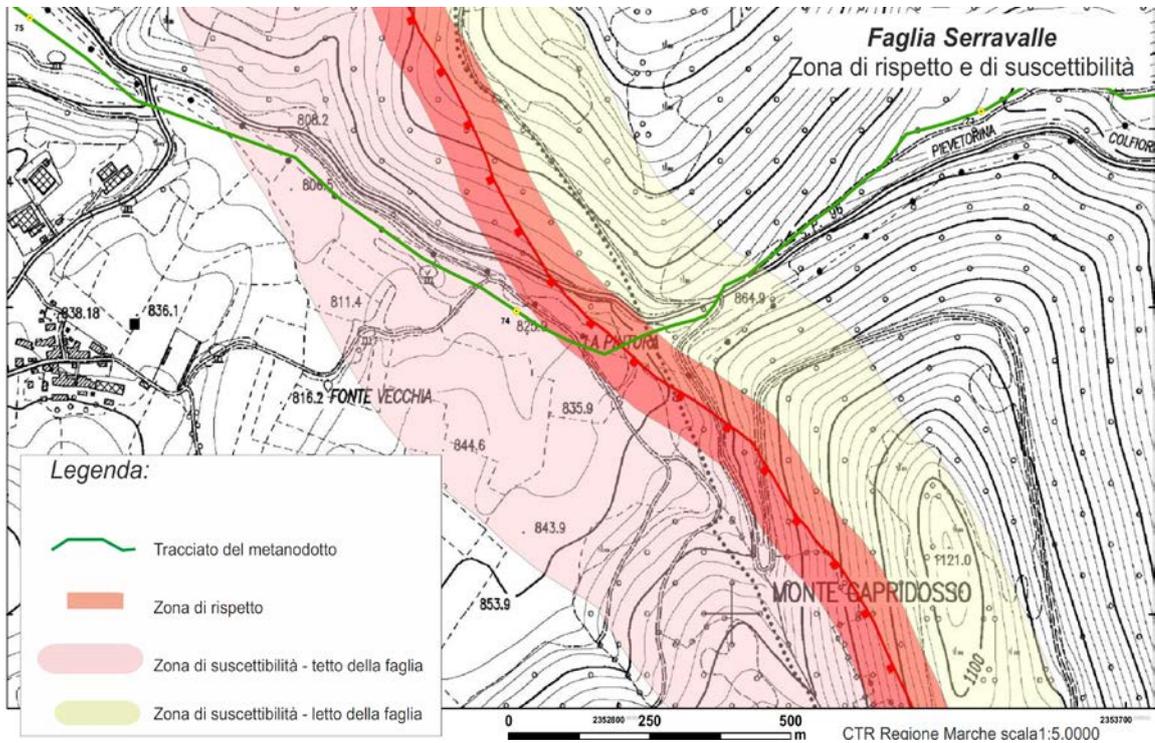


Figura 4.3/C: Definizione delle Zone di Suscettibilità (ZS_{FAC}) e di Rispetto (ZR_{FAC}) in accordo alle linee guida CTMS 2015.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 33 di 37	Rev. 0

4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La valutazione del potenziale rischio per la condotta in progetto associato ad interferenze con faglie attive e capaci, ossia linee tettoniche in grado di manifestare una deformazione permanente in superficie in occasione di eventi sismici, si basa in prima analisi sulla definizione del livello di pericolosità del fenomeno: individuazione di eventuali interferenze lungo il tracciato con faglie attive e capaci e loro caratterizzazione geometrica e cinematica.

In questo studio una analisi preliminare della pericolosità (hazard) è stata eseguita verificando: i cataloghi ufficiali (DISS; ITHACA); gli studi di microzonazione sismica effettuati dai comuni interessati dal tracciato in progetto; i dati disponibili in letteratura scientifica e quelli rilevati mediante sopralluoghi nelle zone di interesse.

Nei cataloghi ufficiali (DISS; ITHACA) sono state individuate alcune presunte faglie attive e capaci che interferiscono con il tracciato in progetto, mentre negli studi di microzonazione sismica redatti dai comuni interessati dall'opera non risultano faglie attive e capaci.

In Tabella 4/A sono descritti risultati delle verifiche nei cataloghi consultati.

Tabella 4/A: Sintesi delle interferenze tra il tracciato in progetto e le sorgenti sismogenetiche individuali e le faglie attive e capaci individuate, rispettivamente, nei cataloghi ufficiali DISS e ITHACA.

Codice	Fonte	Progressiva	Magnitudo max (Mw)	Profondità min (km)	Profondità max (km)	Evidenze superficiali
Rif. Met. Recanati-Foligno (Fraz. Colfiorito) DN 650 (26''), DP 75 bar						
Linea principale in progetto						
ITI S049	DISS	Km 45	5.8	14	16.1	ND
ITI S018		Km 69	5.7	4	7.8	ND
43300	ITHACA	Km 3	5.9	-	-	ND
43800		Km 5	-	-	-	ND
40001		Km 72.4	-	-	-	Evidenze Geomorfologiche
40000		Km 73.7	-	-	-	Evidenze Geomorfologiche

Le sorgenti sismogenetiche identificate nel catalogo DISS che interferiscono con il tracciato sono strutture tettoniche individuali (faglie attive) che sulla base di dati geologici e sismologici regionali sono considerate potenzialmente attive, ossia hanno generato almeno un evento sismico negli ultimi 40.000 anni (Pleistocene-Olocene).

Tuttavia, è da evidenziare che il processo di dislocazione che si sviluppa lungo il piano di una faglia attiva in occasione di un evento sismico, non necessariamente raggiunge la superficie topografica e si manifesta con effetti quali rotture o fagliazione del terreno negli strati più superficiali (deformazioni permanenti cosismiche).

In particolare, in corrispondenza degli attraversamenti delle zone sismogenetiche riportate nel DISS (cod. ITI S049 e cod. ITI S018) e delle prime due faglie catalogate in ITHACA (faglia n. 43300 e faglia n. 43800), l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche e geologiche delle aree non evidenzia elementi che suggeriscono la presenza di lineamenti tettonici attivi o recenti.

Inoltre, le osservazioni svolte in occasione di sopralluoghi nelle zone di interferenza non hanno riportato indizi di fagliazione superficiale, deformazioni o alterazioni delle forme o dei profili.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 34 di 37	Rev. 0

Nel catalogo ITHACA, per le prime due faglie attive e capaci (FAC) intersecate dal tracciato in progetto non sono ufficialmente segnalate evidenze superficiali. Pertanto, si ritiene che questi lineamenti cartografati nei cataloghi come zone sismogenetiche individuali e come faglie attive e capaci possano essere interpretati come strutture tettoniche attive a livello regionale (considerando le lunghezze riportate), con geometrie profonde non chiaramente riscontrabili in superficie.

In conclusione, **non si ritiene per queste aree che l'intersezione con le linee tettoniche riportate nei cataloghi possano costituire un elemento di rischio per l'opera in termini di deformazioni permanenti cosismiche.**

Le faglie riportate nel catalogo ITHACA (Cod. 40001 "Faglia Centare" e Cod. 40000 "Faglia Serravalle") che interferiscono con il tracciato in progetto rispettivamente, al km 72.4 circa e al km 73.7 circa, appartenenti al sistema di faglie attive normali di Colfiorito presentano evidenze di recente attivazione.

Questo sistema di faglie ha mostrato indizi di riattivazione nel corso della sequenza sismica del 1997-98. I rilievi eseguiti in zona hanno potuto constatare evidenze di dislocazioni superficiali dell'ordine di pochi centimetri (mediamente inferiori ai 10cm).

Sebbene, possibili spostamenti differenziali di tale entità non costituiscano un elemento di rischio per le opere in progetto, queste due faglie attive e capaci (FAC) sono state oggetto di uno studio di approfondimento, per definirne in dettaglio le caratteristiche e le potenziali deformazioni cosismiche massime attese in superficie in caso di evento sismico.

Lo studio è stato realizzato da un gruppo di lavoro multidisciplinare del Dipartimento di Scienze Pure ed Applicate dell'Università di Urbino (rif. ALLEGATO 1), ed è stato eseguito in accordo agli indirizzi e criteri riportati nelle linee guida per microzonazione sismica (MS) di 3° livello relativi alla caratterizzazione di FAC (CTMS 20015). Nello studio sono state inoltre considerate metodologie consolidate e riconosciute in ambito accademico internazionale per la caratterizzazione delle faglie attive e capaci.

Sono stati eseguiti rilevamenti geologico-strutturali di dettaglio (scala 1:5.000), per analizzare i parametri spaziali dei piani delle strutture e delle morfostrutture ad essi associati. I risultati di queste analisi hanno consentito la definizione delle geometrie delle faglie.

A supporto dei rilevamenti, sono state realizzate anche delle indagini geofisiche (profili tomografici sismici e di resistività elettrica), che hanno contribuito alla definizione del modello geologico-strutturale locale e alla valutazione dei rigetti.

In Tabella 4/B e 4/C sono riportati in sintesi i risultati dello studio di approfondimento sull'attraversamento della faglia di "Centare" e della faglia di "Serravalle".

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 35 di 37	Rev. 0

Tabella 4/B: Sintesi dei parametri geometrici, cinematici della Faglia di “Centare”.

FAGLIA DI CENTARE	
<i>Parametri geometrici della faglia</i>	
lunghezza della faglia	5 km
direzione del piano di faglia	170° N
immersione del piano di faglia	260°N
inclinazione del piano di faglia	75°
direzione vettore spostamento sul piano di faglia	260°N
inclinazione vettore spostamento sul piano di faglia	75°
rigetto geologico	~ 200 m
rigetto morfologico stimabile	~ 50 m
rigetto tettonico	~ 10 m
<i>Parametri cinematici della faglia</i>	
cinematica della faglia	Diretta
tempo di ricorrenza per eventi di fagliazione superficiale	~ 300 anni
rigetto cosismico massimo atteso	0.33 m
magnitudo massima attesa	$M_w = 5.7$
Velocità di scivolamento medio sul piano	0.0006 m/anno
<i>Parametri geometrici dell'attraversamento</i>	
Angolo interferenza faglia-condotta	~80°
<i>Parametri FAC (CTMS 2015)</i>	
Classificazione FAC	FAC_b_INCERTA
Zona di Rispetto (ZR_{FAC})	~200m
Zona di Suscettibilità (ZS_{FAC}) - Blocco di letto (<i>footwall</i>)	~250m
Zona di Suscettibilità (ZS_{FAC}) - Blocco di tetto (<i>hangingwall</i>)	~500m

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 36 di 37	Rev. 0

Tabella 4/C: Sintesi dei parametri geometrici, cinematici della Faglia di “Serravalle”.

FAGLIA DI SERRAVALLE	
Parametri geometrici della faglia	
lunghezza della faglia	6 km
direzione del piano di faglia	130° N
immersione del piano di faglia	220°N
inclinazione del piano di faglia	65°
direzione vettore spostamento sul piano di faglia	227°N
inclinazione vettore spostamento sul piano di faglia	63°
rigetto geologico	~ 400 m
rigetto morfologico stimabile	~ 100 m
rigetto tettonico	~ 13 m
Parametri cinematici della faglia	
cinematica della faglia	Diretta con modesta comp. DX
tempo di ricorrenza per eventi di fagliazione superficiale	~ 300 anni
rigetto cosismico massimo atteso	0.33 m
magnitudo massima attesa	$M_w = 5.7$
Velocità di scivolamento medio sul piano	0.00086 m/anno
Parametri geometrici dell'attraversamento	
Angolo interferenza faglia-condotta	~60°
Parametri FAC (CTMS 2015)	
Classificazione FAC	FAC_a CERTA e DEFINITA
Zona di Rispetto (ZR_{FAC}) - Blocco di letto (<i>footwall</i>)	~70m
Zona di Rispetto (ZR_{FAC}) - Blocco di tetto (<i>hangingwall</i>)	~130m
Zona di Suscettibilità (ZS_{FAC}) - Blocco di letto (<i>footwall</i>)	~250m
Zona di Suscettibilità (ZS_{FAC}) - Blocco di tetto (<i>hangingwall</i>)	~500m

In base ai risultati dello studio, **la massima dislocazione attesa in superficie sulla linea di faglia in prossimità dall'attraversamento della linea in progetto è di circa 0,33m per ciascuna delle due faglie attive e capaci individuate.**

Sebbene la faglia di Centare risulti una FAC di tipo “incerto”, ossia è in dubbio la possibilità che in caso di riattivazione della linea tettonica, l'eventuale dislocazione del piano di faglia possa raggiungere la superficie e manifestarsi sotto forma di rotture o piccole scarpate (deformazioni permanenti cosismiche).

I valori ottenuti da questo studio, relativi alle possibili dislocazioni massime attese in superficie per le aree di intersezione di queste FAC con la linea in progetto, saranno utili per definire in dettaglio le misure di mitigazione da considerare in fase di progettazione esecutiva dell'opera. L'adozione di consolidati criteri progettuali e costruttivi (es: miglioramento delle caratteristiche meccaniche della condotta, speciale configurazione della trincea, ottimizzazione della geometria dell'attraversamento, etc.), consentirà di mitigare i potenziali rischi degli attraversamenti, in modo da garantire la piena sicurezza dell'infrastruttura rispetto all'interferenza con i suddetti lineamenti tettonici.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023087
	LOCALITÀ Regione Marche e Regione Umbria	SPC. LA-E-83012	
WBS CLIENTE NR/19136	PROGETTO Rif. Met. Recanati – Foligno (fraz. Colfiorito)	Fg. 37 di 37	Rev. 0

5 BIBLIOGRAFIA

DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

Fortunato C., Martino S., Prestininzi A., Romeo R.W., coauthors Fantini A., Sanandrea P. (2012). New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures (CEDIT). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, DOI: 10.4408/IJEGE.2012-02.O-05

Hanks, T. C., and H. Kanamori (1979). A moment magnitude scale, Journal of Geophysical Research, 84, 5, 2348 - 2350

ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults). Sito web: <http://sgi1.isprambiente.it/ArcGIS/services/servizi/ithaca/mapserver/WMSServer?>

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).

Meletti C. Valensise G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9, *App. 2 al Rapporto Conclusivo*: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).