

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 1 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse

Paratia di pali trivellati (V48 – V49)

Relazione geologica e sismica

1	Aggiornamento AU 327 per Prescrizioni VIA	Onori	Olivi	Mattei	Gen. 2025
0	Emissione per Autorizzazione Unica	Onori	Olivi	Mattei	Lug. 2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Generalità	3
1.2	Scopo del documento	4
1.3	Documentazione di Riferimento	5
2	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	6
2.1	Lineamenti litologico – strutturali	6
2.2	Lineamenti geomorfologici	8
2.3	Lineamenti idrogeologici	10
2.4	Rappresentazione cartografica delle componenti geologiche	11
2.5	Interferenze con il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico	13
3	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA	14
3.1	Generalità	14
3.2	Campagna geognostica	14
4	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	16
4.1	Caratteristiche geotecniche	16
4.2	Stratigrafia di progetto	17
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	18
5.1	Pericolosità sismica di base	18
5.2	Risposta sismica locale	21

ALLEGATI:

- Allegato 1: Indagini geognostiche
- Allegato 2: Analisi di laboratorio

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 25		Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

1 PREMESSA

1.1 Generalità

La presente relazione, redatta su incarico di Snam SpA, fornisce le principali indicazioni sui caratteri geologici, geomorfologici e sismici dell'area dove è prevista la realizzazione di una paratia di pali trivellati che ha lo scopo di garantire la stabilità della zona di intervento e la sicurezza della condotta nell'ambito del progetto "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse".

L'area sulla quale ricade l'impianto in progetto, è ubicata nel Comune di Campofranco (CL), circa 2 km a SO del capoluogo comunale, lungo un versante mediamente acclive, in sponda destra del Torrente Gallo d'Oro.

In base alla Cartografia Tecnica Regionale, ricade nella Sezione 630090 "Milena" e, altimetricamente, si trova ad una quota di circa 167 m s.l.m (Figura 1.1).

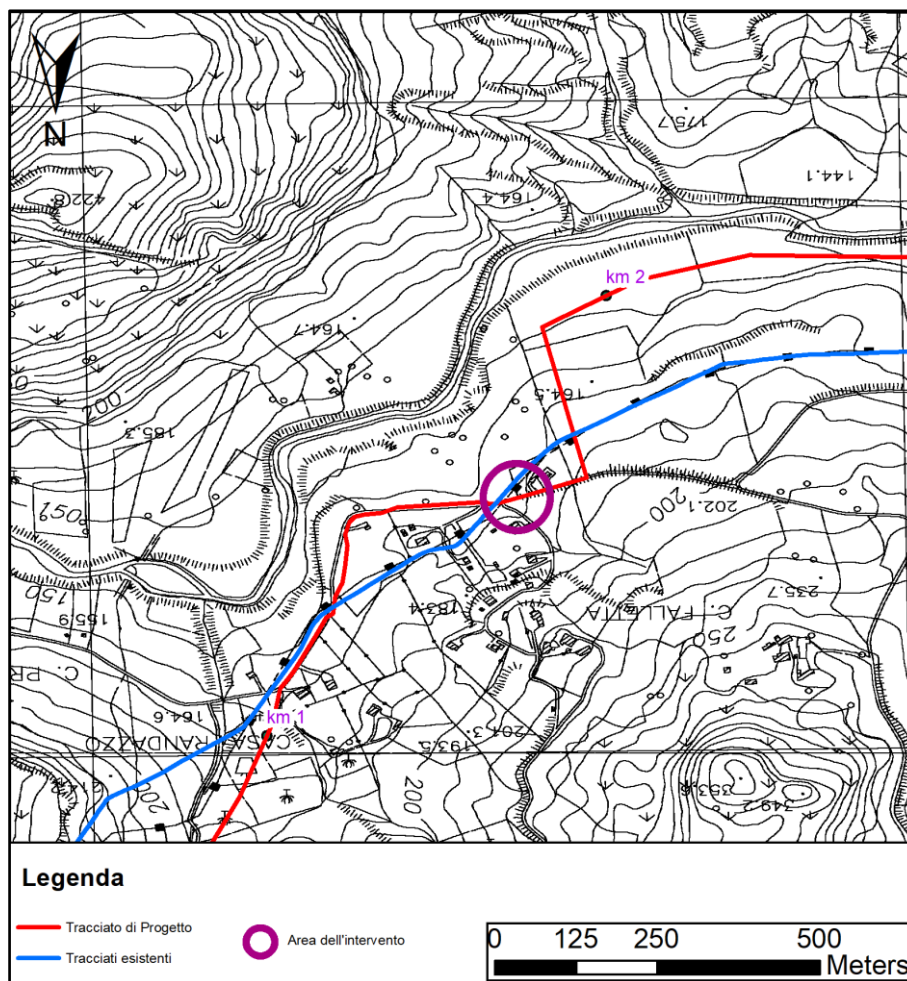


Figura 1.1: Planimetria dell'area dell'intervento, scala 1:10000
(CTR Sicilia Sezione 630090 "Milena")

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

1.2 Scopo del documento

Per assicurare alla condotta un'adeguata sicurezza d'esercizio, è stato progettato un intervento finalizzato a salvaguardare le aree di passaggio, isolandole dalle potenziali criticità circostanti. Tali criticità riguardano soprattutto aspetti morfologici e geomorfologici.

Ai fini della definizione esecutiva degli interventi, si sono svolte specifiche indagini, costituite da rilievi topografici di dettaglio, rilievi geologici e indagini geognostiche, i cui risultati hanno permesso di definire le problematiche esistenti e le relative soluzioni progettuali.

Dal punto di vista della stabilità dei terreni, in generale, nelle fasi d'individuazione del tracciato di un metanodotto, sono perseguiti sostanzialmente due obiettivi: la ricerca di aree stabili dal punto di vista dei movimenti gravitativi e la posa dell'infrastruttura sulle linee di massima pendenza dei versanti.

Per motivazioni che prescindono dal problema d'interesse, può accadere di essere obbligati a posare il metanodotto in corrispondenza di versanti in "mezza costa" o in adiacenza a versanti molto acclivi. A titolo esemplificativo, si consideri il caso della posa del metanodotto in percorrenza sulla sommità di crinali che, "di fatto", manifestano buone condizioni di equilibrio (spesso costituiti da litologie lapidee), anche con accentuate pendenze dei due versanti laterali dove non può escludersi che si possano innescare fenomeni franosi localizzati, a seguito di modifiche delle condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche al contorno; modifiche peraltro non direttamente riferibili alla collocazione del metanodotto, le cui modalità di esecuzione tendono al ripristino delle condizioni originarie, anche nella configurazione conseguente al rimaneggiamento superficiale dei terreni, per le operazioni di scavo e di collocazione della condotta.

Tali configurazioni non corrispondono quindi a condizioni di stabilità intrinsecamente problematiche; tuttavia, ai fini della sicurezza dell'infrastruttura di trasporto, è ritenuto indispensabile garantire il massimo livello di sicurezza nei confronti di eventuali sollecitazioni trasversali alla condotta. Tali sollecitazioni possono essere causate da un'instabilità del terreno di copertura laterale alla condotta a causa di:

- soliflussi che possono verificarsi per effetto dell'alterazione più superficiale dei terreni per effetto della variabilità delle condizioni meteoriche;
- alterazione degli strati di terreno più superficiali come effetto indiretto dei lavori di posa del metanodotto;
- processi erosivi non previsti;
- movimenti di scivolamento di strato nel caso di formazioni lapidee stratificate.

Si tratta quindi di garantire la stabilità del terreno nell'intorno della condotta posata, qualora si verificassero le eccezionali condizioni sopra elencate, per mezzo di un manufatto che, nelle ordinarie condizioni di esercizio non assolve ad alcuna funzione statica e che, a lavori ultimati, risulterà completamente interrato.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

1.3 Documentazione di Riferimento

REL-SIA-E-03010	Studio di impatto ambientale. Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse.
REL-CGD-E-03021	Relazione Geologica. Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse.
REL-GEO-E-03022	Relazione Geotecnica. Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse.
REL-SIS-E-03023	Analisi areale di stabilità dei pendii. Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse.
REL-SIS-E-03024	Caratterizzazione della sismicità e Verifica allo scuotimento sismico. Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 6 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Il tracciato del "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12")", DP 24 bar e opere connesse" in progetto si sviluppa per circa 35,055 km, in direzione N-S, da Campofranco a Porto Empedocle.

Il territorio interessato dalla realizzazione del metanodotto ricade nelle province di Caltanissetta e Agrigento ed è compreso nei Fogli della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100000, nei Fogli n. 267 "Canicattì" e n. 271 "Agrigento".

La caratterizzazione geologica è stata elaborata attingendo alle informazioni presenti nella cartografia indicata e utilizzando anche ulteriori elementi conoscitivi derivati da rilevamenti geologici inediti e integrati con i dati raccolti attraverso le campagne geognostiche condotte per il metanodotto in progetto.

Sono inoltre state utilizzate le Tavolette dell'Ente delle Miniere degli anni '50-'60, che hanno costituito la base dei Fogli in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia.

Relativamente all'analisi della pericolosità e del rischio connessi con la dinamica dei versanti e con la dinamica fluviale è stato tenuto conto dei documenti cartografici e della relazione generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana e della cartografia presente nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI).

2.1 Lineamenti litologico – strutturali

L'area di studio, localizzata tra la parte meridionale della Catena Appenninico–Maghrebide e la parte occidentale del Promontorio Ibleo, appartiene al Bacino di Caltanissetta. L'evoluzione dinamico–strutturale di questo bacino è stata schematizzata, dal 1960 (Ogniben, 1960, 1969) fino ai primi modelli strutturali per l'area italiana (C.N.R., 1975), considerandolo come una associazione di sedimenti post-orogeni formati in seguito alla fase parossistica del Miocene, responsabile della formazione della catena di thrust dell'area mediterranea. In seguito, nel 1980 (Catalano e D'Argenio, 1982; C.N.R., 1983; Bianchi et al., 1989; Ben Avraham et al., 1990; Lentini et al., 1990, 1996; Butler et al., 1992, 1995; Catalano et al., 1993, 1996; Lickorish et al., 1999), come avevano suggerito precedentemente Beneo (1958), Rocco (1959), Roda (1967a), l'orogenesi siciliana è stata considerata persistente fino al Quaternario (Falda di Gela), sebbene con una minore intensità rispetto alle fasi precedenti, caratterizzate da movimenti compressivi–traslativi e rotazioni sincrone (Catalano et al., 1977; Grasso et al., 1987).

Pertanto, l'avanfossa tra la Catena Appenninico–Maghrebide e l'avampese Ibleo, varia nel tempo e nello spazio all'avanzare del fronte della catena, portando alla formazione di differenti unità strutturali paleogeografiche ("Bacini Satelliti"), considerate anche come bacini di "piggy-back" (Catalano et al., 1993; Vitale, 1996; Lentini et al., 1991), nell'intervallo compreso tra il Miocene inferiore e il Quaternario. Sembrerebbe che questo avanzamento non si sia verificato con continuità, ma attraverso numerosi eventi, che hanno causato una graduale riduzione del bacino di avanfossa.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Eg. 7 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Durante il Miocene superiore l'avanfossa si restringe, assumendo un andamento NE-SO, e migra ulteriormente verso l'avampaese Ibleo Pelagiano (Nigro & Renda, 2000).

Tra il Tortoniano sup. ed il Messiniano inf. i settori più interni della catena accolgono la deposizione di successioni nei bacini satelliti in estensione (Formazione Terravecchia - unità litostratigrafica, introdotta da Schmidt Di Friedberg, 1965, ed istituita dallo stesso Autore sulla base di quanto descritto da Flores, 1959), che riflettono processi di collasso della catena (Giunta et al., 1999b).

Lungo il margine interno dell'avanfossa progradano conoidi costituite da facies conglomeratiche e pelitico - sabbiose che lasciano posto, nei settori assiali ed esterni, a depositi pelagici (Formazione Licata) (Nigro e Renda, 2000).

Il successivo restringimento dell'avanfossa coincide, nel Messiniano superiore, con la deposizione delle evaporiti che, nei settori intramontani in estensione dell'orogene (Giunta et al., 1999b), sono prevalentemente rappresentati da facies torbiditiche (Nigro e Renda, 2000).

A partire dal Pliocene superiore (Catalano & D'Argenio, 1982), il Bacino di Caltanissetta è stato interessato da rapidi processi di subsidenza come suggerito dalle analisi biostratigrafiche dei relativi depositi clastico-carbonatici (Di Stefano et al., 1993).

Tra il Pliocene ed il Pleistocene l'avanfossa si riduce ulteriormente, anche attraverso rotazioni della catena (Oldow et al., 1990) accogliendo la deposizione dei Trubi e delle sovrastanti successioni in parte torbiditiche (Formazione Marnoso - Arenacea del Belice) (Nigro e Renda, 2000).

In questo intervallo si ha la massima estensione areale dei settori della catena; la sedimentazione avviene principalmente in ristrette aree (Bacino di Caltanissetta), sul dorso delle unità tettoniche della Falda di Gela.

L'avanfossa pleistocenica raggiunge in questo periodo la sua minima estensione areale sia a terra che nei settori sommersi antistanti il Golfo di Gela (Argnani, 1987).

L'assetto geologico-strutturale dell'area è tipico della Sicilia centro-meridionale, caratterizzato dagli affioramenti di età terziaria e quaternaria in cui prevalgono i termini evaporitici ricoperti dalle unità terrigene post-evaporitiche, distribuite secondo un sistema prevalente di pieghe con assi orientati in direzione NO-SE. I litotipi più antichi sono rappresentati dai terreni argillosi pre-evaporitici e si rinvencono spesso al nucleo delle principali anticlinali, mentre i terreni post-evaporitici pliocenici occupano i nuclei delle sinclinali.

Nell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto affiorano, oltre a localizzati nuclei delle Argille varicolori inferiori, le formazioni appartenenti al Bacino di Caltanissetta, dalla Formazione Terravecchia alla Formazione Agrigento, quest'ultima definita per indicare i depositi calcarenitici che sormontano le argille della Formazione Monte Narbone.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

2.2 Lineamenti geomorfologici

L'assetto geomorfologico dell'area in studio è estremamente vario ed è influenzato dalle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti e dal loro assetto geologico-strutturale. Il paesaggio è modellato principalmente per erosione selettiva in corrispondenza degli affioramenti terrigeni argillosi (Formazione Terravecchia), degli affioramenti litoidi della Serie evaporitica (Calcari e Gessi), delle calcareniti pleistoceniche (Formazione Agrigento) e dei calcari marnosi (Trubi).

L'assetto orografico, nel complesso, è caratterizzato da blande forme collinari con valli ampie su cui emergono rilievi rocciosi generalmente a forma allungata o creste isolate, che raggiungono un'altezza massima di circa 500 m s.l.m.. Le morfologie più aspre e accidentate si impostano sulle litologie calcaree e gessose, sovente interessate da fenomeni carsici con forme tipiche come solchi e scannellature (karren).

La porzione settentrionale del rifacimento si sviluppa nel Bacino del Fiume Platani dove l'assetto morfologico varia decisamente spostandosi dal settore più settentrionale verso la zona di foce. In particolare, il progetto interessa il settore centrale del bacino, che presenta un assetto di tipo collinare condizionato dalle diverse caratteristiche di erodibilità delle litologie in affioramento: in corrispondenza degli ammassi rocciosi lapidei si sviluppano morfologie più aspre, con scarpate sub-verticali e versanti molto acclivi; mentre, laddove affiorano i termini argillo-marnosi, le morfologie diventano via via più blande e particolarmente incise dal reticolo idrografico minore.

In questa porzione centrale del bacino, nelle zone di confluenza degli affluenti principali (Fiume Gallo d'Oro, Vallone di Aragona) all'interno dell'alveo del Fiume Platani, si sviluppano estese piane alluvionali di fondovalle in cui i corsi d'acqua assumono un andamento prevalentemente meandriforme; condizioni morfologiche di questo tipo sono individuate ad esempio in corrispondenza della prima parte del tracciato, tra Campofranco e Aragona.

Procedendo verso sud il tracciato interessa il bacino idrografico del Fiume San Leone che ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare con estesi affioramenti argillosi dai quali emergono aspri rilievi rocciosi prevalentemente di natura gessosa e calcarea. In linea generale, nella porzione nord-occidentale e nord-orientale del bacino idrografico affiorano i principali rilievi costituiti dalle unità litoidi dei termini della serie evaporitica messiniana, mentre nel settore centrale, non interessato dal progetto, emergono i rilievi di natura prevalentemente calcarenitica, sui quali sorge la città di Agrigento e il Parco Archeologico della "Valle dei Templi".

Procedendo verso Porto Empedocle l'area compresa tra i bacini Fosso delle Canne e Fiume San Leone ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare contraddistinto in massima parte dagli affioramenti lapidei prevalentemente gessosi della serie evaporitica.

Le differenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni e l'azione degli agenti esogeni in relazione alla stabilità dei versanti determinano il modellamento del territorio.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 9 di 25 Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

In particolare, sulle litologie argillose a comportamento plastico si sviluppano rilievi collinari poco acclivi in cui la rete idrografica risulta notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

Le aree di affioramento delle formazioni costituenti il complesso di copertura, invece, presentano forme pianeggianti variamente terrazzate, o blande forme collinari tipiche dei terreni argilloso-sabbiosi. Localmente sono presenti anche strutture erosive (anche in forma di calanchi) che contrastano morfologicamente con i frequenti blandi versanti argillosi. Questi ultimi si raccordano tramite cospicui corpi eluvio-colluviali con i piatti fondovalle tutti caratterizzati da abbondanti depositi alluvionali. L'assetto geomorfologico dell'area in studio è estremamente vario ed è influenzato dalle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti e dal loro assetto geologico-strutturale. Il paesaggio è modellato principalmente per erosione selettiva in corrispondenza degli affioramenti terrigeni argillosi (Formazione Terravecchia), degli affioramenti litoidi della Serie evaporitica (Calcarei e Gessi), delle calcareniti pleistoceniche (Formazione Agrigento) e dei calcari marnosi (Trubi).

L'assetto orografico, nel complesso, è caratterizzato da blande forme collinari con valli ampie su cui emergono rilievi rocciosi generalmente a forma allungata o creste isolate, che raggiungono un'altezza massima di circa 500 m s.l.m.. Le morfologie più aspre e accidentate si impostano sulle litologie calcaree e gessose, sovente interessate da fenomeni carsici con forme tipiche come solchi e scannellature (karren).

La porzione settentrionale del rifacimento si sviluppa nel Bacino del Fiume Platani dove l'assetto morfologico varia decisamente spostandosi dal settore più settentrionale verso la zona di foce. In particolare, il progetto interessa il settore centrale del bacino, che presenta un assetto di tipo collinare condizionato dalle diverse caratteristiche di erodibilità delle litologie in affioramento: in corrispondenza degli ammassi rocciosi lapidei si sviluppano morfologie più aspre, con scarpate sub-verticali e versanti molto acclivi; mentre, laddove affiorano i termini argillo-marnosi, le morfologie diventano via via più blande e particolarmente incise dal reticolo idrografico minore.

In questa porzione centrale del bacino, nelle zone di confluenza degli affluenti principali (Fiume Gallo d'Oro, Vallone di Aragona) all'interno dell'alveo del Fiume Platani, si sviluppano estese piane alluvionali di fondovalle in cui i corsi d'acqua assumono un andamento prevalentemente meandriforme; condizioni morfologiche di questo tipo sono individuate ad esempio in corrispondenza della prima parte del tracciato, tra Campofranco e Aragona.

Procedendo verso sud il tracciato interessa il bacino idrografico del Fiume San Leone che ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare con estesi affioramenti argillosi dai quali emergono aspri rilievi rocciosi prevalentemente di natura gessosa e calcarea. In linea generale, nella porzione nord-occidentale e nord-orientale del bacino idrografico affiorano i principali rilievi costituiti dalle unità litoidi dei termini della serie evaporitica messiniana, mentre nel settore centrale, non interessato dal progetto, emergono i rilievi di natura prevalentemente calcarenitica, sui quali sorge la città di Agrigento e il Parco Archeologico della "Valle dei Templi".

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 10 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Procedendo verso Porto Empedocle l'area compresa tra i bacini Fosso delle Canne e Fiume San Leone ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare contraddistinto in massima parte dagli affioramenti lapidei prevalentemente gessosi della serie evaporitica.

Le differenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni e l'azione degli agenti esogeni in relazione alla stabilità dei versanti determinano il modellamento del territorio.

In particolare, sulle litologie argillose a comportamento plastico si sviluppano rilievi collinari poco acclivi in cui la rete idrografica risulta notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

Le aree di affioramento delle formazioni costituenti il complesso di copertura, invece, presentano forme pianeggianti variamente terrazzate, o blande forme collinari tipiche dei terreni argilloso-sabbiosi. Localmente sono presenti anche strutture erosive (anche in forma di calanchi) che contrastano morfologicamente con i frequenti blandi versanti argillosi. Questi ultimi si raccordano tramite cospicui corpi eluvio-colluviali con i piatti fondovalle tutti caratterizzati da abbondanti depositi alluvionali.

2.3 Lineamenti idrogeologici

Nelle aree coinvolte dal tracciato in progetto gli acquiferi sono rappresentati principalmente dal Complesso alluvionale e costiero e dal Complesso sabbioso, entrambi con alta permeabilità primaria per porosità.

L'acquifero del Complesso litoide gessoso, calcareo e calcarenitico presenta un'alta permeabilità secondaria prevalentemente per fratturazione e locale permeabilità primaria per porosità nel caso di lenti sabbiose o grado di cementazione debole dei grani. In tale acquifero è possibile la presenza di una modesta falda idrica sospesa su alcuni rilievi collinari, non interessati dalle opere di progetto.

All'interno del bacino idrografico del Fiume Platani il tracciato attraversa inizialmente depositi pelitico argillosi a bassa permeabilità, interessati da una copertura detritica eluviale, colluviale ed alluvionale, eterogenea e discontinua e prosegue poi sui depositi alluvionali della Valle del Platani a permeabilità alta, posti a copertura di un substrato pelitico argilloso impermeabile. La circolazione idrica all'interno delle alluvioni è stata rilevata su diversi punti d'acqua, mostrando valori di soggiacenza variabili tra 2.0m ÷ 11,0m.

Diversamente dove la condotta attraversa in prevalenza depositi pelitico argillosi con permeabilità per porosità bassa, la circolazione idrica risulta sempre poco significativa e localizzata nei livelli corticali alterati tra 0.00÷3.00m.

Procedendo verso sud, nel territorio comunale di Aragona, il tracciato in rifacimento si sviluppa all'interno del complesso argilloso a bassa permeabilità, dove non sono stati censiti punti d'acqua e prosegue attraverso il complesso marnoso rappresentato dalle Formazioni Trubi e Tripoli e, per un breve tratto, sul calcare di base afferente al complesso lapideo.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

La circolazione idrica all'interno dei complessi sopra descritti si presenta discontinua ed eterogenea; in particolare all'interno del complesso argilloso non sono stati rilevati punti d'acqua per cui si ipotizza, per omogeneità con le aree limitrofe, una circolazione idrica solo nei livelli corticali alterati, con soggiacenza compresa tra 0.00÷3.0m. Diversamente all'interno del complesso marnoso e litoide, la soggiacenza è variabile tra 6,9 m ÷ 21,8.

Superato lo spartiacque primario di Monte San Marco, il tracciato del metanodotto si sviluppa attraverso le diatomiti della Formazione Tripoli e le argille della Formazione Terravecchia, interessate dalla presenza di una estesa copertura detritica e successivamente continua a svilupparsi su un substrato geologico rappresentato dalle argille marnose della Formazione Licata (complesso argilloso a bassa permeabilità) anch'esso ricoperto da depositi alluvionali recenti a alta permeabilità. Qui la circolazione idrica sotterranea è limitata agli strati superficiali alterati, come verificato nei punti d'acqua rilevati, i quali mostrano valori di soggiacenza della falda compresa tra 0.00÷3.60 m. Nelle alluvioni di Vallone Monte Famoso è presente una falda idrica con bassi valori di soggiacenza compresa tra 2.0÷2.2 m.

All'interno del bacino idrografico del Vallone Monte Famoso e del Vallone San Lorenzo, domina ancora il substrato argilloso-marnoso della Formazione Licata e solo nella parte terminale affiora il membro pelitico argilloso della Formazione Terravecchia, formazioni sormontate da spessori variabili di depositi alluvionali recenti ad alta permeabilità, dove la soggiacenza della falda è compresa tra 0.00÷3.30 m.

Dallo spartiacque di Monte Mavaro, il tracciato del metanodotto prosegue attraverso le formazioni della serie gessoso solfifera, i Trubi e le argille marnose plioceniche; le formazioni risultano però ricoperte da coltri detritiche spesse alcuni metri. La circolazione idrica su questo tratto è localizzata all'interno delle coperture detritiche e negli spessori superficiali alterati delle formazioni argillose e marnose; queste ultime, pur appartenendo al complesso argilloso poco permeabile, permettono comunque una apprezzabile circolazione idrica negli spessori superficiali alterati, con valori di soggiacenza variabili tra 0.00÷5.5 m.

Superato il Vallone Salsetto e fino alla fine del tracciato, vengono attraversati affioramenti di argille siltoso-micacee e gessi stratificati della Formazione di Pasquasia e i Trubi, entrambi a media permeabilità, ricoperti, lungo gran parte del tracciato, da depositi fluviali del Vallone di Giro.

In quest'ultimo tratto, si segnala la presenza di falde sub affioranti, con la probabilità di riscontro delle acque sotterranee a profondità inferiori al 1 metro dal p.c., specialmente nella zona prossime all'alveo del Vallone di Giro.

2.4 Rappresentazione cartografica delle componenti geologiche

La carta geologica è stata redatta distinguendo le varie unità essenzialmente per il loro aspetto litologico-geotecnico rispetto alle caratteristiche stratigrafiche e strutturali (Figura 2.1).

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 25		Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

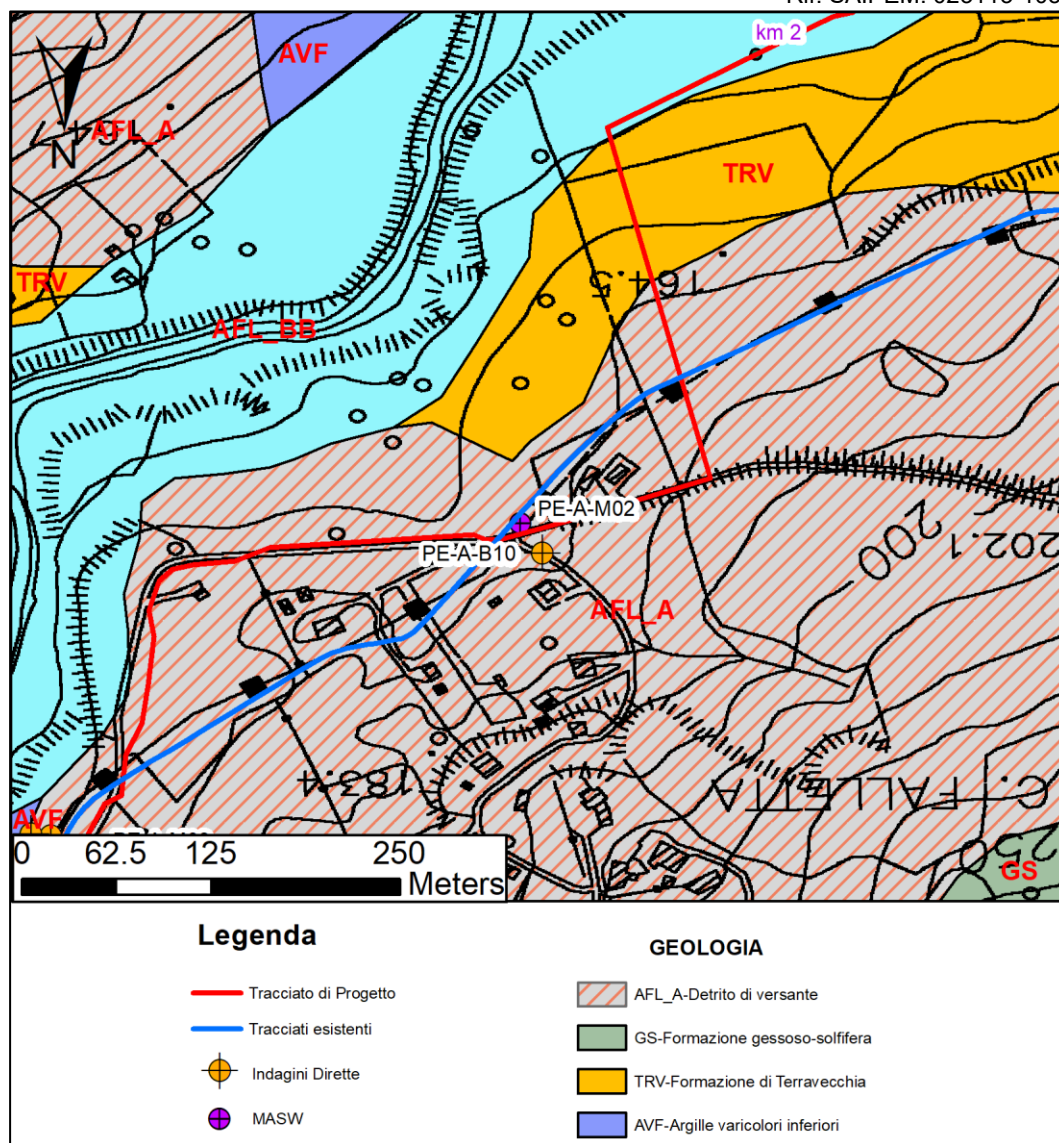


Figura 2.1: Carta geologica della zona di intervento, scala 1:5000

DEPOSITI SUPERFICIALI

AFL_A: Detrito di versante e depositi eluvio-colluviali. Comprende: deposito di versante massivo o stratificato, caratterizzato da clasti angolosi o sub-angolosi eterometrici, con contenuto variabile di matrice sabbiosa o limosa; depositi eluviali e colluviali costituiti da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbiosa, rappresentati da coperture detritiche dovute ad alterazione "in situ" delle rocce affioranti o da depositi mobilizzati dalla gravità e da processi di ruscellamento. Lo spessore può raggiungere i 10 metri.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

FORMAZIONI DI BASE

GS: Gruppo della Gessoso-Solfifera. Con tale denominazione sono state raggruppate la Formazione di Pasquasia e la Formazione di Cattolica.

La Formazione di Pasquasia è costituita: da argille siltoso-micacee, gessi straterellati, a grossi cristalli e saccaroidi, con intercalazioni argilloso-marnose; da gessoruditi, gessi microcristallini laminati e gessi massivi in grossi cristalli geminati e marne, in strati e banchi fino a 3 m, separati da sottili giunti pelitici, alternati a gessoclastiti, con spessore fino a 100 m e di ambiente evaporitico con risedimenti clastici (GPQ); da argille gessose ricche di frustoli carboniosi. La Formazione di Cattolica è costituita da: Membro Calcare di Base, composto da calcari cristallini grigio-giallastri, calcari dolomitici e dolomie vacuolari o brecciati, stratificati in banchi fino a 2 m, separati da giunti pelitici medio-sottili con livelli sottili di calcilutiti grigie laminate, con spessore di 20-50 m e ambiente evaporitico; Membro selenitico, composto da gessi selenitici stratificati in banchi di 1-3 m di spessore, alternati a laminiti gessose, con spessore di 30-100 m.

TRV Formazione di Terravecchia. Sabbie, argille, argille sabbiose da giallastre a grigie e marne grigie, con molluschi (in frammenti), ostracodi, foraminiferi bentonici e planctonici della biozona a Globorotalia suterae; con spessore di 100 m.

La formazione comprende anche: membro sabbioso costituito da sabbie ed arenarie da giallastre a grigie, con stratificazione incrociata, con frequenti intercalazioni pelitiche e sottili livelli conglomeratici con spessore di 50-250 m; membro pelitico costituito da marne e marne argillose con tenori variabili di sabbie prevalentemente quarzose (spessore fino a 450 m) contenenti foraminiferi planctonici; argille brecciate di colore bruno inglobanti olistoliti eterometrici e poligenici di quarzareniti numidiche e lembi di argille varicolori, con spessore difficilmente valutabile per caoticità, ma che raggiunge talora una potenza di circa 200 m.

AVF: Argille varicolori inferiori. Argille e argille marnose grigie e nerastre finemente laminate, con sottili intercalazioni di calcari marnosi bianchi o grigio scuro in strati da molto sottili a medi, e rare intercalazioni di quarzareniti fini grigio-verdastre e di brecciole calcaree. Spessore fino a 50 m. Contiene Olistoliti di dimensione da 2 a 10 m di calcari a rudiste e di calcari a macroforaminiferi eocenici.

2.5 Interferenze con il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Le aree d'intervento in esame sono incluse all'interno del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Sicilia, la quale ha provveduto alla caratterizzazione dell'assetto idrogeologico e alla redazione dei relativi elaborati cartografici.

Le verifiche eseguite hanno permesso di verificare che l'intervento in oggetto non presenta interferenze con aree di versante in dissesto per fenomeni gravitativi.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 14 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

3.1 Generalità

La caratterizzazione geomorfologica del sito in esame, così come la definizione dell'assetto litologico e stratigrafico, si basa sui risultati di indagini topografiche, eseguite attraverso metodologie da remoto con approfondimenti e verifiche dirette, survey geologiche e indagini geognostiche.

Per quanto riguarda l'assetto morfologico, i siti sono stati oggetto di rilievi topografici di dettaglio, eseguiti mediante la realizzazione di un volo e l'utilizzo di un dispositivo laser (LIDAR) che permette l'acquisizione di 2 punti per metro quadro.

Il LIDAR (Light Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento "attivo" per l'esecuzione di rilievi topografici di alta risoluzione. Il rilievo viene effettuato con un mezzo aereo sul quale è installato un laser-scanner composto da un trasmettitore (essenzialmente un laser operante nell'infrarosso vicino), da un ricevitore (costituito da un rilevatore ottico) e da un sistema di acquisizione dati. La peculiarità del sistema è l'altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad una elevata risoluzione. I sistemi Lidar sono dotati di piattaforma inerziale e GPS in grado di calcolare, con estrema precisione, la traiettoria dell'aeromobile durante il volo e da questo, determinare le coordinate dei punti colpiti sul terreno con estrema precisione. Analizzando la forma del segnale riflesso, ed in particolare la presenza di riflessioni multiple, il sistema è in grado di valutare la presenza di vegetazione (non eccessivamente densa) e di penetrarla. In abbinamento viene montata una camera metrica digitale per l'acquisizione in contemporanea di foto aeree che verranno successivamente elaborate per ottenere le ortofoto digitali. Le acquisizioni sono state integrate attraverso misure topografiche con metodologie tradizionali.

Inoltre, l'area in esame è stata oggetto anche di un'indagine topografica in tradizionale, che ha consentito l'elaborazione di un piano quotato di dettaglio e la verifica di tutti gli elementi topograficamente significativi presenti e necessari per la corretta definizione dell'opera in progetto.

Le N.T.C. (cfr paragrafo 6.2.1) prevedono che la caratterizzazione e la modellazione geologica dei siti oggetto di studio, comprenda la definizione degli aspetti litologici, stratigrafici, strutturali, idrologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. Le situazioni morfologiche e geomorfologiche esaminate sono costituite, nella maggioranza dei casi, da tratti di crinale in condizioni di equilibrio stabile ma ai margini dei quali, potenzialmente, si potrebbero innescare fenomeni franosi localizzati.

3.2 Campagna geognostica

Durante la campagna geognostica è stato eseguito 1 sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di quattro campioni indisturbati (Sondaggio PE-A-B10) e una indagine MASW (PE-A-M02). I campioni prelevati sono stati inviati al laboratorio per la verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Le indagini svolte e le analisi di laboratorio sono allegate alla presente relazione (Allegato 1 e 2). Inoltre, si sono eseguiti specifici sopralluoghi che, assieme alle indagini geognostiche, hanno consentito di caratterizzare le formazioni geologiche dal punto di vista litologico e

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 15 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

stratigrafico. Tale caratterizzazione è stata avvalorata dalla raccolta dei dati presenti in letteratura geotecnica.

Di conseguenza, i dati utilizzati possono essere considerati appropriati alla definizione del “modello” geologico di riferimento

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 16 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

4 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento è ubicata in una zona di versante che si sviluppa in direzione NO-SE per una lunghezza di circa 750 metri, con pendenze variabile che tuttavia, in prossimità della zona d'intervento, rimangono mediamente inferiori ai 10 gradi.

L'intero versante è privo di vegetazione arborea e arbustiva ed è percorso da un corso d'acqua effimero che funge da linea di drenaggio per le acque meteoriche e che scorre al limite dell'area di intervento ed è attraversato dalla condotta in progetto in prossimità del vertice V46.

L'intervento è motivato dalla posizione della condotta rispetto al versante (tratto a mezzacosta) ed è necessario per garantire la fruibilità della strada che conduce ad alcune abitazioni e la messa in sicurezza della condotta in progetto, nei confronti di possibili e localizzati fenomeni di dissesto che potrebbero verificarsi a seguito di modifiche delle condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche al contorno.

4.1 Caratteristiche geotecniche

Nell'area affiorano estesamente i litotipi argilloso-sabbiosi e argilloso-marnosi, riferibili alla Formazione di Terravecchia. Le indagini eseguite mostrano che la Formazione è sovrastata da una coltre eluvio colluviale costituita da litologie limoso argillose debolmente sabbiose, che si estende fino alla profondità di circa 8 metri.

La colonna stratigrafica rappresentativa dell'area interessata dall'intervento è caratterizzata dai seguenti parametri:

Terreno 1 (Materiale di riporto e terreno agrario), fino alla profondità di 1,4 metri dal piano campagna

- peso di volume naturale γ = 17-20 kN/m³
- angolo di resistenza al taglio Φ' = 20-25°
- coesione intercetta C' = 0-5 kPa
- coesione non drenata C_u = 50-100 kPa

Terreno 2 (Limo argilloso, debolmente sabbioso), fino a 8 metri dal p.c.

- peso di volume naturale γ = 20 kN/m³
- angolo di resistenza al taglio Φ' = 23-27°
- coesione intercetta C' = 12-15 kPa
- coesione non drenata C_u = 100-150 kPa

Terreno 3 (Argilla marnosa, debolmente sabbiosa), da 8 dal p.c.

- peso di volume naturale γ = 20-21 kN/m³
- angolo di resistenza al taglio Φ' = 22-26°
- coesione intercetta C' = 20-40 kPa
- coesione non drenata C_u = 200-300 kPa

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Le condizioni geomorfologiche dell'area d'intervento (zona di versante) e le caratteristiche di permeabilità dei terreni consentono di escludere la presenza di una superficie piezometrica continua posta nella porzione di terreno interessata dai lavori.

4.2 Stratigrafia di progetto

Per la definizione della stratigrafia di progetto si tiene conto degli schemi stratigrafici e geotecnici descritti nei paragrafi precedenti considerando, in aggiunta, l'effetto perturbante provocato dalle fasi di lavoro (apertura della trincea, rinterri e ripristini morfologici ecc.) sulle caratteristiche dei terreni in situ.

Si considerano quindi, per lo strato sommitale di terreno (Terreno 0), fino alla profondità di posa del metanodotto (-1,90 m rispetto al piano della pista di lavoro), caratteristiche geomeccaniche compatibili con quelle di un terreno alterato.

Tabella 4.1: Sintesi dei parametri geotecnici individuati per le opere di sostegno

V48 – V49						
Strato	Profondità strato (m)		Parametri geotecnici			
	da	a	γ_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kPa]	Cu [kPa]
Terreno 0	0,0	1,90	19,0	20	0,0	100
Terreno 2	1,90	8,00	20,0	25	14,0	120
Terreno 3	8,00	15+	20,5	24	30,0	250

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) DM 14/01/2008 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Attualmente il testo di queste norme è stato aggiornato e sostituito dal Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (NTC2018).

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento (periodo di ritorno, T_R) ed è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale (V_N) e dalla Classe d'Uso (C_U) dell'opera. I nodi del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunta da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengano valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R dell'opera che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dal prodotto della Vita Nominale di progetto (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U) (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

In Tabella 5.1 sono riportati i valori minimi di Vita Nominale (V_N) di progetto da assegnare ai diversi tipi di costruzioni.

Tabella 5.1: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.1 delle NTC 2018).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Il coefficiente d'uso (C_U) è assegnato sulla base della classe d'uso a cui può essere riferita la costruzione in progetto. La definizione delle classi d'uso è riferita alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'infrastruttura. In accordo alle NTC2018 (cfr. § 2.4.2 delle NTC 2018), le costruzioni sono suddivise in Classi d'Uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 20 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Il valore di ciascun coefficiente d'uso (C_U) associato alle classi d'uso è riportato in Tabella 5.2 (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

Tabella 5.2: Valori del coefficiente d'uso C_U (rif. Tab. 2.4.11 delle NTC 2018).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le NTC2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_R) che è funzione della probabilità di superamento (P_{VR}) di un valore di accelerazione orizzontale nella vita di riferimento dell'opera (V_R).

In accordo con il Decreto del capo dipartimento della Protezione Civile nr. nr. 3685 del 21/10/2003 il metanodotto Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12", DP24 bar) viene considerato opera strategica (Classe d'uso IV e quindi Coefficiente d'uso 2 per le NTC 2018).

L'infrastruttura in progetto rientra nelle costruzioni con livelli di prestazioni ordinari, quindi con valore minimo di vita nominale pari a 50 anni.

Di conseguenza, con $V_N=50$ anni e $C_U=2$ si ottiene una Vita di Riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{VR}) nella vita di riferimento dell'opera (V_R) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NTC 2018).

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2018, sono stati considerati due stati limite:

- Stato Limite di Sanno SLD (in esercizio);
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (a rottura).

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{VR}) sono forniti nella Tabella 5.3 (rif. Tab. 3.2.1 delle NTC 2018).

Tabella 5.3: Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2.1 delle NTC 2018).

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLD	81%
	SLV	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (T_R) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_R = - \frac{V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per i due stati limite considerati si ottengono i seguenti Tempi di Ritorno (T_R):

- 101 anni per lo Stato Limite di Danno (SLD);
- 949 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 21 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

5.2 Risposta sismica locale

Per risposta sismica locale si intendono tutte le modifiche del moto sismico atteso in un sito (in termini di amplificazione, frequenza e durata del moto) introdotte dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

La normativa italiana, come del resto la normativa europea e i più recenti codici internazionali, ha modificato l'approccio alla valutazione della sismicità di un'area. Come descritto nel paragrafo precedente, essa è definita da una osservazione del fenomeno sismico "dal basso" e "a priori":

- dal basso, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo (bedrock) verso la superficie libera;
- a priori, poiché la zonizzazione sismica tiene conto esclusivamente del movimento sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito.

In definitiva, identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido (bedrock), è necessario valutare la loro variazione (in generale amplificazione) negli strati più superficiali (risposta sismica locale).

Le norme di riferimento (NTC2018) definiscono la risposta sismica locale di un sito attraverso la stima di:

- categoria topografica;
- categoria di sottosuolo.

Gli effetti amplificativi dell'azione sismica in un sito sono causati da fenomeni fisici che alterano la propagazione delle onde sismiche (riflessioni, risonanze, diffrazioni, etc.), che si innescano in corrispondenza di irregolarità morfologiche e/o di eterogeneità litostratigrafiche degli strati più superficiali del terreno.

Questo metodo è stato esteso per caratterizzare dal punto di vista litotecnico e morfologico, mediante l'attribuzione di categorie alle quali sono associati dei coefficienti di amplificazione, il corridoio di territorio nel quale si sviluppa il tracciato in progetto.

5.2.1 Categoria topografica

La morfologia del tracciato è stata caratterizzata sulla base delle categorie topografiche definite nella normativa NTC2018 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC2018). In *Tabella 5.4* sono descritte le caratteristiche per l'assegnazione delle categorie topografiche.

Tabella 5.4: Descrizione delle categorie topografiche previste dalle NTC2018 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC 2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 22 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Le NTC2018 assegnano dei coefficienti di amplificazione (S_T) (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018), per ciascuna delle categorie topografiche definite in *Tabella 5.4*.

In *Tabella 5.5* sono riportati i valori dei coefficienti di amplificazione topografica corrispondenti a ciascuna categoria.

Tabella 5.5: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In generale, la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella *Tabella 5.5*, fino al livello di base, dove S_T assume valore unitario (cfr. § 3.2.3.1 delle NTC2018).

L'area in esame si configura come un pendio con inclinazione media minore di 15°. Per tale ragione si identifica una **Categoria Topografica T1**

5.2.2 Categoria di sottosuolo

L'identificazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita in accordo all'approccio semplificato delle NTC2018 (cfr Tab. 3.2.II delle NTC2018), come descritto in *Tabella 5.6*.

Tabella 5.6: Descrizione delle categorie di sottosuolo (cfr, Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia		REL-GEO-E-10303
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 25		Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

La definizione della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) nelle NTC2018 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde sismiche di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come la formazione costituita da roccia o terreno rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In accordo alle nuove norme NTC2018, la caratterizzazione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s). A tal scopo, è stata eseguita una prova geofisica indiretta di tipo MASW in prossimità dell'area interessata dall'opera in progetto (Rif. Allegato 1).

L'indagine Masw ha evidenziato la presenza di terreni in superficie caratterizzati da V_s di circa 175-195m/sec. Tale valore tende ad aumentare in maniera costante fino alla profondità di 30m dal p.c. dove raggiunge valori fino a 7650m/sec, associabili a terreni argillosi maggiormente compattati interni alla formazione di Terravecchia (Figura 5.2/A).

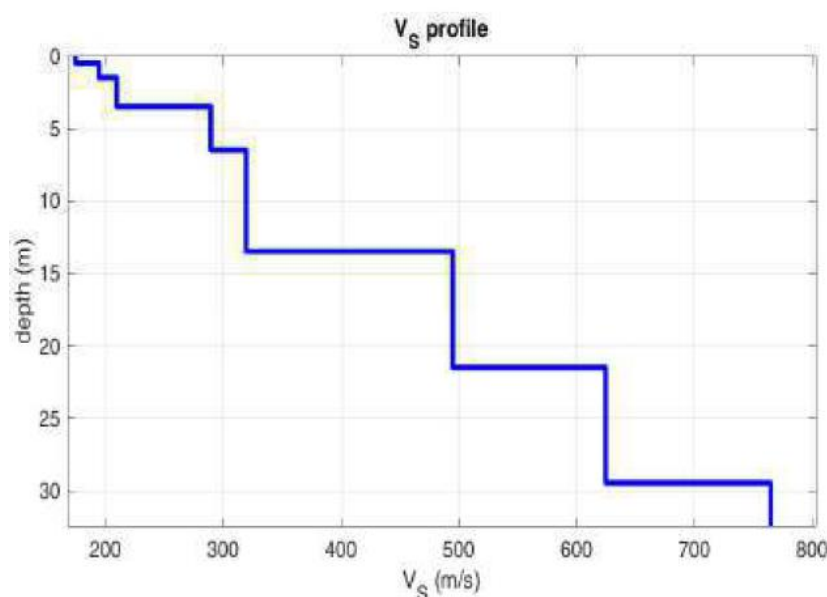


Figura 5.2/A: Profilo delle onde V_s ricavato dalla MASW (PE-A-M02)

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia REL-GEO-E-10303		
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 25		Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

Questa successione stratigrafica porta ad un valore del parametro V_{s30} di 378 m/sec, per cui, ai sensi delle normative vigenti (NTC 2018) il terreno di fondazione rientra in **Categoria B**.

Tabella 5.7: Espressioni per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) in funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s è stato definito in accordo alla Tabella 3.2.IV delle NTC2018 (vedi *Tabella 5.7*).

Il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) e il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

La stima dell'accelerazione orizzontale di picco in superficie (PGA) attesa nel periodo di ritorno lungo il territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale S e l'accelerazione massima orizzontale attesa al suolo rigido a_g :

$$PGA = a_g \cdot S$$

Il coefficiente S , che tiene conto del coefficiente di amplificazione topografico (S_T) e di quello di amplificazione stratigrafico (S_s), può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

I valori di accelerazione attesi al substrato rigido (a_g) sono stati determinati attraverso l'interpolazione della griglia nazionale dell'INGV per ogni punto del tracciato in progetto, come richiesto dalle NTC2018. Questi, moltiplicati per i differenti coefficienti di amplificazione S individuati, hanno permesso la stima dei seguenti valori di accelerazione massima attesa al suolo (PGA), per gli Stati Limite indicati in Tabella 5.3.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Regione Sicilia	REL-GEO-E-10303	
	PROGETTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse		Fg. 25 di 25	Rev. 1

Rif. SAIPEM: 023113-105-LA-E-80303

La stima della massima velocità orizzontale al suolo (PGV) per gli stati limite considerati in accordo alle norme NTC2018 (cfr. Par. § 3.2.3.3, NTC2018) può essere definita mediante la seguente relazione:

$$PGV = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c$$

in cui:

a_g : accelerazione di picco attesa al substrato rigido (espressa in m/s^2);

S : fattore di risposta sismica locale;

T_c : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo parametro si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

essendo:

- T_c^* definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione (Tabella A1 delle NTC 2018);
- C_c un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 3.2.V delle NTC 2018, riportata in *Tabella 5.7*).

La Tabelle sottostanti (*Tabella 5.8* e *Tabella 5.9*) forniscono i parametri sismici che caratterizzano il sito in esame, rispettivamente in corrispondenza del substrato rigido e al suolo.

Tabella 5.8: Parametri sismici del sito in esame (substrato rigido)

Long. (WGS84) [gg.ddd]	Lat. (WGS84) [gg.ddd]	Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^*
13.704590	37.495415	SLD	101	0.040	2.481	0.301
		SLV	949	0.080	2.658	0.434

Tabella 5.9: Parametri sismici del sito in esame (suolo)

Stato limite	S_T	S_S	S	PGA [g]	C_c	PGV [m/s]
SLD	1.0	1.2	1.2	0.048	1.40	0.032
SLV	1.0	1.2	1.2	0.096	1.30	0.085