

 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 1 di 69	Rev. 0

Metanodotto: Recanati - Foligno
 DN 1050 (42"). DP = 75 bar
 3° Tronco "Treia – San Severino Marche"

1°, 2° e 3° ATTRAVERSAMENTO FIUME POTENZA

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA E
 ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

0	Emissione	Vitelli	Morgante	Sabbatini	Ott 2011
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 2 di 69	Rev. 0

INDICE

1	GENERALITA'	4
	1.1 Premessa	4
	1.2 Elaborati grafici di progetto	4
2	FASI DI STUDIO	5
3	INQUADRAMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA	7
	3.1 Inquadramento geografico	7
	3.2 Inquadramento generale del bacino del corso d'acqua	8
	3.3 Inquadramento e descrizione delle aree d'intervento	9
	3.4 Caratterizzazione Litostratigrafica	11
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
	4.1 Considerazioni specifiche preliminari	13
	4.2 Parametri morfometrici	13
	4.3 Dati Storici	15
	4.4 Metodo indiretto (Afflussi-Deflussi)	15
	4.4.1 <u>Criteria generali di valutazione dei parametri idrologici</u>	16
	4.4.2 <u>Individuazione dei parametri idrologici</u>	20
	4.4.3 <u>Risultati</u>	21
	4.5 Metodo Vapi (Regionalizzazione con metodo TCEV)	22
	4.5.1 <u>Generalità</u>	22
	4.5.2 <u>Cenni al modello TCEV (a doppia componente) e alla tecnica di regionalizzazione</u>	22
	4.5.3 <u>Valutazione portate al colmo</u>	23
	4.5.4 <u>Risultati</u>	24
	4.6 Portate di progetto	24
5	STUDIO IDRAULICO	26
	5.1 Metodologia di calcolo	26
	5.2 Valutazione dei fenomeni erosivi del fondo alveo	27
	5.3 Risultati	29

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 3 di 69	Rev. 0

6	METODOLOGIA D'ATTRAVERSAMENTO CON MICROTUNNEL	34
6.1	Generalità	34
6.2	Configurazioni geometriche di progetto	34
6.3	Requisiti generali del sistema costruttivo	35
6.4	Fasi operative	38
7	CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI TERRENI	41
7.1	Considerazioni di carattere idrologico-idraulico	41
7.2	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	41
8	ANALISI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	43
8.1	Interferenze con “Aree a Rischio di Esondazione” individuate nel PAI	43
8.2	Analisi di compatibilità	44
9	CONCLUSIONI	46
	APPENDICE I: STRALCI CATASTALI	48
	APPENDICE II: SONDAGGI – UBICAZIONE E COLONNE STRATIGRAFICHE	50
	APPENDICE III: PROVE DEL LAB. GEOTECNICO – TAVOLE DI SINTESI	53
	APPENDICE IV: ELABORAZIONE STATISTICA DATI DI PIOGGIA STAZIONE “PIORACO”	56
	APPENDICE V: STUDIO IDRAULICO - GRAFICI DI OUTPUT	59
	APPENDICE VI: METODOLOGIA “MICROTUNNELLING” – DOC. FOTOGRAFICA	65

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 4 di 69	Rev. 0

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

Il tracciato di progetto del metanodotto *Snam Rete Gas* "Recanati - Foligno", DN 1050 (42") intercetta una prima volta il Fiume Potenza poco a valle della località "Rocchetta" di San Severino Marche ed a circa 170m a monte di un attraversamento da parte di un metanodotto esistente (da dismettere) denominato "Allacciamento Agraria Fides di San Severino (DN 80)".

Successivamente il tracciato di progetto risale il corso d'acqua in sponda destra ed intercetta un'ansa del corso d'acqua intersecando dunque il fiume per n.2 volte a distanza ravvicinata (2° e 3° attraversamento), rispettivamente a circa 3.5 ed a circa 4 km più a monte del sopracitato 1° attraversamento.

Tutti e 3 gli attraversamenti del fiume Potenza ricadono nell'ambito del 3° tronco del tracciato di linea di progetto, denominato "Treia – San Severino Marche", ed i relativi ambiti di interferenza interessano integralmente il territorio comunale di San Severino Marche.

Lo scopo della presente relazione è quello di illustrare gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione degli attraversamenti in subalveo del corso d'acqua, con particolare riferimento alla definizione delle metodologie operative, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino.

Le scelte sono state effettuate con lo scopo di garantire la sicurezza del gasdotto, per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura sotto l'aspetto idraulico, subordinandola alla dinamica evolutiva del corso d'acqua.

Sono state inoltre prese in esame le interferenze del pipeline (negli ambiti specifici di riferimento) in relazione alle "Aree a Rischio di Esondazione", individuate nelle tavole della "Carta del Rischio Idrogeologico", elaborate dalla Regione Marche nell'ambito del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)". Si è quindi proceduto ad effettuare le valutazioni inerenti l'analisi di compatibilità dell'infrastruttura in considerazione delle prescrizioni previste per i vari ambiti di interferenza.

1.2 Elaborati grafici di progetto

Gli elaborati grafici di progetto, ai quali si rimanda per gli approfondimenti delle tematiche affrontate nel presente documento, sono i seguenti:

LC-6C-81314	Metanodotto "Recanati - Foligno" (42") - 3° Tr. "Treia – S. Severino Marche"	Microtunnel in c.a. F. Potenza 1° Attraversamento
LC-6C-81315	Metanodotto "Recanati - Foligno" (42") - 3° Tr. "Treia – S. Severino Marche"	Microtunnel in c.a. F. Potenza 2° e 3° Attraversamento

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 5 di 69	Rev. 0

2 FASI DI STUDIO

Gli attraversamenti in subalveo dei corsi d'acqua rappresentano alcuni tra i contesti d'intervento di principale difficoltà da affrontare nell'ambito dell'esecuzione dei lavori di posa di un pipeline.

Inoltre, nella fase d'esercizio della condotta, i tratti in attraversamento dei corsi d'acqua possono rappresentare dei potenziali "punti critici" alla funzionalità dell'infrastruttura, in considerazione della possibilità che eventuali fenomeni erosivi nell'alveo possano coinvolgere il pipeline.

Per le ragioni sopra indicate, nella fase di progettazione degli attraversamenti in subalveo dei corsi d'acqua significativi, risulta importante conseguire i seguenti obiettivi:

- *corretta definizione plano- altimetrica della linea di progetto*, in considerazione delle potenzialità erosive del corso d'acqua;
- *individuazione delle idonee metodologie operative*. E' necessario garantire che la posa della condotta venga effettuata in conformità alla configurazione plano-altimetrica di progetto; nonché risulta essenziale limitare, per quanto possibile, l'impatto dei lavori nei confronti dell'ambiente circostante;
- *definizione ottimale delle eventuali opere di difesa idraulica*, al fine di garantire la sicurezza della condotta (per tutto il periodo di esercizio) e contestualmente assicurare il ripristino morfologico dell'area di attraversamento, nel rispetto dell'ambiente.

Le valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico, sono state condotte in riferimento alle fasi di seguito citate:

- sono state individuate le caratteristiche morfologiche delle aree d'attraversamento, in riferimento alle evidenze emerse nel corso dei sopralluoghi e facendo uso della documentazione topografica disponibile (cartografia in scala 1:25000 e 1:10000). Sono stati inoltre effettuati rilievi tramite sistema DTM (Digital Terrain Model), che si avvale di un volo aereo e consente di rilevare, con elevata precisione anche in ambiti boscati, le quote dei nodi (di maglia di circa 0.7x0.7m) entro una fascia di 1.5km a cavallo delle linee di progetto. Si è inoltre proceduto ad integrare le informazioni mediante rilievi fotogrammetrici sul tracciato di linea e rilievi topografici specifici e di dettaglio (sezioni e piani quotati, ecc.) in corrispondenza dei tratti particolari (tra cui i corsi d'acqua principali);
- è stato eseguito uno studio geologico sulla base della cartografia esistente e di specifici documenti bibliografici reperiti e delle evidenze emerse nel corso dei sopralluoghi. La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni è stata eseguita sulla base dei risultati di una campagna di indagine, costituita da sondaggi geognostici con specifiche prove geotecniche in sito e prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- si è proceduto ad eseguire le valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza delle sezioni di studio (coincidenti con quelle d'attraversamento). Le elaborazioni sono state eseguite in riferimento ad un tempo di ritorno TR=200 anni;
- sono stati dunque eseguiti studi idraulici, volti alla definizione dei parametri caratteristici di deflusso idrico ed ai fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza degli ambiti di attraversamento. Sono stati valutati i

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 6 di 69	Rev. 0

fenomeni erosivi di fondo alveo, in corrispondenza di ciascun ambito d'attraversamento ed in concomitanza dell'evento di piena di progetto;

Sulla base degli esiti delle operazioni di cui ai punti precedenti sono state definite le caratteristiche costruttive dei sistemi d'attraversamento (metodologie operative, configurazioni geometriche della condotta ed eventuali opere di ripristino).

Dette scelte progettuali sono state infine verificate e commisurate in considerazione delle interferenze con le "Aree a Rischio di Esondazione" rilevate nelle "Carte del Rischio Idrogeologico", elaborate dalla Regione Marche nell'ambito del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)".

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 7 di 69	Rev. 0

3 INQUADRAMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

3.1 Inquadramento geografico

Il tracciato di progetto del metanodotto *Snam Rete Gas* “Recanati - Foligno”, DN 1050 (42”) intercetta una prima volta il Fiume Potenza poco a valle della località “Rocchetta” di San Severino Marche.

Successivamente il tracciato di progetto risale il corso d’acqua in sponda destra ed intercetta un’ansa del corso d’acqua intersecando dunque il fiume per n.2 volte a distanza ravvicinata (2° e 3° attraversamento), rispettivamente a circa 3.5 ed a circa 4 km più a monte del sopracitato 1° attraversamento.

Tutti e 3 gli attraversamenti del fiume Potenza ricadono nell’ambito del territorio comunale di San Severino Marche.

Nelle figure seguenti sono riportati gli stralci planimetrici in scala 1:10.000, dai quali si possono individuare gli ambiti d’interferenza tra il metanodotto in progetto ed il corso d’acqua .

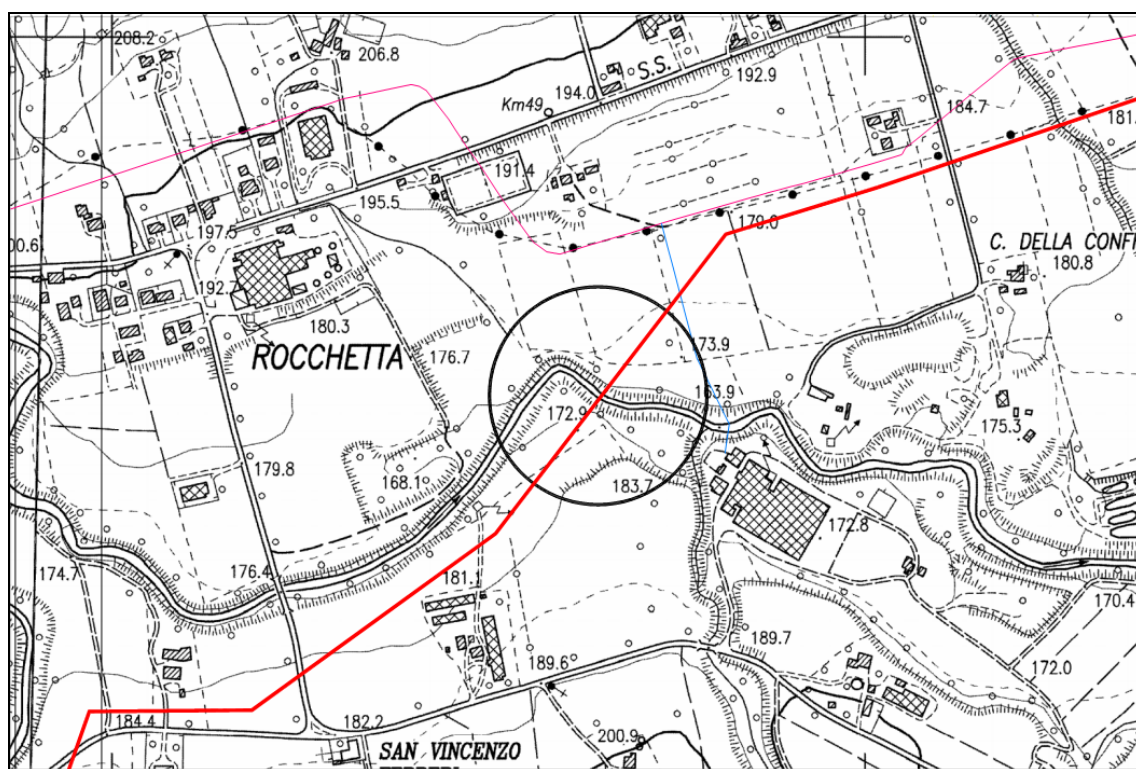


Fig.3.1: Stralcio Planimetrico in scala 1:10 000 – 1° Attraversamento

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 8 di 69	Rev. 0

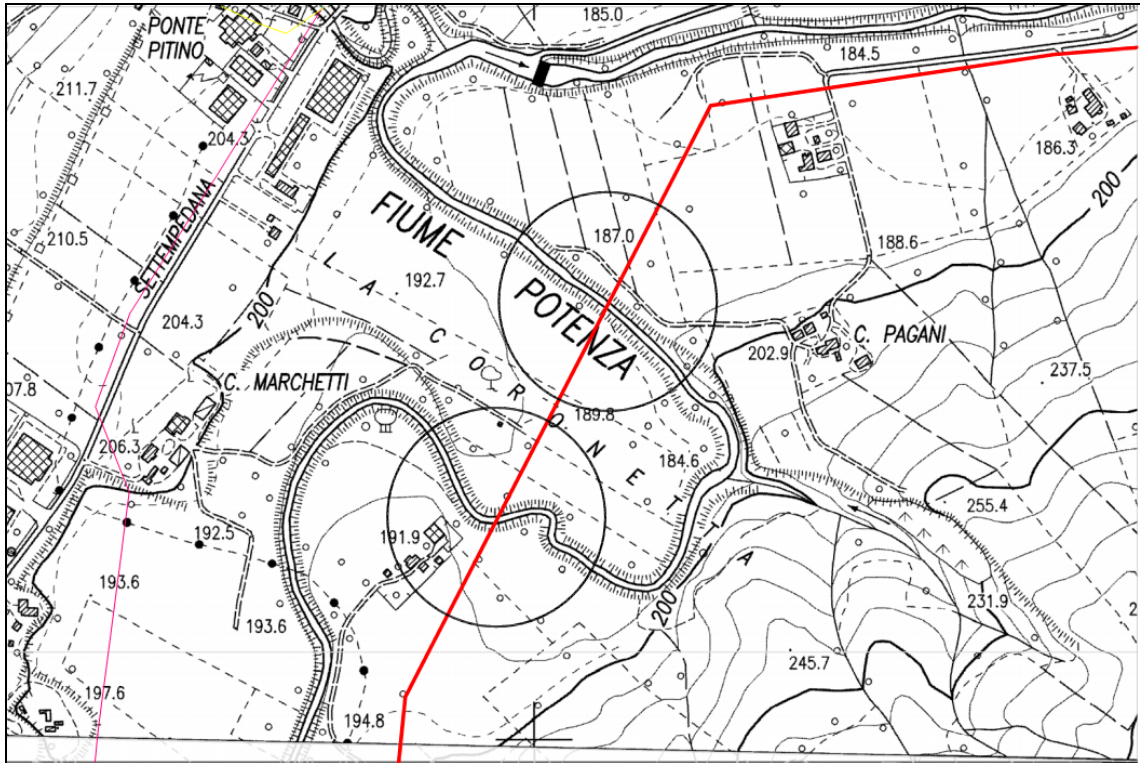


Fig.3.2: Stralcio Planimetrico in scala 1:10 000 – 2° e 3° Attraversamento

L'ambito relativo al 1° attraversamento interessa esattamente i fogli catastali F.114 e F.115 del territorio comunale di San Severino Marche.

L'ambito d'interferenza congiunto relativo al 2° e 3° attraversamento del fiume Potenza ricade nei fogli catastali F.112 e F.127 del comune di San Severino Marche.

Gli stralci catastali degli ambiti d'interferenza (in scala 1:2000) sono riportati in Appendice I.

3.2 Inquadramento generale del bacino del corso d'acqua

Il Fiume Potenza nasce sul versante nord-orientale del Monte Pennino (1573 metri), nel territorio marchigiano al confine con l'Umbria, e si sviluppa completamente nel territorio provincia di Macerata fino a sfociare nel Mare Adriatico nel comune di Porto Recanati.

Il bacino idrografico del Potenza è compreso quasi interamente nel territorio marchigiano (esattamente nella provincia di Macerata), interessando in maniera assolutamente marginale il territorio umbro (per circa 22 kmq nel territorio di Nocera Umbra). I suoi confini sono: a Nord i bacini dell'Esino e del Musone, a Sud il bacino del Chienti, a Ovest quello del Topino, affluente del Tevere.

La superficie complessiva del bacino risulta di circa 775m, mentre lo sviluppo longitudinale complessivo dell'asta principale risulta di circa 90km.

Gli affluenti principali, sono lo Scarzito e il Palente, affluenti di destra e il Monocchia, affluente di sinistra. Poi vi sono una serie di affluenti di minor rilievo tra cui si evidenziano (partendo da monte verso valle) il T. Rio, Fosso Cerreto, Fosso dell'Elce, T. Intagliata, Fosso Grande, Fosso Maestà, Fosso di S. Lazzaro, Rio Catignano, Rio di Palazzolo, Rio Torbido e Rio Chiaro.

I caratteri generali del Potenza sono quelli di un fiume di tipo torrentizio, accentuati

 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 9 di 69	Rev. 0

dalla mancanza di bacini regolatori. Lungo il corso del fiume infatti non ci sono sbarramenti che abbiano costituito invasi artificiali, tuttavia esistono delle centrali idroelettriche (Pioraco, Montelupone, Recanati) che utilizzano direttamente le acque, restituendole qualche km a valle delle opere di presa.

3.3 Inquadramento e descrizione delle aree d'intervento

1°Attraversamento

L'attraversamento è situato a Sud Est dell'abitato di Rocchetta, circa 500 m a valle del ponte della strada per Rambona, nel territorio comunale di San Severino Marche.

L'attraversamento avviene in un tratto a bassa sinuosità, con ampio raggio di curvatura. L'alveo, della larghezza di circa 15-20m, è delimitato da sponde che si elevano per 4-5m, caratterizzate da acclività significative in sinistra, mentre in destra si rilevano dolci pendenze.

Le aree ripariali, in entrambi i lati, sono ricoperte da una fitta vegetazione arbustiva ed arborea.

Non si osservano fenomeni erosivi significativi in atto.

Nella figura seguente è riportata una foto dell'ambito d'attraversamento, con indicazione del tracciato di linea in progetto.



Fig.3.3: Foto 1° ambito d'attraversamento

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 10 di 69	Rev. 0

2° Attraversamento

L'attraversamento è situato circa 500 m a monte della confluenza con il Fosso Bagno, in località "La Coronetta" nel territorio comunale di San Severino Marche.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua descrive un'ansa con accentuato carattere meandriforme, con concavità verso Nord - Ovest, il cui lato di valle, in cui è previsto l'attraversamento, ha un andamento sostanzialmente rettilineo.

La sezione ha profilo pressappoco trapezoidale, con sponde alte 2,5 – 3 m, e pendenze intorno a 30°, fittamente vegetate. La larghezza dell'alveo è di circa 15 m. Non si osservano fenomeni erosivi significativi in atto.

Nella figura seguente è riportata una foto dell'ambito d'attraversamento, con indicazione del tracciato di linea in progetto.



Fig.3.4: Foto 2° ambito d'attraversamento

3° Attraversamento

Il 3° attraversamento è situato circa 700 m a monte idrografica del 2° attraversamento, in località "La Coronetta" nel territorio comunale di San Severino Marche.

L'attraversamento riguarda il tratto iniziale della medesima ansa di cui al 2° attraversamento. In questo tratto la sezione ha profilo asimmetrico, con sponda sinistra alta circa 2 m, poco acclive, e sponda destra più pendente, caratterizzata da un argine in materiale alluvionale, sopraelevato di 1- 1.5m rispetto al piano campagna. La

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 11 di 69	Rev. 0

larghezza dell'alveo è di circa 10 m.

Una fitta vegetazione ricopre le due sponde. Non si osservano fenomeni erosivi significativi in atto.

Nella figura seguente è riportata una foto dell'ambito d'attraversamento, con indicazione del tracciato di linea in progetto.



Fig.3.5: Foto 3° ambito d'attraversamento

3.4 Caratterizzazione Litostratigrafica

Campagna geognostica

Per l'acquisizione degli elementi che hanno permesso di esprimere un giudizio sui litotipi costituenti i terreni nei quali si sviluppa il metanodotto in progetto, nei periodi febbraio-maggio 2010 e ottobre-novembre 2010, sono stati condotti numerosi sondaggi geognostici, pressoché in asse tracciato.

I sondaggi sono stati realizzati tutti a carotaggio continuo, utilizzando un sistema di perforazione tradizionale costituito da batterie di aste e carotiere semplice da 101 mm di diametro, procedendo per quanto possibile con avanzamento a secco per un miglior recupero dei terreni terebrati. Le carote estratte sono state conservate in cassette catalogatrici.

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, in corrispondenza di terreni granulari incoerenti, sono state eseguite prove in situ di resistenza alla penetrazione S.P.T. (Standard Penetration Test) che hanno permesso di determinare lo stato di addensamento del terreno. Sui campioni rimaneggiati recuperati con lo Standard

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 12 di 69	Rev. 0

Penetration Test con punta aperta, sono state eseguite le analisi granulometriche.

In corrispondenza dei livelli coesivi, sono state eseguite delle prove speditive, direttamente sulle carote estratte, per la determinazione della resistenza alla compressione semplice, mediante il Pocket Penetrometer, e della resistenza al taglio non drenata c_u , con lo scissometro tascabile o “vane test”. Inoltre in corrispondenza di alcuni dei livelli coesivi, sono stati prelevati dei campioni indisturbati per l'esecuzione di prove presso il laboratorio geotecnico.

Entrando nello specifico, per l'individuazione dell'esatta posizione planimetrica dei sondaggi di riferimento, unitamente alle colonne stratigrafiche, si rimanda alla visione dell'*Appendice II*. In *Appendice III* sono invece riportate le tavole di sintesi delle prove del laboratorio geotecnico.

Modello geologico-tecnico del sottosuolo relativo al 1° Attraversamento

Per la caratterizzazione litostratigrafia del sottosuolo relativo all'area del 1° attraversamento, in questa fase, si fa riferimento al sondaggio SA8, realizzato circa 700m più a monte idrografica (in sponda dx), in corrispondenza dell'attraversamento previsto in una precedente ipotesi di tracciato.

Detto sondaggio ha evidenziato quanto segue:

- livello superficiale costituito da ghiaia eterometrica (sino a 1.8m di profondità);
- Substrato di argilla grigio-azzurra, con presenza di livelli centimetrici sabbiosi (sino a fondo-sondaggio di 15m).

Non è stata rinvenuta la falda.

Modello geologico-tecnico del sottosuolo relativo al 2° e 3° Attraversamento

Per la caratterizzazione litostratigrafia del sottosuolo relativo all'area del 2° e 3° attraversamento, in questa fase, si fa riferimento al sondaggio SA9, realizzato circa 250m più a valle idrografica del 2° attraversamento (in sponda dx), in corrispondenza di un attraversamento previsto in una precedente ipotesi di tracciato.

Detto sondaggio ha evidenziato quanto segue:

- Livello superficiale di sabbia limosa,, con resti vegetali nel tratto più superficiale (sino a 2.2m di profondità);
- Ghiaia addensata eterometrica con ciottoli e sabbia limosa (da 2.2m sino a 5.5m di profondità);
- Alternanze di livelli costituiti da argille consistenti e da ghiaie eterometriche, talvolta con presenza di ciottoli (sino a fondo-sondaggio di 15m).

La falda è stata rilevata alla profondità di 3,1 m .

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 13 di 69	Rev. 0

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha come fine la determinazione delle portate di piena al colmo di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio. I risultati di tale studio costituiscono la base per le verifiche idrauliche, in relazione alle quali verranno individuati i valori di copertura della condotta, per la sua posa in sicurezza.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In alcuni casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

4.1 Considerazioni specifiche preliminari

Nel caso in esame sono disponibili un numero significativo di dati di portata nella stazione idrometrica di "Potenza a Cannuciaro". Tuttavia, sulla base dell'esperienza maturata, detti dati idrometrici appaiono non rappresentativi (bassi) nei confronti dei valori attesi, in considerazione della superficie del bacino sotteso e della piovosità nell'ambito di riferimento.

In ragione di quanto affermato al fine di valutare le portate di piena di riferimento per le sezioni di studio (che coincidono con le sezioni d'attraversamento), sono state utilizzate le seguenti metodologie di calcolo:

- il metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.
- Analisi statistica su scala regionale avvalendosi dei risultati del progetto VAPI (VALutazione Plene promosso dal CNR - GNDCI).

4.2 Parametri morfometrici

La 1^a sezione di studio (d'attraversamento) ricade nei pressi della località "Rocchetta" del Comune di San Severino Marche.

La 2^a sezione di studio viene considerata rappresentativa per il 2° ed il 3° attraversamento da parte del metanodotto (in quanto molto ravvicinati), ed è posta qualche km a monte del 1° attravers., poco a monte della confluenza del fosso Bagno, sempre nell'ambito del territorio comunale di San Severino.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico con la delimitazione del bacino sotteso dalle 2 sezioni di studio.

 snam rete gas	PROGETTISTA:  saipem	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 14 di 69	Rev. 0

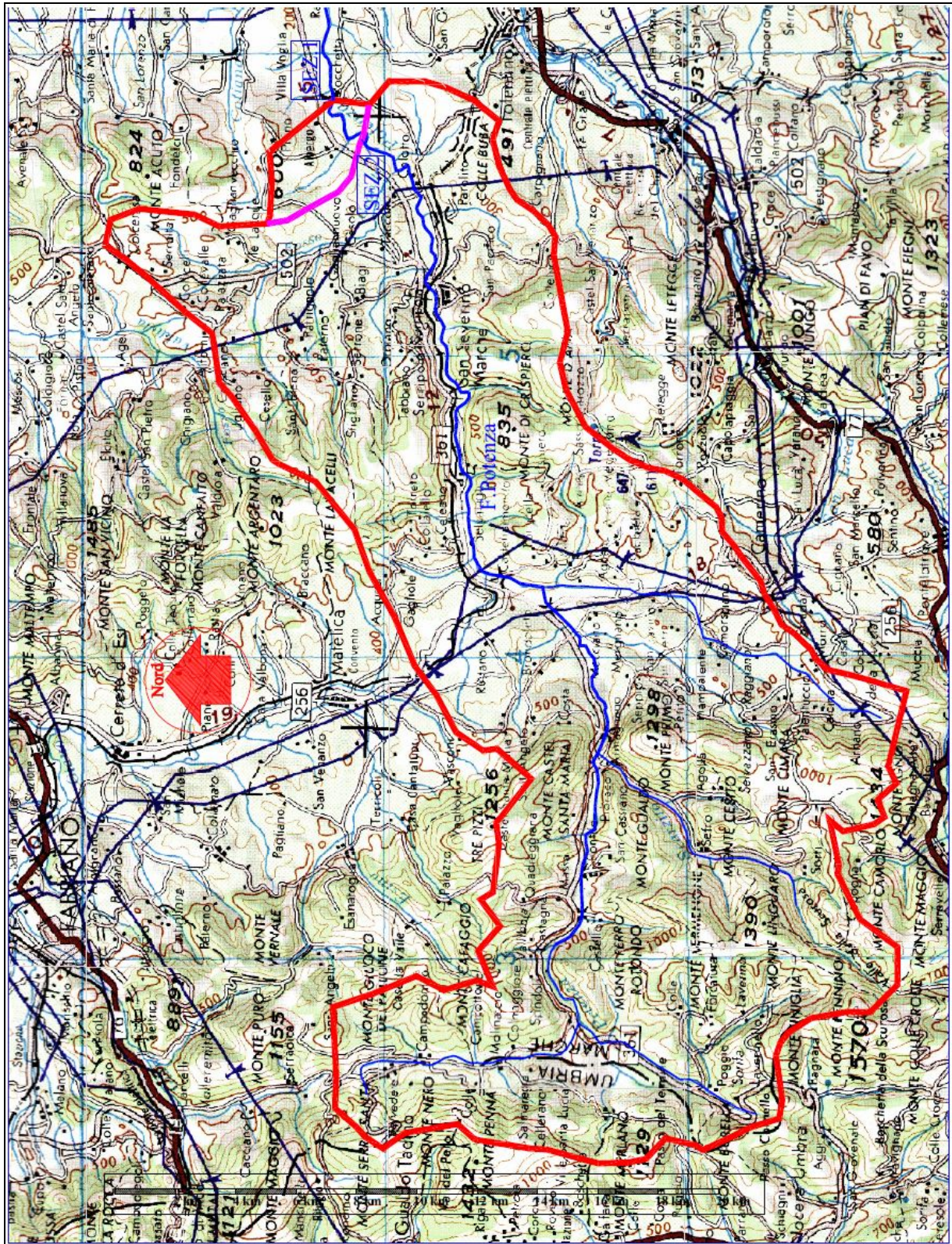


Fig.4.1. : Bacini Imbriferi sottesi dalle sezioni d'attraversamento

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 15 di 69	Rev. 0

Nella tabella seguente sono riportati i parametri morfometrici dei bacini sottesi dalle sezioni di studio.

Tab.4.a: Parametri morfometrici

Corso d'acqua / Sezione Studio	Attravers. N°	Superficie Bacino (kmq)	Lunghezza a asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
F.Potenza /Sez. 1	n.1 (di valle)	439	53.0	1570	616	168
F.Potenza /Sez. 2	n.2 e 3 (di monte)	431	49.5	1570	620	185

4.3 Dati Storici

Nella tabella seguente sono riportati i valori massimi registrati nelle stazioni idrometriche sul corso d'acqua, le quali sono state ritenute rappresentative per i bacini in esame.

Sezione	Superficie (kmq)	Hchius. (m.s.m.)	Periodo Funzion.	Qmax (mc/s)	qmax (mc/s.kmq)	Data
Potenza a Cannucciaro	439	168	'33; '35-'40; '43; '48-'79	185	0.42	21/02/1933
Potenza a P. Recanati	771.7	4	2001- 2009	286.8	0.37	13/12/2008

4.4 Metodo indiretto (Afflussi-Deflussi)

Conoscendo le precipitazioni meteoriche che interessano il bacino idrografico di un qualsiasi corso d'acqua è possibile valutare la relativa portata di piena adottando metodologie di carattere statistico, che si inquadrano nella teoria dei sistemi di variabili casuali e che conducono allo studio della correlazione tra la portata di piena ed una o più grandezze caratterizzanti il bacino stesso (superficie, quota media, precipitazioni, tempo di corrivazione).

Le ipotesi fondamentali di questo metodo prendono lo spunto da alcuni risultati forniti dai metodi della corrivazione (o metodo cinematico) e dell'invaso e sono:

- la portata di massima piena di un bacino deriva da precipitazioni di intensità costante che hanno una durata pari al tempo di corrivazione "tc" e si manifesta dopo un intervallo di tempo "tc" dall'inizio del fenomeno;
- il valore della portata di piena dipende dalla laminazione esercitata dalle capacità naturali ed artificiali del bacino.

In corrispondenza delle sezioni di studio, le portate di piena al colmo sono state calcolate utilizzando la relazione nota come "formula razionale".

$$Q_c = 0.278 \cdot c \cdot A \cdot h_{\text{ragg}} / t_c$$

in cui:

- Q_c (mc/s): portata di progetto al colmo di piena (in funzione del tempo di ritorno "T" (anni);

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 16 di 69	Rev. 0

- c (-): coefficiente di deflusso, pari al rapporto tra il volume totale affluito (pioggia totale effettivamente caduta sul bacino) e volume defluito attraverso la sezione di chiusura (pioggia totale depurata delle perdite per infiltrazione ed evapotraspirazione). Il parametro tiene in considerazione della capacità di assorbimento del terreno e del fattore di laminazione (capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico);
- A (kmq): superficie del bacino imbrifero, riferita alla sezione di chiusura;
- t_c (h) - tempo di corrivazione: è il tempo che una goccia di pioggia, caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione considerata, impiega a raggiungere la sezione stessa;
- h_{ragg} (mm) – altezza di pioggia ragguagliata al bacino: viene valutata per piogge di durata pari al tempo di corrivazione " t_c " ed è funzione del tempo di ritorno " TR ", intendendo con tale locuzione l'inverso della probabilità di superamento di un certo evento.

Il metodo dunque considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- La portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- Il tempo di formazione del colmo della piena è pari a quello di riduzione.

4.4.1 Criteria generali di valutazione dei parametri idrologici

Coefficiente di Deflusso (c)

Il valore di tale parametro viene stabilito in dipendenza della natura litologica dei terreni, della superficie del bacino e del suo grado di saturazione, del livello di forestazione, della pendenza dei versanti e da altri fattori.

La scelta del coefficiente di deflusso quindi rappresenta una fase estremamente difficile e costituisce l'elemento di maggiore incertezza nella valutazione della portata.

Esistono in letteratura scientifica numerose tabulazioni e grafici utili per la valutazione di questo parametro; qui di seguito si riportano alcune tra le tabelle maggiormente impiegate.

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 17 di 69	Rev. 0

Coefficienti di deflusso raccomandati da *American Society of Civil Engineers* e da *Pollution Control Federation*, con riferimento prevalente ai bacini urbani

Caratteristiche del bacino	c
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 – 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 – 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10 – 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 – 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 – 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18 – 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 – 0,35

In una guida della FAO (1976), sono proposti i seguenti valori orientativi:

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	coltivazioni	pascoli	boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0.20	0.15	0.10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0.40	0.35	0.30
Suoli poco permeabili. Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0.50	0.45	0.40

Si riporta infine una tabella in cui interviene, sia pure grossolanamente, la pendenza del suolo.

VEGETAZIONE	PENDENZA	TIPO SUOLO		
		Terreno leggero	Terreno impasto medio	Terreno Compatto
Boschi	<10%	0.13	0.18	0.25
	>10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	<10%	0.16	0.36	0.56
	>10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	<10%	0.40	0.60	0.70
	>10%	0.52	0.72	0.82

Superficie del bacino (A)

La delimitazione della superficie del bacino scolante, unitamente all'individuazione degli

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 18 di 69	Rev. 0

parametri morfometrici caratteristici del bacino stesso, viene eseguita sulla base della cartografia disponibile.

Tempo di corrivazione (t_c)

La valutazione del tempo di corrivazione può essere eseguita mediante diversi algoritmi di calcolo, normalmente proposti in letteratura scientifica.

Nello specifico si è fatto riferimento alla formula proposta da GIANDOTTI (sperimentata dall'autore per bacini da 170 a 70000 kmq, tuttavia ampiamente impiegata in Italia anche per piccoli bacini) che rappresenta l'espressione maggiormente utilizzata e viene espressa nel seguente modo:

$$t_c = (4 A^{1/2} + 1.5 L) / (0.8 H^{1/2})$$

dove:

A = Superficie del bacino (kmq);

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

H = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m);

L'altezza di pioggia ragguagliata (h_{ragg})

Considerando le grandezze appena descritte, è evidente che l'unica che può essere elaborata statisticamente è l'altezza di pioggia ragguagliata al bacino " h_{ragg} ";

In generale il procedimento finalizzato alla determinazione del valore " h_{ragg} " si articola nelle seguenti fasi:

- reperimento dei dati sperimentali sulle precipitazioni;
- elaborazione statistica per mezzo del metodo di Gumbel;
- tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica;
- applicazione del metodo dei topoi.

A) Reperimento dati sperimentali sulle precipitazioni

Dall'analisi dei dati riportati negli annali idrologici del Servizio Idrografico Italiano vengono reperiti i dati di pioggia (1, 3, 6, 12, e 24 ore) relative alle stazioni pluviografiche, dotate di pluviografo registratore, ubicate nei bacini oggetto dello studio o in quelli limitrofi.

Le rilevazioni di piovosità massima si adattano ad essere elaborate con metodi statistici e permettono di ottenere particolari equazioni del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia (mm);

a, n = coefficienti costanti;

t = durata della pioggia (ore).

B) Elaborazione probabilistica per mezzo del metodo di Gumbel

Secondo la legge di Gumbel la probabilità "P(h)" che il massimo valore di una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione " t_c " non venga superato nel corso di un determinato anno è data da:

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 19 di 69	Rev. 0

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

α , u = parametri della distribuzione che, qualora i dati disponibili siano in numero sufficientemente elevato, possono essere più facilmente valutati determinando lo scarto quadratico medio " σ " e la media " μ " perché esistono dei legami espressi dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = 1.283/\sigma \qquad u = \mu - (0.577/\alpha);$$

Ciò premesso, occorre introdurre una nuova grandezza, il tempo di ritorno "T", che definisce il numero di anni in cui, mediamente, l'evento considerato viene superato una sola volta. Dato che tra tempo di ritorno "T" e la probabilità "P(h)" esiste la seguente relazione:

$$T = 1/(1-P(h))$$

facendo le opportune sostituzioni ed esplicitando si ottiene:

$$h(T) = u - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

che rappresenta, quindi, il valore massimo che una precipitazione meteorica potrà superare, mediamente, una sola volta in un qualsiasi anno del tempo di ritorno "T".

C) Tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica

Per ciascuna stazione pluviografica e per ogni tempo di ritorno si otterranno cinque valori di altezza di pioggia, corrispondenti ai cinque intervalli di tempo considerati (1, 3, 6, 12, 24 ore). E' possibile riportare questi valori su un sistema di assi cartesiani ortogonali (h,t) e determinare la curva di regressione, definita dall'equazione " $h=at^n$ ", che meglio approssimi la loro distribuzione sul piano h, t; si ottengono così le curve di possibilità climatica o pluviometrica. A tal fine, per semplificare il procedimento, l'equazione " $h=at^n$ " viene trasformata in:

$$\log h = \log a + n \log t$$

che nel piano h,t, in scala bilogarithmica, rappresenta una retta.

Operata questa trasformazione, occorre ricercare la retta di regressione che meglio approssimi la distribuzione suddetta; tale ricerca è eseguita con il metodo dei minimi quadrati che consiste nel determinare, tra le possibili rette, quella che minimizza la sommatoria dei quadrati delle differenze tra le ordinate dei punti e le corrispondenti ordinate della retta di regressione.

Questo processo, automatizzato, consente anche il plottaggio, su scala naturale, delle curve di possibilità climatica corrispondenti ai tempi di ritorno considerati.

D) Applicazione del metodo dei topoi (solo per bacini caratterizzati da più stazioni pluviometriche).

Per ogni stazione pluviografica sono state tracciate le curve di possibilità climatica o pluviometrica, definite da equazioni del tipo " $h=at^n$ ", dalle quali è possibile ricavare, per i vari tempi di ritorno, il valore delle precipitazioni meteoriche corrispondenti al tempo di corruzione " t_c " del bacino.

Anche se il valore così ricavato è un valore puntuale, che ha un senso solo per un intorno molto limitato della stazione, si può comunque ipotizzare che il regime pluviografico di tale intorno non si discosti molto da quello ben più vasto dell'area

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 20 di 69	Rev. 0

circostante la stazione stessa.

Il problema, dunque, è quello di delimitare il perimetro delle aree di competenza delle stazioni, o, ciò che è lo stesso, la suddivisione dell'intera superficie del bacino in diverse zone (tante quante sono le stazioni) ad ognuna delle quali spetti un regime pluviografico omogeneo e che comprendano, all'interno, la relativa stazione pluviografica. L'applicazione del metodo dei topoieti permette, appunto, la suddivisione del bacino sotteso da ciascuna sezione di studio, e quindi la valutazione delle aree di competenza di ogni stazione.

A questo punto è possibile calcolare l'altezza di pioggia ragguagliata all'intero bacino utilizzando la relazione:

$$h_{ragg} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot h_i}{S}$$

dove:

h_i = precipitazione relativa alla stazione pluviografica i-esima (mm); tale precipitazione ha una durata pari al tempo di corrivazione " t_c " e si ricava dalle curve di possibilità climatica relative alla stazione i-esima;

S_i = superficie del bacino di competenza della stazione pluviografica i-esima (km²);

S = superficie del bacino sotteso dalla sezione di studio (km²).

4.4.2 Individuazione dei parametri idrologici

- Parametri morfometrici

Le grandezze caratteristiche dei parametri morfometrici sono riportate nella precedente tab.4.a.

- Tempo di corrivazione

Nella tabella seguente sono riportati i valori del tempo di corrivazione " t_c ", stimati con la metodologia descritta nel paragrafo precedente.

Tab.4.b

Sez. Studio /Metodo	Tempo di corrivazione (h)
Sez. 1 /Giandotti	9.64
Sez. 2 /Giandotti	9.43

- Coefficiente di deflusso

In considerazione delle caratteristiche peculiari dei bacini in esame, si è cautelativamente assegnato un coefficiente di deflusso (c) pari a 0.70.

- L'altezza di pioggia ragguagliata (h_{ragg})

Per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica ($h = a t^n$), si è fatto riferimento ai dati di pioggia registrati nella stazione pluviometrica di "Pioraco", il quale risulta localizzata in posizione pressoché baricentrica nell'ambito del bacino in esame e per il quale si dispongono dati pressoché continuativi nell'ultimo quarantennio reperiti dagli Annali Idrologici del Compartimento di Bologna (fino al 1989) e dagli Annali Idrologici della Regione Marche (a partire dal 1990).

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 21 di 69	Rev. 0

In particolare sono stati elaborati i dati estremi di pioggia (1, 3, 6, 12, 24h) relativi a numero 38 anni, compresi nell'ultimo quarantennio (esattamente tra il 1970 e il 2007).

Per l'esame dei dati di input ed i risultati in forma estesa delle elaborazioni statistiche si rimanda all'Appendice IV.

Nella seguente tabella sono invece sintetizzati i valori di "a" e di "n", in funzione del tempo di ritorno.

Tab.4.c- Staz. Pluviometrica di Pioraco

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=35.872 \times t^{0.2561}$
30 anni	→		$h=43.194 \times t^{0.2419}$
50 anni	→		$h=46.535 \times t^{0.2368}$
100 anni	→		$h=51.04 \times t^{0.2309}$
200 anni	→		$h=55.527 \times t^{0.2259}$

4.4.3 Risultati

I risultati delle elaborazioni (condotte con il "metodo razionale") sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tab.4.d : T. Potenza 1° attr (di valle) - Portate di piena metodo indiretto

TR	a	n	tc(h)	Hr	FI	S (kmq)	Q (mc/s)
10	35.872	0.2561	9.64	64.10	0.7	439	568
30	43.194	0.2419	9.64	74.73	0.7	439	662
50	46.535	0.2368	9.64	79.59	0.7	439	705
100	51.04	0.2309	9.64	86.14	0.7	439	763
200	55.527	0.2259	9.64	92.65	0.7	439	821

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 22 di 69	Rev. 0

Tab.4.e : T. Potenza 2° e 3° attr (di monte) - Portate di piena met. indiretto

TR	a	n	tc(h)	Hr	FI	S (kmq)	Q (mc/s)
10	35.872	0.2561	9.43	63.72	0.7	431	567
30	43.194	0.2419	9.43	74.32	0.7	431	661
50	46.535	0.2368	9.43	79.16	0.7	431	704
100	51.04	0.2309	9.43	85.68	0.7	431	762
200	55.527	0.2259	9.43	92.18	0.7	431	820

4.5 Metodo Vapi (Regionalizzazione con metodo TCEV)

4.5.1 Generalità

Il progetto VAPI (VALutazione Plene), promosso dal CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) si prefigge l'obiettivo di definire una metodologia di analisi omogenea per l'intero territorio nazionale, così da rendere possibile una più oggettiva comparazione del rischio idrogeologico nelle diverse zone.

Il progetto si propone, attraverso il lavoro di numerose Unità Operative regionali, di identificare all'interno del territorio nazionale zone omogenee dal punto di vista idrologico, così da essere caratterizzate da un'unica distribuzione di probabilità (legge di crescita) delle portate al colmo di piena adimensionalizzata rispetto alla piena indice (media dei massimi annuali delle portate al colmo).

La portata indice risulta, in genere, correlata alle grandezze caratteristiche del bacino quali la superficie, l'altitudine media ecc..

In definitiva Q_T è determinabile anche per una sezione priva di osservazioni idrometriche una volta nota la curva di crescita regionale e la legge che correla la portata indice alle caratteristiche morfo - fisiografiche del bacino in studio.

4.5.2 Cenni al modello TCEV (a doppia componente) e alla tecnica di regionalizzazione

La legge di distribuzione a doppia componente ha formalmente la seguente espressione:

$$F(x) = \exp[-\lambda_1 \cdot \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \cdot \exp(-x/\theta_2)]$$

in cui si è indicato con $F(x)$ la probabilità di non superamento della portata di piena $x > 0$, con λ_1 e λ_2 i parametri di forma (numero medio di eventi di ciascuna componente) e con θ_1 e θ_2 quelli di scala, rispettivamente della componente base e di quella straordinaria. Difatti, il modello interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

L'applicazione del modello TCEV (Two - Component Extreme Value) a scala regionale avviene attraverso una procedura che si articola su tre livelli successivi.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 23 di 69	Rev. 0

Nel *primo livello* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria, pur variando da sito a sito, si possa ritenere costante in una regione molto ampia (zona idrometrica omogenea), cosicché ad essa vengono a competere valori unici dei due parametri Δ^* e θ^* così definiti:

$$\Delta^* = \lambda_2 / \lambda_1^{1/\theta^*} \quad \theta^* = \theta_2 / \theta_1$$

Il *secondo livello* di regionalizzazione consente di individuare ambiti territoriali più ristretti, denominati sottozone idrometriche omogenee, nei quali, oltre al coefficiente di asimmetria, si può ritenere costante anche il coefficiente di variazione della componente base e quindi il parametro λ_1 . Pertanto in ogni sottozona, risultando unici Δ^* , θ^* , λ_1 , la variabile x' , pari al rapporto tra la portata di piena x e la media μ della legge di distribuzione TCEV, è identicamente distribuita secondo la legge:

$$F(x') = \exp \left[- \lambda_1 \cdot \exp(\alpha)^{-x'} - \Delta^* \lambda_1^{1/\theta^*} \cdot \left(\exp(\alpha/\theta^*) \right)^{-x'} \right]$$

che è generalmente denominata curva di crescita dove:

$$\alpha = \mu / \theta_1$$

Il *terzo livello* di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca della relazione tra la media μ , fortemente dipendente dalle condizioni locali di ciascuna stazione idrometrica, e appunto le grandezze pluviometriche e morfo-fisiografiche che caratterizzano il bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura.

4.5.3 Valutazione portate al colmo

Lo studio indica la possibilità di stima delle portate al colmo di piena, " Q_T ", con assegnato tempo di ritorno, " T ", come prodotto della piena indice " q_{indice} " per il fattore probabilistico di crescita " K_T ":

$$Q_T = K_T m_Q$$

dove:

Q_T è la portata al colmo di piena espressa in m^3/s ;

K_T è un coefficiente adimensionale;

m_Q è la piena indice (portata media annua) espressa in m^3/s .

La relazione proposta per la valutazione del fattore probabilistico di crescita K_T , in funzione del tempo di ritorno T , risulta espressa dalla seguente relazione:

$$K_t = 0,32977 + 0,61107 \ln T$$

dove:

\ln : logaritmo in base e;

T : tempo di ritorno;

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 24 di 69	Rev. 0

Considerando la regione Romagna-Marche come “Area unica”, gli autori del suddetto metodo, tramite regressione multipla non lineare, hanno ottenuto la seguente relazione che lega la “piena indice” ad alcune grandezze geomorfologiche.

L’espressione è la seguente quando non si dispone di informazioni idro- geologiche tali da identificare l’impermeabilità del bacino:

$$m(Q)=0,21*10^{-3}*S^{1,0816}*m(h_g)^{2,4157}*DH^{0,4694}$$

dove:

S: Superficie del Bacino, in kmq;

m(h_g): media del massimo annuale dell’altezza puntuale di precipitazione giornaliera, in mm, valutata nel baricentro del bacino;

DH: quota media del bacino riferita alla sezione di chiusura

4.5.4 Risultati

Applicando le relazioni sopra riportate, è possibile ricavare la “piena indice” in funzione dei parametri indicati e il fattore di crescita K_T in (funzione del tempo di ritorno).

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle elaborazioni:

Tab.4.f: risultati elaborazioni metodo VAPI

Corso d’acqua	“A” Sup. Bacino km ²	Q _{indice}	K _T (T=50anni)	K _T (T=100anni)	K _T (T=200anni)
sez. studio n.1	439	186.38	2.7203	3.1439	3.5674
sez. studio n.2	431	185.26	2.7203	3.1439	3.5674

I risultati delle elaborazioni condotte con il metodo VAPI, conducono quindi ai valori riportati nella tabella seguente.

Tab.4.g: risultati elaborazioni metodo VAPI

Corso d’acqua	Q (Tempo ritorno 50 anni)	Q (Tempo ritorno 100 anni)	Q (Tempo ritorno 200 anni)
sez. studio n.1	507	586	665
sez. studio n.2	504	582	661

4.6 Portate di progetto

Per la scelta della portata di progetto si adotta un approccio conservativo, ossia si sceglie di adottare, per ciascuna sezione di studio, il valore massimo delle portate duecentennali, tra quelli stimati con le modalità precedentemente evidenziate.

Nella Tabella seguente si riepilogano dunque le portate di progetto, associate ad un

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 25 di 69	Rev. 0

tempo di ritorno (T_R) pari a 200 anni, prese in considerazione per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente.

tab.4.h: Portate di progetto - tabella riepilogativa

Sezione	Superficie Bacino (kmq)	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s-kmq)
Sez. attraversamento n.1 (valle)	439	821	1.87
Sez. attraversamento n.2 e 3 (monte)	431	820	1.90

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 26 di 69	Rev. 0

5 STUDIO IDRAULICO

Lo studio idraulico è finalizzato alla valutazione dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso (velocità media della corrente, battente d'acqua, numero di Froude, carico totale e cinetico) di una generica portata in una o più sezioni di studio.

In particolare nello specifico la determinazione dei fenomeni erosivi diviene essenziale per la corretta definizione della configurazione geometrica in subalveo della condotta e per la definizione delle eventuali opere di difesa idraulica

Tali valutazioni vengono eseguite utilizzando, nell'ipotesi che si verifichino in corrispondenza delle sezioni di studio l'evento di piena di progetto, che viene assunta quella corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni (valore al quale si associa la probabilità del 99.5% che l'evento stesso non siano superato).

Le verifiche idrauliche di seguito effettuate risultano pertinenti sia alla preesistente configurazione idraulica del corso d'acqua che a quella di fine lavori, per ciascuna delle sezioni analizzate. Ciò in quanto, con i lavori in progetto, non vengono apportate alterazioni alla sezione d'alveo del corso d'acqua.

5.1 Metodologia di calcolo

Dapprima si determina la velocità media della corrente V (m/s) in funzione dell'altezza idrometrica, utilizzando l'equazione del moto uniforme:

$$V = X \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- R : raggio idraulico (m), definito come il rapporto fra l'area della sezione bagnata A (m^2) e la lunghezza del perimetro bagnato P (m);
- i : pendenza del fondo alveo (m/m) nel tratto comprendente la sezione di attraversamento;
- X : coefficiente di resistenza ($m^{1/2} s^{-1}$) calcolato secondo la formula di Manning-Strickler:

$$X = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

dove:

- n : coefficiente di scabrezza ($m^{-1/3} s$), variabile da 0.025 a 0.16 in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del corso d'acqua.

Con la velocità così calcolata, tramite l'equazione di continuità:

$$Q = V \cdot A$$

si determina la portata defluente Q (m^3/s).

È così possibile ricavare per tentativi l'altezza idrometrica e la velocità relativa alla portata di piena considerata qualora questa risulti smaltibile dalla sezione di deflusso. In caso diverso, è possibile comunque determinare il massimo valore smaltibile dalla sezione in studio.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 27 di 69	Rev. 0

Con i risultati ottenuti si può, inoltre, determinare il numero di Froude Fr , definito come rapporto fra la forza d'inerzia e la forza di gravità, che caratterizza lo stato energetico del moto (corrente veloce per $Fr > 1$, lenta per $Fr < 1$):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$$

dove:

- g : accelerazione di gravità (9.81 m/s^2);
- h : battente idrico (m);

In merito al problema della determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena si è ricorsi al procedimento di Shields, secondo il quale sussiste la seguente relazione funzionale che lega la spinta idrodinamica su particelle di granulometria uniforme e la distribuzione delle velocità lungo la verticale.

$$\frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma)d} = f\left(\frac{d \cdot \sqrt{g \cdot h \cdot i}}{\mu}\right) = f\left(\frac{V \cdot d}{\mu}\right)$$

in cui:

- τ_o : tensione tangenziale (kg/m^2);
- γ_s : peso specifico delle particelle (kg/m^3);
- γ : peso specifico dell'acqua (1000 kg/m^3);
- d : diametro delle particelle (m), ovvero, estendendo l'uso della espressione a granulometrie variabili, diametro medio del materiale di fondo ($d = d_{50}$);
- μ : viscosità cinematica ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ per acqua a 20°C);
- V^* : velocità d'attrito (m/s).

La tensione tangenziale critica e la velocità di attrito si determinano tramite le seguenti relazioni:

$$\tau_o = \gamma \cdot R \cdot i \quad ; \quad V^* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\delta}}$$

in cui:

- δ : densità dell'acqua ($= 102 \text{ kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$).

Per valori del numero di Reynold relativo alla velocità d'attrito:

$$Re^* = \frac{V^* \cdot d}{\mu} > 500$$

che nei corsi d'acqua naturali si verificano con alvei ciottolosi, il valore " $\tau_o/[(\gamma_s - \gamma)d]$ " è costante ed è pari a 0.06, cioè:

$$\frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma)d} = 0.06$$

Esplicitando tale relazione in funzione dell'unica incognita si otterrà il diametro limite dei clasti trasportabili:

$$d = \frac{\tau_o}{0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma)}$$

5.2 Valutazione dei fenomeni erosivi del fondo alveo

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 28 di 69	Rev. 0

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, spesso anche di notevole entità, innescate di volta in volta da cause che possono essere definite “intrinseche” (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o “estrinseche” (legate ad alterazioni indotte dall’uomo quali opere in alveo, escavazioni, ecc.).

La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini del dimensionamento degli interventi in alveo di qualsiasi tipo; malgrado ciò, allo stato attuale delle conoscenze, la stima del valore atteso degli approfondimenti rimane, nella maggioranza dei casi, una attività dipendente in massima parte dalla esperienza e dalla sensibilità del progettista, il quale deve avvalersi in misura preponderante degli esiti dei sopralluoghi per valutare lo stato generale dell’alveo.

Il lavoro di ricerca ha tuttavia prodotto negli ultimi 50 anni una serie di risultati di natura sperimentale che forniscono utili indicazioni circa l’entità dei fenomeni di escavazione e trasporto in alcuni casi tipici. Va sottolineato che tali risultati, dei quali si farà una sintesi nei paragrafi che seguono, sono in generale caratterizzati da due limiti principali:

- il primo risiede nel fatto che la quasi totalità dei dati utilizzati per la definizione delle metodologie di valutazione delle escavazioni proviene da prove effettuate in laboratorio, su modelli in scala ridotta e su terreni di fondo alveo a granulometria sicuramente più omogenea di quelle effettivamente riscontrabili in natura;
- il secondo limite deriva invece dal fatto che ogni formula è strettamente legata a casi particolari di escavazione in alveo e risulta difficilmente estrapolabile a casi simili a quelli sperimentati in laboratorio.

Le considerazioni sopra riportate devono condurre pertanto ad un atteggiamento di estrema cautela nell’uso delle relazioni utilizzate per il calcolo degli approfondimenti, avendo cura di utilizzare ciascuna di esse per casi simili a quelli per cui sono state ricavate ed associando comunque alle valutazioni condotte su scala locale (buche, approfondimenti localizzati) considerazioni ed analisi sulla dinamica d’alveo generale nella zona di interesse (presenza o meno di trasporto solido, variazioni storiche della planimetria d’alveo, granulometria dei sedimenti ed indagine geotecnica sui litotipi presenti nei primi metri al di sotto del fondo, ecc.).

Nel seguito si elencano alcune espressioni per la valutazione di approfondimenti localizzati in alveo; in particolare si vuole quantificare il valore che un approfondimento d’alveo può raggiungere rispetto ad una quota media iniziale del fondo.

Buche

Le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in erosioni dovute alla presenza di manufatti, a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti possono crearsi sul fondo buche di notevole profondità, e le condizioni necessarie per lo sviluppo di tale fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell’alveo, che innescano il fenomeno stesso.

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5.0 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 29 di 69	Rev. 0

indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5.0 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione.

A questo punto va osservato che l'applicazione dei numerosi procedimenti di calcolo disponibili porta sovente a risultati alquanto diversi tra loro, dovuti ad una più o meno corretta valutazione delle diverse grandezze idrauliche e geometriche esplicitate nelle singole formule.

Fra i metodi di calcolo più noti (Schoklitsh, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsh, qui utilizzata, è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici:

$$S = 0.378 \cdot H^{0.5} \cdot q^{0.35} + 2.15 \cdot a$$

dove:

- S : profondità massima della buca sulla quota media dell'alveo (m);
- H : $h+v^2/2g$: carico totale a monte della buca (m);
- q : Q/L : portata per unità di larghezza dell'alveo ($m^3/s \cdot m$);
- a : dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca (m).

Arature di fondo

Il fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "arature di fondo" raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

Nel primo caso si tratterebbe della formazione di canali effimeri di fondo alveo sotto l'azione di vene particolarmente veloci.

Nel secondo caso tali approfondimenti potrebbero derivare, durante il deflusso di un evento di piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comporterebbero un temporaneo abbassamento della quota d'alveo in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Allo stato attuale non potendosi formulare che semplici ipotesi sulle cause del fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Dopo diverse osservazioni dirette, vari autori hanno quindi proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

5.3 Risultati

Le verifiche idrauliche per ciascuna delle sezioni esaminate sono state eseguite con riferimento alla sezione d'alveo rilevata in asse della condotta in progetto (in considerazione dell'angolo d'incidenza nei confronti della direzione di deflusso delle acque).

I risultati delle elaborazioni, risultano pertinenti sia in riferimento alla configurazione idraulica preesistente che a quella di fine lavori. Ciò in quanto i lavori di posa verranno eseguiti in trivellazione, quindi non verrà alterata minimamente la sezione d'alveo.

Le elaborazioni sono state condotte in maniera automatizzata mediante il programma "Deflussi" prodotta dall'Aquater, per gli studi idraulici in condizioni di moto uniforme.

1° Attraversamento fiume Potenza

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 30 di 69	Rev. 0

Nella Tabella seguente sono riepilogati i dati di input ed i risultati delle elaborazioni. In *Appendice V* sono invece riportati i grafici di output, con particolare riferimento alla tavola con la sezione d'attraversamento e la relativa scala di deflusso (curva che lega la portata defluente all'altezza idrometrica).

Tab.5.a: Tabella Riepilogativa dei Risultati dello studio Idraulico

1° ATTR. FIUME POTENZA - SEZ. STUDIO	
DATI DI INPUT / RISULTATI	
PENDENZA DEL FONDO [%]	0.5%
COEFFICIENTE DI MANNING [-]	0.035
LIVELLO MAX PIENA [M]	171.25
MASSIMO BATTENTE IDRICO [M]	6.53
VELOCITA' MEDIA DELLA CORRENTE [M/S]	4.06
PORTATA DEFLUENTE [MC/S]	821
DIAMETRO LIMITE DEI CLASTI TRASP. [CM]	16.99
NUMERO DI FROUDE [-] (STATO DELLA CORRENTE)	0.51 (CORRENTE LENTA)
APPROFONDIMENTI LOCALIZZATI [M]	2.78
ARATURE DI FONDO [M]	3.26

Dall'esame dei risultati (si vedano anche i grafici riportati in *Appendice V*), si evince che la sezione d'alveo inciso del corso d'acqua, in corrispondenza dell'ambito di intervento, risulta in grado di far defluire nel suo interno la portata di progetto.

Il flusso in concomitanza della piena duecentennale scorre in condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$) e defluisce con velocità media significativa, di circa 4 m/s. L'azione dinamica della corrente risulta potenzialmente in grado di trasportare elementi lapidei di significative dimensioni (del diametro di circa 17cm).

I valori massimi dei fenomeni erosivi di fondo, riferiti alle arature di fondo, sono stati valutati in circa 3.3m.

2° Attraversamento fiume Potenza

Nella Tabella seguente sono riepilogati i dati di input ed i risultati delle elaborazioni. In *Appendice V* sono invece riportati i grafici di output, con particolare riferimento alla tavola con la sezione d'attraversamento e la relativa scala di deflusso (curva che lega la portata defluente all'altezza idrometrica).

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 31 di 69	Rev. 0

Tab.5.b: Tabella Riepilogativa dei Risultati dello studio Idraulico

2° ATTR. FIUME POTENZA - SEZ. STUDIO	
DATI DI INPUT / RISULTATI	
PENDENZA DEL FONDO [%]	0.6%
COEFFICIENTE DI MANNING [-]	0.035
LIVELLO MAX PIENA [M]	NON SMALTIBILE
MASSIMO BATTENTE IDRICO [M]	4.06
VELOCITA' MEDIA DELLA CORRENTE [M/S]	3.74
PORTATA DEFLUENTE [MC/S]	820 (NON SMALTIBILE)
DIAMETRO LIMITE DEI CLASTI TRASP. [CM]	12.46
NUMERO DI FROUDE [-]	0.59
(STATO DELLA CORRENTE)	(CORRENTE LENTA)
APPROFONDIMENTI LOCALIZZATI [M]	2.43
ARATURE DI FONDO [M]	2.03

Dall'esame dei risultati (si vedano anche i grafici riportati in *Appendice V*), si evince che la sezione d'alveo inciso del corso d'acqua, in corrispondenza dell'ambito di intervento, non risulta in grado di far defluire completamente nel suo interno la portata di progetto. Infatti in corrispondenza dell'evento considerato si prevedono copiose esondazioni nelle campagne sia in destra che in sinistra idrografica.

Il flusso in concomitanza della piena duecentennale scorre in condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$) e defluisce con velocità media significativa, di circa 3.8m/s. L'azione dinamica della corrente risulta potenzialmente in grado di trasportare elementi lapidei di significative dimensioni (del diametro di circa 13cm).

I valori massimi dei fenomeni erosivi di fondo, riferiti agli approfondimenti localizzati, sono stati valutati in circa 2.5 m.

3° Attraversamento fiume Potenza

Nella Tabella seguente sono riepilogati i dati di input ed i risultati delle elaborazioni. In *Appendice V* sono invece riportati i grafici di output, con particolare riferimento alla tavola con la sezione d'attraversamento e la relativa scala di deflusso (curva che lega la portata defluente all'altezza idrometrica).

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 32 di 69	Rev. 0

Tab.5.c: Tabella Riepilogativa dei Risultati dello studio Idraulico

3° ATTR. FIUME POTENZA - SEZ. STUDIO	
DATI DI INPUT / RISULTATI	
PENDENZA DEL FONDO [%]	0.6%
COEFFICIENTE DI MANNING [-]	0.035
LIVELLO MAX PIENA [M]	NON SMALTIBILE
MASSIMO BATTENTE IDRICO [M]	4.83
VELOCITA' MEDIA DELLA CORRENTE [M/S]	2.75
PORTATA DEFLUENTE [MC/S]	820 (NON SMALTIBILE)
DIAMETRO LIMITE DEI CLASTI TRASP. [CM]	8.75
NUMERO DI FROUDE [-]	0.40
(STATO DELLA CORRENTE)	(CORRENTE LENTA)
APPROFONDIMENTI LOCALIZZATI [M]	2.31
ARATURE DI FONDO [M]	2.41

Dall'esame dei risultati (si vedano anche i grafici riportati in *Appendice V*), si evince che la sezione d'alveo inciso del corso d'acqua, in corrispondenza dell'ambito di intervento, non risulta in grado di far defluire completamente nel suo interno la portata di progetto. Infatti in corrispondenza dell'evento considerato si prevedono copiose esondazioni che riguardano prevalentemente il lato in sinistra idrografica (nel lato interno dell'ansa).

Il flusso in concomitanza della piena duecentennale scorre in condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$) e defluisce con velocità media di quasi 3 m/s. L'azione dinamica della corrente risulta potenzialmente in grado di trasportare elementi lapidei di significative dimensioni (del diametro di quasi 10cm).

I valori massimi dei fenomeni erosivi di fondo, riferiti alle arature di fondo, sono stati valutati in circa 2.5 m.

Considerazione dei risultati conseguiti

Si eseguono alcune considerazioni sui risultati delle verifiche idrauliche nei confronti delle perimetrazioni delle aree a Rischio Idraulico riportate nel Pai, i cui stralci planimetrici sono riportati nel capitolo 8.

In particolare per quanto riguarda il 1° attraversamento del Potenza, le verifiche idrauliche hanno evidenziato che l'alveo inciso del corso d'acqua risulta in grado di far defluire la portata di piena considerata (duecentennale). Questo risultato risulta conforme con le perimetrazioni del PAI, dove non sono riportate aree di esondazione nell'intorno della sezione considerata.

Per quanto riguarda il 3° attraversamento del Potenza, le verifiche idrauliche hanno evidenziato esondazioni che riguardano prevalentemente il lato in sinistra idrografica (nel lato interno dell'ansa). Anche in questo caso detto risultato è sostanzialmente conforme con le perimetrazioni riportate nelle cartografie del PAI.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 33 di 69	Rev. 0

Per il 2° attraversamento si rileva invece una anomalia. Infatti lo studio idraulico ha evidenziato che l'alveo risulta assolutamente insufficiente per far defluire nel suo interno la portata di piena duecentennale; contrariamente nella cartografia del PAI non è indicata nessuna perimetrazione di pericolo e/o rischio idraulico in corrispondenza dell'ambito considerato.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 34 di 69	Rev. 0

6 METODOLOGIA D'ATTRAVERSAMENTO CON MICROTUNNEL

6.1 Generalità

La scelta del sistema d'attraversamento, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di rilevanti dimensioni, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia in fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta in progetto quanto per il fiume.

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, ambientali, geometriche ed idrauliche delle sezioni d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento mediante trivellazione con la tecnica del "microtunnelling".

Le geometrie di progetto dei tunnel e le tecniche operative adottate nella fase di trivellazione garantiscono, infatti, i necessari livelli di sicurezza sia del gasdotto che dell'alveo del fiume nei confronti dei fenomeni di sifonamento e/o delle sollecitazioni indotte per deformazione del terreno di fondazione, sia durante le fasi di realizzazione che a lungo termine.

Si pone in evidenza che in *Appendice VI*, è riportata una documentazione fotografica relativa ad alcune applicazioni già effettuate con la metodologia costruttiva proposta.

6.2 Configurazioni geometriche di progetto

La definizione geometrica del tunnel e quindi della condotta, viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo del minitunnel e della condotta.

E' necessario infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione di ciascuno dei due tunnel. Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento in subalveo, si rimanda alla visione degli elaborati grafici di progetto precedentemente richiamati.

Microtunnel 1° Attraversamento

Il profilo di trivellazione presenta una configurazione costituita da due brevi segmenti rettilinei in corrispondenza delle estremità e da un lungo arco di circonferenza nel tratto centrale.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel di circa 490metri (di cui circa 460m relativamente al tratto curvilineo e complessivamente 30m circa per i due tratti rettilinei);
- diametro interno del microtunnel: min. 2000mm;
- raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a 1600 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo di magra di circa 9 m (ben superiore ai valori massimi dei fenomeni erosivi stimati);

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 35 di 69	Rev. 0

- postazione di partenza (di spinta): in sinistra idrografica del fiume, con profondità massima del pozzo di circa 5.5m dal piano campagna. Distanza dalla sponda del corso d'acqua di oltre 200m;

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate distanze sia dal fondo alveo, che dai manufatti esistenti in superficie; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dalle pertinenze fluviale.

Microtunnel 2 e 3° Attraversamento

E' prevista una trivellazione che consente il superamento dell'ansa del corso d'acqua intersecata dal tracciato di linea del metanodotto in progetto. In sostanza il 2° ed il 3° attraversamento del corso d'acqua avvengono in maniera congiunta mediante un'unica trivellazione.

Il profilo di trivellazione presenta una configurazione costituita da tre segmenti rettilinei (due brevi tratti alle estremità ed un lungo tratto centrale) e da due archi di circonferenza intermedi.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel di 585metri circa (di cui complessivamente 323m circa relativamente ai due tratti curvilinei e complessivamente 262m circa per i tre tratti rettilinei);
- diametro interno del microtunnel: min. 2400mm;
- raggio di curvatura dei tratti curvilinei pari a 1600 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo di magra di 7.8m (ben superiore ai valori massimi dei fenomeni erosivi stimati);
- postazione di partenza (di spinta): in destra idrografica del fiume nell'ambito della 2^a interferenza tra la linea ed il fiume, con profondità massima del pozzo di circa 6m dal piano campagna. Distanza dalla sponda del corso d'acqua di oltre 100m;
- postazione di arrivo del tunnel (di recupero): in destra idrografica del fiume nell'ambito della 3^a interferenza tra la linea ed il fiume. Distanza dalla sponda del corso d'acqua di circa 100m;

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate distanze sia dal fondo alveo, che dai manufatti esistenti in superficie; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dalle pertinenze fluviale.

6.3 Requisiti generali del sistema costruttivo

I sistemi di trivellazione che utilizzano le tecniche del microtunnelling presentano una serie di opzioni tali da garantire sia la fattibilità esecutiva del tunnel che il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza rispetto alla stabilità dei terreni che del tunnel stesso.

La definizione del sistema operativo da adottare riguarda sostanzialmente i seguenti elementi: tipo di fresa di perforazione, tubi di protezione in c.a., intasamento del terreno di perforazione.

- La testa fresante sarà a tenuta idraulica (fig.2 – Appendice VI)

E' necessario ricorrere all'uso di un sistema che preveda una fresa integrale con scudo chiuso con bilanciamento della pressione sul fronte di scavo tramite fanghi bentonitici. In questo modo, in corso d'opera l'equilibrio delle pressioni sul fronte di

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 36 di 69	Rev. 0

scavo inibisce in modo sostanziale l'afflusso d'acqua verso il tunnel.

- Stazione di spinta principale e stazioni di spinta intermedie

La potenza della stazione di spinta principale (*fig. 4*) sarà adeguata alle previste resistenze all'avanzamento, al numero delle eventuali stazioni intermedie (*fig.5*) ed alle modalità e caratteristiche esecutive che verranno adottate in fase di avanzamento della trivellazione.

L'unità di spinta principale verrà messa a contrasto con il muro reggispinta (*fig.3*), realizzata all'interno della postazione di partenza della trivellazione.

- Sistema di controllo dell'avanzamento della trivellazione

Sarà approntato un sistema per il controllo (durante l'avanzamento) della direzionalità del tunnel (strumentazione ottica e laser), delle potenze impiegate, della velocità di rotazione dello scudo e delle pressioni dei fanghi di perforazione.

In considerazione della precisione di esecuzione richiesta ed essendo necessario il controllo in tempo reale sulla direzionalità del tunnel, il sistema sarà dotato di adeguati strumenti computerizzati per l'elaborazione dei dati rilevati con sistemi di puntamento ottico e laser. L'operatore addetto alla verifica dovrà operare con continuità sulla consolle di comando, posizionata all'esterno della postazione di trivellazione (*fig.6*), e tramite il sistema di puntamento laser controllerà l'andamento planimetrico ed altimetrico del tunnel realizzato.

- Tubi di rivestimento in c.a. (*fig.7*) I tubi di rivestimento che saranno impiegati, sono anelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato ($R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$, con armatura FeB 44K). In considerazione degli elevati standard di qualità richiesti alle tubazioni, i manufatti in calcestruzzo armato saranno prodotti in stabilimento di prefabbricazione con materiali di qualità e caratteristiche controllate e certificate e dovranno presentare resistenze garantite per le massime sollecitazioni prevedibili. Il tubo di rivestimento sarà, inoltre, a tenuta idraulica, corredato di giunti a tenuta idraulica, capaci di resistere ad una pressione $\geq 5-7 \text{ atm}$.

I manufatti, infine, saranno forniti di valvole di iniezione (almeno 3 manchettes per tubo) necessarie per eseguire nel terreno di trivellazione iniezioni fluidificanti con miscele bentonitiche o polimeriche durante le fasi di avanzamento ed iniezioni a base di miscele di cemento e bentonite per l'intasamento dell'intercapedine "terreno-tubo di protezione" nelle fasi finali di costruzione del minitunnel.

- Giunti di tenuta idraulica (Fig.8)

Le giunzioni tra i tubi di rivestimento saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del tunnel e la tenuta idraulica: l'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto viene assicurata da anelli in gomma.

Essendo richiesta l'ispezionabilità del tunnel durante tutte le fasi costruttive del tunnel, si porranno in opera giunti di tenuta idraulica tra i conci di caratteristiche sperimentate e certificate nelle condizioni di esercizio più gravose.

- Iniezioni di intasamento "tubo di rivestimento – terreno"

Al termine delle operazioni di scavo, è richiesta l'esecuzione di iniezioni di miscele

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 37 di 69	Rev. 0

cementizie dagli ugelli predisposti lungo le pareti dei tubi di rivestimento. Le iniezioni saranno effettuate per ogni singola valvola fino al rifiuto, con numero, modalità e pressioni d'iniezione adeguate per creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.

L'intasamento idraulico delle cavità tra tubo e terreno, riduce la filtrazione che può verificarsi lungo il contatto tra tubo di rivestimento e terreno in corso di realizzazione dell'opera.

- Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)

L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato verrà effettuato in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema deve quindi essere provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione.

- Impianto di produzione dei fanghi di perforazione

Verrà predisposto in cantiere un impianto di produzione di fanghi bentonitici (o miscele a base di polimeri) necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.

L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

- Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento

Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento dovranno essere effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.

- Sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento

La sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento sarà eseguita dall'interno del tunnel successivamente alle operazioni di avanzamento, con malta di cemento ad alta resistenza in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti con lo scopo di realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, in aggiunta a quella strutturale del giunto.

- Intasamento interno del tunnel

Terminate le operazioni di varo ed eseguito il collegamento di linea della condotta, dovrà essere realizzato il riempimento dell'intercapedine tra tubo di linea e tubo di rivestimento tramite idonee miscele, con lo scopo di saturare l'intercapedine stessa e impedire la formazione di flussi idrici all'interno del tubo di rivestimento ed eliminare la camera d'aria altrimenti presente tra tubo di linea e pareti del tunnel. Le miscele impiegate possono essere conglomerati cementizi addittivati e/o alleggeriti oppure miscele di tipo bentonitico.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 38 di 69	Rev. 0

6.4 Fasi operative

Di seguito viene fornita la descrizione delle principali fasi operative per la costruzione del microtunnel e la messa in opera, al suo interno, della condotta in acciaio.

Fasi Operative:

- Impianto cantiere;
- Esecuzione delle postazioni di estremità;
- Esecuzione della trivellazione;
- Varo della condotta;
- Collaudo idraulico della condotta;
- Posa dei cavi telecomando;
- Intasamento interno del tunnel;
- Ripristini.

Impianto cantiere

Il cantiere sarà costituito da due aree di dimensioni adeguate, ubicate in corrispondenza dei pozzi di spinta e di arrivo.

Esecuzione delle postazioni di estremità

Prima dell'installazione delle apparecchiature relative alla realizzazione del tunnel, si procederà alla costruzione del pozzo di spinta. La postazione di arrivo sarà realizzata prima dell'ultimazione della trivellazione (di cui al punto seguente).

Le metodologie realizzative dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dalla presenza della falda. I pozzi (postazione di trivellazione e di recupero) saranno di dimensioni adeguate per effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del microtunnel e per essere equipaggiati con tutti gli impianti a corredo del sistema di trasporto. Saranno realizzate strutture di contenimento verticali adeguate a resistere a tutte le sollecitazioni esterne (spinta delle terre, spinta idrostatica, pressione della stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella realizzazione dei pozzi, dovendo essere realizzati sottofalda, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

Esecuzione della trivellazione

La trivellazione sarà eseguita con una fresa a scudo chiuso con il bilanciamento della pressione sul fronte di scavo.

Le caratteristiche tecniche del sistema costruttivo è stato descritto nel capitolo precedente.

Varo della condotta

La condotta potrà essere collocata dentro il microtunnel con due metodologie:

- 1) - Varo dell'intera colonna in unica soluzione
- 2) - Varo con inserimento progressivo delle singole barre

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 39 di 69	Rev. 0

Al fine di evitare lo strisciamento tra la condotta ed il fondo del tunnel e diminuire l'attrito radente che si sviluppa tra le due superfici verranno applicati alla condotta opportuni collari distanziatori costituiti da materiali in grado di resistere all'usura (collari RACI in PEAD rinforzato e/o in malta poliuretana gettati in opera).

- *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*

La colonna di varo potrà essere predisposta rispettando la geometria di progetto.

La lunghezza della colonna di varo sarà formata da singoli tronconi che verranno assiemati man mano che le operazioni di infilaggio progrediranno.

La scelta della posizione e della lunghezza della colonna sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

In testa alla colonna di varo verrà saldata una testata di tiro alla quale, mediante un sistema di pulegge, verrà collegato il cavo in acciaio per il tiro. Dal lato opposto della colonna un argano, ovvero un sistema di martinetti, produrrà il tiro necessario all'infilaggio della condotta nel tunnel.

Lungo la colonna sarà disposto un sufficiente numero di mezzi di sollevamento che aiuteranno la condotta sia ad assumere la geometria elastica di varo prevista in progetto che le operazioni di infilaggio.

- *Varo con l'inserimento progressivo delle singole barre*

La scelta della posizione per il varo sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

Le singole barre verranno calate una alla volta nel pozzo con l'ausilio di trattori posatubi e qui assiemate mediante saldatura di testa.

L'inserimento nel tunnel avverrà perciò progressivamente grazie al tiro di un argano, posizionato nel pozzo opposto a quello di varo, collegato con un cavo in acciaio alla testata di tiro saldata sulla prima barra.

Le saldature del tratto di condotta in attraversamento saranno tutte radiografate ed accompagnate dal certificato di idoneità rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura. La condotta sarà protetta con:

- una protezione passiva esterna costituita da un rivestimento in polietilene estruso ad alta densità applicato in fabbrica dello spessore minimo di mm 3 ed un rivestimento interno in vernice epossidica.
- i giunti di saldatura saranno rivestiti in linea con fasce termorestringenti;
- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti impresse con apparecchiature poste lungo la linea.

Collaudo idraulico della condotta

Il tratto di condotta interessato dall'attraversamento sarà sottoposto ad una prova idraulica in opera con una pressione pari ad 1,2 volte la pressione massima di esercizio (75 bar).

La pressione di prova idraulica sarà controllata con manometro registratore. Il risultato della prova idraulica sarà verbalizzato.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 40 di 69	Rev. 0

Posa dei cavi telecomando

Insieme alla condotta, verranno alloggiati i cavi telecomando (con funzioni di telemisure, telecontrolli e telecomunicazioni).

Verranno fissati, all'interno del minitunnel, mediante appositi ganci di sostegno n° 3 DN 100 (4") sp. 4,00 mm. La loro funzione è quella di alloggiare i tubi portacavo (polifora) in PEAD Dn 50-PN 16. Uno dei monotubi della polifora sarà occupato dal cavo di telecomando di servizio al metanodotto, mentre gli altri verranno utilizzati per manutenzione o scorta.

Intasamento del minitunnel

Al termine delle operazioni di infilaggio della condotta e della prova idraulica, si procederà all'intasamento totale del microtunnel mediante l'utilizzo di speciali miscele intasanti.

Le operazioni di intasamento avverranno trasportando la miscela intasante attraverso uno o più tubi in PEAD di diametro variabile tra i 100 e i 150 mm opportunamente fissati con centine alla volta del microtunnel. I tubi verranno installati nel microtunnel subito dopo la sua realizzazione.

Ultimate le operazioni di intasamento entrambe le estremità del tunnel saranno sigillate con tappi in calcestruzzo.

Le miscele intasanti che saranno utilizzate potranno essere essenzialmente di due tipi:

- a) miscele di bentonite, acqua e cemento;
- b) miscele a base di sabbia, cemento, acqua

Entrambe le miscele assicurano l'intasamento dell'intercapedine senza la formazione di cavità e/o tratti vuoti.

Prima dell'inizio delle operazioni di intasamento saranno eseguite delle prove per individuare la composizione ottimale della miscela prescelta in relazione ai parametri di fluidità nella fase di posa in opera, la rapidità della presa, il basso ritiro volumetrico e la resistenza a compressione.

Ripristini

Al termine delle operazioni di intasamento interno del tunnel e di collegamento dalla condotta varata con i tratti già posati a monte e a valle dell'attraversamento, si procederà al ritombamento dei pozzi e allo sgombero delle aree di lavoro e al loro ripristino per la restituzione delle aree alle normali attività agricole.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 41 di 69	Rev. 0

7 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI TERRENI

7.1 Considerazioni di carattere idrologico-idraulico

La copertura minima del tunnel in progetto risulta tale da aversi ampi margini di sicurezza rispetto alle indicazioni ottenute con lo studio idrologico-idraulico. Infatti a fronte di approfondimenti in alveo, il cui valore massimo è stato valutato per il 1° attraversamento nell'ordine dei 3.3 metri, la copertura minima di progetto di ciascuno dei due tunnel risulta di circa 8 metri nei confronti della quota minima di fondo alveo.

I lavori in progetto non interferiscono con la stabilità idraulica delle sponde e delle opere di difesa spondale.

7.2 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo

Nei paragrafi seguenti viene affrontato il problema della stabilità dei terreni rispettivamente nella configurazione transitoria nel corso di esecuzione dei lavori e a lungo termine, successiva al completamento dei lavori.

Stabilità per "filtrazione" in corso di esecuzione dei lavori

L'instabilità per filtrazione lungo una traiettoria preferenziale a permeabilità elevata rispetto al terreno può avvenire ogni qualvolta si verifica una repentina dissipazione del carico idraulico. Ciò si verifica quando nel "tubo di flusso" le perdite di carico idraulico sono piuttosto elevate, come nel caso di una trivellazione a "sezione aperta" dove può aversi un flusso all'interno del tubo di protezione oppure, nel terreno di trivellazione, qualora siano presenti "scavernamenti" lungo la trivellazione stessa.

Relativamente ai lavori d'interesse la tecnica adottata elimina tali rischi, presenti per alcune metodologie di scavo sottofalda, legati a possibili fenomeni di filtrazione lungo il foro di trivellazione. Con tale tecnica infatti è possibile un bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche consentendo di operare con un sistema "chiuso" a tenuta idraulica. Infatti:

- la fresa presente sul fronte scavo è a sezione piena;
- l'allontanamento del terreno di perforazione avviene internamente al tubo di protezione con l'utilizzo di un apposito sistema idraulico. La quantità di terreno scavato è in rapporto costante con l'avanzamento del tunnel;
- Il tubo di rivestimento in c.a. che spinge la fresa assicura, puntualmente ed in ogni istante, il sostegno dello scavo ed il bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche (giunti a tenuta idraulica);
- I pozzi di spinta e di recupero, da realizzare con manufatti in c.a., saranno a tenuta idraulica. In particolare, l'anello di neoprene di tenuta idraulica presente sulla parete del pozzo di trivellazione consente il progressivo inserimento dei conci in c.a. impedendo eventuali flussi localizzati, in prossimità della parete esterna del tubo di protezione, verso il pozzo di spinta.

Come già accennato, la metodologia adottata è anche in grado di garantire un'adeguata tenuta della zona di contatto terreno-tubazione nei riguardi di eventuali moti di filtrazione preferenziali.

La lubrificazione del terreno a contatto con il rivestimento mediante un circuito esterno di fanghi, che consente di ridurre in maniera sensibile le resistenze laterali all'avanzamento, e la particolare configurazione del sistema di giunzione, che garantisce assenza di sovraingombri dei giunti nei confronti del diametro esterno del

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 42 di 69	Rev. 0

tubo di protezione in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un sovracarotaggio del foro rispetto al tubo di protezione ottenendosi così il diametro del foro praticamente coincidente con quello della tubazione di rivestimento.

Stabilità per “filtrazione” a lungo termine

Le motivazioni espresse sulla stabilità alla filtrazione durante le fasi operative, sono a maggior ragione valide per la configurazione finale dell’opera.

Si è già detto che la metodologia minimizza le deformazioni plastiche nel terreno e le conseguenti alterazioni delle caratteristiche di permeabilità: la sua rottura viene ottenuta per rotazione e non per taglio avendosi così una sorta di aderenza tra il rivestimento e il terreno (l’utilizzo dei fanghi bentonitici e la possibilità di bilanciare le pressioni esterne contribuiscono a minimizzare l’alterazione dello stato tensionale preesistente nel terreno).

Una garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che, interessando terreni posti ad “elevate profondità”, soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

- le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente (in assenza del tunnel);

Viene inoltre introdotto un ulteriore grado di sicurezza, a garanzia della stabilità dell’insieme, riutilizzando lo stesso impianto già adoperato per le iniezioni in fase di avanzamento. Al termine dei lavori di trivellazione, il terreno prossimo al tubo di protezione viene “intasato” iniettando a bassa pressione una miscela di acqua, bentonite e cemento.

Tali iniezioni hanno lo scopo di escludere, per ogni evenienza, l’instaurarsi di un flusso preferenziale lungo l’asse di trivellazione. Si ottiene così, nell’intorno del foro, un terreno a permeabilità sicuramente inferiore rispetto al terreno in posto.

L’esecuzione di tali iniezioni è prevista lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trivellazione.

Si evidenzia inoltre che, una volta posato il metanodotto, l’intasamento finale dell’interno del tunnel con miscele cementizie autolivellanti garantirà, anche al suo interno, l’assenza di vuoti che possono essere possibili vie preferenziali di filtrazione.

Successivamente ai collegamenti del metanodotto con la linea, le due estremità del tunnel verranno sigillate con setti in c.a., in corrispondenza dei due pozzi (di spinta e di recupero). Quest’ultimi, al termine dei lavori, verranno riempiti con terreni a bassa permeabilità opportunamente costipati.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 43 di 69	Rev. 0

8 ANALISI COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Interferenze con “Aree a Rischio di Esondazione” individuate nel PAI

La Regione Marche, nell’ambito del “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)”, ha redatto le tavole denominate “Carta del Rischio Idrogeologico”, nelle quali vengono individuate le “Aree a Rischio frana” e le “Aree a Rischio di Esondazione” presenti sul territorio di pertinenza.

A tal proposito nelle figure seguenti si riportano gli stralci della “Carta del Rischio Idrogeologico” (riportati in scala 1:10.000) relativi alle aree d’attraversamento in esame, per l’individuazione delle interferenze con le “Aree a Rischio di Esondazione”.

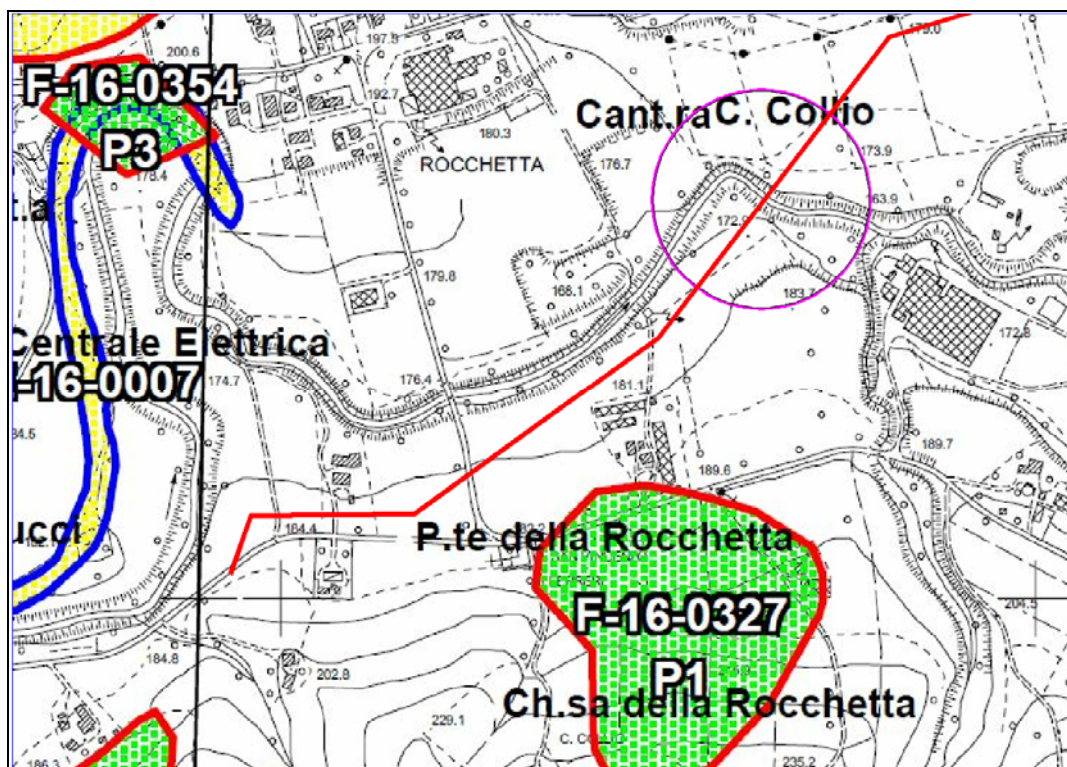


Fig.8.1: Ambito 1°Attraversamento- Interferenze con “Aree a Rischio di Esondazione”

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 44 di 69	Rev. 0

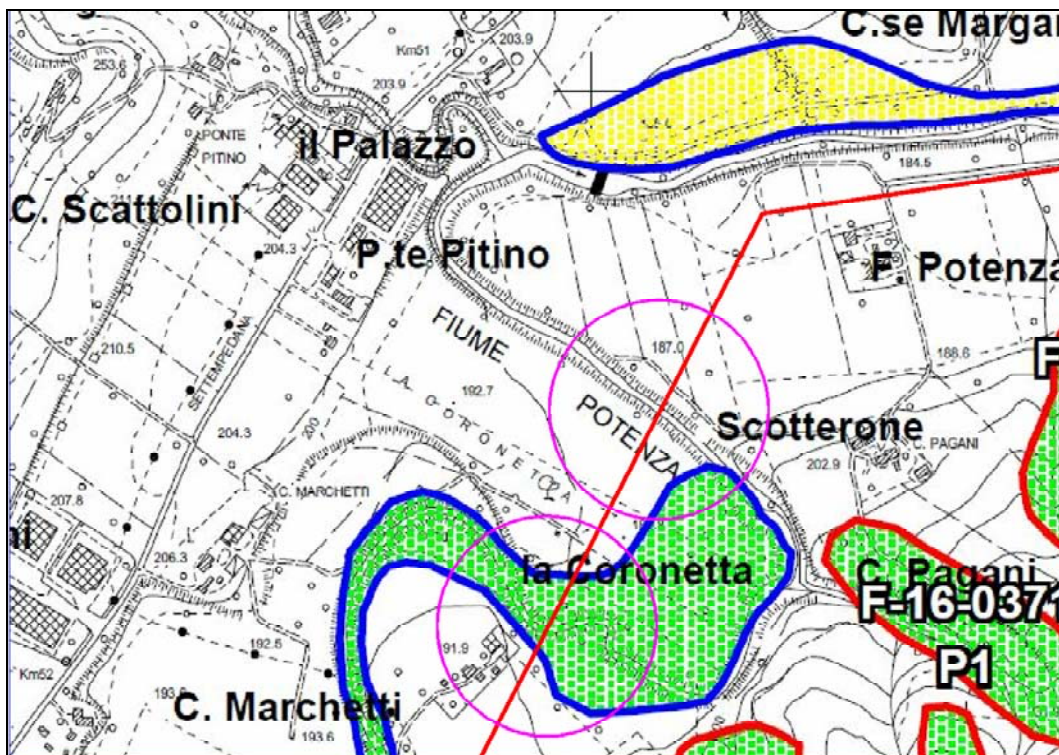


Fig.8.2: Ambito 2°e 3° Attravers.- Interferenze con “Aree a Rischio di Esondazione”

Dall’esame delle figure precedenti, si rileva che il 1° ed il 2° attraversamento in esame non ricadono tra gli ambiti perimetrati a rischio di inondazione, mentre il 3° attraversamento interferisce con un’area R1, ossia con un’area inondabile a cui è associato un livello di rischio moderato (codice area E-16-0008). A tal proposito si pone in evidenza che, ai sensi dell’art.8 delle Norme di Attuazione, tutte le aree perimetrare sono comunque associate ad un unico livello di pericolosità “elevata – molto elevata”.

Gli interventi consentiti nelle aree classificate a rischio di esondazione sono regolamentati negli articoli di cui al titolo II “Piano per l’Assetto Idraulico” delle Norme di Attuazione del Piano; inoltre gli stessi interventi devono essere comunque conformi alle finalità di cui all’Allegato “A” delle N.A. denominato “Indirizzi d’uso del territorio per la salvaguardia dai fenomeni di esondazione”.

8.2 Analisi di compatibilità

Il metanodotto in progetto rappresenta un’infrastruttura lineare riferita a servizi di interesse pubblico, non altrimenti localizzabile. In tal senso, in riferimento alle norme di attuazione del Piano, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l’interferenza con aree classificate a rischio di esondazione.

Inoltre entrando nello specifico relativo a ciascun attraversamento (si vedano gli elaborati grafici di progetto) si evidenzia che:

- L’attraversamento fluviale, in ciascun caso, prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d’eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene con tempo di ritorno di duecento anni, cosicché é da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 45 di 69	Rev. 0

- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito della regione fluviale;
- In ciascuno dei casi in esame, la tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre di escludere effettive interferenze anche nella fase costruttiva dell'opera;
- La configurazione geometrica del pipeline in ciascun ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni inerenti alle interferenze con la dinamica fluviale del corso d'acqua, le quali risultano valide per ciascuno degli attraversamenti in esame:

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
2. *Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo*
La condotta in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.
3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.
4. *Interazioni con le opere di difesa idrauliche preesistenti*
La realizzazione dei lavori mediante tecniche trenchless consente di evitare di interrompere la continuità tipologica e funzionale delle strutture eventualmente presenti in superficie;
5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva ed alla geometria della condotta (per ciascuno dei casi analizzati), possano essere ritenute congruenti con le disposizioni contenute nelle Norme di Piano.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 46 di 69	Rev. 0

9 CONCLUSIONI

Il tracciato di progetto del metanodotto *Snam Rete Gas* “Recanati - Foligno”, DN 1050 (42”) intercetta una prima volta il Fiume Potenza, poco a valle della località “Rocchetta” di San Severino Marche.

Successivamente il tracciato di progetto risale il corso d’acqua in sponda destra ed intercetta un’ansa del corso d’acqua intersecando dunque il fiume per n.2 volte a distanza ravvicinata (2° e 3° attraversamento), rispettivamente a circa 3.5 ed a circa 4 km più a monte del sopracitato 1° attraversamento.

Tutti e 3 gli attraversamenti del fiume Potenza ricadono nell’ambito del territorio comunale di San Severino Marche.

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per gli attraversamenti in esame (metodologia operativa, profilo di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico.

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d’acqua in esame, è stata prevista l’adozione di un sistema di attraversamento in trivellazione, mediante la tecnica del “microtunnelling”, utilizzando una fresa a bilanciamento di pressione.

In particolare è stata prevista una trivellazione in corrispondenza della prima interferenza tra il corso d’acqua ed il metanodotto in progetto. Una seconda trivellazione è stata prevista per consentire di attraversare in subalveo un’ansa del corso d’acqua (2° e 3° attraversamento, effettuati congiuntamente).

Il sistema previsto permette la realizzazione di una geometria d’attraversamento con elevate coperture rispetto al fondo alveo; questa caratteristica, unita alla possibilità di bilanciamento della pressione al fronte e di intasamento bentonitico continuo tra rivestimento e terreno, garantisce la minimizzazione di ogni possibile interferenza con il sistema idrico di subalveo e con il volume di terreno circostante.

Il sistema di trivellazione consente inoltre, durante le fasi di costruzione, l’ispezionabilità del tunnel e la completa indipendenza dei lavori dal sistema di deflusso in alveo e, a completamento dei lavori, l’assenza di qualsiasi cavità o vuoto in grado di innescare fenomeni di instabilità del terreno e delle difese idrauliche presenti.

Infine, il riempimento del tunnel (nell’intercapedine tra gasdotto e rivestimento) con miscele plastiche a base cementizia, l’intasamento definitivo tra rivestimento e terreno con miscela cementizia autolivellante, l’utilizzazione di tubazioni di rivestimento in c.a. con giunti a tenuta e il definitivo rinterro dei pozzi di spinta e recupero con miscela di cemento plastico, costituiscono garanzia di elevata sicurezza del sistema anche a lungo termine.

Un’ulteriore garanzia alla sicurezza del sistema, oltre ai suddetti criteri costruttivi intrinseci del sistema di trivellazione, è insita nella configurazione geometrica prevista per il tunnel. La definizione geometrica, sia del tunnel che della condotta, è stata effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l’aspetto idraulico del corso d’acqua che quelli concernenti il rispetto di adeguate distanze di sicurezza dai manufatti di difesa idraulica.

In particolare la geometria di ciascuna trivellazione è stata prevista, adottando valori di copertura in alveo decisamente superiori ai fenomeni erosivi stimati e adottando distanze adeguate dalle fondazioni dei manufatti esistenti a terra. Le postazioni di

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 47 di 69	Rev. 0

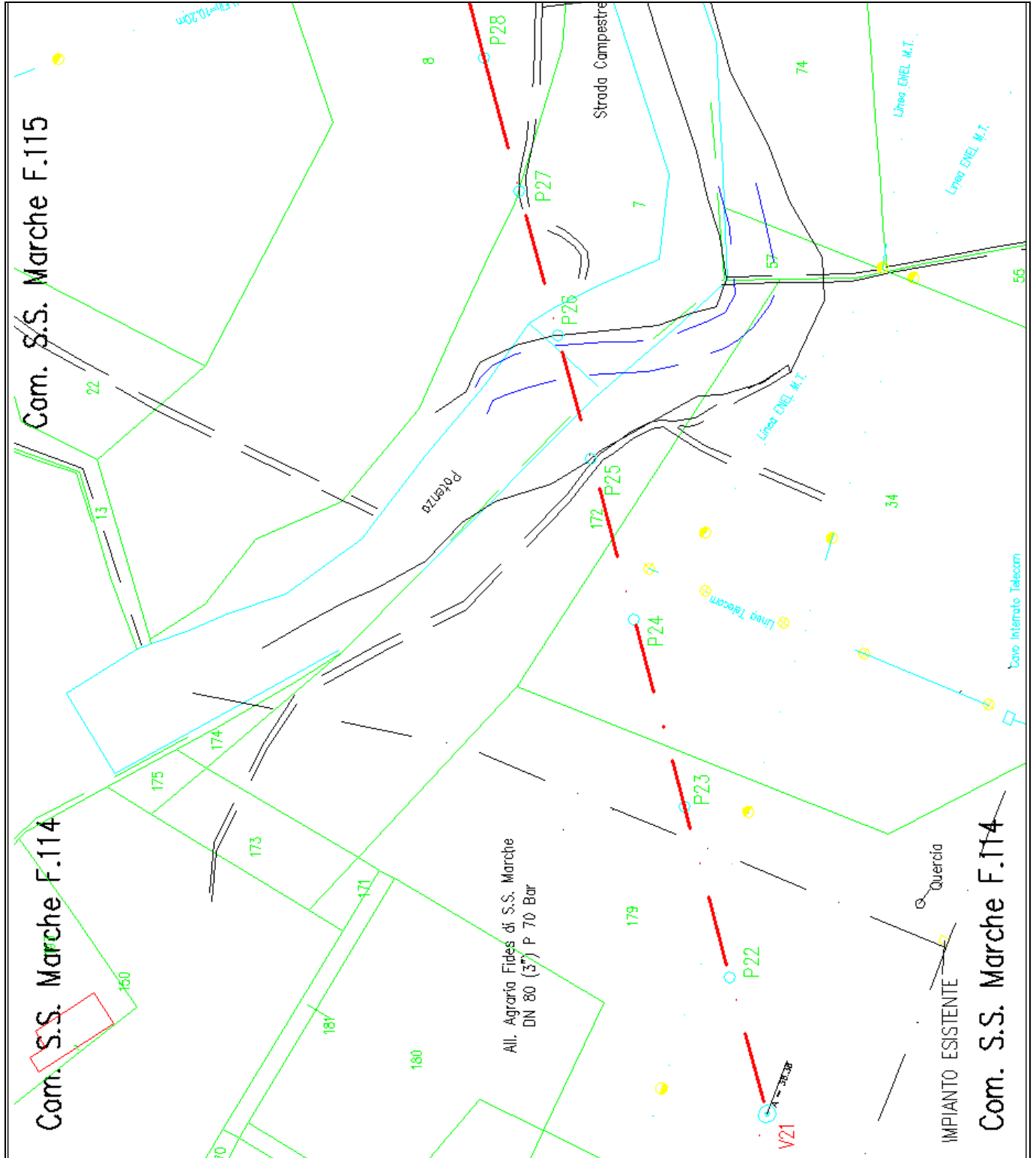
partenza e di arrivo sono state previste con appropriati distacchi di sicurezza dalle pertinenze fluviali.

Si può dunque affermare che la tecnica operativa prevista per il superamento in subalveo del corso d'acqua e la geometria di ciascun tunnel garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia del gasdotto che delle strutture sovrastanti, sia durante le fasi di realizzazione che a lungo termine. Inoltre, in considerazione delle modalità costruttive (in trivellazione) e della geometria della condotta in subalveo (in entrambi i casi), l'impatto dei lavori sarà minimo anche durante la fase operativa.

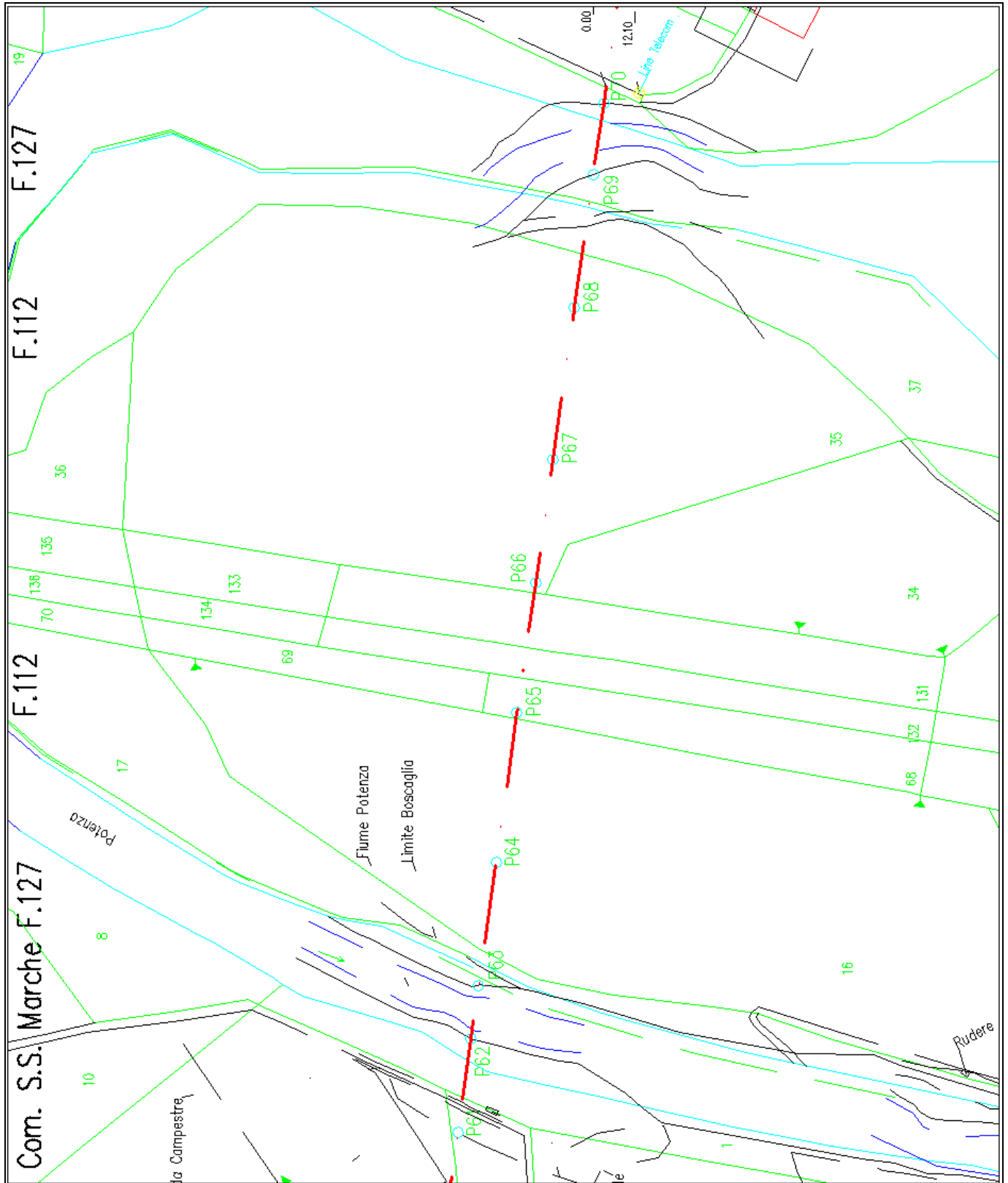
Nell'analisi delle interferenze tra il metanodotto in progetto con le aree a rischio di esondazione individuate nel PAI, è stato evidenziato che gli interventi di progetto non introducono alterazioni al deflusso della corrente. Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti gli specifici attraversamenti possano essere ritenute congruenti con le disposizioni contenute nelle Norme di Piano.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 48 di 69	Rev. 0

APPENDICE I: STRALCI CATASTALI

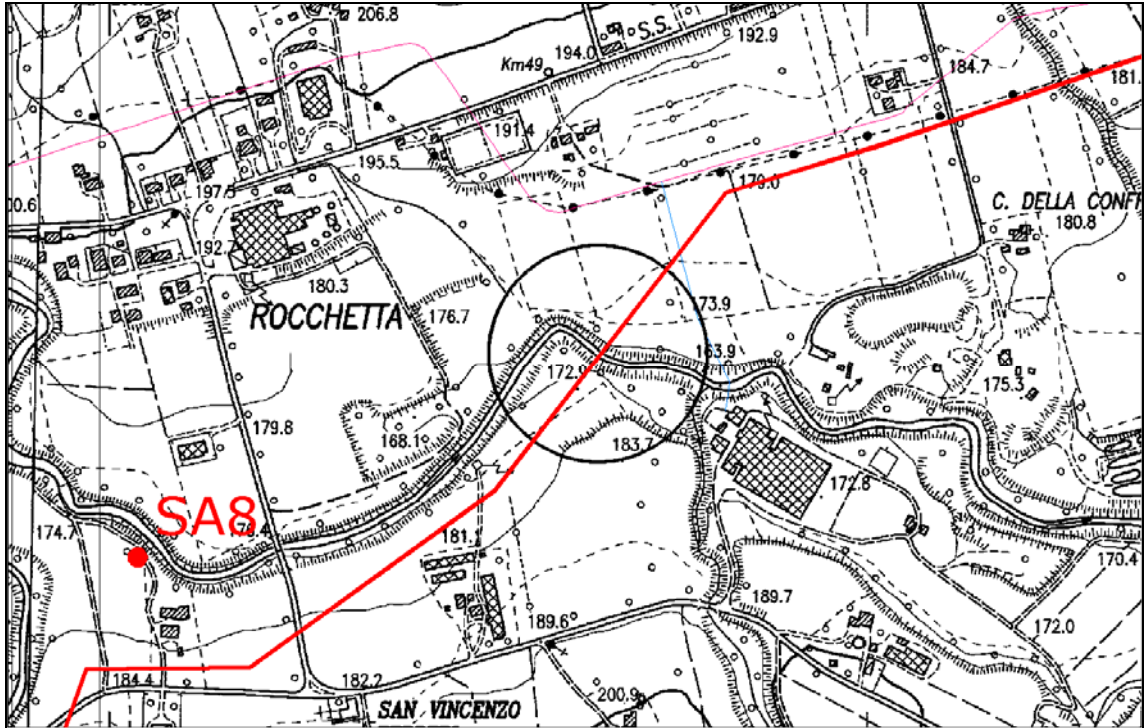


 snam rete gas	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 49 di 69	Rev. 0

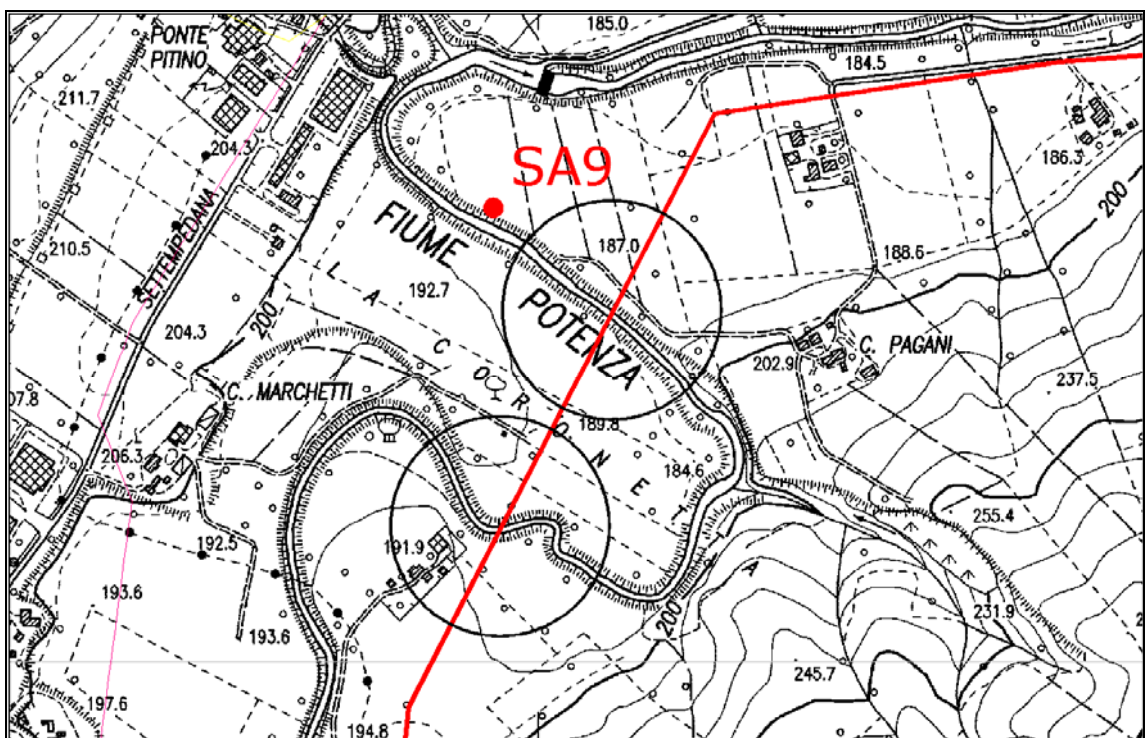


 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 50 di 69	Rev. 0

APPENDICE II: SONDAGGI – UBICAZIONE E COLONNE STRATIGRAFICHE




Planimetria area 1° Attraversamento in scala 1:10000, con ubicazione sondaggi



Planimetria area 2° e 3° Attraversamento in scala 1:10000, con ubicazione sondaggi


 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 51 di 69	Rev. 0







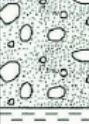

		Committente SAIPEM S.p.A.	Commessa 20S-10	SONDAGGIO	SONDA
		Località F. Potenza 1°	Carotiere 101 mm	SA8	CMV 420
		Cantiere Met. Rec-Fol DN 1050 42"	Rivestimento 127 mm	15.00	
		Data Inizio 13/04/10	Data Fine 14/04/10	Il geologo	
		Simone Conti			

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Falda	% RQD
	1	1.80		Ghiaia eterometrica calcarea di diametro massimo 5,00 cm con limo argilloso marrone. Presenza di inclusi vegetali fino a 0,50 m.		3.0							
	2	1.80		Argilla color nocciola e grigia, dura, non plastica.			3.8						
	3	2.30											
	4			Argilla grigio azzurrina dura, asciutta, con stratificazioni centimetriche. Presenza di livelli centimetrici sabbiosi. Da 6,00 m, debole aumento della componente mamosa.	101 mm		5.4		3.00	SH1	3.30		
	5							FS					
	6							FS					
	7							FS					
	8							FS					
	9							FS					
	10							FS					
	11							FS					
	13							FS					
	14							FS					
	15	15.00						FS					
	16												
	17												
	18												
	19												

Falda non rinvenuta.

 snam rete gas	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 52 di 69	Rev. 0

		Committente SAIPEM S.p.A.	Commessa 20S-10	SONDAGGIO		SONDA
		Località F. Potenza 2°	Carotiere 101 mm	SA9		CMV 420
		Cantiere Met. Rec-Fol DN 1050 42" Rivestimento	Rivestimento 127 mm	15.00		
		Data Inizio 15/04/10	Data Fine 15/04/10	Il geologo		
		Simone Conti				

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento (127 mm)	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Falda	% RQD
1		2.20		Sabbia limosa nocciola, fino a a 0,50 m presenza di resti vegetali.									
2	2.20												
3		3.30		Ghiaia addensata eterometrica calcarea di diametro max 5,00 cm con ciottoli di diametro massimo 10,00 cm e sabbia limosa di colore avana.									
4	3.30												
5		5.50		Argilla limosa molto consistente di colore grigio con sporadica ghiaia media e fine, poco plastica. Da 9,80 m diviene di tonalità nocciola.									
6	5.50												
7		4.70		Argilla limosa molto consistente di colore grigio con sporadica ghiaia media e fine, poco plastica. Da 9,80 m diviene di tonalità nocciola.									
8	4.70												
9		10.20		Ghiaia media e fine calcarea con sabbia di color nocciola.									
10	10.20												
11	10.50	0.30		Argilla sabbiosa con livelli di ghiaia fine.									
12	11.00	0.50											
13		2.20		Ghiaia eterometrica calcarea subarotondata di diametro massimo 4,00 cm con sabbia limosa.									
14	13.20												
15		1.80		Argilla grigio azzurrina sovraconsolidata, dura, asciutta, presenza di livelli argilloso marnosi.									
16	15.00												
17													
18													
19													

SPT eseguita a punta chiusa.

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 53 di 69	Rev. 0

APPENDICE III: PROVE DEL LAB. GEOTECNICO – TAVOLE DI SINTESI

PANGEA


Rif. 10014/930
Pag. 65 di 234

APERTURA CAMPIONE

COMMITTENTE: PRG SAIPEM-FANO **CANTIERE:** MET. RECANATI-FOLIGNO
SONDAGGIO: SA08 **CAMPIONE:** SH1 **PROFONDITÀ:** 3,00+3,30 m

DATA	TIPO di CAMPIONE	CARATTERISTICHE FUSTELLA			
Ac: 04/06/2010 Ap: 08/08/2010	INDISTURBATO <input checked="" type="checkbox"/> RIMANEGGIATO <input type="checkbox"/>	DIAMETRO cm	8,50	PVC <input type="checkbox"/>	INTEGRA <input checked="" type="checkbox"/>
		LUNGHEZZA cm	59,50	INOX <input checked="" type="checkbox"/>	ACCIDENTATA <input type="checkbox"/>

Programma prove: Apertura e descrizione, Foto, Contenuto d'acqua naturale, Peso di Volume, Limiti di Atterberg, Passante setaccio #200, Prova di compressione semplice.

CAMPIONE	POCKET (kNm ²)	PROVE	VALORI	DESCRIZIONE CAMPIONE																		
				<i>Limo elastico duro di colore grigio scuro</i>																		
	>600	Pv (kN/m ²)	22,50																			
	>600	W (%)	15,28																			
	>600	L.L.	52,08																			
		I.P.	23,27	<table border="1"> <thead> <tr> <th>%</th> <th>USCS</th> <th>AGI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIOTTOLI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GHIAIA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SABBIA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LIMO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARGILLA</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	%	USCS	AGI	CIOTTOLI			GHIAIA			SABBIA			LIMO			ARGILLA		
%	USCS	AGI																				
CIOTTOLI																						
GHIAIA																						
SABBIA																						
LIMO																						
ARGILLA																						
>600	ELL																					
	qu (KN/m2)	471,61																				
				USCS: MH CNR UNI 10006:																		
				Passante setaccio #200 99,39% Colore Munsell: 2,5YR 4/1																		
NOTE																						

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 54 di 69	Rev. 0

PAGEA

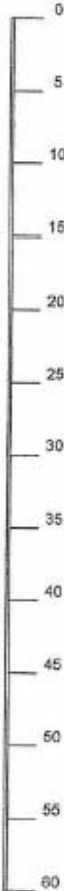
Rif. 10014/930
Pag. 75 di 234

APERTURA CAMPIONE

COMMITTENTE: PRG SAIPEM-FANO **CANTIERE:** MET. RECANATI-FOLIGNO
SONDAGGIO: SA09 **CAMPIONE:** CRS1 **PROFONDITÀ:** 3,45+3,90 m

DATA	TIPO di CAMPIONE	CARATTERISTICHE FUSTELLA		
Ac: 04/08/2010 Ap: 07/08/2010	INDISTURBATO <input type="checkbox"/> RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETRO cm <input type="checkbox"/> LUNGHEZZA cm <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/> INOX <input type="checkbox"/>	INTEGRA <input type="checkbox"/> ACCIDENTATA <input type="checkbox"/>

Programma prove:	Apertura e descrizione, Granulometria.
-------------------------	--

CAMPIONE	POCKET (kN/m ²)	PROVE	VALORI	DESCRIZIONE CAMPIONE																
				Ghiaia con sabbia limosa-argillosa color bianco scuro																
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>%</th> <th>USCS</th> <th>AGI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIOTTOLI</td> <td>0,000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GHIAIA</td> <td>54,054</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SABBIA</td> <td>26,368</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LIMO</td> <td rowspan="2">19,578</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARGILLA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	%	USCS	AGI	CIOTTOLI	0,000		GHIAIA	54,054		SABBIA	26,368		LIMO	19,578		ARGILLA
%	USCS	AGI																		
CIOTTOLI	0,000																			
GHIAIA	54,054																			
SABBIA	26,368																			
LIMO	19,578																			
ARGILLA																				
				USCS: GC/GM * CNR UNI 10006:																
				Colore Munsell: 10YR 8/3																

NOTE	* STIMATO: LIMITI DI ATTERBERG NON RICHIESTI
-------------	--

 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 55 di 69	Rev. 0

PAGEA

Rif. 10014/930
Pag. 75 di 234

APERTURA CAMPIONE

COMMITTENTE: PRG SAIPEM-FANO **CANTIERE:** MET. RECANATI-FOLIGNO
SONDAGGIO: SA09 **CAMPIONE:** CRS1 **PROFONDITÀ:** 3,45+3,90 m

DATA	TIPO di CAMPIONE	CARATTERISTICHE FUSTELLA		
Ac: 04/08/2010 Ap: 07/08/2010	INDISTURBATO <input type="checkbox"/> RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETRO cm <input type="checkbox"/> LUNGHEZZA cm <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/> INOX <input type="checkbox"/>	INTEGRA <input type="checkbox"/> ACCIDENTATA <input type="checkbox"/>

Programma prove:	Apertura e descrizione, Granulometria.
-------------------------	--

CAMPIONE	POCKET (kN/m ²)	PROVE	VALORI	DESCRIZIONE CAMPIONE																	
				Ghiaia con sabbia limosa-argillosa color bianco scuro																	
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>%</th> <th>USCS</th> <th>AGI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIOTTOLI</td> <td>0,000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GHIAIA</td> <td>54,054</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SABBIA</td> <td>26,368</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LIMO</td> <td rowspan="2">19,578</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARGILLA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	%	USCS	AGI	CIOTTOLI	0,000		GHIAIA	54,054		SABBIA	26,368		LIMO	19,578		ARGILLA	
%	USCS	AGI																			
CIOTTOLI	0,000																				
GHIAIA	54,054																				
SABBIA	26,368																				
LIMO	19,578																				
ARGILLA																					
				USCS: GC/GM * CNR UNI 10006:																	
				Colore Munsell: 10YR 8/3																	

NOTE	* STIMATO: LIMITI DI ATTERBERG NON RICHIESTI
-------------	--

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 56 di 69	Rev. 0

APPENDICE IV: ELABORAZIONE STATISTICA DATI DI PIOGGIA STAZIONE “PIORACO”

DATI PLUVIOGRAFICI					
(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)					
Stazione di :		Pioraco			
Quota (m s.l.m.) :		Numero di osservazioni : N = 38			
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1970	22	39.4	39.4	50.2	57.2
1971	19.4	29.6	37.6	59.2	64.4
1972	23.2	24.6	38.6	38.6	45
1973	14	19.8	34	49.4	82.6
1974	38.6	48.8	57.2	60.2	60.2
1975	17	30	30.8	38	64
1976	31	35	42.8	50.8	65.6
1977	15.4	23.2	37.4	46.4	53.4
1978	22.6	27.2	39	49	59.2
1979	35	46.2	46.2	46.2	56.4
1980	22.8	24	45	45	64.2
1981	20.8	27	37	40.4	40.4
1982	30	62	65	88.2	109.6
1983	25.8	35	42.6	44.8	49.8
1984	28.4	34.2	48	54.6	63
1985	22	34.4	34.6	34.8	39.4
1986	26	29.4	30.6	37	60
1987	31	48.8	57.4	57.4	62.4
1988	32	32	34.4	46.2	52.6
1989	23.2	33.4	36.4	44	49.6
1990	16	29.6	48	59.4	82
1991	25.4	35	56.8	80.2	82.6
1992	20.6	30	37.8	47.2	61.4
1993	12.2	20.6	33.6	42.8	51.6
1994	37	45.4	46.6	58.6	61.8
1995	9.8	16.2	19	30.8	31.4
1996	21.2	34.6	44.4	57.4	70.8
1997	18	28	39.2	62.6	78
1998	21.8	28.4	36	52	76.2
1999	37	45.8	49.2	63.2	81
2000	27.6	43.2	53.4	53.4	54.6
2001	19.8	29.8	42.6	53.4	68.6
2002	19.8	37	44.6	53.8	63.2
2003	57.6	58	60.2	81.8	86.4
2004	20	45.8	51	51.2	62.2
2005	28.4	34.4	49.6	53.2	58.6
2006	27.6	31.4	35.8	58.8	58.8
2007	26.6	32.6	32.6	37.4	38.6

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 57 di 69	Rev. 0

ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI (metodo di Gumbel)

Stazione di Pioraco

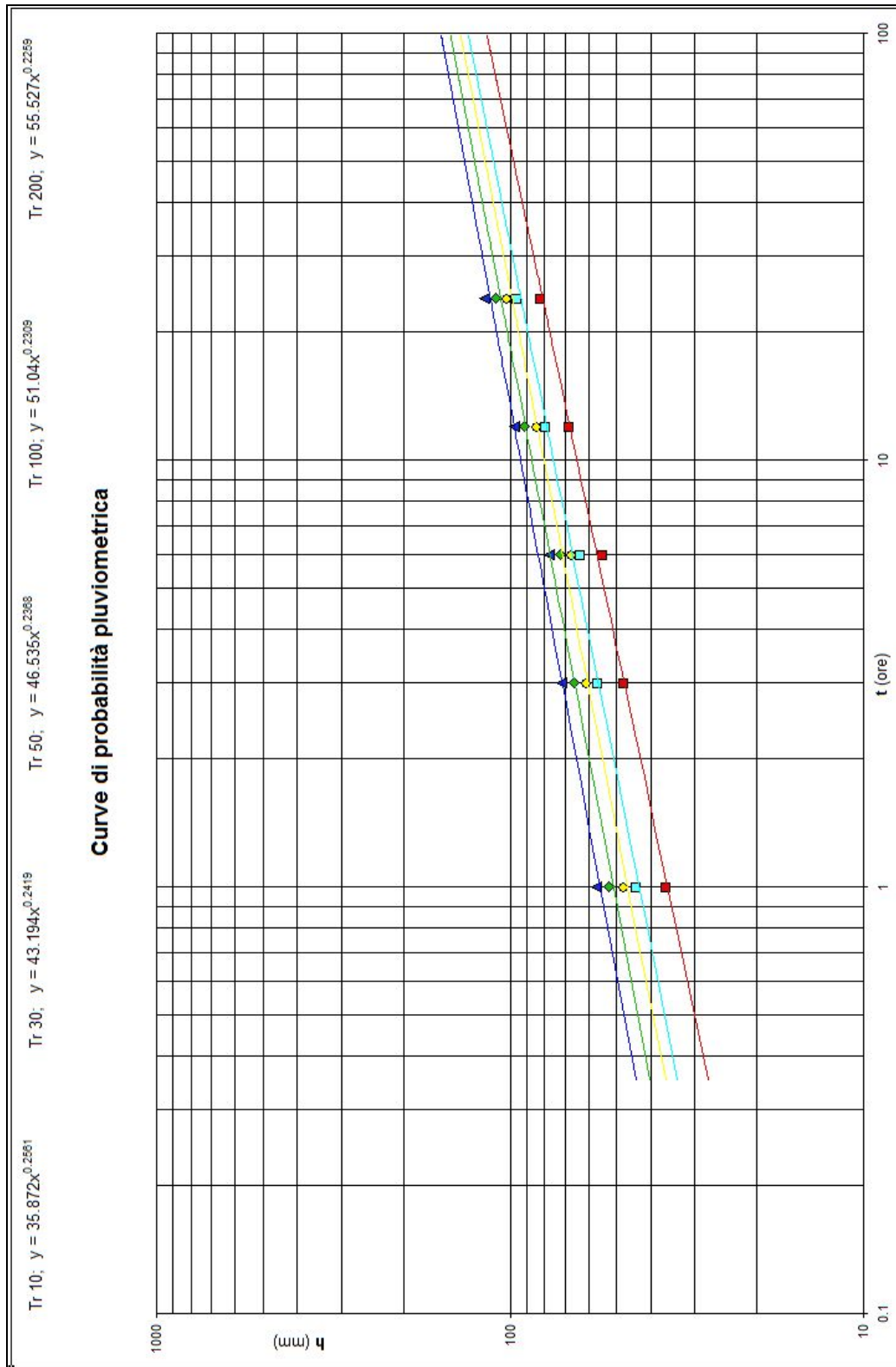
Tabella 1 - Valori per ciascuna durata t , della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")						
N =	38	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		24.91	34.47	42.48	52.04	62.28
$\sigma(h_t)$		8.75	10.08	9.50	12.36	15.20
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.15	0.13	0.14	0.10	0.08
$U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		20.97	29.93	38.21	46.48	55.45

Stazione di Pioraco

Tabella 3 -		
Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$	
10 anni	→	$h=35.872xt^{0.2561}$
30 anni	→	$h=43.194xt^{0.2419}$
50 anni	→	$h=46.535xt^{0.2368}$
100 anni	→	$h=51.04xt^{0.2309}$
200 anni	→	$h=55.527xt^{0.2259}$

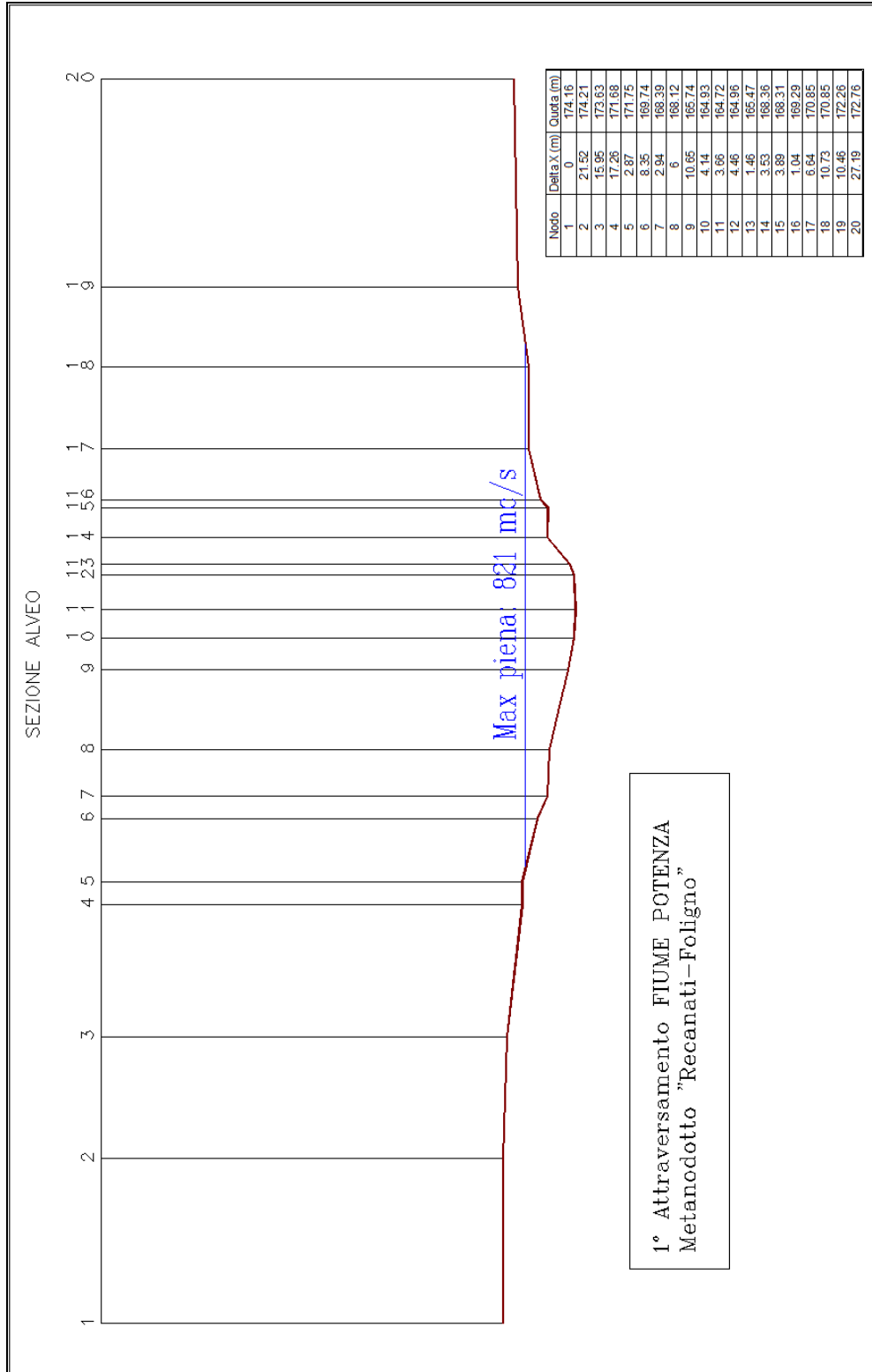
 snam rete gas	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 58 di 69	Rev. 0

Stazione di Pioraco

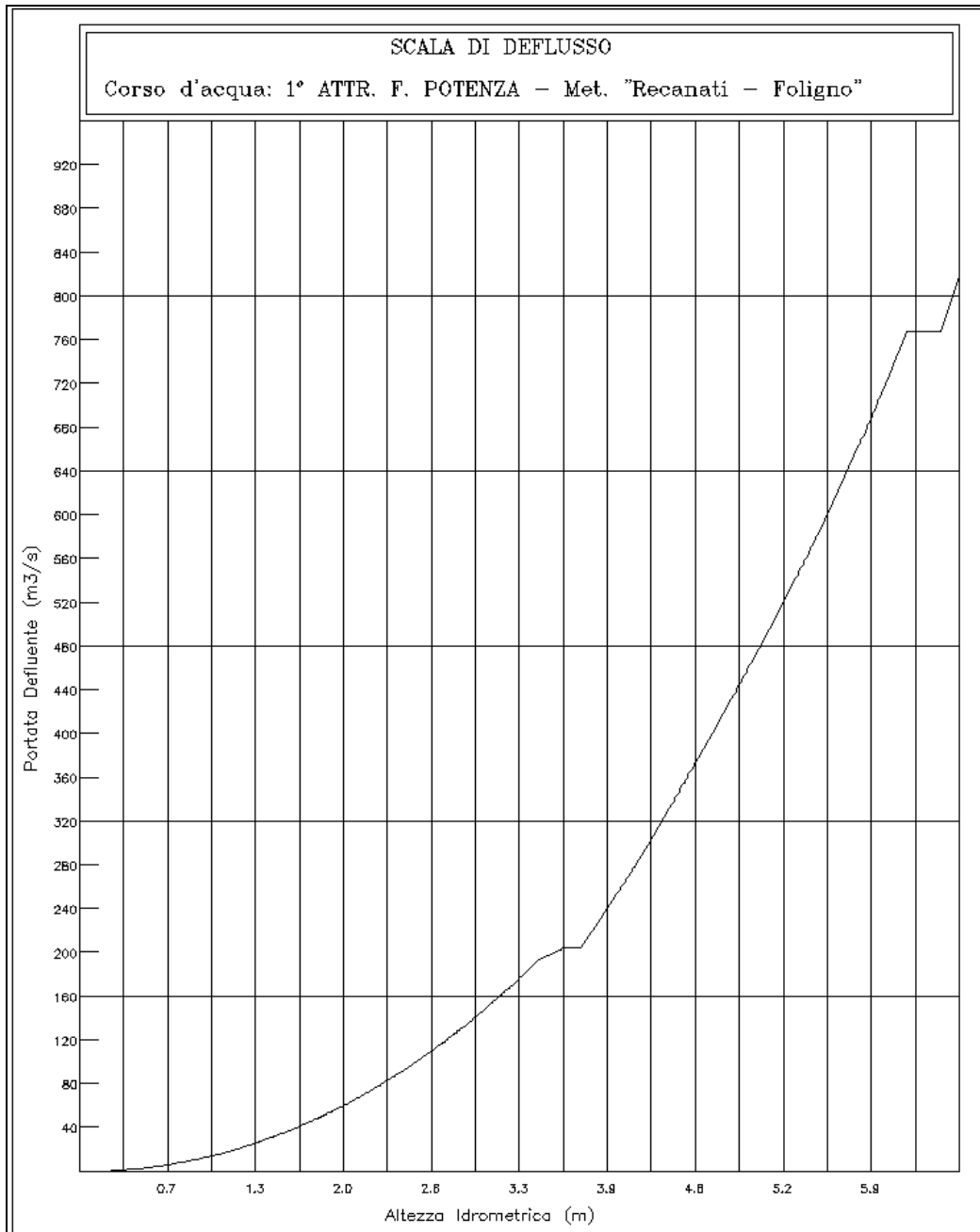


	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 59 di 69	Rev. 0

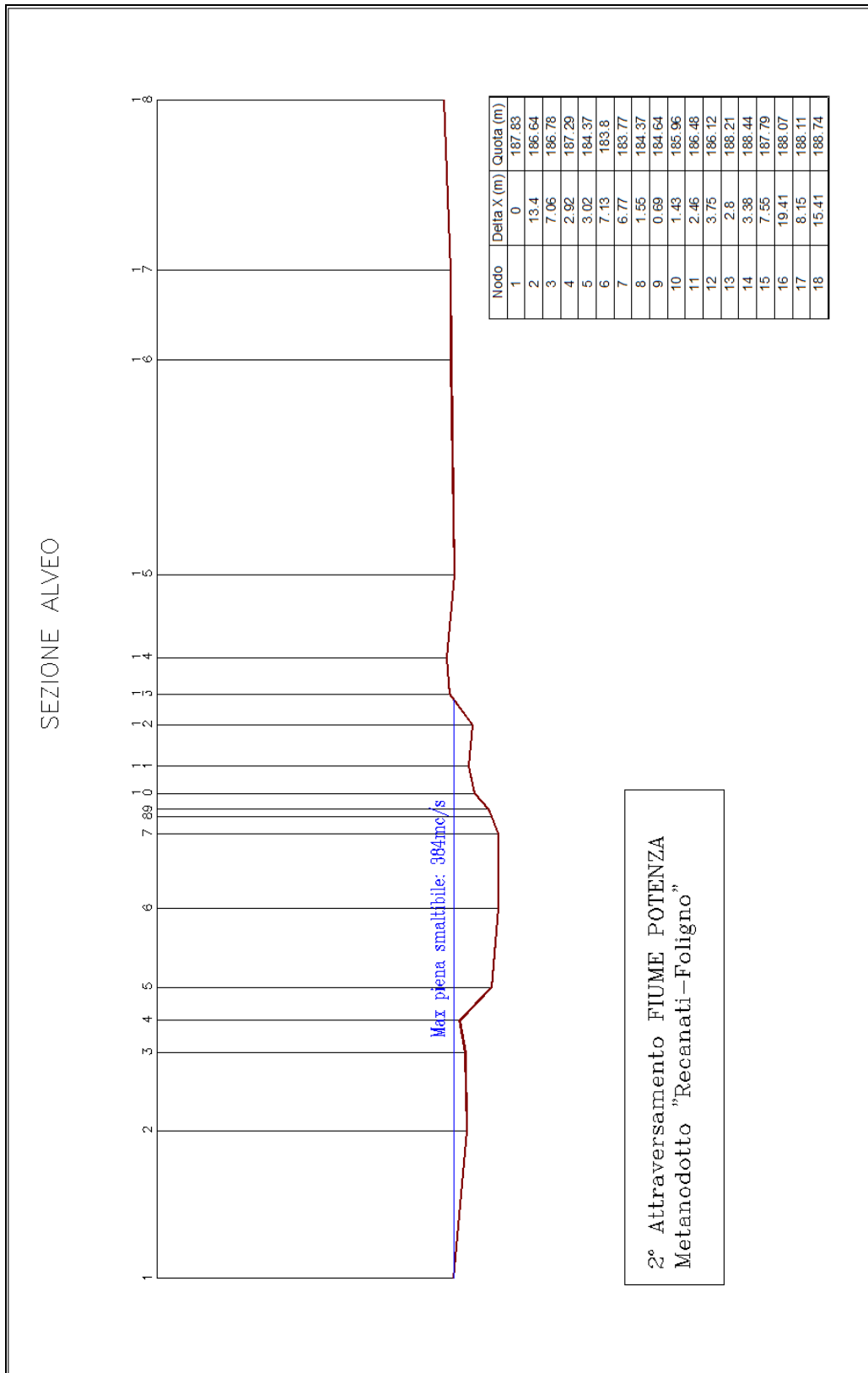
APPENDICE V: STUDIO IDRAULICO - GRAFICI DI OUTPUT



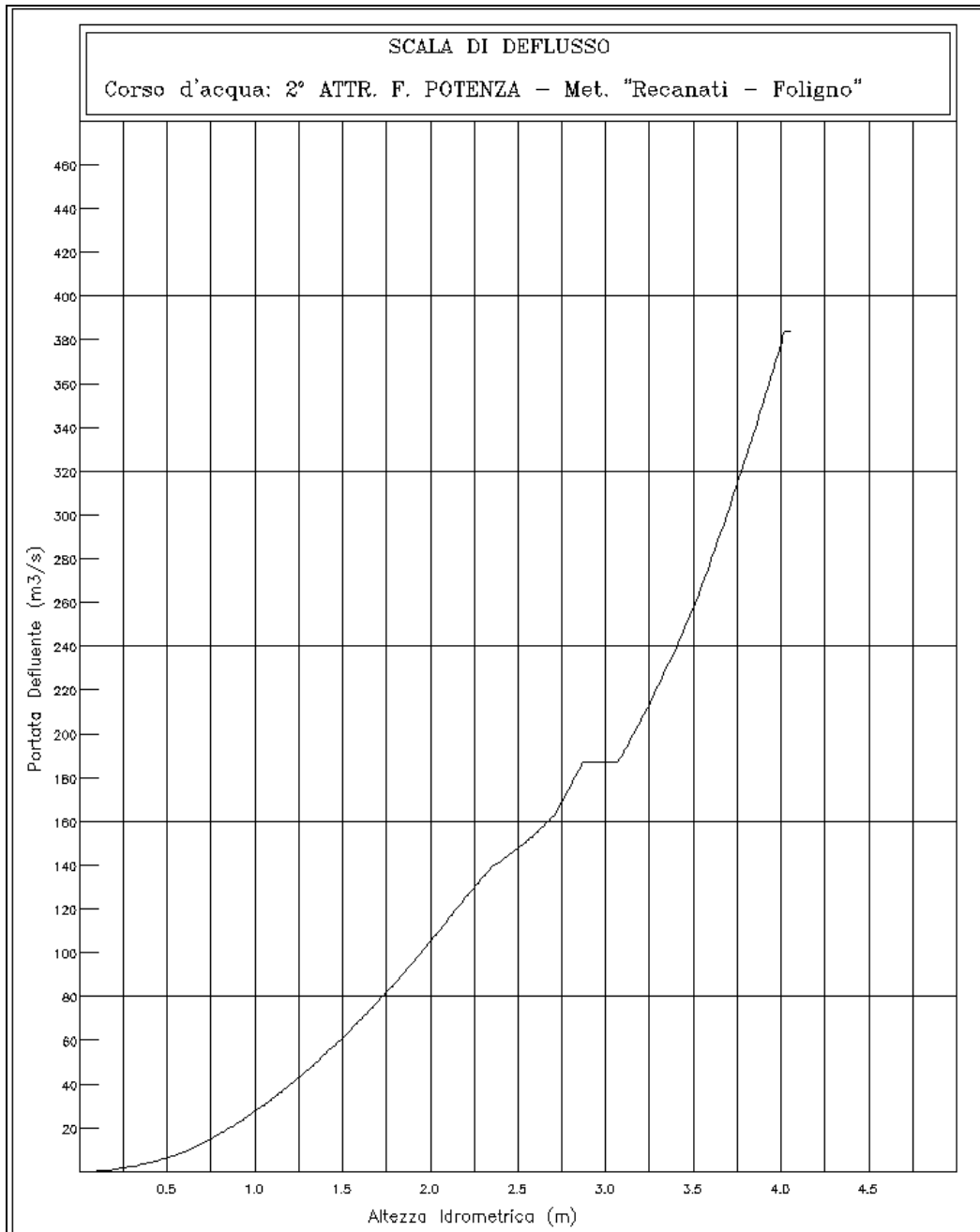
	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 60 di 69	Rev. 0



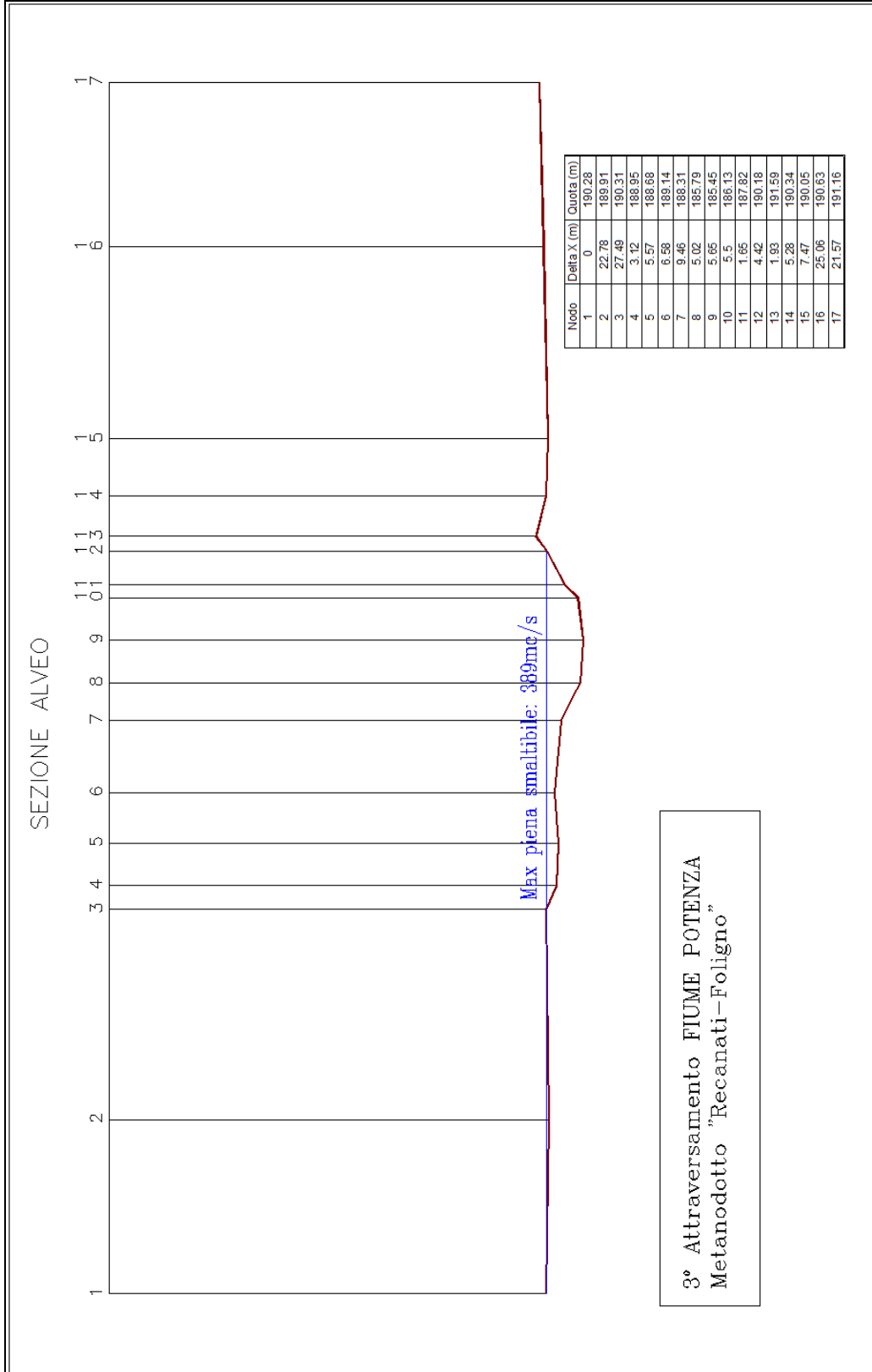
 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 61 di 69	Rev. 0



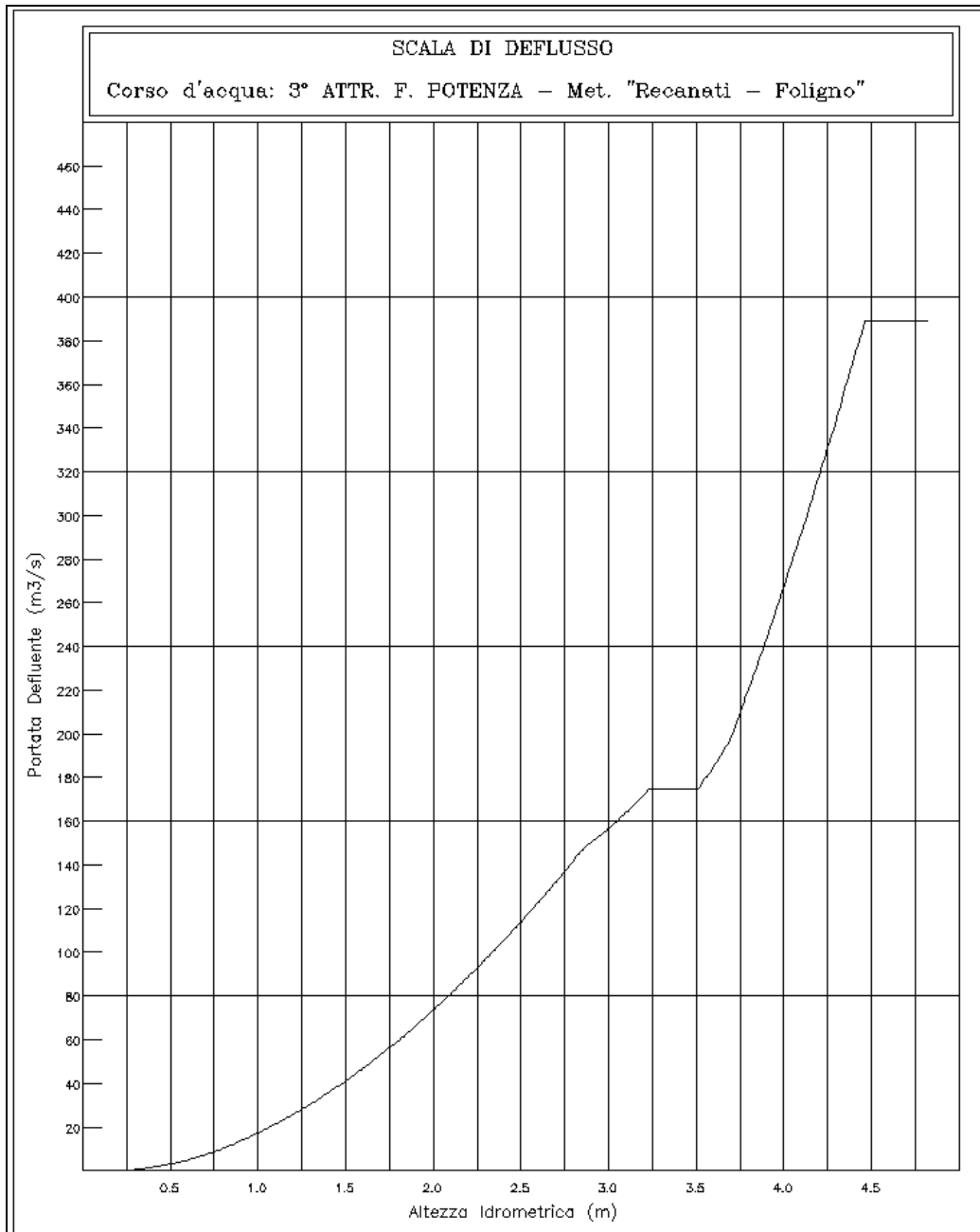
	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 62 di 69	Rev. 0



	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 63 di 69	Rev. 0



	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 64 di 69	Rev. 0



	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 65 di 69	Rev. 0

APPENDICE VI: METODOLOGIA “MICROTUNNELLING” – DOC. FOTOGRAFICA

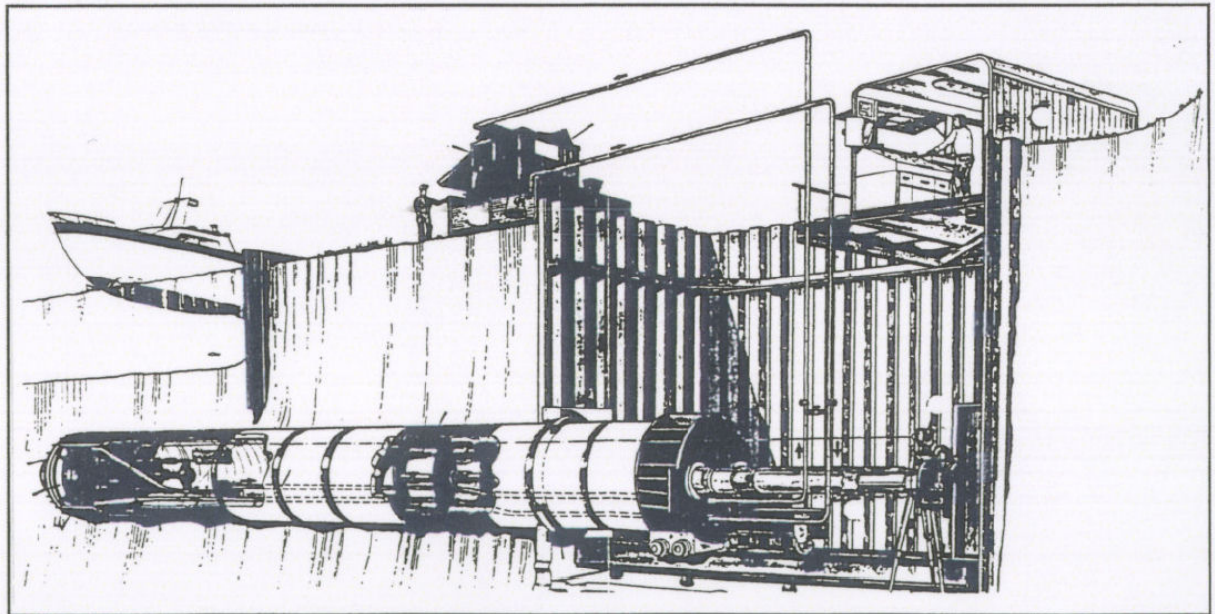


Fig.1: Schema del sistema di trivellazione con microtunnel

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 66 di 69	Rev. 0

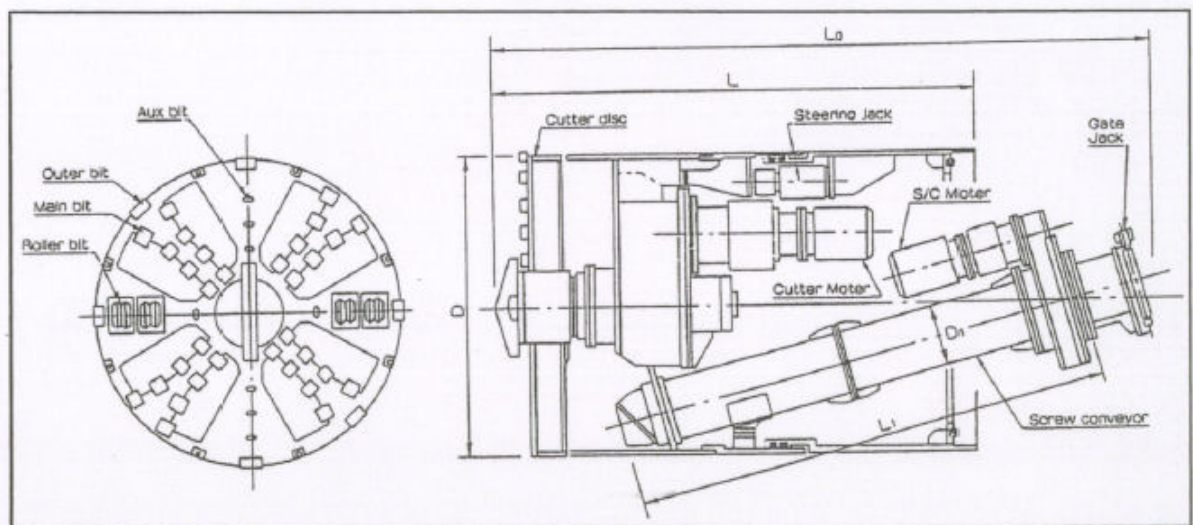
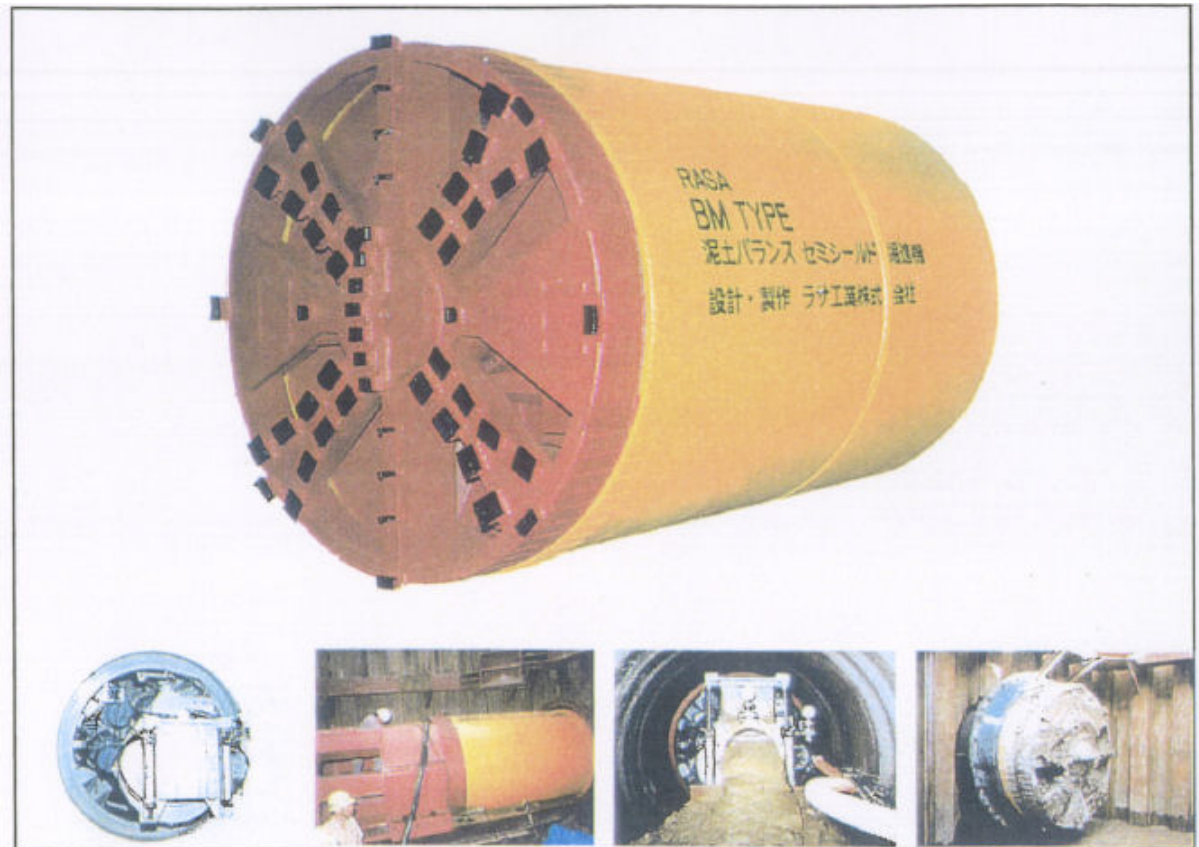


Fig.2: Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)

 	PROGETTISTA:  	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 67 di 69	Rev. 0



Fig.3: Attraversamento fiume Adige: realizzazione muro reggispinta nella postazione di spinta (tecnica del microtunnelling)

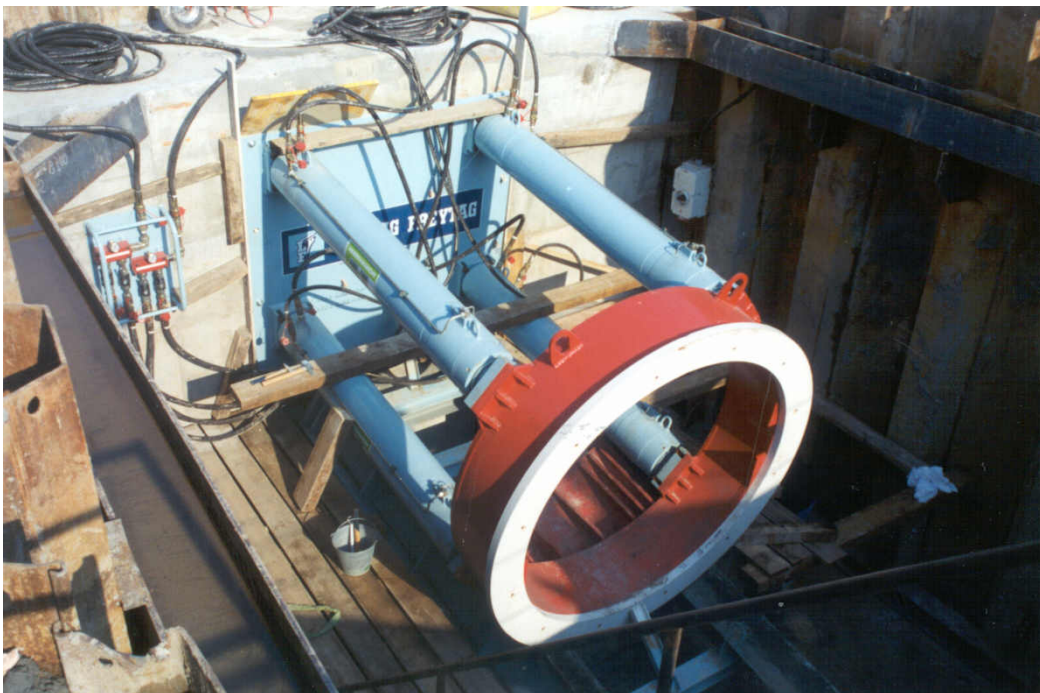


Fig.4: Unità di spinta principale (tecnica del microtunnelling)

 snam rete gas	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 68 di 69	Rev. 0



Fig.5: assemblaggio stazione di spinta intermedia (tecnica del microtunneling)



Fig.6: centralina di controllo remoto (tecnica del microtunneling)

	PROGETTISTA: 	COMMESSA 022022	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Marche	SPC. LA-E-80022	
	PROGETTO: Metanodotto Recanati – Foligno e opere connesse	Fg. 69 di 69	Rev. 0



Fig.7: tubo in c.a. (tecnica del microtunnelling)



Fig.8: Particolare giunto di tenuta (tecnica del microtunnelling)