



REGIONE BASILICATA

DIREZIONE GENERALE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

Ufficio Trasporti e Mobilità Sostenibile

CUP: G81C19000230001

CIG: 982298252E

Fondi ex art.1, comma 640, della Legge n.208/2015
- Decreto Interministeriale n.517 del 29.11.2018 -

PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione del 1° Lotto funzionale prioritario del Tratto Lucano della
Ciclovía della Magna Grecia - versante ionico da Tempio di Hera a Stazione F.S. di
Metaponto nel Comune di Bernalda in Provincia di Matera

Regione Basilicata
Ufficio Trasporti e Mobilità Sostenibile

Il R.U.P.
ing. Carmen VITIELLO

Il Dirigente
ing. Donato ARCIERI

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari

MANDANTI:

Responsabile Integrazioni prestazioni specialistiche e Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Gianluca CICIRIELLO - Iscritto Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari al n. 8821

Responsabile Geologia:

Geol. Danilo GALLO - Iscritto Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n. 588

Responsabile inserimento ambientale e paesaggistico:

Ing. Roberta GENTILE - Iscritta all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Taranto al n. 3304 (Giovane Professionista)



Codice Elaborato

Titolo Elaborato

GG RE 01

Relazione Geologico-Tecnica

Lotto Ciclovía: n. 1

Scala:

02	GIU.2024	Emesso per RECEPIMENTO PRESCRIZIONI/OSSERVAZIONI CDS	/	/	/
01	SETT.2023	Emesso per RICHIESTE INTEGRAZIONI A SEGUITO DI CDS	/	/	/
00	AGO.2023	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	/	/	/
N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato

INTRODUZIONE

Nel presente documento si riportano i risultati degli studi e delle indagini geologiche complessivamente effettuati nell'ambito della progettazione definitiva degli interventi per la realizzazione del "1° LOTTO FUNZIONALE PRIORITARIO DEL TRATTO LUCANO DELLA CICLOVIA DELLA MAGNA GRECIA - VERSANTE IONICO DA TEMPIO DI HERA A STAZIONE F.S. DI METAPONTO NEL COMUNE DI BERNALDA IN PROVINCIA DI MATERA" (Figura 1). Nella ipotesi progettuale iniziale erano previsti:

- lavori di ripristino ed allargamento della sede stradale esistente (circa il 90% del tracciato di progetto);
- la costruzione di un tratto ex-novo avente una lunghezza di circa 880 m (circa il 10% del tracciato di progetto).

Durante l'iter autorizzativo, come richiesto dall'Ufficio Difesa del Suolo, Geologia ed Attività Estrattive della Regione Basilicata (rif. Nota prot. reg. n. 171456 del 07.08.2023) coinvolto nella Conferenza di Servizi (CDS), in accordo alla quanto previsto dalla L.R. n. 23/99 "Tutela, governo ed uso del territorio" e dalla L.R. n. 9/2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica", si è reso necessario effettuare degli specifici approfondimenti (studio di microzonazione sismica) per caratterizzare l'areale in cui ricadeva il tratto di nuova realizzazione. Le analisi geologiche integrative hanno confermato la fattibilità degli interventi. Tuttavia, a seguito delle prescrizioni e delle osservazioni complessivamente espresse dalla CDS, è stata adottata ed approvata una variante progettuale in cui si rinuncia al tratto ex-novo, sostituendolo con un tronco ciclabile in promiscuo, da realizzare mediante il semplice adeguamento della struttura viaria già esistente (Figura 1, vedi elaborato GEN.RE.03_REV02 "Relazione di ottemperanza alle prescrizioni ed osservazioni della C.D.S."). La configurazione finale del tracciato consente di non rientrare nelle prescrizioni determinate successivamente dall'Ufficio Difesa del Suolo, Geologia ed Attività Estrattive della Regione Basilicata con Nota prot. reg. n.214432 del 17.10.2023. Altresì risulterebbero superflui gli studi integrativi effettuati per caratterizzare dal punto di vista sismico l'areale in cui era prevista inizialmente la realizzazione del tratto ex-novo. Ad ogni modo, poiché si ritiene utile fornire tutti gli elementi conoscitivi acquisiti e documentare compiutamente le attività effettuate, di seguito si riportano in maniera integrale la relazione geologica redatta a corredo della prima ipotesi progettuale. Si precisa che in tutte le immagini così come nelle tavole grafiche relative alla sezione "03 Geologia e Geotecnica" è indicato il tracciato di progetto iniziale.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

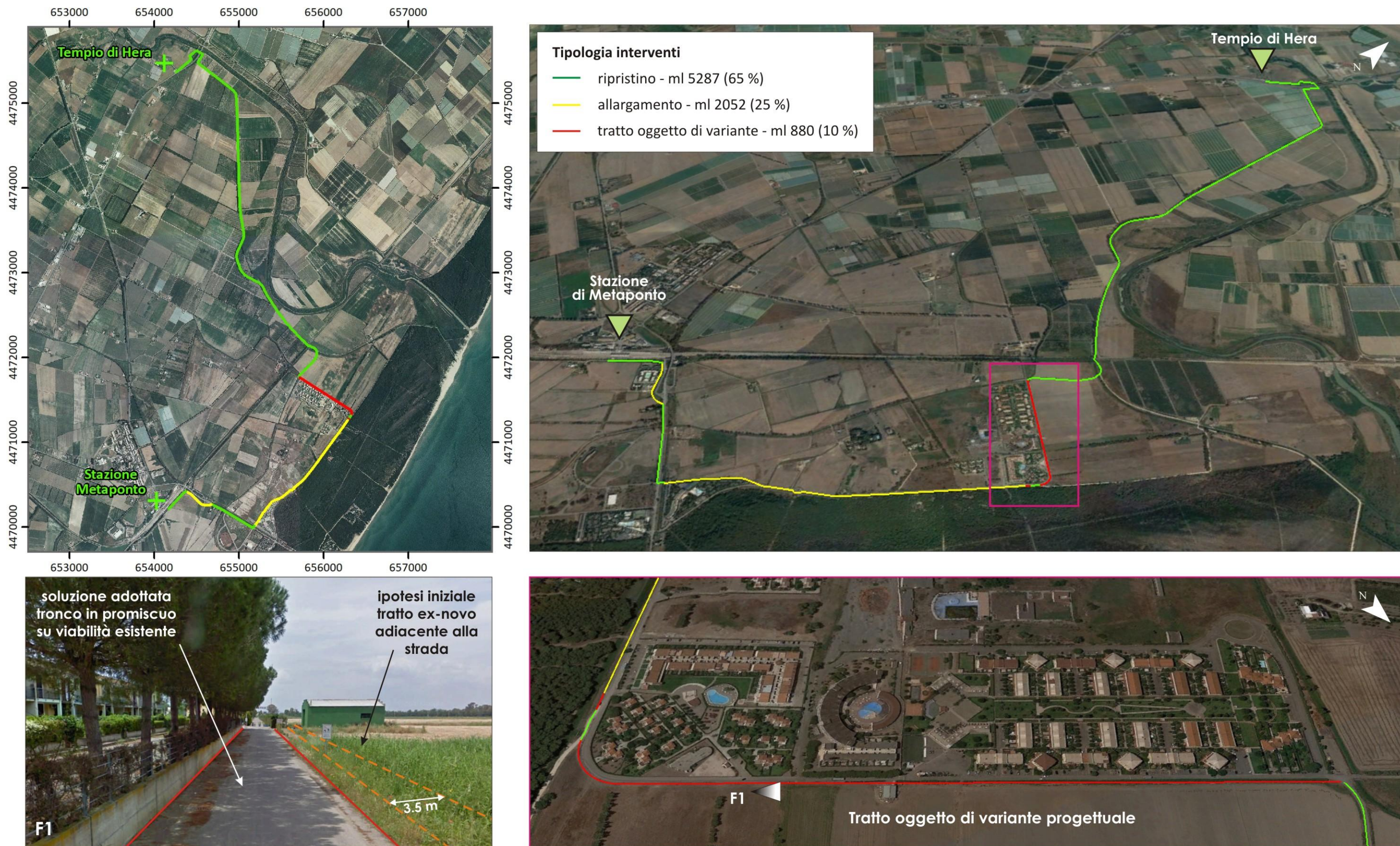


Figura 2 - Tracciato di progetto con indicazione del tratto oggetto della variante adottata a seguito delle prescrizioni della CDS.

Sommario

1	PREMESSA	2
2	CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO E OBIETTIVI PRINCIPALI DELLO STUDIO	5
3	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	10
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
	4.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	13
	4.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI	18
	4.3 IDROLOGIA E DEFLUSSI SUPERFICIALI	21
	4.4 IDROGEOLOGIA	24
	4.5 SISMICITA' DELL'AREA	26
5	ELEMENTI DI PERICOLOSITA' DEL TERRITORIO	31
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE SITO SPECIFICA DEL TRATTO DI CICLOVIA DA REALIZZARE EX-NOVO	34
	6.1 INDAGINI PREGRESSE	37
	6.2 PROSPEZIONI SISMICHE 2023	45
	6.2.1 TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P	45
	6.2.2 ACQUISIZIONE MASW E CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO	49
	6.2.3 STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA	51
7	MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO PER IL TRATTO DI CICLOVIA DA REALIZZARE EX-NOVO	55
8	CONCLUSIONI	57

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati dello studio geologico eseguito per caratterizzare l'areale interessato dagli interventi per la realizzazione del "1° LOTTO FUNZIONALE PRIORITARIO DEL TRATTO LUCANO DELLA CICLOVIA DELLA MAGNA GRECIA - VERSANTE IONICO DA TEMPIO DI HERA A STAZIONE F.S. DI METAPONTO NEL COMUNE DI BERNALDA IN PROVINCIA DI MATERA" (Figura 1). A tal fine si è provveduto a delineare i caratteri litostratigrafici e la natura dei litotipi presenti; ad analizzare gli elementi e i processi geomorfologici potenziali o in atto; ad illustrare le caratteristiche della circolazione idrica superficiale e sotterranea; a valutare eventuali condizioni di pericolosità dovute a deflussi superficiali oppure a fenomeni di instabilità del sottosuolo; a descrivere i caratteri geostrutturali-sismogenetici generali e le condizioni di pericolosità sismica dell'area; inoltre, sono state effettuate indagini geognostiche ad hoc per acquisire informazioni sito specifiche con cui definire l'assetto litostratigrafico, i parametri di resistenza meccanica e le caratteristiche sismiche dei terreni affioranti lungo il tracciato della ciclovia. Lo studio si è articolato nelle seguenti attività:

- ricerca e disamina della bibliografia tecnico-scientifica e delle cartografie esistenti;
- acquisizione di informazioni derivanti da studi pregressi concernenti l'area di progetto;
- rilievi di superficie;
- esecuzione di prospezioni sismiche;
- integrazione, analisi ed interpretazione delle informazioni e dei dati complessivamente acquisiti;
- definizione del contesto geologico, stratigrafico, idrogeomorfologico e sismico;
- redazione dell'elaborato finale.

Le elaborazioni dei dati spaziali sono state effettuate in ambiente GIS, nel sistema di riferimento WGS84 UTM 33N, utilizzando la seguente cartografia di base:

- Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 100000, Foglio n. 201 "Matera";
- Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50000, Foglio n. 508 "Policoro";
- Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia;
- Ortofoto 2019;
- Immagini satellitari estratte da Google Earth.

Il sistema informativo di base è stato completato con l'integrazione delle cartografie allegare ai seguenti piani territoriali:

- Piano Stralcio della Difesa dal Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata (PAI);
- Piano di Tutela delle Acque della Regione Basilicata (PTA).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

Lo studio è corredato da cartografie tematiche e profili geologici. Tenuto conto che il tracciato della ciclovia si sviluppa su un'area molto estesa, gli elaborati grafici sono stati redatti a diverse scale in modo da offrire una rappresentazione sia sinottica sia di dettaglio delle diverse caratteristiche del territorio. Nello specifico:

- GG.CG.01 Carta Geologica - 1 : 10000
- GG.CG.02 Carta Geologica - 1 : 5000
- GG.CG.03 Carta Geologica - 1 : 2000
- GG.CI.01 Carta idrogeomorfologica - scala 1 : 10000
- GG.CI.02 Carta idrogeomorfologica - scala 1 : 5000
- GG.CI.03 Carta idrogeomorfologica - scala 1 : 2000
- GG.CS.01 Carta di sintesi delle pericolosità e criticità geologica e geomorfologica - scala 1 : 5000
- GG.PR.01 Profili Geologici - scala 1 : 2000/200

La relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dalle principali normative di settore tra cui il D.lgs. n. 152/2006 e le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018). Relativamente agli aspetti sismici del territorio, in accordo a quanto previsto dalla L.R. n. 23/99 "Tutela, governo ed uso del territorio" e dalla L.R. n. 9/2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica", è stato condotto anche uno studio di microzonazione sismica di 2° livello i cui risultati sono riportati sinteticamente nella presente relazione e in dettaglio in specifici elaborati progettuali a cui si rimanda per tutti gli approfondimenti necessari ("MS.RE.01 Relazione di microzonazione sismica e MS.CM.01 Carta di microzonazione sismica").

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)



Figura 1 - Inquadramento territoriale dell'area di intervento.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

2 CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO E OBIETTIVI PRINCIPALI DELLO STUDIO

La ciclovia di progetto ha una lunghezza complessiva di circa 8150 m. Lungo il tracciato sono previste essenzialmente tre tipologie di interventi (Figura 2, vedi elaborati di progetto ST.RE.01 "Relazione tecnica ciclovia" e CAN.RE.01 "Planimetria generale del cantiere"):

- interventi di ripristino della sede stradale esistente (rifacimento di pavimentazioni, segnaletica, staccionate, sostituzione barriere, arginelli);
- interventi di allargamento della sede stradale esistente (demolizioni, allargamento e rifacimento sede, finiture, segnaletica, staccionate)
- interventi di nuova costruzione (demolizioni, tracciamento e realizzazione ex novo sede ciclovia, finiture, segnaletica, aiuole).

I lavori di ripristino interessano gran parte del tracciato (65% della lunghezza totale) senza determinare impatti di alcun tipo sulle componenti geomorfologiche del territorio in quanto non comportano l'impegno di nuove superfici naturali. Quelli di allargamento (25%) prevedono l'occupazione di fasce di terreno in adiacenza ai percorsi esistenti per un'ampiezza mediamente compresa tra 1-2 m (Figura 3). Relativamente al tratto da realizzare ex-novo (Figura 4), esso ha una lunghezza di circa 810 m (10%) e una larghezza di 3.50 m al netto dei cordoli di delimitazione. La pista ciclabile sarà realizzata mediante:

- scavo per una profondità di 50 cm ed una larghezza di 4,00 m;
- posa in opera di fondazione stradale per uno spessore compattato pari a 40 cm;
- delimitazione del percorso con cordoli in cls;
- pavimentazione del percorso con misto cementato pigmentato drenante (spessore 10 cm).

Per ulteriori dettagli tecnici si rimanda agli elaborati specialistici di progetto.

In relazione agli aspetti geologici si evidenzia che:

- ⇒ l'intervento nel suo complesso non comporta trasformazioni rilevanti del territorio;
- ⇒ le pavimentazioni ciclabili sono soggette a carichi statici e dinamici di lieve entità (< 4 KN/m²).

Sulla base di quanto espresso, il presente studio è stato incentrato principalmente sulle analisi e le valutazioni utili a:

- delineare un quadro conoscitivo generale dei caratteri litostratigrafici, idrogeomorfologici e sismotettonici dell'areale interessato dall'intervento;
- evidenziare eventuali condizioni di pericolosità dovute a:
 - deflussi superficiali
 - fenomeni di instabilità del sottosuolo

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

- potenziali interazioni delle opere con la circolazione idrica sotterranea
 - eventi sismici.
- definire l'assetto litostratigrafico del settore in cui è prevista la realizzazione del tratto ex-novo di ciclovia e valutare le caratteristiche di resistenza meccanica e sismiche del sottosuolo, quest'ultime necessarie anche per le analisi relative allo studio di microzonazione sismica.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

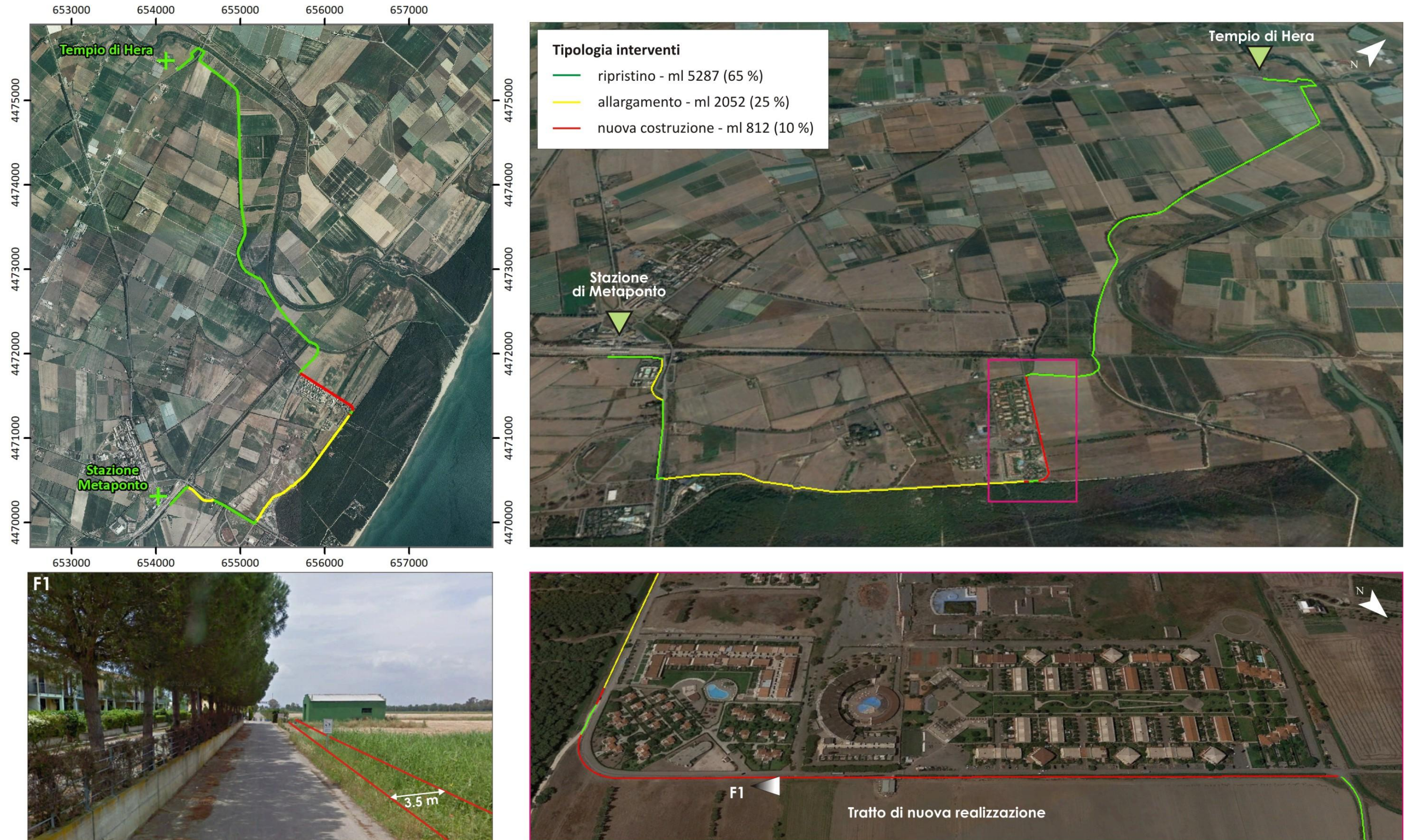


Figura 2 - Tracciato di progetto con indicazione della tipologia di interventi.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

CICLOVIA IN ALLARGAMENTO SU SEDI CICLABILI ESISTENTI

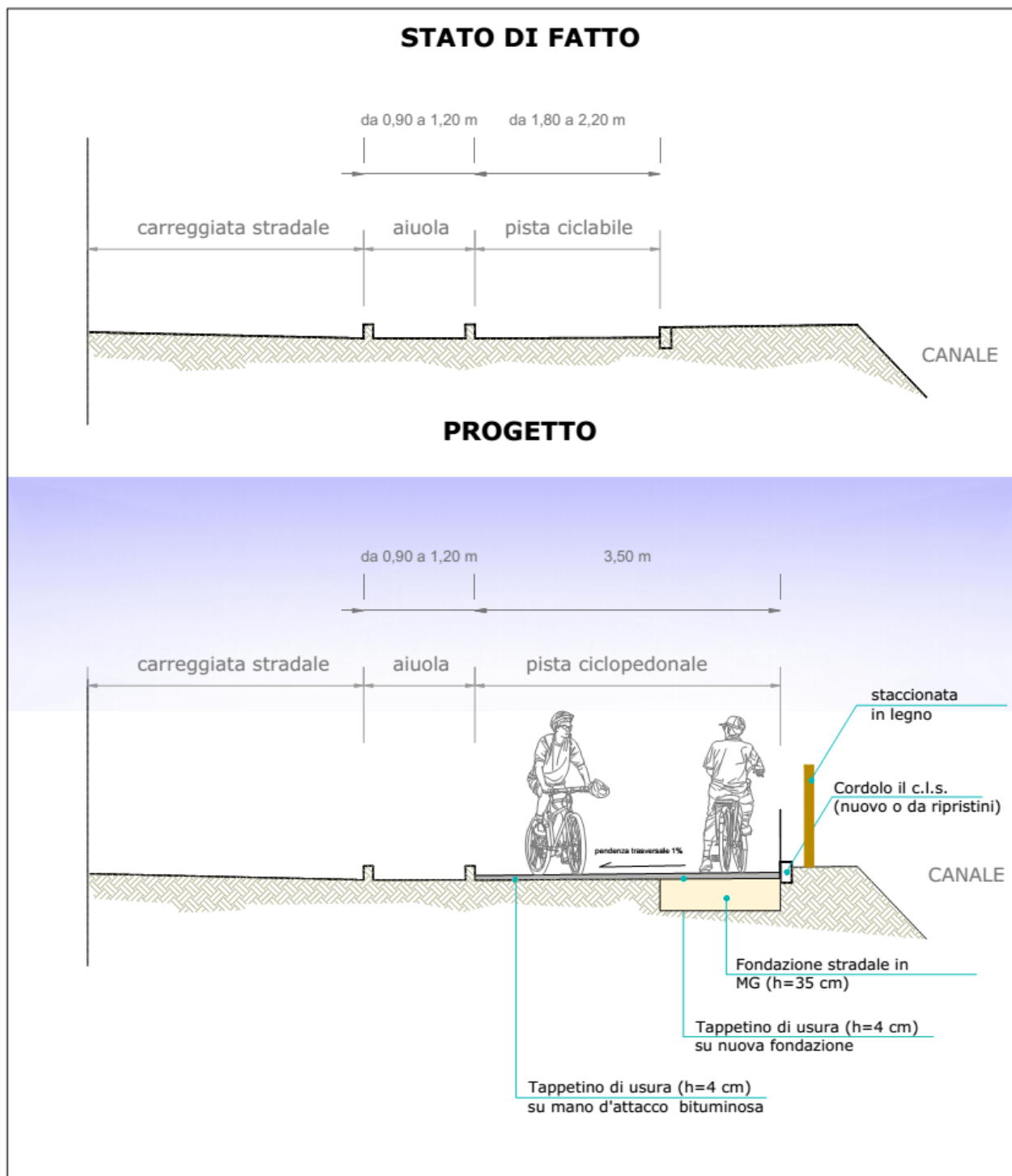


Figura 3 - Interventi di ripristino: sezione tipologica della ciclovia in allargamento su sedi ciclabili esistenti (vedi elaborato di progetto ST.ST.01 "Sezioni tipologiche").

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

CICLOVIA EX-NOVO

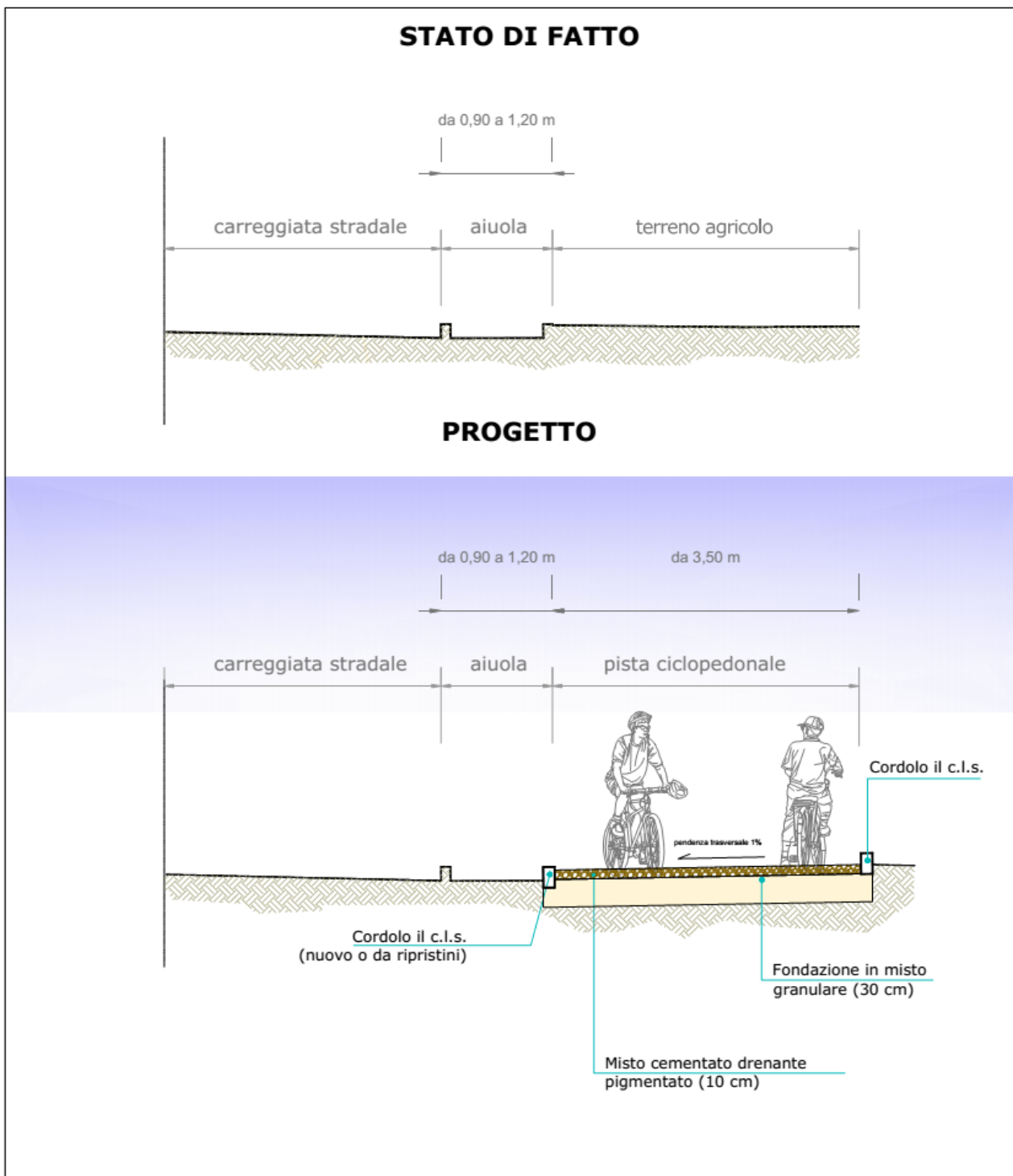


Figura 4 - Sezione tipologica della ciclovia da realizzare ex-novo (vedi elaborato di progetto ST.ST.01 "Sezioni tipologiche").

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

3 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

NORMATIVA TECNICA COSTRUZIONI/PROGETTAZIONE	
1	Decreto Ministeriale D.M. 20 Gennaio 2018, n. 42, Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).
2	Decreto Ministeriale D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008).
3	Decreto Presidente della Repubblica D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del <u>decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163</u> , recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
4	Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri D.P.C.M. 12 ottobre 2007 - Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.
5	<u>Decreto legislativo D.lgs. n. 163 del 12 aprile 2006</u> - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
6	Decreto Ministeriale D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.
7	Decreto del Presidente della Repubblica D.P.R. n. 554 del 21 Dicembre 1999 - Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici n. 109 del 11 febbraio 1994 e successive modificazioni.
8	Legge n. 109 del 11 febbraio 1994 - Legge quadro in materia di lavori pubblici.
9	Decreto Presidente della Repubblica D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
10	Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
NORMATIVA SISMICA NAZIONALE	
1	Direttiva del Presidente Del Consiglio dei Ministri del 14 gennaio 2014, Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico
2	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
3	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri O.P.C.M. n. 3431 del 3 maggio 2005 - Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
4	Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile - Decreto 21 ottobre 2003 - DISPOSIZIONI ATTUATIVE dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

	classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».
5	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
AMBIENTE E TERRITORIO - NORMATIVA NAZIONALE	
1	Decreto del Presidente della Repubblica D.P.R. n.120 del 13 giugno 2017 - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
2	Legge n. 4 del 5 gennaio 2017 - Interventi per il sostegno della formazione e della ricerca nelle scienze geologiche.
3	Decreto Legislativo D.Lgs. n. 133 del 12 settembre 2014 - Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive.
4	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 30 marzo 2015 - Linee guida per la verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale dei progetti di competenza delle regioni e province autonome, previsto dall'articolo 15 del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 agosto 2014, n. 116.
5	Decreto Legislativo D.Lgs. 91 del 24 giugno 2014 - Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea.
6	AGEA, ISPRA, Rete Rurale Nazionale 08 Marzo 2013 - Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale.
7	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto n. 161 del agosto 2012 - Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
8	Decreto Legislativo D.lgs. n.4 del 16/01/2008 - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.
9	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 2 maggio 2006 - Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, ai sensi dell'articolo 99, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
10	Decreto Legislativo D.lgs. n.152 del 3.03.2006 - Norme in materia ambientale.
11	DECRETO 6 luglio 2005. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. - Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.
12	Decreto 12 giugno 2003 n. 185 del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio - Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

AMBIENTE E TERRITORIO - NORME E PIANI REGIONALI

1	Piano Paesaggistico Regionale e relative Norme Tecniche di Attuazione
2	Piano di Assetto Idrogeologico PAI e relative Norme Tecniche di Attuazione
3	Piano di Gestione delle Acque e relative Norme Tecniche di Attuazione
4	Legge Regionale n. 23 del 11 agosto 1999 "Tutela, governo ed uso del territorio" e dalla L.R
5	Legge Regionale n. 9 del 11 giugno 2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica"

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'area di studio ricade nella porzione meridionale della Fossa Bradanica (Figura 5), lo stretto bacino di sedimentazione pliopleistocenico compreso tra il margine esterno della catena appenninica meridionale e l'avampaese apulo, colmato da una potente successione sedimentaria, spessa fino a 2-3 km, che si è formata a seguito degli effetti dell'interazione tra le deformazioni orogenetiche e le variazioni glacioeustatiche del livello marino. In particolare la ciclovia si colloca all'interno della piana costiera metapontina dove la parte superiore dello spesso cuneo sedimentario è costituita prevalentemente da depositi regressivi di ambiente da continentale a transizionale (Figura 6). I caratteri geologici generali del territorio di interesse sono delineati dal Foglio n°201 "Matera" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000, edita dal Servizio Geologico d'Italia e disponibile sul sito <http://www.isprambiente.gov.it>. Inoltre gran parte del tracciato della ciclovia ricade all'interno di un settore per cui è disponibile una cartografia di maggior dettaglio e di più recente pubblicazione (Foglio n°508 "Policoro" scala 1:50000). Gli elementi scaturiti dall'analisi integrata dei dati cartografici disponibili e dei riscontri dei rilievi di superficie sono stati utilizzati per ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area di progetto (vedi elaborato GG.CG "Carta Geologica"). Lungo il percorso della pista ciclabile affiorano depositi di origine prevalentemente alluvionale ed eolica (Figura 7). Di seguito si descrivono le principali caratteristiche dei terreni a partire da quelli più recenti:

➤ depositi eolici

si rinvengono in prossimità della costa, lungo una fascia avente un'ampiezza media di circa 1 km. Si tratta di sabbie medio-fini di colore giallastro e ben classate (**MEPd**) a cui si interpongono sedimenti limosi grigi riferibili ad ambienti palustri o laghetti interdunali (**MEPe3**);

➤ coltre alluvionale

al cui interno si possono distinguere:

- depositi attuali (**b_a**) in evoluzione, presenti all'interno dei letti dei fiumi principali, generalmente nei tratti meandriformi: sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche con intercalazioni sabbioso-limose o da limi argillosi con rare intercalazioni ghiaiose;
- depositi recenti (**b_b**) si rinvengono nei tratti di alveo temporaneamente abbandonati ma che possono essere interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria: sono costituiti da ghiaie e sabbie o da sabbie e sabbie limose aventi uno spessore massimo di qualche metro;

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

- depositi terrazzati (b_{na}) di poco sospesi al di sopra dell'attuale linee di impluvio, formati nei settori distali dei corsi d'acqua, lungo i fianchi degli alvei oppure all'interno di zone costiere esondabili, palustri e retrodunali: essi sono costituiti da sabbie e limi con intercalazioni ghiaiose.

Infine, nelle vicinanze del tempio di Heracle, per un piccolo tratto (circa 230 m) il percorso ciclabile ricade su:

- depositi marini terrazzati antichi (**RIT**)

formati a seguito degli effetti delle interazioni fra oscillazioni del livello del mare e sollevamento regionale sugli equilibri degli ambienti deposizionali di transizione: i depositi terrazzati sono costituiti in prevalenza da conglomerati con intercalazioni sabbioso-arenacee, argille e sabbie conglomeratiche.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

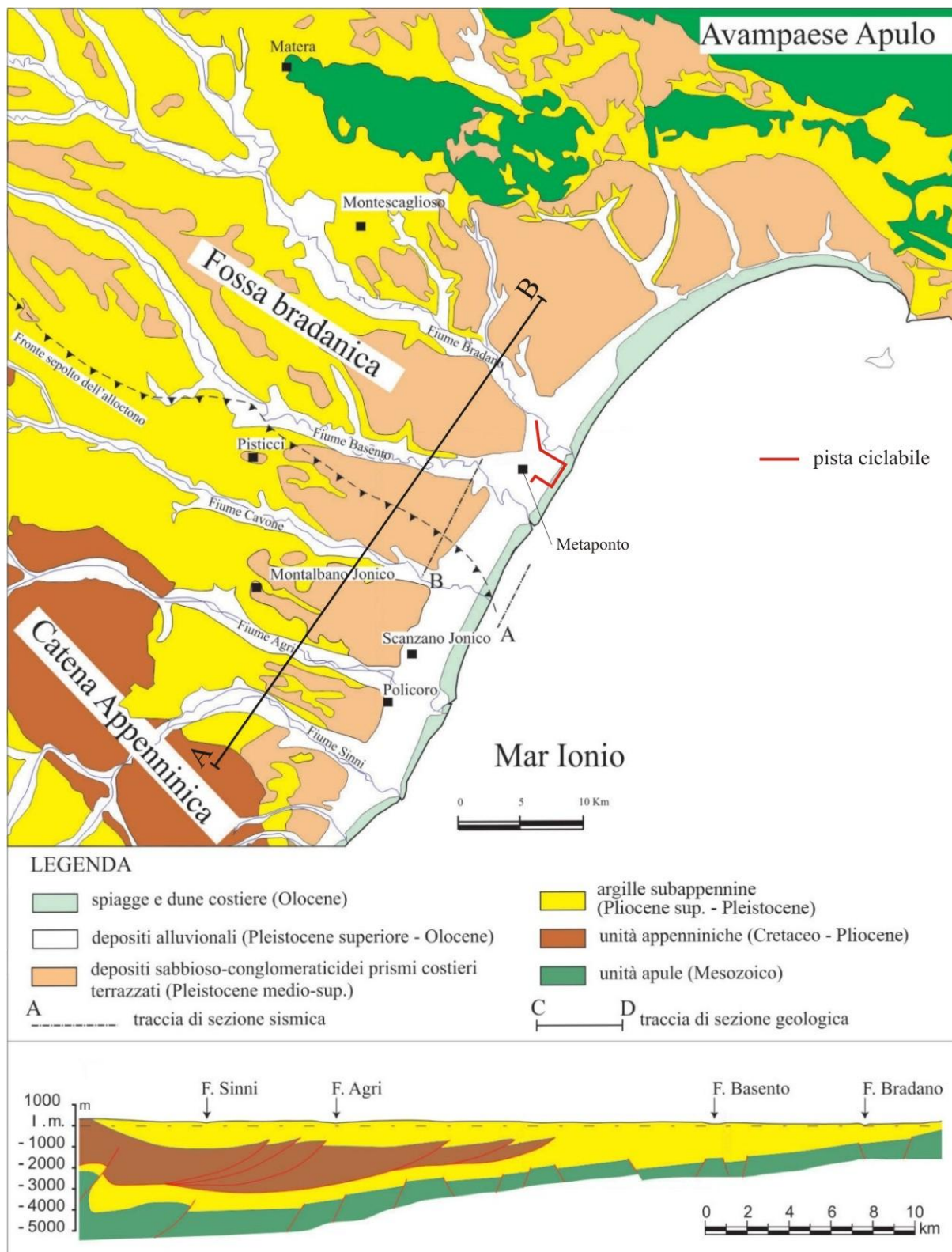


Figura 5 - Schema geologico-strutturale della porzione di Fossa Bradanica in cui ricade l'area di progetto (mod. dal Foglio n. 508 "Policoro" della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50000).

Progettisti:

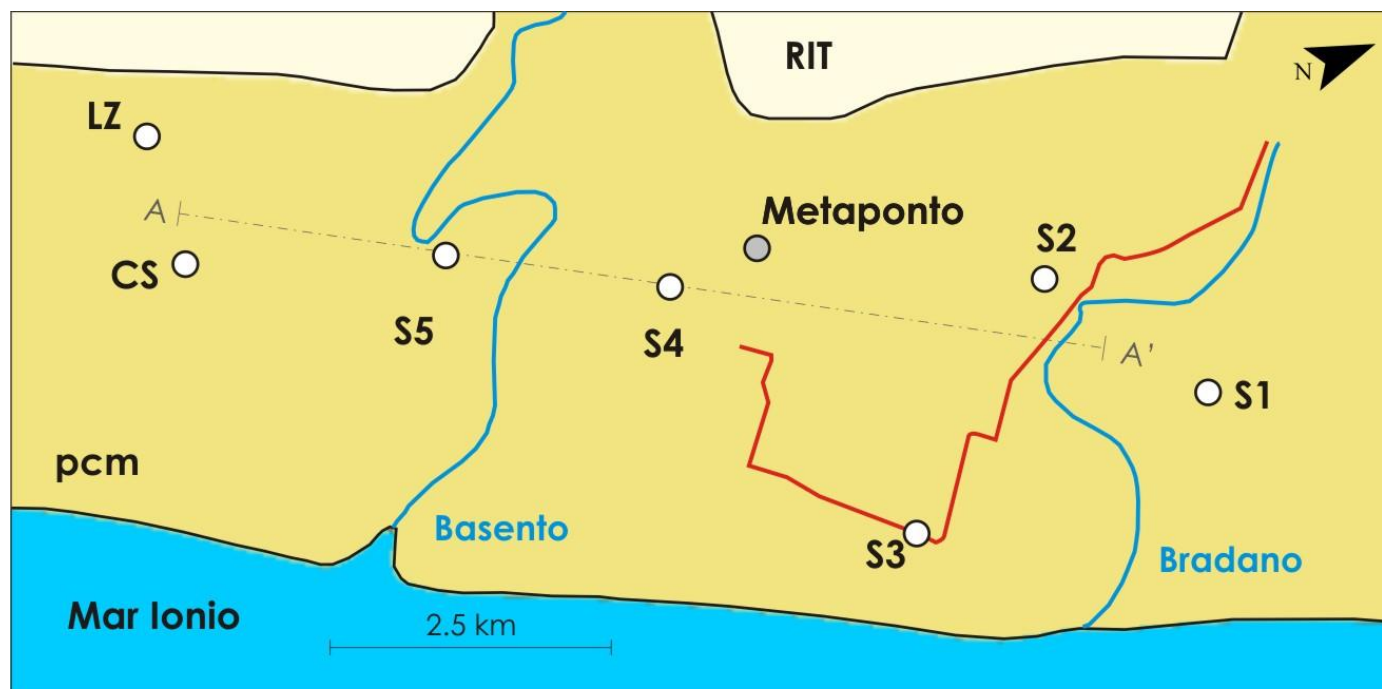


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)



- tracciato della ciclovia
- traccia di sezione geologica
- sondaggi

Prisma costiero metapontino
depositi sabbiosi, ghiaiosi e limosi di ambiente da continentale a transizionale

- pcm prisma costiero superficiale
- pcs prisma costiero sepolto

Prisma costiero regressivo
RIT depositi marini terrazzati costituiti da conglomerati con intercalazioni sabbioso-arenace, argille e sabbie-conglomeratiche

Unità della Fossa Bradanica
ASP depositi argillosi, argilloso-siltosi, argillosi-sabbiosi di colore grigio

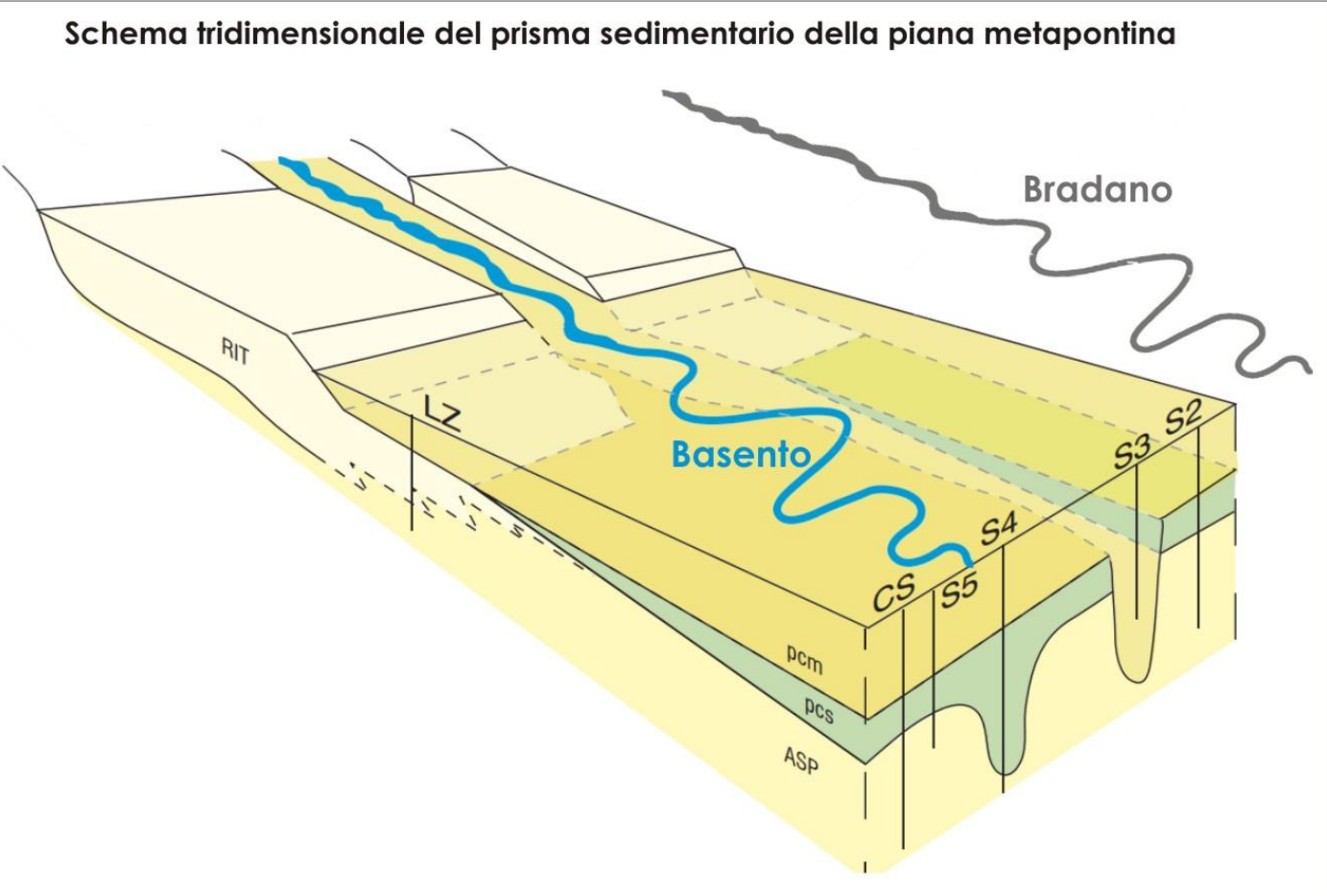
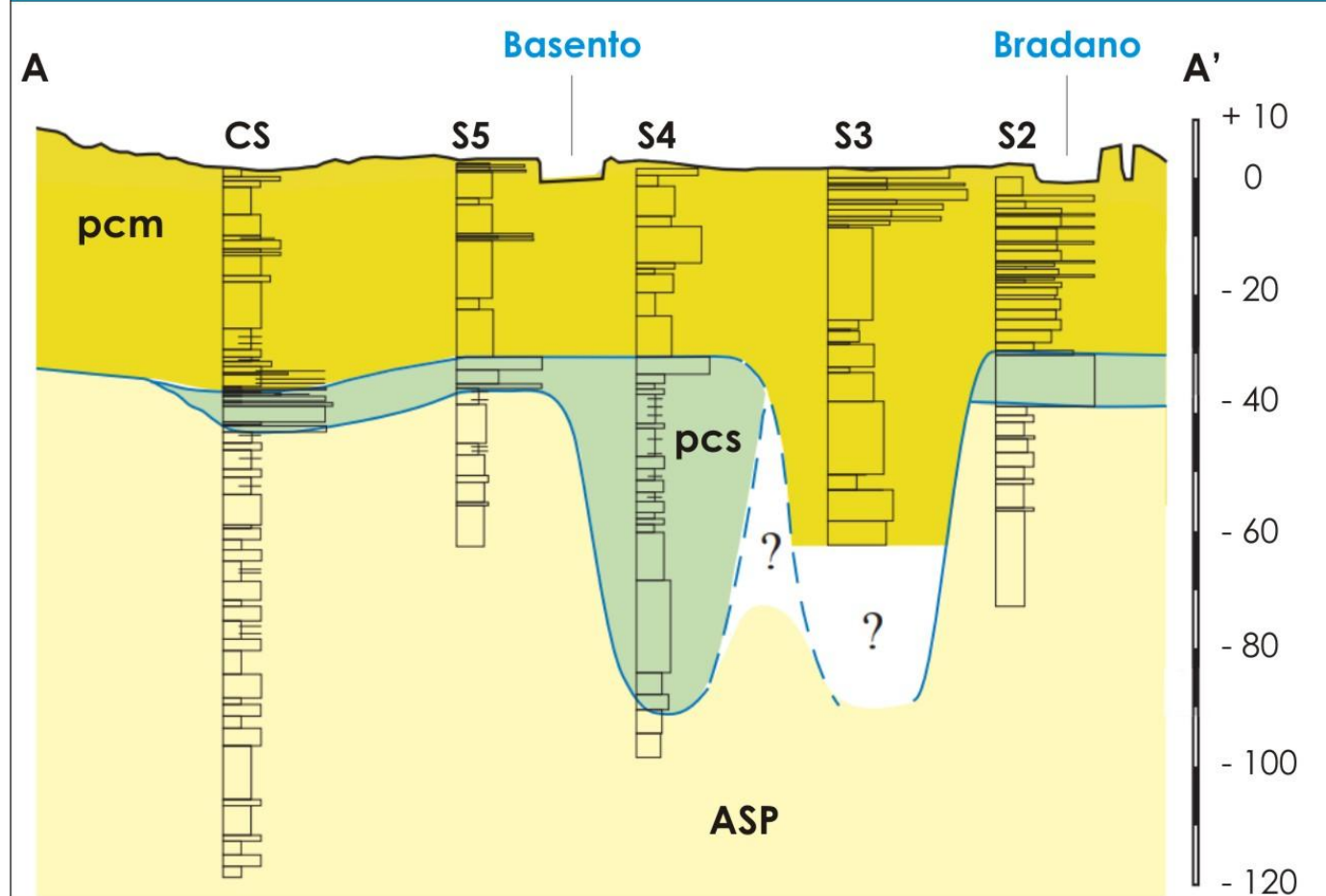


Figura 6 - Schema dei rapporti stratigrafici dei depositi della piana costiera metapontina estratto dal Foglio n°508 "Policoro" della Carta Geologica di Italia in scala 1 : 50000.

Progettisti:

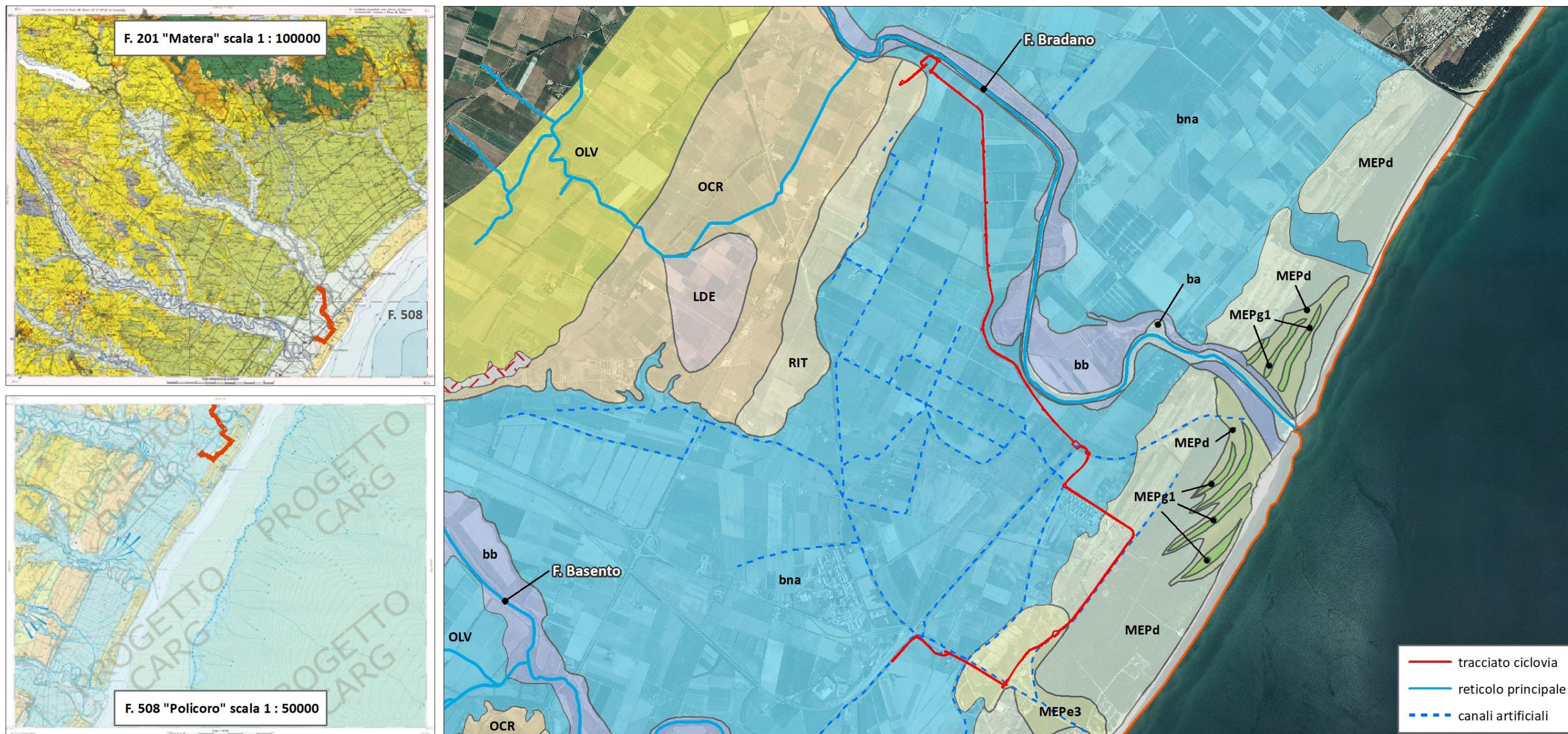


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)



Depositi della fascia costiera

- g2** sabbie da medio-grossolane a medio-fini ben classate riferibili a depositi di spiaggia attuale
- MEPd** sabbie medio-fini giallastre ben classate riferibili a dune eoliche
- MEPe3** limi grigi riferibili a laghetti interdunali o ambienti palustri
- MEPg1** sabbie riferibili a barre di foce fluviale

Depositi continentali

- ba** deposito alluvionale attuale: ghiaie poligeniche eterometriche
- bb** deposito alluvionale recente: ghiaie sabbiose, sabbie e sabbie limose fluviali
- bna** deposito alluvionale terrazzato: sabbie e limi con intercalazioni ghiaiose
- LDE** sabbie limose rosse con livelli ghiaiosi, ghiaie e limi riferibili a conoidi alluvionali

Depositi sabbioso-conglomeratici dei prismi costieri regressivi

- OCR** sabbie e conglomerati di Masseria Ricotta
- OLV** Sabbie e conglomerati di Policoro
- RIT** Sabbie e conglomerati di Piano Olivastro

Figura 7 - Principali caratteri litologici delle unità affioranti dell'area di progetto estrapolati dalla cartografia geologica edita dal Servizio Geologico d'Italia e disponibile sul sito <http://www.isprambiente.gov.it>.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

4.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

La ciclovia ricade all'interno di un settore di piana costiera compreso tra le foci dei fiumi Basento e Bradano (Figura 8, vedi anche elaborato di progetto GG.CI "Carta idrogeomorfologica"). Il paesaggio è contraddistinto da una morfologia poco accidentata. Vasti pianori digradano con lievi pendenze dall'entroterra verso il mare. Essi sono allungati parallelamente alla linea di costa e raccordati da modeste scarpate sub-parallele tra loro che solo raramente mostrano più brusche cadute di pendio con dislivelli di alcuni m. Detti ripiani sono interpretati come antiche superfici marine terrazzate generatesi durante il sollevamento della regione e il progressivo abbassamento del livello del mare. Le scarpate poste a quote via via più basse, invece, individuano gli orli di terrazzo morfologico corrispondenti a tratti delle antiche linee di costa durante periodi di stasi più prolungata della regressione marina di età medio e suprapleistocenica. Il paesaggio nel complesso monotono è vivacizzato leggermente dal reticolo idrografico. I due corsi d'acqua principali hanno un andamento spiccatamente meandriforme ed incidono in maniera blanda le coperture alluvionali e i depositi terrazzati affioranti nella piana. L'alveo del Bradano risulta ben delimitato morfologicamente dalla presenza di cigli di sponda. Si riconoscono inoltre tratti di ripe di erosione e tracce di paleoalvei quali testimonianze dei processi morfodinamici fluviali del passato. A causa delle blande pendenze del territorio, la rete di drenaggio naturale, nel tempo, è stata potenziata attraverso la realizzazione di canali artificiali che sono serviti sia per interventi di bonifica sia per scopi irrigui. Il quadro degli elementi geomorfologici è completato dalla presenza di sistemi dunali allungati parallelamente alla linea di costa.

Come discusso nel par. 2, gran parte degli interventi progettuali consistono in lavori di ripristino/allargamento di un percorso ciclabile esistente che non comportano trasformazioni rilevanti del territorio. Le uniche potenziali criticità in relazione alle componenti geomorfologiche si riscontrano in corrispondenza delle intersezioni del tracciato con alcuni canali artificiali (Figura 9). Ad ogni modo esistono già delle opere di attraversamento idraulico che consentono il passaggio delle acque al di sotto della viabilità, risolvendo, di fatto, tali interferenze.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

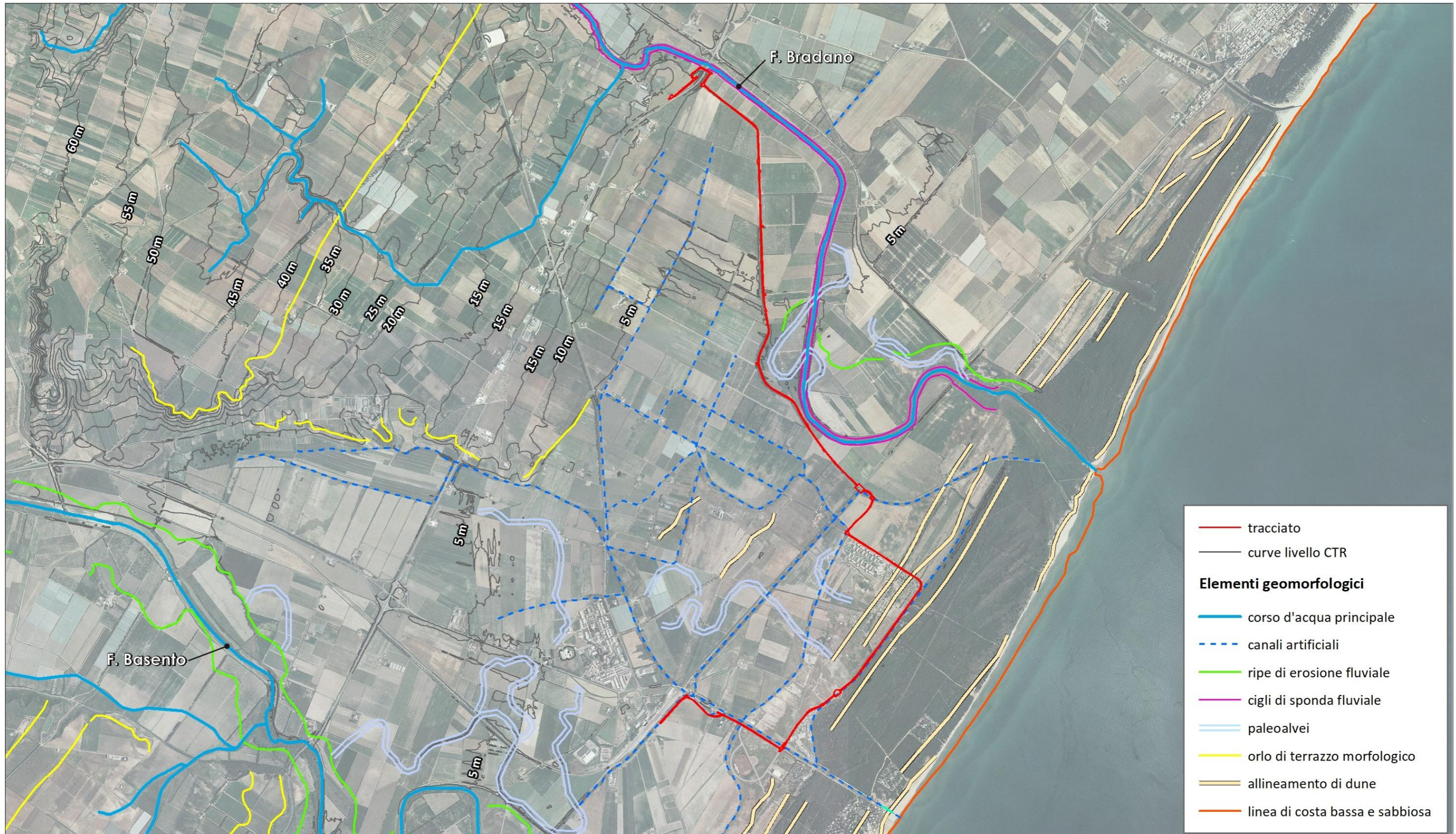


Figura 8 - Lineamenti geomorfologici dell'area di progetto estrapolati dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50000 Foglio n° 508 "Policoro".

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
 via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
 (MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

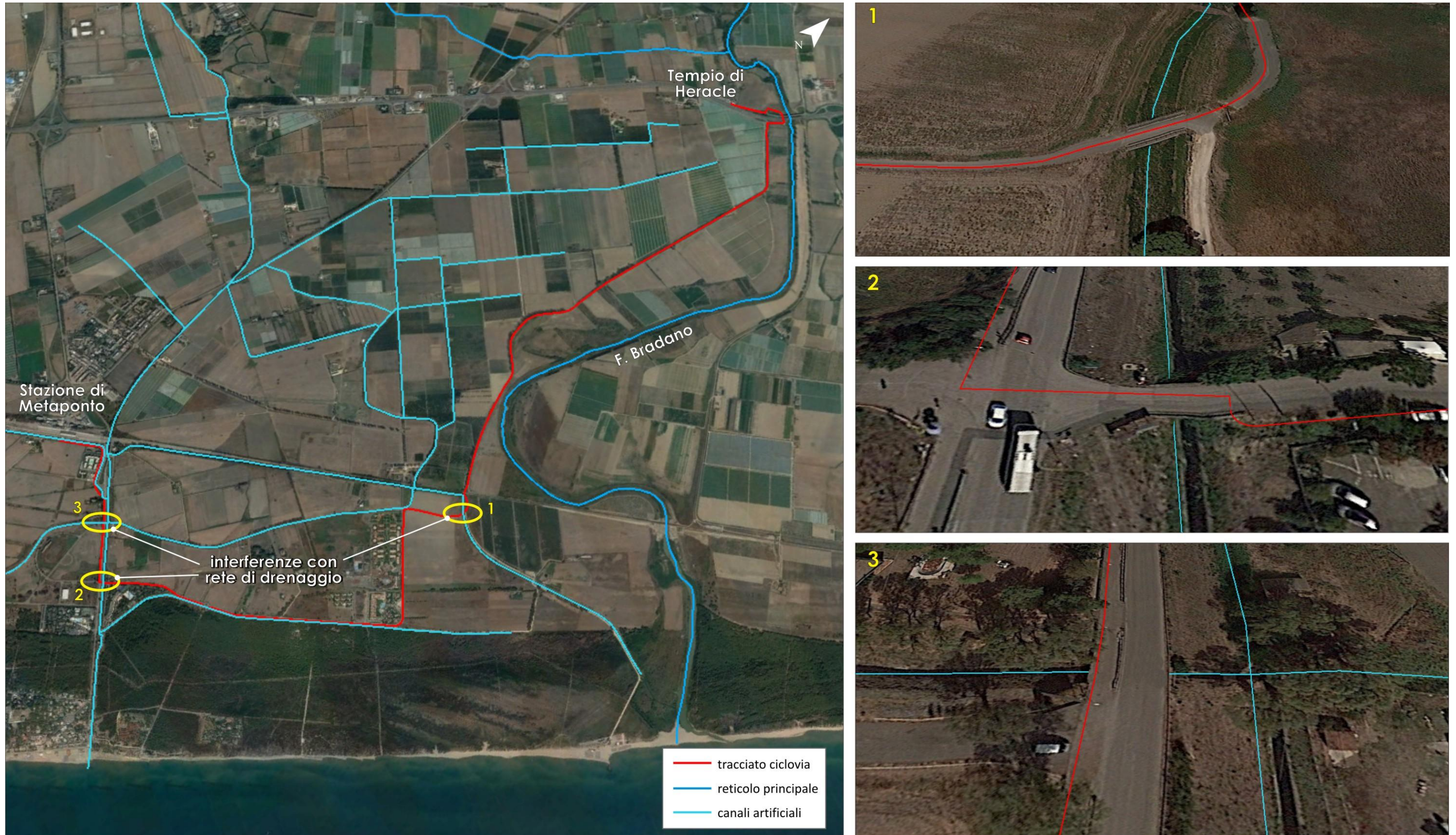


Figura 10 - Interferenze del tracciato della ciclovia con la rete di drenaggio delle acque superficiali.

Progettisti:

TECNOMOBILITY
di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

4.3 IDROLOGIA E DEFLUSSI SUPERFICIALI

Il settore di piana costiera in cui ricade l'intervento è disseccato da un reticolo debolmente inciso costituito da due aste principali ad andamento meandriforme (Fiumi Bradano e Basento) e da una rete di canali artificiali dal pattern reticolare, realizzati in parte lungo linee di impluvio minori in parte lungo i limiti di proprietà dei terreni agricoli (Figura 10, vedi anche elaborato di progetto CG.CI "Carta idrogeomorfologica"). Gli alvei dei corsi d'acqua risultano poco incisi (Foto 1 in Figura 10) e soltanto a tratti sono riconoscibili degli argini ben definiti morfologicamente, frutto di interventi di sistemazione idraulica che hanno interessato prevalentemente il Bradano (Foto 2 in Figura 10). Inoltre la scarsa manutenzione dei canali artificiali ha favorito la crescita della vegetazione che contribuisce a ridurre la funzionalità idraulica della rete di drenaggio (Foto 3 in Figura 10).

In relazione alle caratteristiche termo-pluviometriche e geomorfologiche del territorio i deflussi superficiali hanno un regime di tipo torrentizio con portate minime ad agosto e massime nel periodo gennaio-febbraio. Il Bradano, in particolare, è contraddistinto da una notevole variabilità con piene anche superiori ai 1.000 m³/s in autunno e inverno e magre quasi totali in estate. In concomitanza degli eventi meteorici più intensi la rete di drenaggio risulta insufficiente a contenere le portate in afflusso che, anche a causa dell'assetto topografico subpianeggiante, tendono ad esondare interessando superfici molto estese. Per tale ragione il Piano Stralcio della Difesa dal Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata ha imposto delle perimetrazioni di pericolosità idraulica che comprendono gran parte dell'area di progetto (Figura 11).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

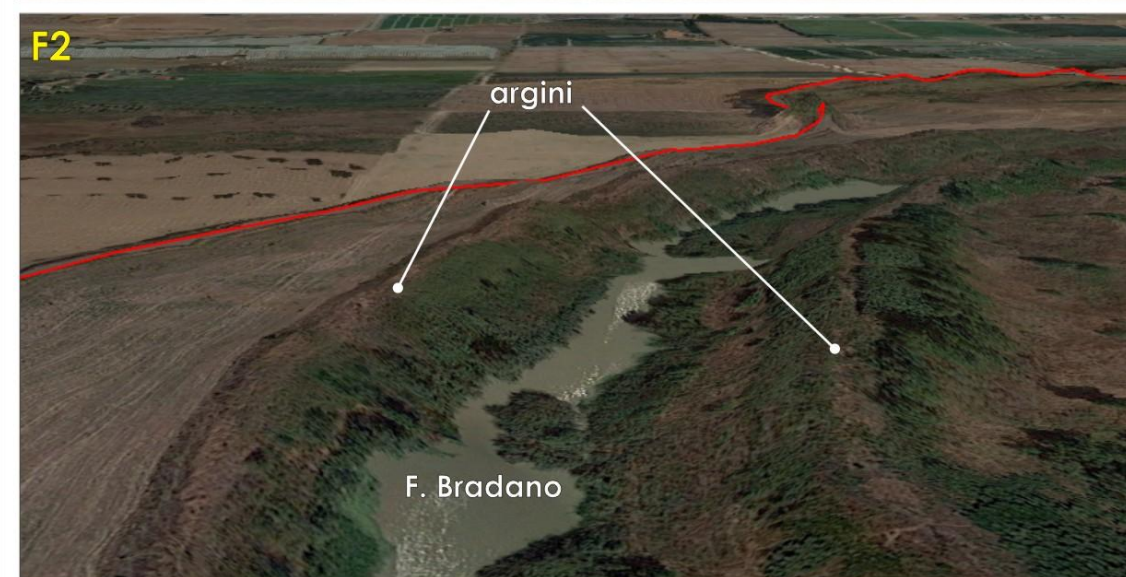
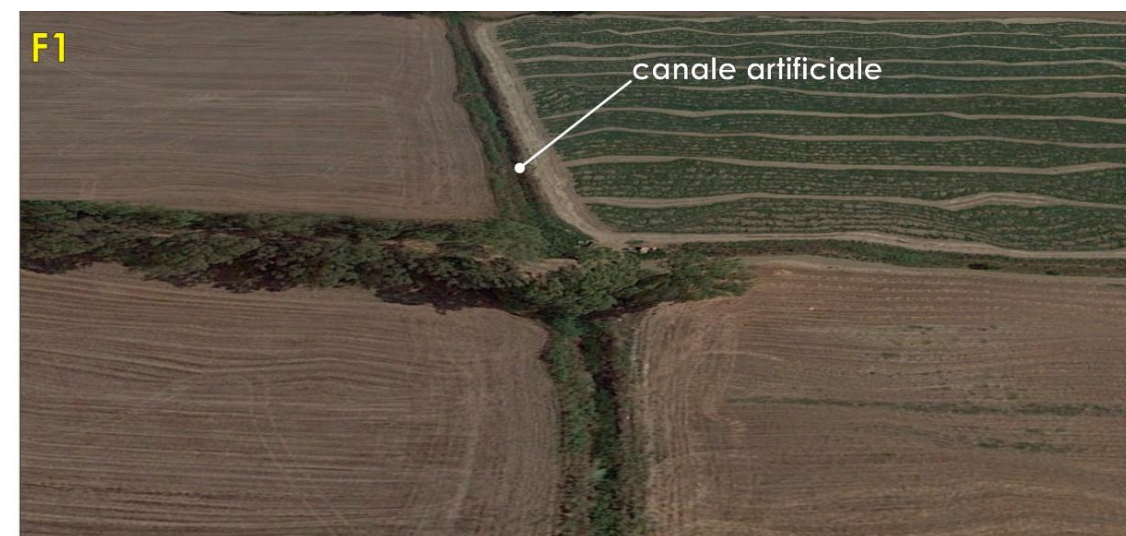


Figura 10 - Reticolo idrografico dell'area di intervento. Gli alvei dei corsi d'acqua risultano generalmente poco incisi (Foto 1) e soltanto a tratti sono riconoscibili degli argini ben definiti morfologicamente (Foto 2). Inoltre la scarsa manutenzione dei canali artificiali ha favorito la crescita della vegetazione che contribuisce a ridurre la funzionalità idraulica della rete di drenaggio (Foto 3).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

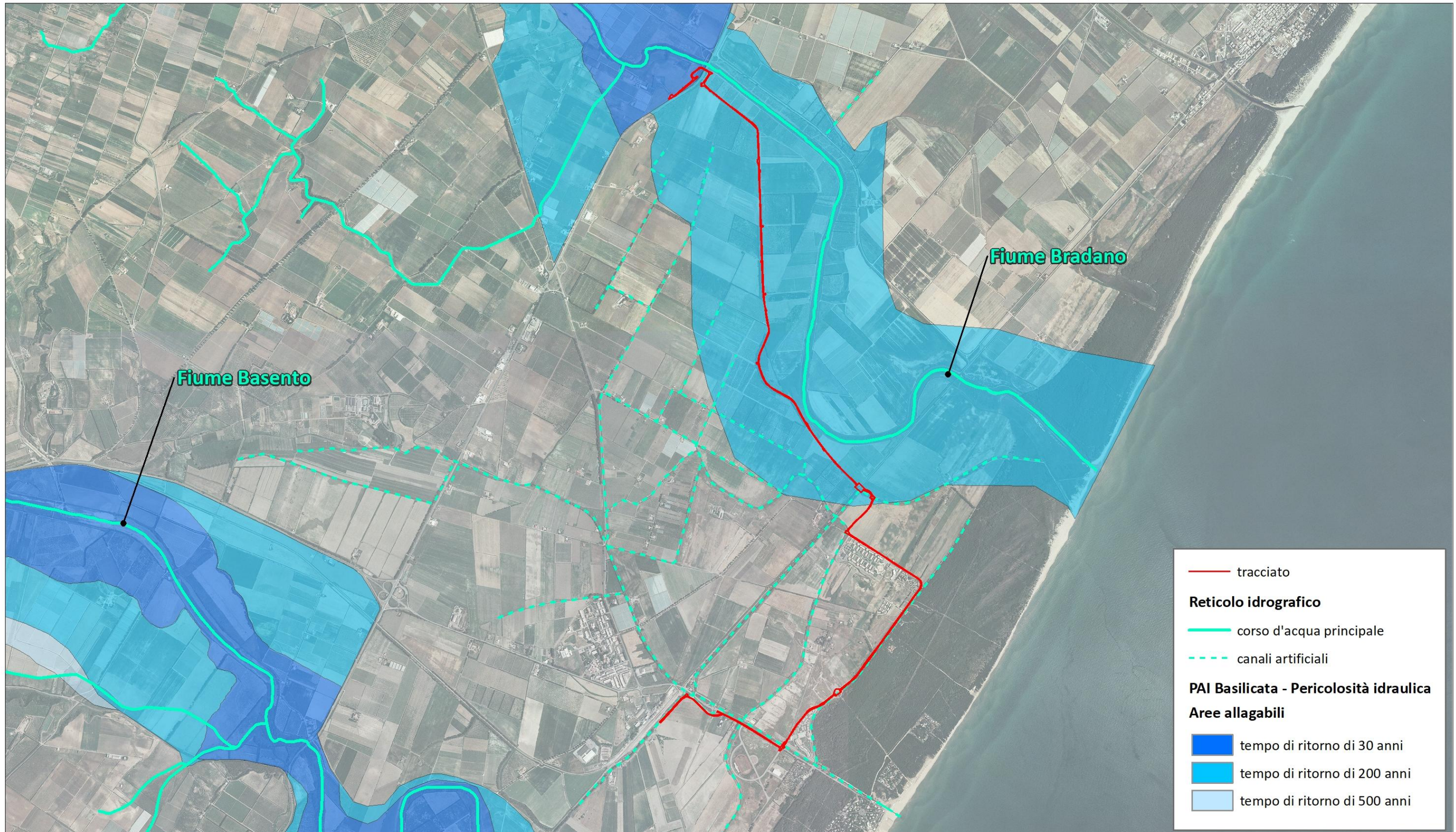


Figura 11 - Aree a pericolosità idraulica perimetrata dal Piano Stralcio della Difesa dal Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

4.4 IDROGEOLOGIA

I depositi alluvionali ed eolici affioranti nella piana costiera metapontina costituiscono un esteso acquifero superficiale (Figura 12, vedi elaborato di progetto CG.CI "Carta idrogeomorfologica") che risulta frazionato a causa dell'alternanza di sabbie e ghiaie, contraddistinte da elevata porosità, con intervalli limosi poco permeabili. Il limite di base della falda coincide con il tetto delle argille subappennine che, pur con andamento irregolare, tende ad approfondirsi in direzione della linea di costa dove l'acquifero si spinge sotto il livello del mare, permettendo in tal modo, in funzione delle condizioni idrodinamiche, l'intrusione marina. La ricarica diretta della falda costiera per infiltrazione delle acque piovane è da ritenersi modesta se non trascurabile considerato il basso valore della piovosità efficace che caratterizza l'area. Essa ha un andamento stagionale e si alimenta principalmente dalle acque provenienti dagli acquiferi di monte riferibili ai depositi marini terrazzati e a quelli di piana alluvionale. La superficie freatica si rinviene mediamente tra circa 1-5 m dal piano campagna. Lo sfruttamento intenso delle acque sotterranee, non associato ad una costante ricarica dell'acquifero costiero, nonché l'utilizzo di sostanze inquinanti utilizzate nelle coltivazioni agricole, hanno determinato nel tempo un deterioramento della qualità dei corpi idrici che risultano classificati a rischio dal Piano di Gestione delle Acque della Regione Basilicata.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

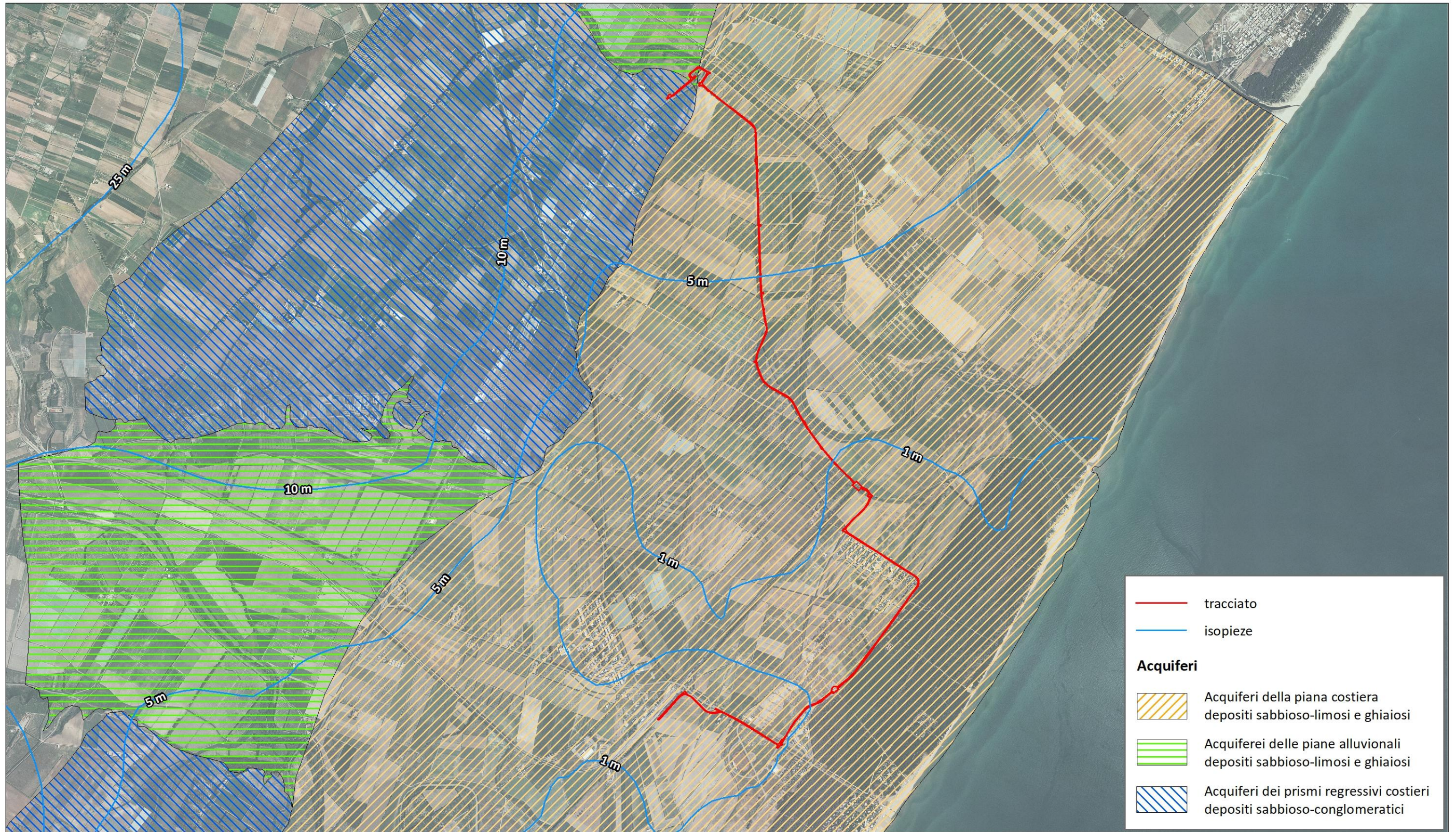


Figura 12 - Acquiferi principali della piana costiera metapontina e valori di riferimento dei livelli di soggiacenza della falda.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

4.5 SISMICITA' DELL'AREA

Il territorio in esame si colloca nel settore meridionale della Fossa Bradanica, un'ampia depressione tettonica formatasi a seguito dell'evoluzione dell'orogene subappenninico, colmata prevalentemente da sedimenti argilloso-siltosi e sabbioso-conglomeratici plio-pleistocenici. Essa costituisce una parte coinvolta solo parzialmente dalle deformazioni tettoniche ed, in generale, presenta una bassa esposizione al rischio sismico. In effetti, il territorio in esame non ricade all'interno di zone contraddistinte dalla presenza di strutture sismogeneticamente attive ovvero quelle faglie che, prendendo in carico la maggior parte della deformazione tettonica e muovendosi in profondità, causano terremoti di magnitudo (M_w) superiore a 5.5. ("Zonazione sismogenetica ZS9" elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV, Figura 13). L'analisi dei dati a disposizione (Database of Individual Seismogenic Sources) non mostra interferenze significative con le sorgenti censite. Quelle più prossime si collocano ad una distanza di oltre 20 km (ITCS005 "Baragiano-Palagianello").

Ulteriori elementi sulla sismicità dell'area possono essere desunti dallo studio condotto dall'INGV su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2020 (*Fonte "DBMI15"* - Un database di osservazioni macrosismiche di terremoti italiani a cura di *Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>). La distribuzione temporale dei terremoti risentiti nei dintorni del comune di Bernalda è rappresentata in Figura 14. La Tabella 1 elenca i singoli eventi con le relative intensità (Scala Mercalli – MCS, quanto "forte" è stato avvertito il terremoto a Bernalda e nell'immediato circondario), data, ora ed area epicentrale. Inoltre per ciascun di essi si riportano il numero di osservazioni macrosismiche (NMPD), l'intensità epicentrale (I_0) e la magnitudo stimata (M_w , Scala Richter). Come si può evincere dai dati, su circa 16 eventi riportati, anche in occasione di quello di magnitudo maggiore e gli effetti risentiti nell'areale di Bernalda hanno superato lievemente la soglia del danno.*

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC 2018) stabiliscono che l'azione sismica di riferimento per la progettazione sia definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base. Questa a sua volta è funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

Per valutare la pericolosità sismica di base è possibile utilizzare la mappa di pericolosità sismica MPS04 redatta dall'INGV e adottata con l'Ordinanza OPCM n. 3519 del 28.04.2006 (Figura 15). Questa indica i valori di accelerazione ag su una griglia con passo 0.05°, calcolati nel caso di un sito di riferimento rigido ed orizzontale, per un terremoto che determina un livello di scuotimento sismico avente una probabilità del 10% di essere superato in un intervallo di tempo di 50 anni. Il tracciato della ciclovia ricade in un'area contraddistinta da un intervallo compreso tra 0.075 g e 0.1 g, per cui l'accelerazione orizzontale massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico risulta pari a 0.1 g. Tuttavia, la Regione Basilicata ha aggiornato successivamente la classificazione sismica incrementando il valore di riferimento per il territorio del comune di Bernalda a 0.15 g.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

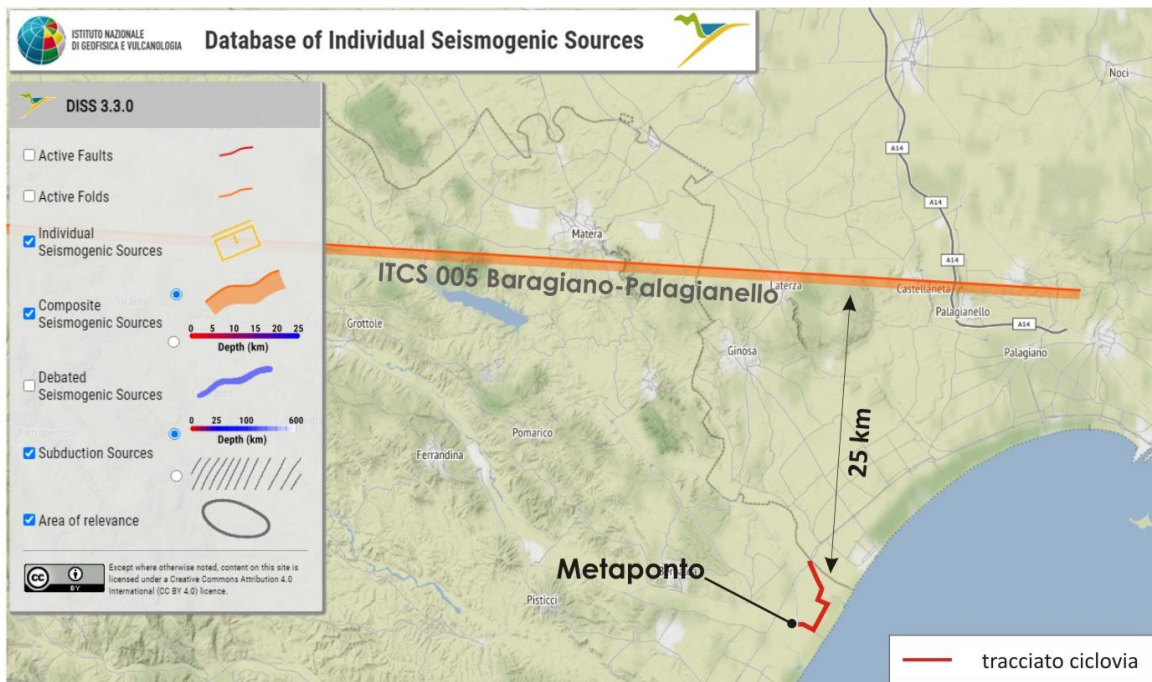
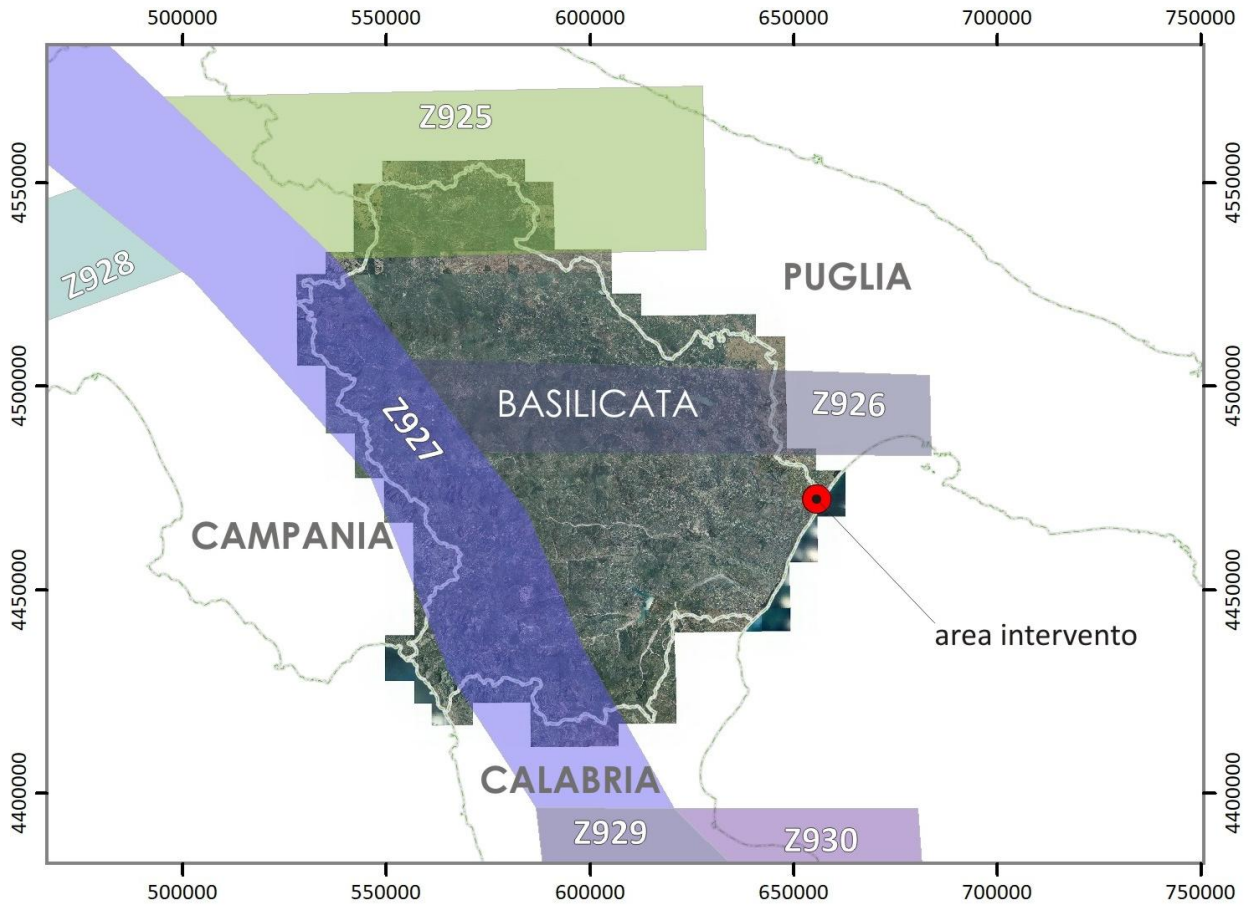


Figura 13 - In alto, Zonazione sismogenetica Z9 dell'Italia elaborata dall'INGV. In basso, principali strutture tettoniche attive individuate nel Database of Individual Seismogenic Sources.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

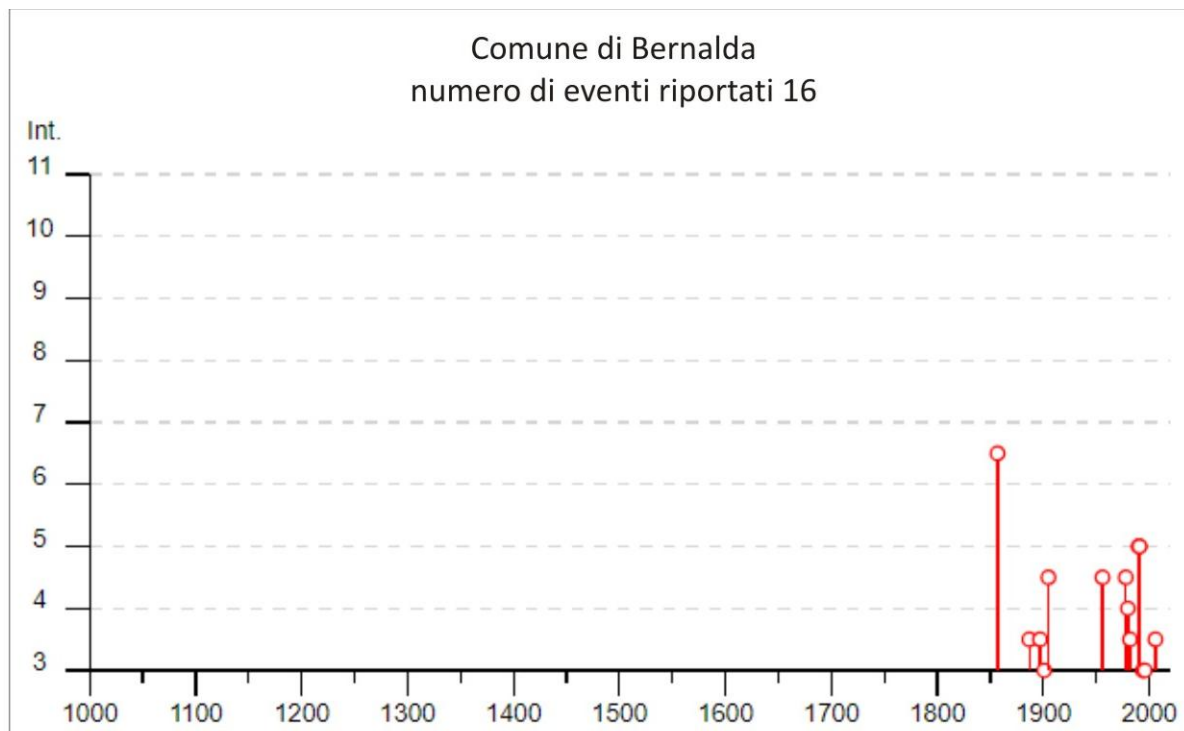


Figura 14 - Distribuzione temporale degli eventi risentiti nel Comune di Bernalda tra gli anni 1000-2020

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
4-5	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3-4	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55
3-4	1897	05	28	22	40	0	Ionio	132	6	5.46
3-4	1982	03	21	09	44	0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4	1980	05	14	01	41		Alta Val d'Agri	26	5-6	4.83
3	1901	12	13	00	10	2	Calabria	46	5	4.81
4-5	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
4-5	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
3-4	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161		4.70
2	1966	07	06	04	24		Alta Murgia	46	4	4.26
5	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26		4.13
3	1994	01	07	18	30	1	Golfo di Taranto	26		4.03

Tabella 1 - Elenco e parametri sismici principali dei terremoti risentiti a Bernalda (soglia del danno Intensità ≥ 6).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

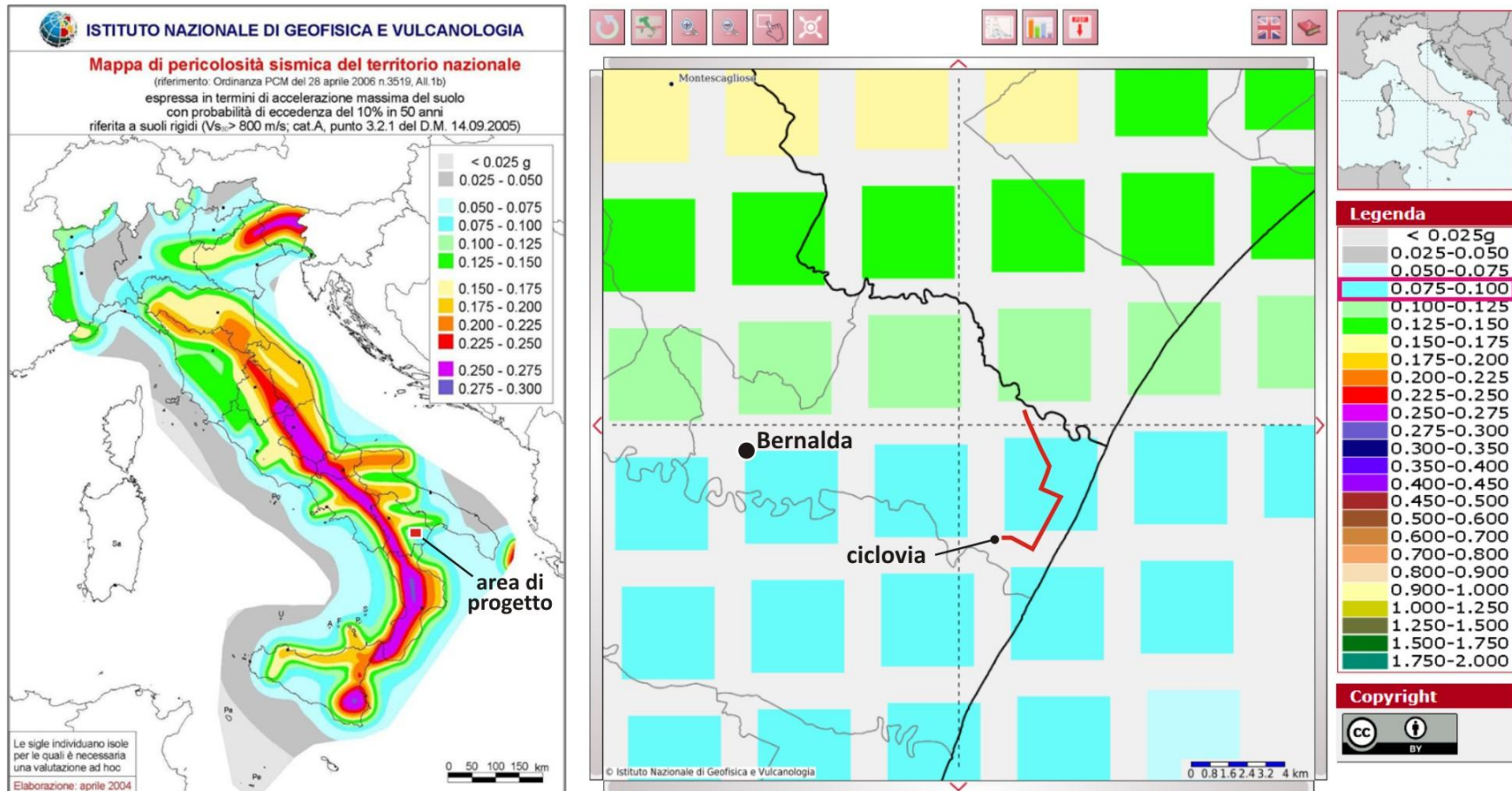


Figura 15 - A sinistra: mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'INGV (OPCM 3519/06). A destra: valori di accelerazione al suolo attesi (PGA) nell'area di progetto, per un terremoto che determina un livello di scuotimento sismico avente una probabilità del 10% di essere superato in un intervallo di tempo di 50 anni.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

5 ELEMENTI DI PERICOLOSITA' DEL TERRITORIO

Come evidenziato nel par. 4.3, il territorio interessato dalla realizzazione della ciclovia è esposto a pericolosità di tipo idraulico dovute alle esondazioni del Bradano in concomitanza di eventi meteorici di notevole intensità. A riguardo occorre evidenziare che l'assetto subpianeggiante del terreno e la presenza di strutture viarie, edifici rurali ed altri elementi fuori terra di natura antropica che interrompono localmente la continuità idraulica delle linee di impluvio, nell'insieme contribuiscono a ridurre notevolmente le velocità di scorrimento delle acque superficiali favorendo dei deflussi di tipo diffuso con bassa energia. Per tale ragione, anche in occasione degli eventi di piena i fenomeni alluvionali si esplicheranno prevalentemente sottoforma di allagamenti piuttosto che come vere e proprie inondazioni. In tale scenario l'occasionale esposizione alla presenza d'acqua non comporta di per se rischi per la durabilità delle opere fatta salva l'adozione di adeguati accorgimenti tecnici per la loro realizzazione. Invece per garantire l'incolumità dell'utenza occorrerà prevedere almeno l'installazione di sistemi di allerta meteo in corrispondenza dei settori più critici del tracciato della ciclovia (p.es. zone morfologicamente depresse come il sottopasso ferroviario dove i tiranti idraulici potrebbero raggiungere delle altezze significative oppure restringimenti della sezione d'alveo dovuti alla presenza di opere di attraversamento che potrebbero causare dei fenomeni di rigurgito).

Relativamente ad eventuali pericolosità geomorfologiche dovute a fenomeni di instabilità del sottosuolo, non si ravvisano elementi di particolare rilevanza tenuto conto sia delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti a tessitura prevalentemente grossolana (sabbioso-conglomeratica) e quindi, in generale, poco cedevoli, sia delle pendenze pressoché trascurabili che caratterizzano il territorio.

Potenziali interazioni tra le opere di progetto e l'ambiente idrico sotterraneo potrebbero verificarsi lungo i tratti di ciclovia che si approssimano alla rete di drenaggio delle acque superficiali oppure alla linea di costa, dove la soggiacenza della falda stagionalmente oppure occasionalmente in concomitanza di piogge prolungate, può raggiungere dei valori dell'ordine del metro. La presenza di uno strato drenante al di sotto della pavimentazione ciclabile (vedi par. 2 e Figure 3 e 4) servirà ad assicurare la mobilità dei fluidi interstiziali favorendo i fenomeni di infiltrazione ed evitando ristagni d'acqua che nel tempo potrebbero determinare un ammaloramento della pavimentazione stradale.

Infine, l'assenza di strutture tettoniche sismogenetiche e i dati di sismicità storica dell'areale di interesse indicano anche una bassa esposizione agli effetti dei terremoti.

Le analisi e le valutazioni effettuate sono state riportate graficamente nell'elaborato di progetto GG.CS.01 "Carta di sintesi delle pericolosità e criticità geologiche e geomorfologiche" (Figura 16) che definisce per il

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

territorio in esame le aree contraddistinte da un diverso grado di esposizione (riferimento Allegato B della L.R. n. 23/99) a fenomeni di cedimento del sottosuolo, allagamenti e potenziali interazioni con la circolazione idrica sotterranea a causa della prossimità della falda alla superficie topografica. Lungo il percorso della ciclovia si rilevano prevalentemente condizioni di moderata criticità a meno dei tratti che ricadono all'interno delle aree esposte alle esondazioni del Bradano così come perimetrare dal Piano Stralcio della Difesa dal Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata.

Progettisti:

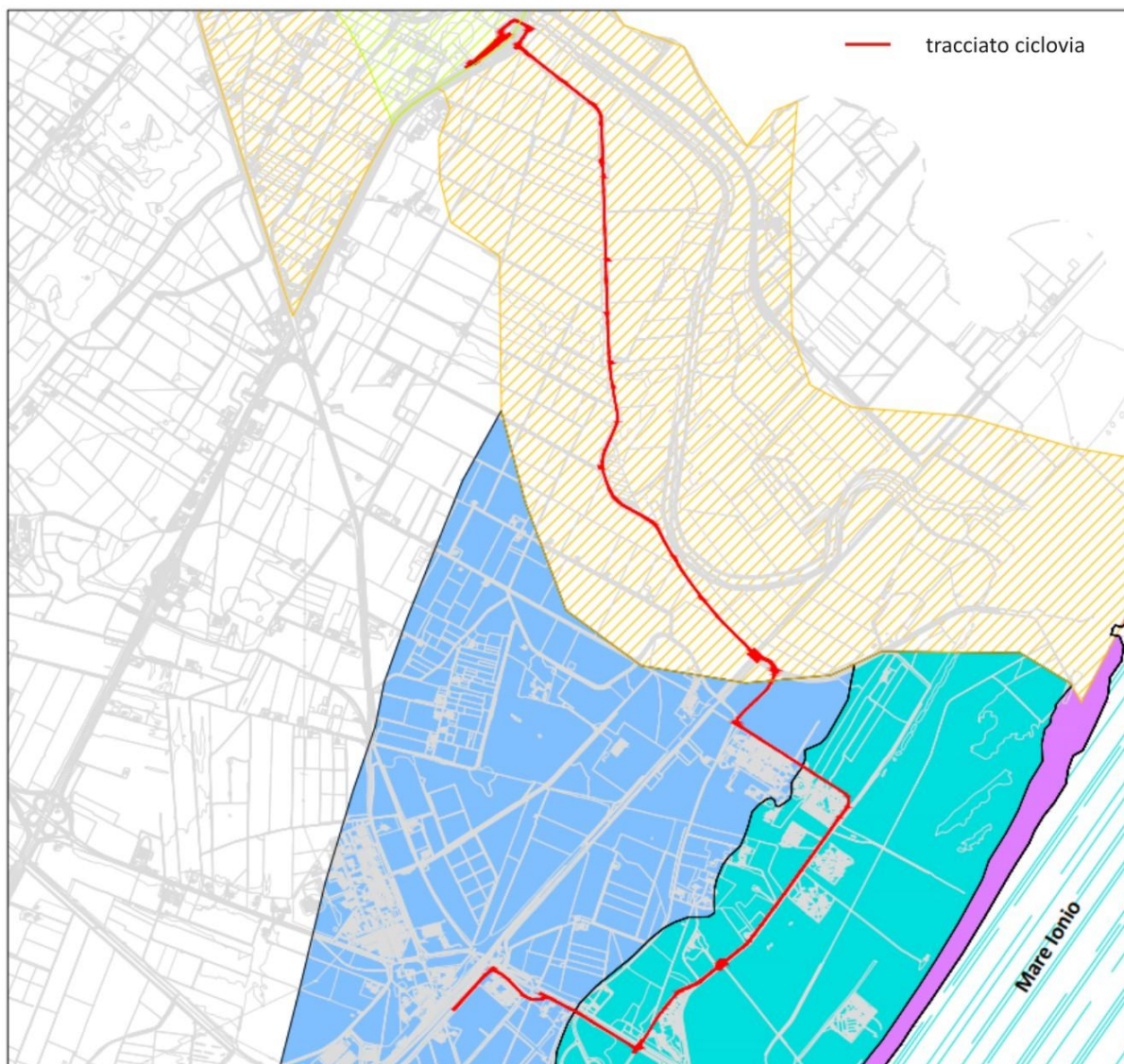


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)



II - Aree con criticità puntuali e moderate

Aree pianeggianti esposte localmente a cedimenti differenziali e ristagni d'acqua

Ila-1 settore con prevalenza di sabbie e limi con intercalazioni ghiaiose

Ila-2 settore con prevalenza di sabbie medio-fini ben classate e a luoghi limi

IV - Aree con criticità di livello elevato sia puntuali che diffuse

Ivc Aree costiera caratterizzata da fenomeni di erosione attiva a danno del litorale

Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico

 Aree di pianura a rischio di esondazione con tempo di ritorno di 30 anni

 Aree di pianura a rischio di esondazione con tempo di ritorno di 200 anni

Figura 16 - Stralcio dell'elaborato di progetto GG.CS.01 "Carta di sintesi delle pericolosità e criticità geologiche e geomorfologiche dell'area di intervento".

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE SITO SPECIFICA DEL TRATTO DI CICLOVIA DA REALIZZARE EX-NOVO

Le formazioni affioranti lungo il tratto da realizzare ex-novo risultano costituite da depositi alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa. Informazioni sito specifiche e di maggior dettaglio sulle caratteristiche del sottosuolo sono state ottenute dalle indagini geognostiche eseguite nel 2005 dal Dott. Geol. Leonardo Disummo ai fini della redazione del "Piano particolareggiato esecutivo d'ambito A di Metaponto" (Figura 17, vedi anche elaborati di progetto CG.QI.01 "Quaderno delle indagini pregresse" e GG.PI.01 "Planimetria ubicazione delle indagini geognostiche"). In particolare, in prossimità dell'areale di interesse ricadono:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 20 m dal piano campagna (S1 → 3), con prove SPT in foro (Standard Penetration Test) e prelievo di campioni sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue fino a 10 m dal piano campagna (DPSH, P1 → 4);
- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P (SISM1 → 4).

Inoltre, in accordo alla normativa regionale in materia di pianificazione territoriale e attività di microzonazione sismica (L.R. n. 23/99 e L.R. n. 9/2011), si è provveduto ad acquisire ulteriori elementi necessari a definire le caratteristiche sismiche del sottosuolo. A tal fine nel settembre 2023 sono state eseguite (Figura 18):

- n. 1 tomografia a rifrazione in onde P (RIFRA1) per valutare le proprietà elasto-meccaniche dei terreni affioranti;
- n. 1 acquisizione MASW (M1), lungo lo stesso stendimento, per ricostruire il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio S, utile sia al calcolo del parametro V_{seq} e alla classificazione sismica del sottosuolo secondo quanto previsto dalle NTC 2018, sia alle analisi necessarie per lo studio di microzonazione sismica (vedi elaborati di progetto MS.RE.01 "Relazione di microzonazione sismica e MS.CM.01 Carta di microzonazione sismica").

Di seguito si riepilogano gli elementi più significativi desunti dai diversi dati geognostici disponibili.

Progettisti:

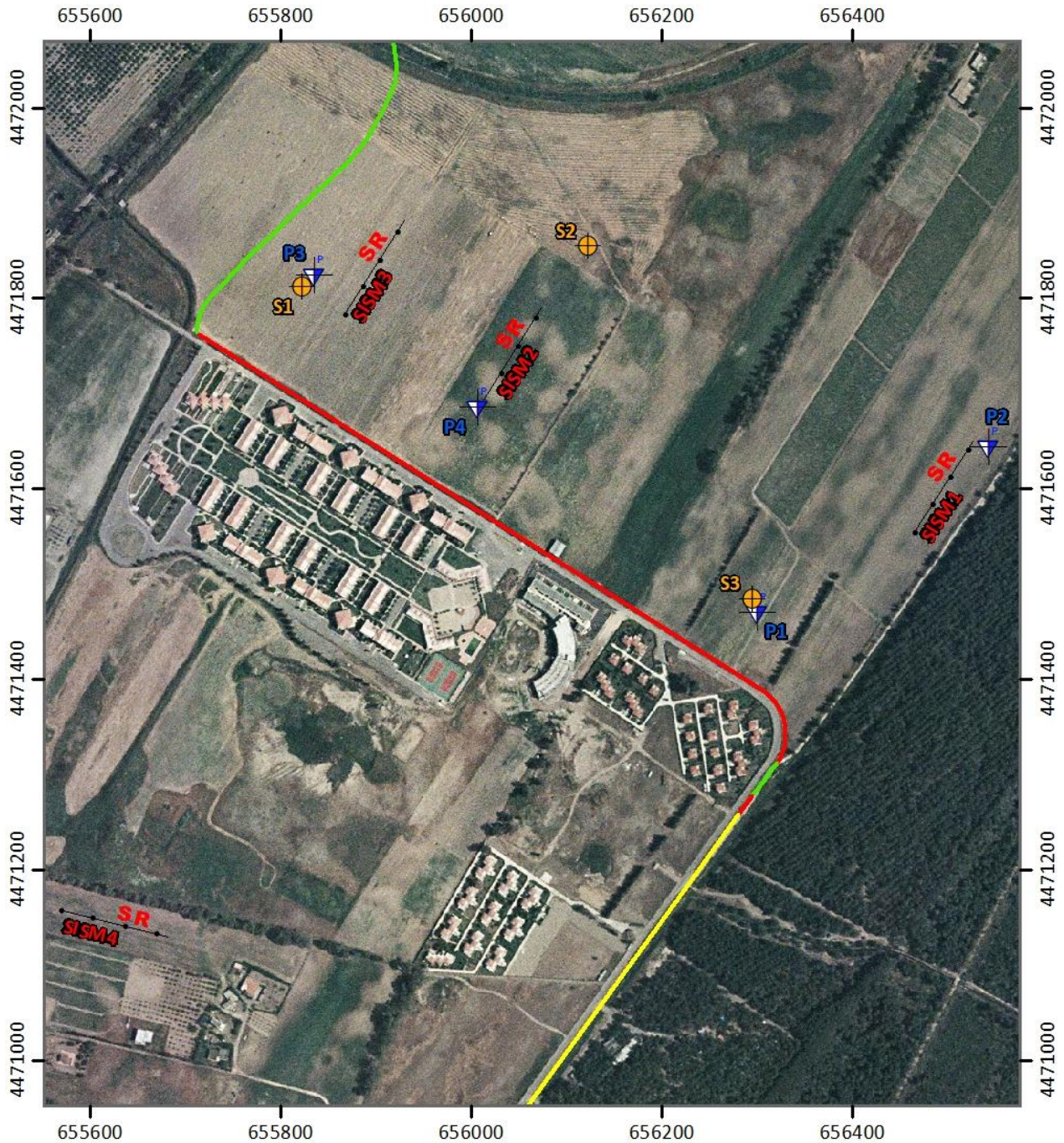


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)



Tipologia di Intervento in progetto

— tratto di ripristino

— tratto di allargamento

— tratto di nuova costruzione

Indagini pregresse

⊙ sondaggio a carotaggio continuo

▽ prova penetrometrica (DPSH)

SR sismica a rifrazione in onde P

Figura 17 - Ubicazione delle indagini geonostiche pregresse eseguite nel 2005 dal Geol. Disummo, ai fini della redazione del "Piano particolareggiato esecutivo d'ambito A di Metaponto".

Progettisti:

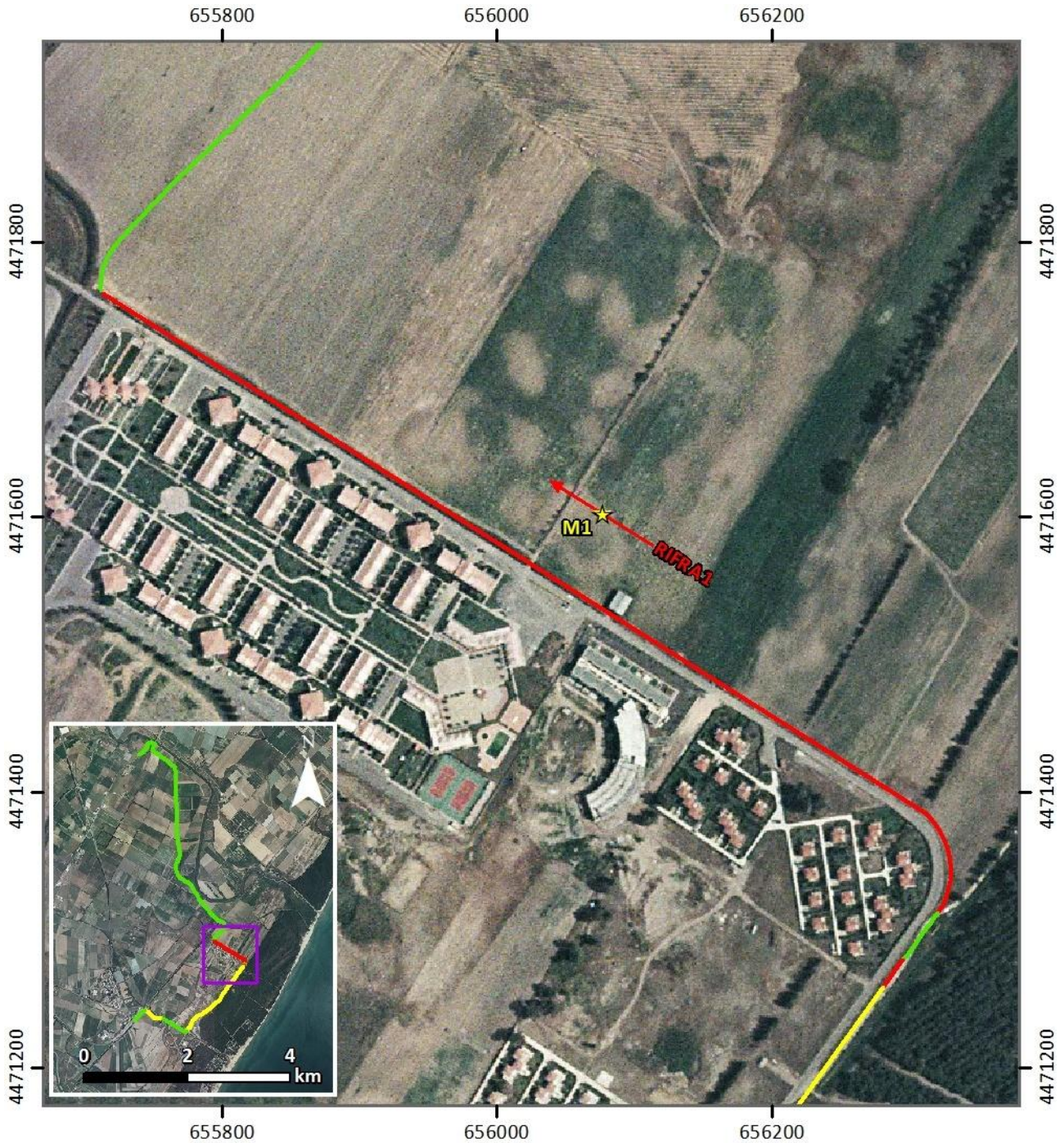


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)



Tipologia di Intervento in progetto		Nuove indagini eseguite	
	tratto di ripristino		acquisizione MASW
	tratto di allargamento		sismica a rifrazione in onde P
	tratto di nuova costruzione		

Figura 18 - Ubicazione delle prospezioni sismiche eseguite ad hoc nel settembre 2023.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

6.1 INDAGINI PREGRESSE

Coerentemente con il quadro conoscitivo delineato in termini generali (vedi par. 4.1), i sondaggi meccanici eseguiti nel 2005 evidenziano, fino a circa 20 m dal piano campagna, un assetto litostratigrafico piuttosto omogeneo, caratterizzato dalla presenza di depositi sabbiosi al cui interno è possibile individuare intervalli contraddistinti da assortimento granulometrico e colorazione variabili (Figure 19-21). In tutti i fori è stata rilevata la presenza della falda ad una profondità compresa tra 1.6-2.4 m dal piano campagna.

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT in foro e DPSH) indicano uno scarso grado di addensamento degli strati superficiali del terreno fino alle profondità di interesse per gli interventi progettuali (circa 3 m dal piano campagna). All'interno di questa porzione di sottosuolo il numero di colpi necessario ad infiggere la punta per 20 cm risulta scarso, mediamente inferiore a 5 (Figura 22), probabilmente anche per effetto della disgregazione meccanica dei materiali causata dalle lavorazioni agricole (aratura e fresatura). Oltre 4 m dal piano campagna la compattazione dei depositi sabbiosi aumenta in maniera significativa (numero di colpi > 10). A partire dal numero dei colpi e dei valori di resistenza alla punta, il sottosuolo è stato suddiviso in intervalli stratigrafici omogenei per ciascuno dei quali sono stati stimati i parametri geotecnici principali attraverso le più diffuse correlazioni empiriche introdotte dalla letteratura tecnico-scientifico. La tabella seguente riporta un riepilogo sintetico della caratterizzazione relativa ai materiali presenti entro i primi tre metri dal piano campagna: di ogni parametro sono indicati, l'intervallo di variazione, il valore medio e quello mediano.

INDAGINI PREGRESSE 2005					
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DA PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE					
Strato	Spessore (m)	Densità (t/m³)	Angolo di attrito (°)	coesione (Kg/cm²)	Modulo edometrico (Kg/cm²)
1	0.4-0.8	1.41-1.67	15.64-17.34	0	15.83-69.44
		1.514	16.29	0	40.67
		1.54	16.49	0	42.63
2	1.2-1.8	1.58-1.71	20.78-26.94	0.06-0.11	13.64-58.79
		1.64	25.25	0.085	39.43
		1.64	23.86	/	36.21
3	0.8-1.6	1.61-1.82	22.83-27.78	0.1-0.16	25.02-73.98
		1.72	24.97	0.12	42.87
		1.71	25.35	0.13	49.5

Le prospezioni sismiche (Figura 23) hanno confermato sia lo scarso addensamento del parte più superficiale dei depositi sabbiosi (fino a circa 1 m dal piano campagna) sia il progressivo miglioramento delle

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

caratteristiche di resistenza meccanica con la profondità. In questo caso sono stati individuati tre sismostrati corrispondenti, dall'alto verso il basso, a:

Sismostrato	Spessore (m)	Descrizione	Velocità sismica media onde P (m/s)
A	0.8 - 1	areato superficiale	300 - 500
B	3 - 6	sabbia limosa	500 - 600
C	8 - 12	sabbia con limo debolmente argillosa	1400 - 1600

In base ai principi dell'elasticità dei materiali e alle leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, per ciascuno di essi sono stati determinati i principali parametri elastomeccanici riportati nella tabella seguente.

INDAGINI PREGRESSE 2005 CARATTERIZZAZIONE ELASTOMECCANICA DA PROSPEZIONI SISMICHE			
Sismostrato	densità (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Modulo di Taglio (Kg/cm ²)
A	1.7-2.1	1800-2100	650-800
B	1.7-2.1	3700-4400	1400-1600
C	1.7-2.1	33400-45700	12800-17500

Le analisi di laboratorio sui campioni prelevati durante le perforazioni confermano quanto riscontrato attraverso le indagini in situ (vedi tabella riepilogativa in Figura 24). Nel complesso i materiali sabbiosi superficiali risultano poco addensati e dotati di porosità elevata ($31\% < n < 43\%$). L'angolo di attrito oscilla tra $30 < \Phi' < 32^\circ$ nei campioni a prevalente componente sabbiosa mentre i suoi valori si riducono significativamente laddove le frazioni fini risultano più abbondanti ($18 < \Phi' < 24^\circ$).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

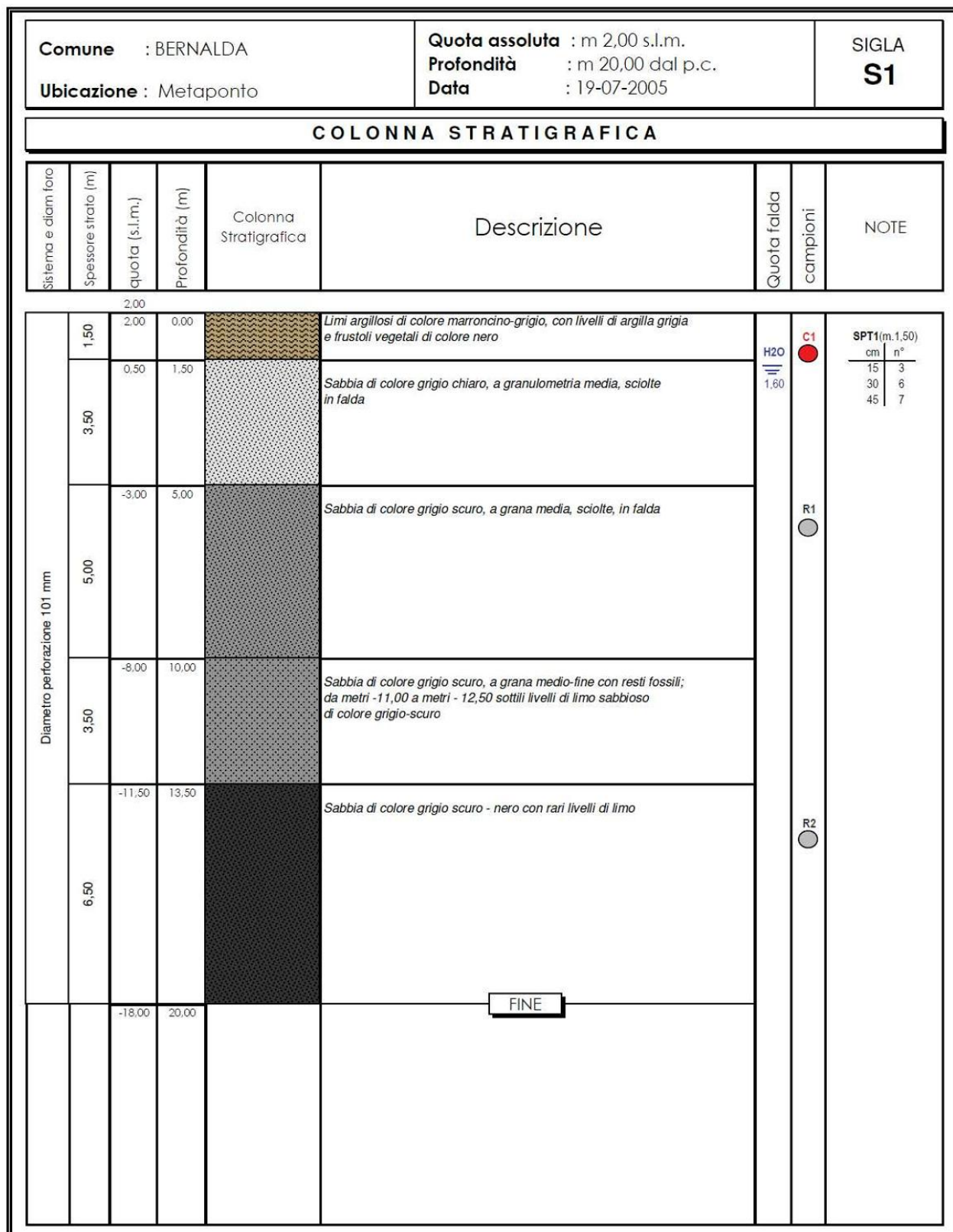


Figura 19 - Indagini pregresse 2005: colonna stratigrafica relativa al sondaggio S1.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

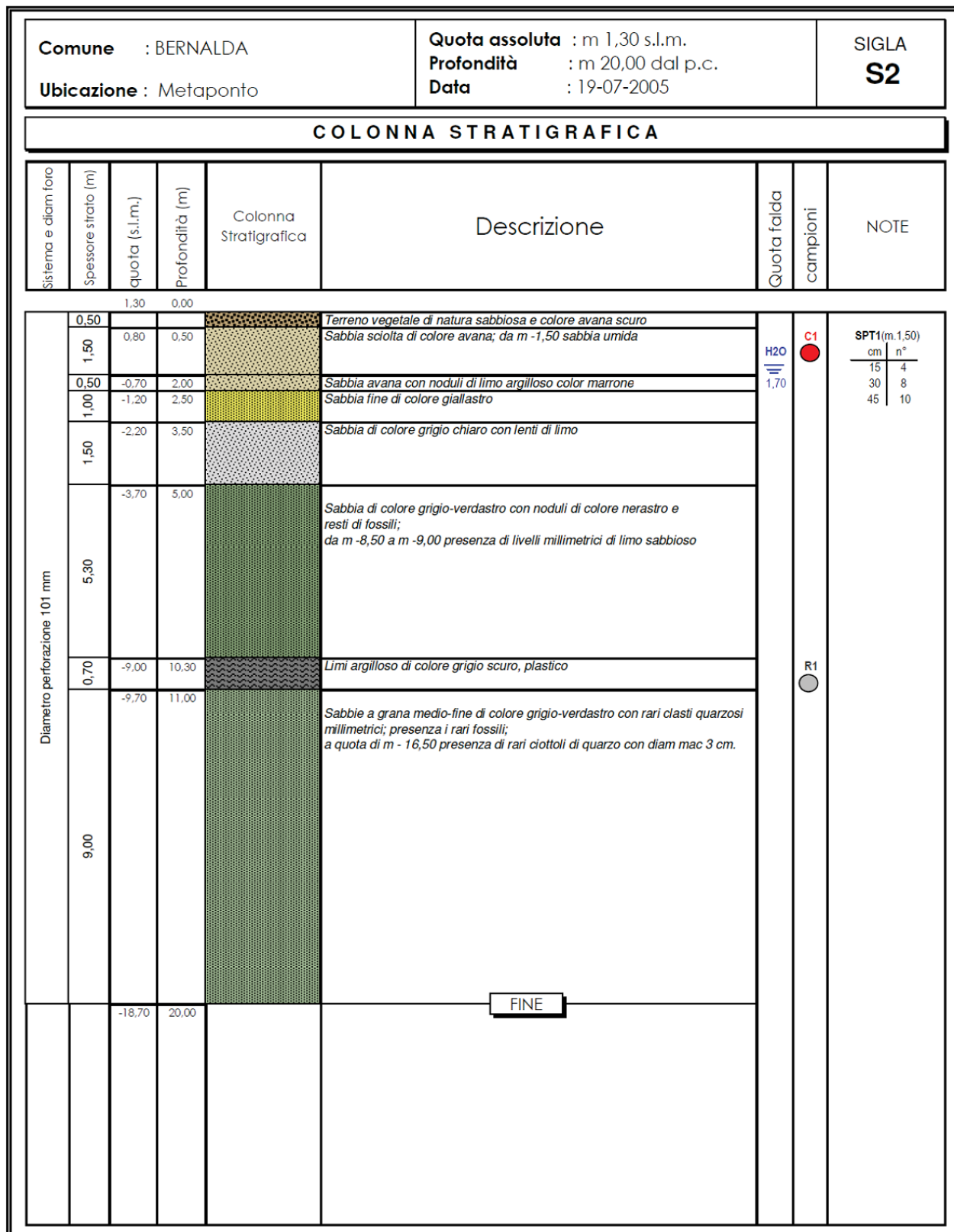


Figura 20 - Indagini pregresse 2005: colonna stratigrafica relativa al sondaggio S2.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

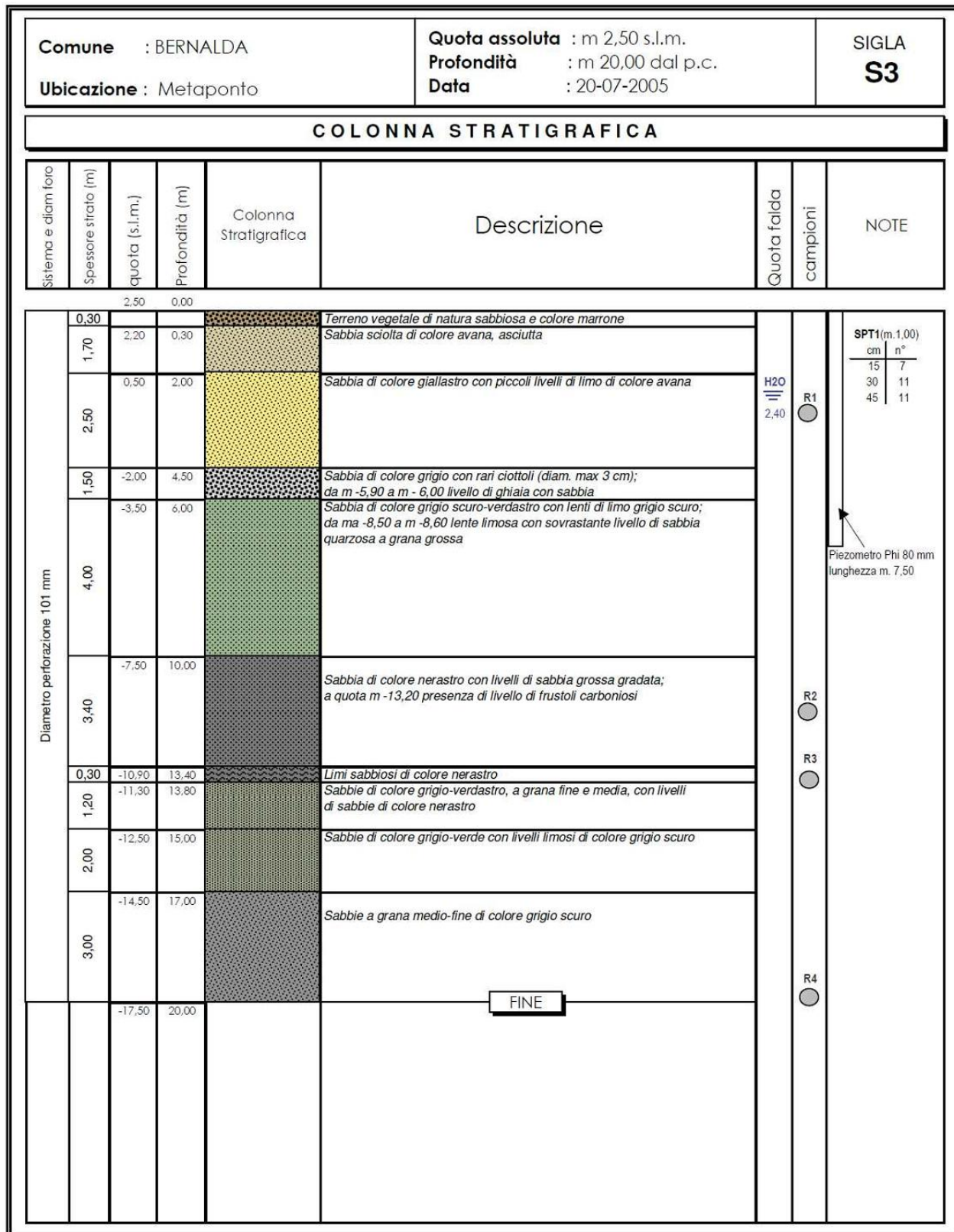


Figura 21 - Indagini pregresse 2005: colonna stratigrafica relativa al sondaggio S3.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

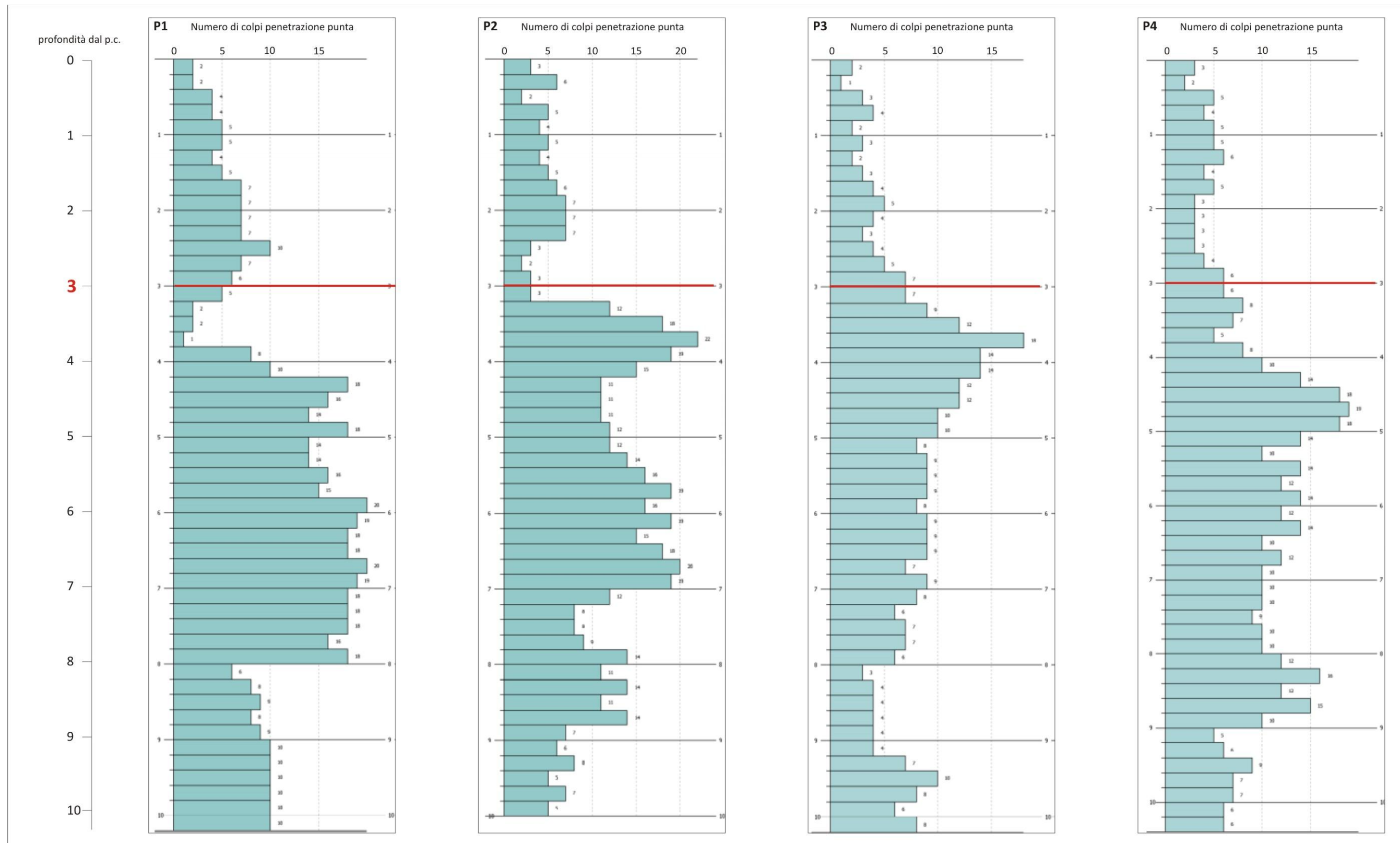


Figura 22 - Indagini pregresse 2005: istogrammi delle prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH).

Progettisti:

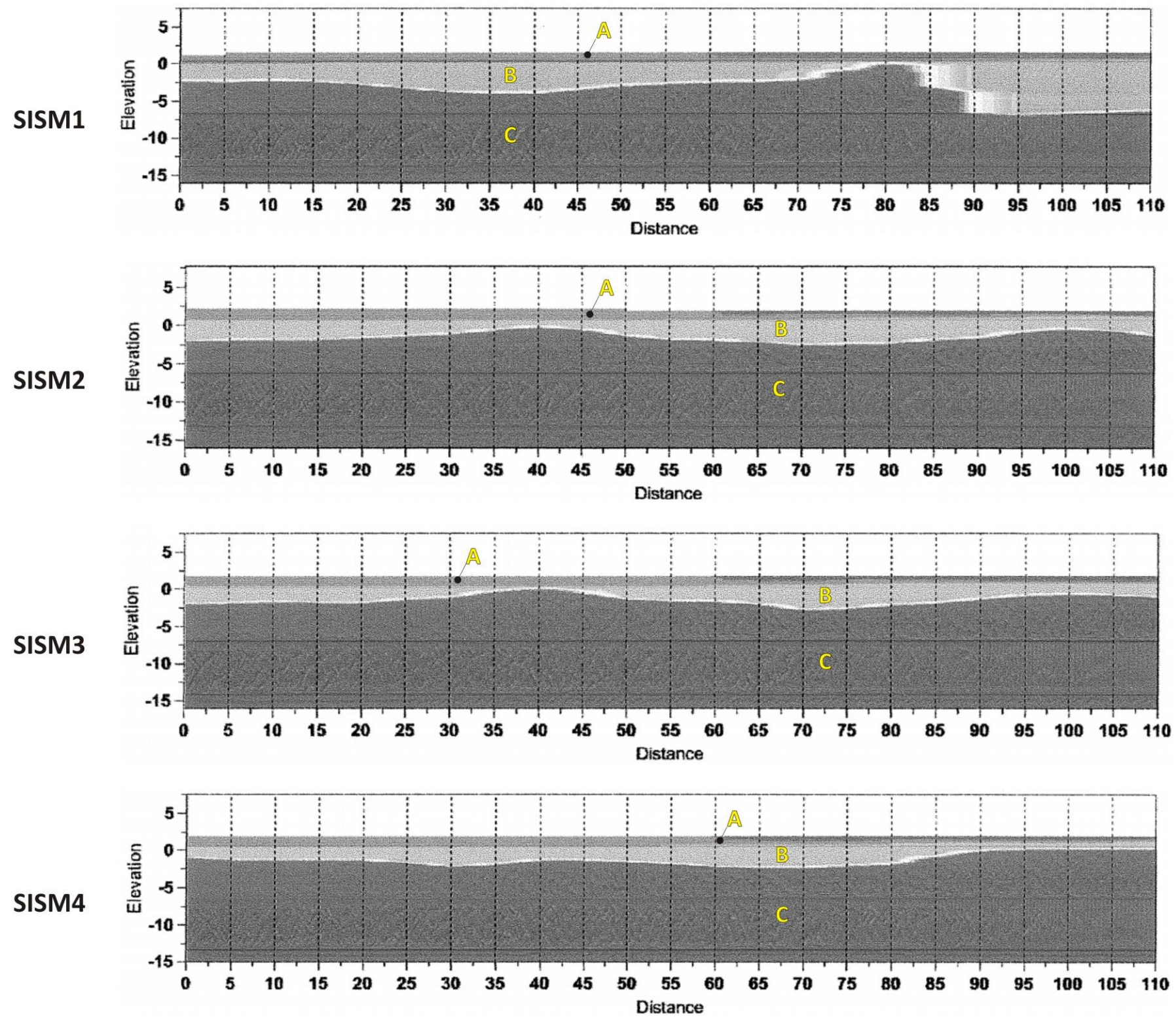


di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)



A
B
C

A
B
C

A
B
C

A
B
C

Litotipi	Velocità media delle onde		γ (g/cm ³)	Coeff. Poisson ν	Moduli	
	Vp (m/sec)	Vs (media) (m/sec)			Young E (Kg/cm ²)	Taglio μ (Kg/cm ²)
Areato Superficiale	300/500	196.95	1.80	0.34	1871.2	698
Sabbia limosa	500/600	282.97	1.80	0.32	3805	1441
Sabbia con limo deb. argillosa	1600/1800	962.14	1.90	0.30	45730.3	17589

Litotipi	Velocità media delle onde		γ (g/cm ³)	Coeff. Poisson ν	Moduli	
	Vp (m/sec)	Vs (media) (m/sec)			Young E (Kg/cm ²)	Taglio μ (Kg/cm ²)
Areato Superficiale	300/500	196.95	1.76	0.34	1829.6	683
Sabbia limosa	500/600	282.97	1.76	0.32	3720.5	1409
Sabbia con limo deb. argillosa	1400/1600	855.24	1.76	0.30	33470.4	12873

Litotipi	Velocità media delle onde		γ (g/cm ³)	Coeff. Poisson ν	Moduli	
	Vp (m/sec)	Vs (media) (m/sec)			Young E (Kg/cm ²)	Taglio μ (Kg/cm ²)
Areato Superficiale	300/500	196.95	2.10	0.34	2183	815
Sabbia limosa	500/600	282.97	2.10	0.32	4439.2	1682
Sabbia con limo deb. argillosa	1400/1600	855.24	2.10	0.30	39936.3	15360

Litotipi	Velocità media delle onde		γ (g/cm ³)	Coeff. Poisson ν	Moduli	
	Vp (m/sec)	Vs (media) (m/sec)			Young E (Kg/cm ²)	Taglio μ (Kg/cm ²)
Areato Superficiale	300/500	196.95	1.80	0.34	1871.2	698
Sabbia limosa	500/600	282.97	1.90	0.32	4016.4	1521
Sabbia con limo deb. argillosa	1400/1600	855.24	2.00	0.30	38034.6	14629

Figura 23 - Indagini pregresse 2005: modelli del sottosuolo ottenuti dalle prospezioni sismiche a rifrazione.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

Sond. N.	C.I.	C.S.	C.R.	Profondità m	PROPRIETÀ FISICHE								GRANULOMETRIA				LIMITI DI CONSISTENZA			TD		DESCRIZIONE CAMPIONE
					W %	γ g/cm ³	γ_d g/cm ³	γ_s g/cm ³	γ_{sat} g/cm ³	e	n %	S _r %	ghiaia %	sabbia %	limo %	argilla %	LL %	LP %	IP %	c' kg/cm ²	ϕ°	
1	1	-	-	1,00 - 1,50	16,68	2,10	1,80	2,61	2,11	0,45	31,04	96,71	0,12	89,92	9,96	n.d.	-	-	-	0,16	30,08	sabbia debolmente limosa
1	-	-	1	5,50 - 6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81,72	16,55	1,73	-	-	-	-	-	sabbia limosa
1	-	-	2	14,50 - 15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,65	44,60	6,75	-	-	-	-	-	sabbia con limo debolmente argillosa
2	1	-	-	1,00 - 1,50	18,97	1,76	1,48	2,60	1,91	0,76	43,10	65,11	-	98,32	1,68	n.d.	-	-	-	0,02	32,24	sabbia
2	-	1	-	10,60 - 11,00	43,86	1,76	1,22	2,69	1,77	1,20	54,52	98,42	-	6,10	59,87	34,03	52,02	24,74	27,29	0,12	18,94	limo con argilla debolmente sabbioso
3	-	-	1	2,50 - 3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	95,61	4,37	n.d.	-	-	-	-	-	sabbia
3	-	-	2	11,50 - 12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	74,87	20,38	4,59	-	-	-	-	-	sabbia limosa
3	-	3	-	13,30 - 13,50	31,78	1,90	1,44	2,70	1,91	0,87	46,60	98,33	-	7,45	63,72	28,83	39,01	24,10	14,90	0,08	23,83	limo con argilla debolmente sabbioso
3	-	-	4	19,50 - 20,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75,13	21,14	3,73	-	-	-	-	-	sabbia limosa

w = contenuto naturale d'acqua γ = peso di volume naturale γ_d = peso di volume secco γ_s = peso specifico solido γ_{sat} = peso di volume saturo
e = indice dei vuoti n = porosità S_r = grado di saturazione LL = limite di liquidità LP = limite di plasticità IP = indice di plasticità
TD = prova di taglio diretto c' = coesione ϕ' = angolo di attrito CI = campione indisturbato CS = campione semidisturbato
CR = campione rimaneggiato

Figura 24 - Indagini pregresse 2005: tabella riepilogativa dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante i sondaggi meccanici.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

6.2 PROSPEZIONI SISMICHE 2023

6.2.1 TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P

La prospezione sismica a rifrazione consente di determinare l'andamento delle velocità di propagazione delle onde elastiche di volume P all'interno del sottosuolo, misurando i tempi di arrivo in superficie delle onde sismiche rifratte all'interfaccia tra materiali contraddistinti da proprietà elasto-meccaniche differenti. Il profilo è stato ubicato nella parte centrale del settore interessato dalla realizzazione del nuovo tratto di ciclovia (vedi la Figura 18). Le misure sono state effettuate con sismografo DMT a 24 canali e distanza intergeofonica di 3 m (Foto 1-2). Per i dettagli tecnici sulle modalità di esecuzione delle indagini si rimanda all'elaborato di progetto GG.RS.01 "Relazione indagini sismiche". Di seguito si espongono i risultati ottenuti. Come già riscontrato attraverso le indagini sismiche eseguite nel 2005, l'elaborazione tomografica dei dati ha restituito un modello di sottosuolo (Figura 25) caratterizzato da un graduale aumento delle velocità sismiche con la profondità indicativo di un progressivo miglioramento delle proprietà elasto-meccaniche dei depositi sabbiosi ($300 \text{ m/s} < V_p < 2400 \text{ m/s}$). Laddove le isolinee si addensano o assumono un andamento ondulato è possibile individuare rispettivamente dei gradienti delle velocità o delle anomalie circoscritte corrispondenti a variazioni più nette dell'assortimento granulometrico e/o del grado di addensamento dei materiali. Sulla base dell'assetto litostratigrafico ricostruito attraverso i sondaggi meccanici, all'interno del sottosuolo sono state distinte tre unità sismotratigrafiche contraddistinte da proprietà elastomeccaniche che migliorano progressivamente con la profondità. Per ciascuna di esse sono stati determinate le costanti lineari che legano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati nel dominio di validità della legge di Hooke. In particolare:

- il rapporto tra sollecitazione monoassiale e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il Modulo Elastico E_d (Modulo di Young);
- il rapporto tra sollecitazione monoassiale e conseguente deformazione tangenziale rappresenta il Modulo di Taglio G ;
- il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione volumetrica definisce il Modulo di Compressione K (modulo di Bulk);
- il Modulo di Poisson ν , è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale: tale modulo varia fra 0 (resistenza al taglio infinita) e 0.5 (fluidi con resistenza al taglio nulla).

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

I principali parametri elasto-meccanici delle unità sismostratigrafiche individuate sono riportati nella tabella seguente.

INDAGINI 2023							
CARATTERIZZAZIONE ELASTOMECCANICA DA PROSPEZIONI SISMICHE							
Sismostrato	Profondità base (m dal p.c)	Vp media (m/s)	Densità (kg/m³)	Poisson	Ed (kg/cm²)	K (kg/cm²)	G (kg/cm²)
1	4	800	1500-1700	0.45	2580-2920	8600-9733	890-1007
2	12	1300	1600-1800	0.45	7270-8180	24233-27267	2507-2821
3	19	2000	1800-2000	0.46	15870-17640	66125-73500	5435-6041

Ed: Modulo di Young; K: Modulo di Bulk o di Compressibilità; G: Modulo di Rigidità.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)



Foto 1 e 2 - Acquisizione dati sismici.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

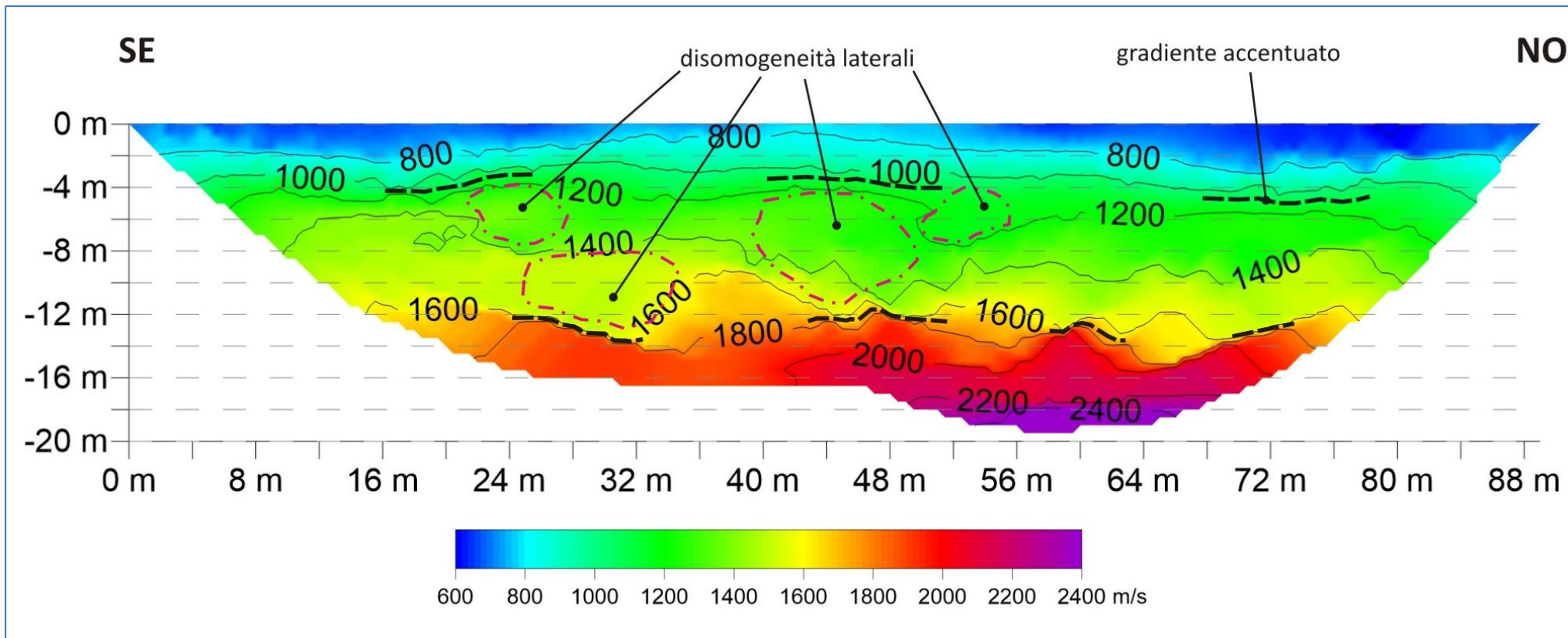


Figura 25 - Indagini 2023: Tomografia sismica in onde P ottenuta per il profilo RIFRA1.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

6.2.2 ACQUISIZIONE MASW E CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Sullo stesso stendimento della tomografia a rifrazione è stata effettuata una acquisizione MASW (M1, per l'ubicazione vedi la Figura 18), in modo da definire la categoria del sottosuolo per l'area di intervento, informazione necessaria alle valutazioni progettuali su pericolosità sismica di base ed azioni sismiche di progetto secondo quanto previsto dalla normativa vigente (NTC 2018). La metodologia si basa sull'analisi dello spettro di frequenza del segnale sismico registrato, da cui è possibile ricavare la curva di dispersione delle onde S, nell'ipotesi di modello del sottosuolo a strati piani e paralleli (con estensione laterale infinita). Ottenuto l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità, si procede al calcolo del parametro V_{seq} che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro una profondità H dal piano campagna, calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{seq} = H / \sum_{i=1, N} (h_i / V_{si})$$

dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti all'interno della profondità H stabilita. Quest'ultima rappresenta la profondità a cui si rinviene il bedrock sismico, definito come quella formazione rocciosa costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da una V_s superiore a 800 m/s. Nei casi in cui H risulta superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} che si ottiene ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per i dettagli tecnici sulle modalità di esecuzione delle indagini si rimanda all'elaborato di progetto GG.RS.01 "Relazione indagini sismiche".

La Figura 26 mostra il profilo V_s ricavato dall'inversione dei dati. Coerentemente con i risultati della sismica a rifrazione, anche in questo caso è stato riscontrato un generale aumento delle velocità sismiche con la profondità significativo di un miglioramento delle caratteristiche elasto-meccaniche dei terreni. In particolare, sono stati distinti 7 sismostrati fino a circa 40 m dal piano campagna dove si misurano valori delle V_s pari a 595 m/s. Non essendo stato individuato il bedrock entro 30 m di profondità, ai fini della classificazione sismica del sottosuolo secondo le NTC 2018 occorre riferirsi al parametro V_{s30} che risulta pari a:

$$V_{seq} = V_{s30} = 324 \text{ m/s}$$

corrispondente alla categoria C ("Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s").

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

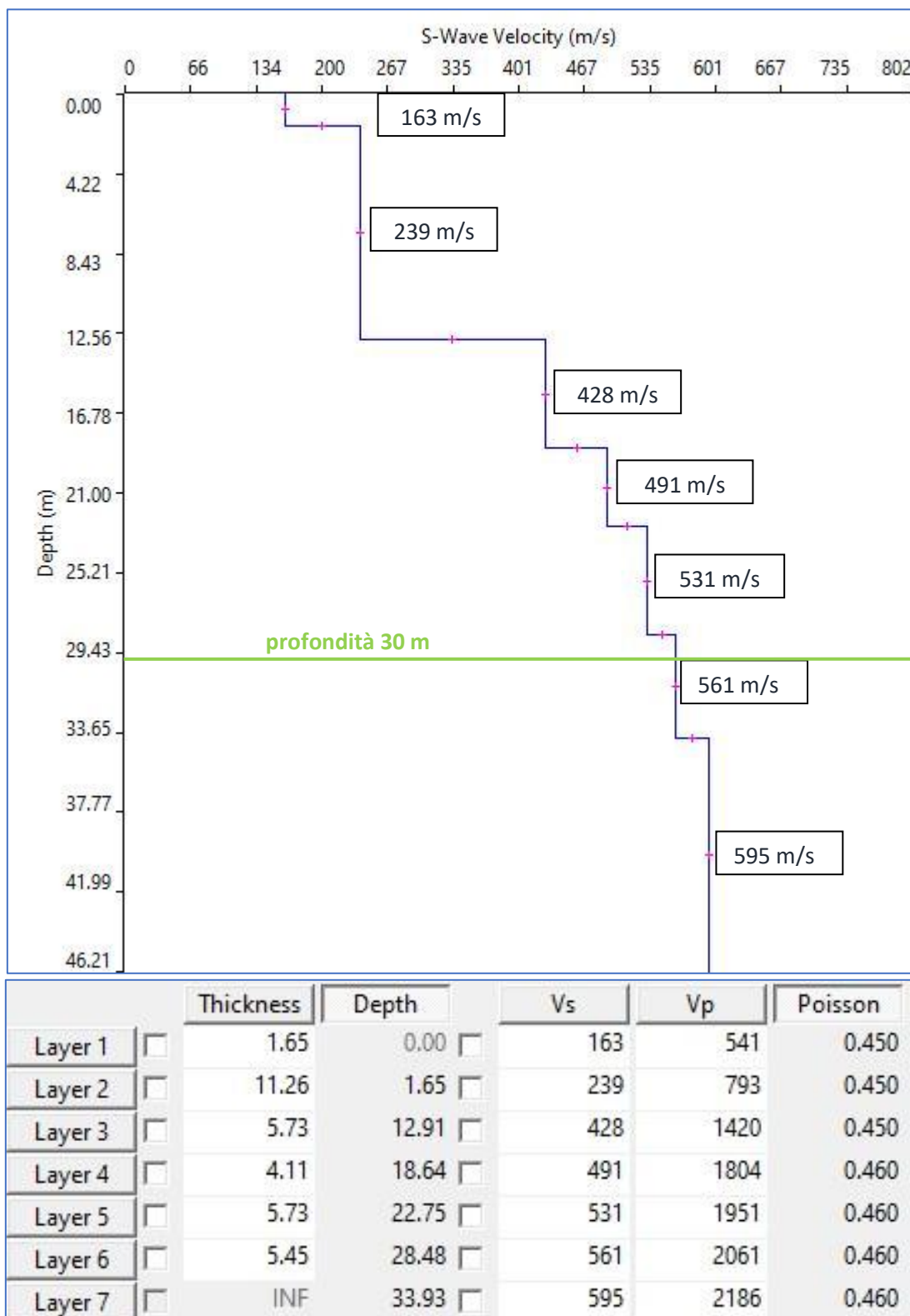


Figura 26 - Indagini 2023: Profilo di velocità delle onde S ottenuto dall'acquisizione MASW M1.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

6.2.3 STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Secondo quanto disposto dalla L.R. n. 9/2011, "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica" e con riferimento alle NTC 2018, il settore interessato dalla realizzazione del tratto ex-novo di ciclovia (vedi par. 2), è stato oggetto di uno studio di microzonazione sismica di 2° livello, descritto analiticamente negli elaborati progettuali MS.RE.01 "Relazione di microzonazione sismica" e MS.CM.01 "Carta di microzonazione sismica" a cui si rimanda per tutti i dettagli. Le analisi effettuate sono servite a valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento sismico in termini di intensità, ampiezza e frequenza delle onde elastiche. Tenuto conto dell'assetto litostratigrafico, il territorio in esame è da considerarsi come una zona suscettibile di amplificazione in quanto caratterizzato dalla presenza di un intervallo di copertura di materiali soffici (depositi prevalentemente sabbiosi del prisma costiero metapontino) che poggia su un substrato più rigido (rappresentato dall'unità basale delle Argille Subappennine, ASP). Nel caso specifico, la microzonazione è stata effettuata secondo la procedura semplificata che fa riferimento agli abachi per gli effetti litostratigrafici, così come indicato dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS 2008). Questa consiste nella determinazione dei fattori di amplificazione del segnale sismico, FA (componente orizzontale) ed FV (componente verticale) rispetto ad un terreno di riferimento, sulla base dei seguenti parametri diagnostici:

- spessore totale del deposito superficiale costituito da materiali soffici (H) e quindi la profondità a cui si attesta il bedrock sismico (substrato contraddistinto da valori delle velocità delle onde di taglio $S \geq 800$ m/s);
- velocità media delle onde di taglio S del deposito superficiale poggiate sul bedrock sismico (V_{sH}) e l'andamento del profilo di velocità nel sottosuolo;
- valore della massima accelerazione attesa indotta dal terremoto (PGA);
- tipo di terreno che costituisce il deposito superficiale soffice (argille, sabbie, ghiaie).

Le analisi sono state circoscritte all'areale compreso entro un buffer di 250 m dal tracciato della ciclovia (Figura 27). Tenuto conto della sostanziale uniformità delle condizioni litostratigrafiche e topografiche, è stato possibile considerare un'unica zona suscettibile di amplificazione sismica. Per stimare la profondità del bedrock ($V_s > 800$ m/s) sono stati utilizzati i dati derivanti dall'acquisizione MASW (M1 in Figura 18). Come discusso nel par. precedente, il modello sismostratigrafico ottenuto (vedi Figura 26) è caratterizzato da un graduale aumento delle velocità che raggiungono un valore di 595 m/s a circa 40 m dalla superficie topografica. Poiché, nel complesso, il gradiente ha un andamento costante, è stato possibile interpolare linearmente i punti di ginocchio dei sismostrati più profondi fino a raggiungere il bedrock sismico a circa 70 m di profondità (Figura 28). A partire da questa informazione è stata determinata anche la velocità media delle onde di taglio S (V_{sH}) all'interno del deposito

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

superficiale sovrastante, pari a circa 437 m/s. Una volta definiti tutti i parametri richiesti dall'approccio semplificato sono stati determinati i fattori di amplificazione:

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LUNGO IL TRATTO DI CICLOVA EX-NOVO	
FA	FV
1.17	1.61

I valori ottenuti indicano un effetto di amplificazione sismica da moderato ($1.5 < F_{AV} < 2$) a significativo ($F_{AV} > 1.5$).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

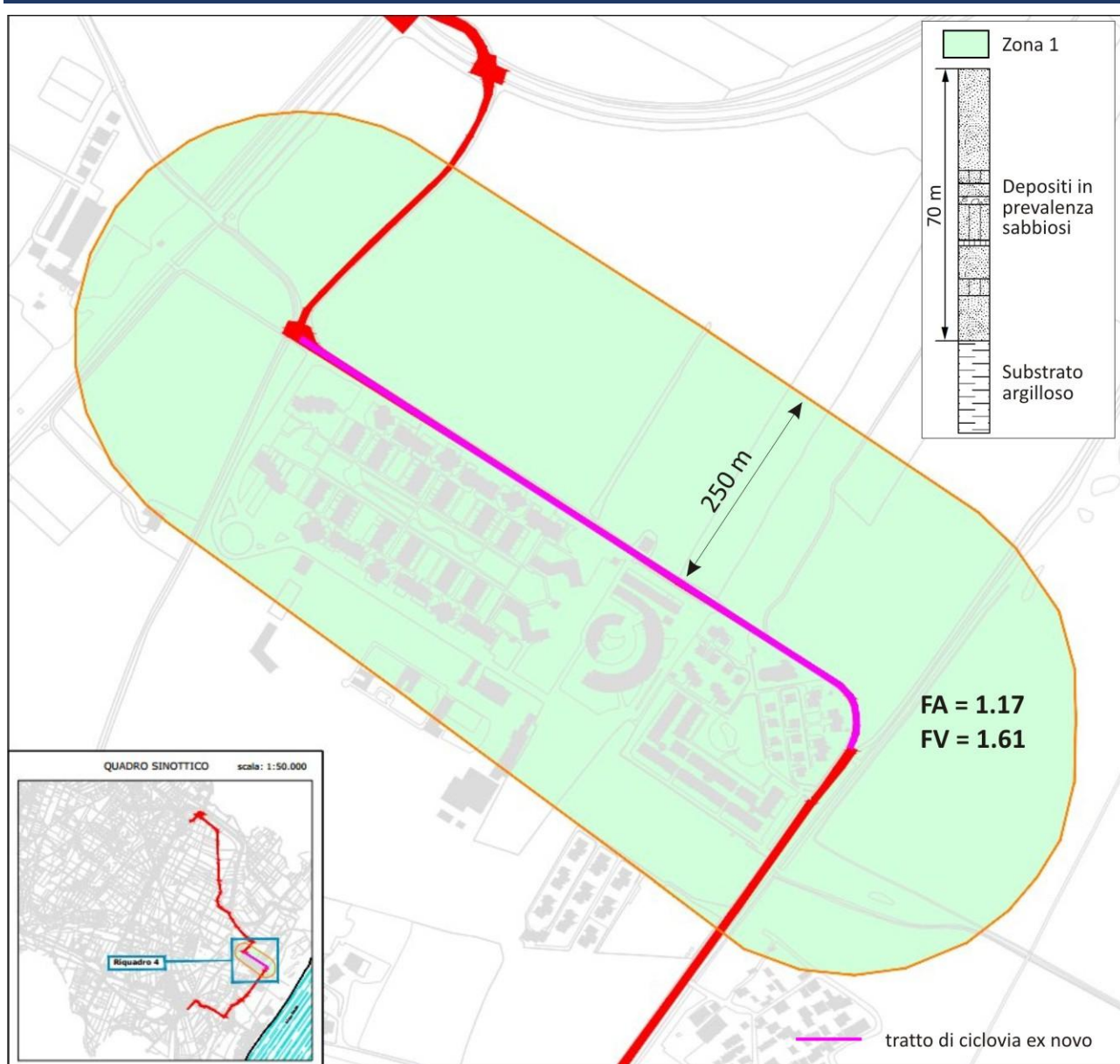


Figura 27 - Stralci della carta di microzonazione sismica (vedi elaborato di progetto MS.CM.01)

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

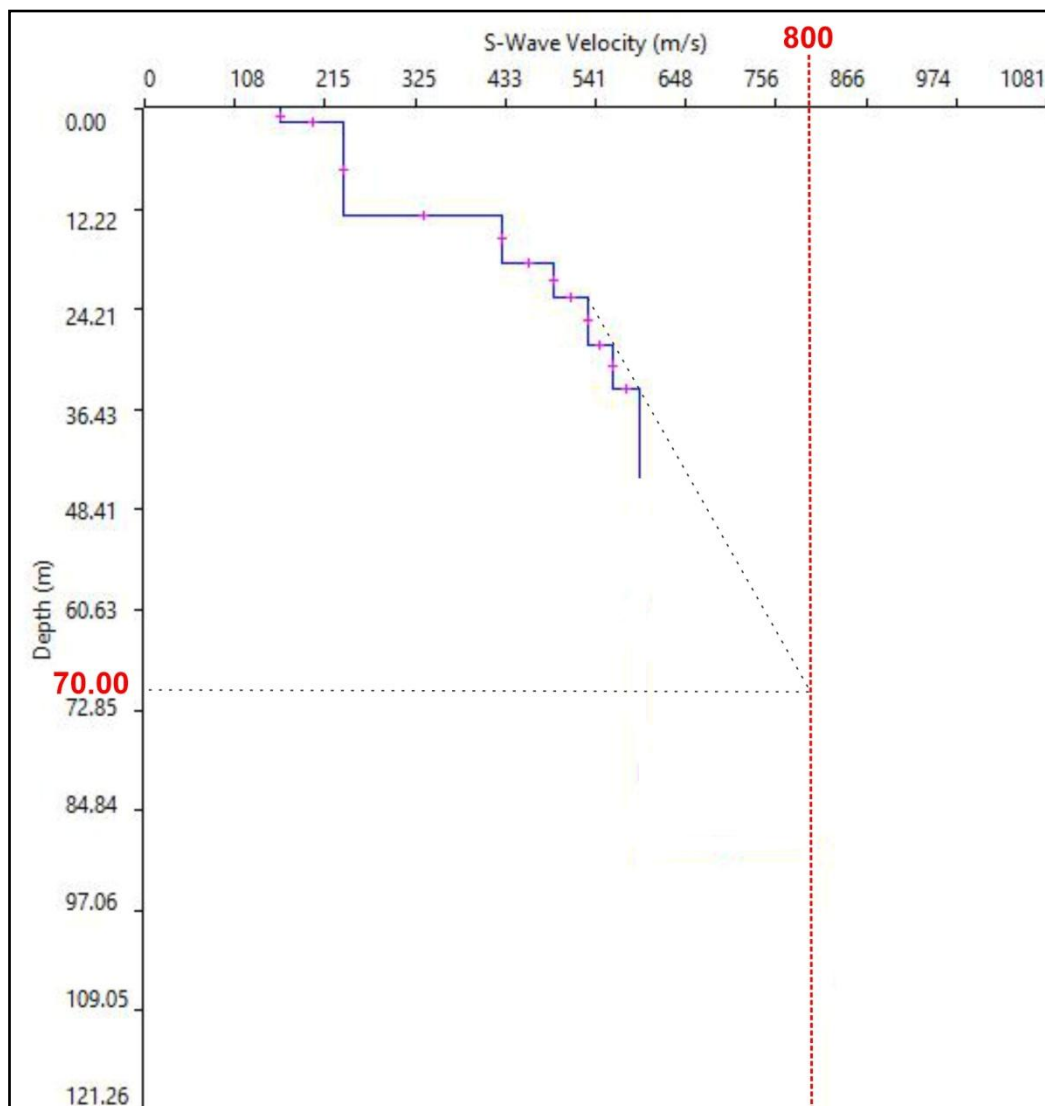


Figura 27 - Estrapolazione grafica del profilo delle Vs nel sottosuolo ottenuto dall'acquisizione MASW e stima della profondità del bedrock sismico.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
 via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
 (MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

7 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO PER IL TRATTO DI CICLOVIA DA REALIZZARE EX-NOVO

Gli interventi di nuova realizzazione del percorso ciclabile consistono essenzialmente nello scotico degli strati più superficiali del sottosuolo, fino a profondità di 30-40 cm, e nella predisposizione di una pavimentazione costituita da uno strato di fondazione in materiale inerte stabilizzato e da un tappetino di usura bituminoso o in misto cementato (vedi par. 2 e Figure 3 e 4). I lavori interesseranno una fascia di terreno naturale o adibito ad attività agricole, avente una lunghezza di circa 810 m ed un'ampiezza di 3.5 m.

A riguardo si ribadisce che:

- i carichi statici e dinamici a cui saranno sottoposti la pavimentazione ciclabile ed sottostante substrato geologico sono di lieve entità ($> 4 \text{ KN/m}^2$);
- l'effetto di tali carichi si esaurisce entro alcuni dm dal piano campagna.

In base a queste considerazioni, si è provveduto a caratterizzare meccanicamente e fisicamente gli strati superficiali del sottosuolo, fino a circa 2 metri dal piano campagna. Sebbene dal punto di vista litologico i depositi sabbiosi affioranti lungo il tratto di ciclovia da realizzare ex-novo possano ritenersi sostanzialmente uniformi entro tale profondità, si è ritenuto utile suddividere l'intervallo stratigrafico considerato in una parte superiore alterata ed interessata direttamente dagli effetti delle lavorazioni agricole, ed una inferiore dotata di maggiore compattezza. Nelle tabelle seguenti si riportano gli intervalli di variazione dei principali parametri fisico-meccanici ricavati attraverso l'analisi integrata delle informazioni desunte da letteratura tecnico-scientifica, rilievi di superficie, dati geognostici pregressi ed indagini sismiche eseguite ad hoc. Nel complesso i depositi sabbiosi risultano poco addensati, dotati di porosità medio-elevata e buona capacità di drenaggio.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

DEPOSITI SABBIOSI - INTERVALLO SUPERIORE 0-1 M

Densità KN/m ³	Porosità %	Permeabilità m/s	Coesione N/mm ²	Attrito interno °	Capacità portante Kg/cm ²	NSPT medio (Numero di colpi)
1.4-1.6	30-50	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	0	15-20	< 1	< 5

DEPOSITI SABBIOSI - INTERVALLO INFERIORE 1-2 M

Densità KN/m ³	Porosità %	Permeabilità m/s	Coesione N/mm ²	Attrito interno °	Capacità portante Kg/cm ²	NSPT medio (Numero di colpi)
1.5-1.8	30-50	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	0.05-0.1	25-30	1 - 3	5 - 7

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

8 CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella presente relazione ha fornito un quadro conoscitivo delle caratteristiche litostratigrafiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area interessata dagli interventi per la realizzazione del "1° LOTTO FUNZIONALE PRIORITARIO DEL TRATTO LUCANO DELLA CICLOVIA DELLA MAGNA GRECIA - VERSANTE IONICO DA TEMPIO DI HERA A STAZIONE F.S. DI METAPONTO NEL COMUNE DI BERNALDA IN PROVINCIA DI MATERA". In particolare è stato evidenziato che:

- il tracciato ricade in un settore della piana costiera metapontina compreso tra i fiumi Bradano e Basento;
- lungo il percorso ciclabile affiorano in maniera diffusa depositi alluvionali ed eolici a granulometria prevalentemente grossolana (sabbioso-conglomeratica), aventi spessori di diversi metri;
- l'area in esame è contraddistinta da un assetto topografico subpianeggiante e da un paesaggio nel complesso monotono, vivacizzato soprattutto dagli effetti dei processi di morfodinamica fluviale connessi ai fiumi Bradano e Basento;
- non vi sono interferenze tra gli interventi progettuali e gli elementi geomorfologici del territorio;
- il reticolo idrografico è composto da due aste principali (Fiumi Bradano e Basento) e da una rete di canali artificiali che incidono blandamente la superficie topografica;
- il regime dei corsi d'acqua è di tipo torrentizio con notevole variabilità dei deflussi da condizioni di magra a portate di oltre 1000³ m/s;
- in concomitanza degli eventi di piena la rete di drenaggio risulta insufficiente a contenere le portate in afflusso che, anche a causa dell'assetto topografico subpianeggiante, tendono ad esondare interessando superfici molto estese su cui sono state apposte le perimetrazioni di pericolosità idraulica Piano Stralcio della Difesa dal Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata;
- all'interno della coltre alluvionale e dei depositi eolici circola una falda superficiale molto estesa, dall'andamento stagionale: in concomitanza dei periodi di massima ricarica (inverno-primavera) la superficie freatica si può avvicinare molto al piano campagna, raggiungendo soggiacenze di circa 1 m in prossimità dei corsi d'acqua e della linea di costa;
- nel territorio di Bernalda non sono presenti strutture sismo-genetiche che possano dar luogo a terremoti di elevata magnitudo e il valore massimo di accelerazione attesa al suolo per un evento con una probabilità del 10% di essere superato in un intervallo di tempo di 50 anni è di lieve entità (0.15 g);

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

- relativamente alle pericolosità geologiche del territorio il tracciato della ciclovia risulta parzialmente interessato dagli effetti delle esondazioni del Bradano che, ad ogni modo, grazie alla morfologia subpianeggiante, avvengono prevalentemente sottoforma di allagamenti con bassa energia: al contempo è da ritenersi lieve l'esposizione a pericolosità dovute a fenomeni di instabilità del sottosuolo o ad eventi sismici;
- i risultati dello studio di microzonazione sismica ha restituito dei valori dei fattori di amplificazione indicativi di potenziali effetti da moderati ($1.5 < F_{AV} < 2$) a significativi ($F_{AV} > 1.5$);
- i depositi sabbiosi affioranti lungo il tratto di ciclovia da realizzare ex-novo sono contraddistinti da proprietà di resistenza meccanica che possono ritenersi discrete in relazione ai moderati impatti sul sottosuolo degli interventi previsti.

Sulla base di tutti gli elementi a disposizione non si rilevano elementi ostativi alla realizzazione dell'opera.

Ad ogni modo, si raccomanda di:

- ⇒ prevedere l'installazione di sistemi di allerta meteo in corrispondenza dei settori più critici del tracciato della ciclovia (p.es. zone morfologicamente depresse come il sottopasso ferroviario dove i tiranti idraulici potrebbero raggiungere delle altezze significative oppure restringimenti della sezione d'alveo dovuti alla presenza di opere di attraversamento che potrebbero causare dei fenomeni di rigurgito);
- ⇒ adottare gli accorgimenti tecnici utili a preservare i manufatti dalla occasionale esposizione alla presenza di acqua a causa sia dei deflussi superficiali sia della circolazione idrica sotterranea.
- ⇒ garantire, in fase di esecuzione dei lavori, un'adeguata compattazione del fondo degli scavi di bonifica ed, eventualmente, un loro approfondimento qualora i materiali risultassero cedevoli.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)