Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile

SERVIZIO COORDINAMENTO PROGRAMMI SPECIALI E PRESIDI DI COMPETENZA

Ordinanza Commissariale n° 8 del 28 novembre 2016

Codice intervento: 12642

Titolo intervento: Interventi di messa in sicurezza del torrente Tiepido al fine di migliorare strutturalmente e funzionalmente il sistema difensivo esistente adeguando nodi e tratti particolarmente critici al fine di ridurne la vulnerabilità in caso di eventi di piena

Importo del finanziamento: € 850.000,00

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

A.1	RELAZIONE GENERALE
Scala -	

PROGETTAZIONE

BETA studio

WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS

BETA Studio s.r.l. - Via Guido Rossa, 29/A
35020 Ponte S. Nicolò Padova – ITALIA
info@betastudio.it - www.betastudio.it
tel. +390498961120 fax +390498961090

Il responsabile del progetto

BETA Studio srl

Ing. Massimo COCCATO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA
MASSIMO COCCATO
INGEGNERE
Sez. A - n° 2405
SETTORE : Civile e Ambientale

Data	Rev.	Cod. Elab.
Maggio 2018	00	REL_01

Visto di validazione

(art. 26 co. 8 D.Lgs 50/2016)

Il Responsabile Unico del Procedimento

(Dott.ssa Rita Nicolini)

Indice

Pag.

Introduzione III
1. Descrizione progetto 1
2. Inquadramento generale e finalità dell'intervento 3
2.1 Inquadramento generale 3
2.2 Il sistema idrografico 4
3. Studi e indagini condotti nell'ambito del progetto 7
3.1 Sopralluoghi 7
3.2 Rilievi 7
3.3 Aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici 8
3.3.1 Inquadramento geologico 8
3.3.2 Inquadramento geomorfologico 9
3.3.3 Inquadramento idrogeologico 10
3.4 Caratterizzazione sismica locale 11
3.4.1 Inquadramento normativo 11
3.4.2 Caratterizzazione sismica del territorio 11
3.4.3 Comportamento sismico del sito 12
3.4.3.A Accelerazione massima al suolo 12
3.4.4 Categoria di sottosuolo 16
3.5 Idrologia e idraulica 16
4. Interventi in progetto 19
4.1 Pendenza di compensazione 19
4.2 Verifica al sifonamento del sistema briglia – controbriglia 20
4.3 Ricalibratura alveo 21
4.3.1 Sezione di progetto 21
4.3.2 Verifica massi a scogliera 21
5. Fattibilità dell'intervento 25
5.1 Verifica di fattibilità tecnica 25
5.2 Compatibilità con la pianificazione vigente 25
5.3 Aspetti ambientali 25
5.4 Aspetti paesaggistici 25
5.5 Preesistenze archeologiche 26
6. Aspetti tecnici e funzionali 27
6.1 Disponibilità delle aree 27
6.2 Interferenze 27
6.3 Indicazioni per l'accesso, l'utilizzo e la manutenzione delle opere 27

Figure

Pag.

Figura 2.1 – Inquadramento territoriale e indicazione dell'ambito di indagine. 3
Figura 2.2 – Immagini fotografiche relative al bacino del Tiepido. In sinistra sono visibili le colline e alcune formazioni calanchive mentre in destra si può notare il corridoio fluviale interamente ricoperto dalla vegetazione. 4
Figura 2.3 – Inquadramento dei bacini idrografici sottesi dal torrente Tiepido. 5
Figura 2.4 – Inquadramento idrografico dell'area a monte di Modena e individuzione del tracciato del Diversivo Martiniana. 5
Figura 3.1 - Estensione del DTM ricavato dal rilievo laser altimetrico. 8

Figura 3.2 - Stralcio della carta geologica Foglio 219-Sassuolo (Progetto CARG): in evidenza le formazioni affioranti nella porzione circa a valle di Torre Maina. Legenda : FAA = Formazione delle Argille Azzurre; AES = Sintema Emiliano-romagnolo superiore e relativi subsintemi. 9
Figura 3.3 – Conoidi presenti allo sbocco dei corsi d'acqua nella pianura modenese (Gelmini-Paltrinieri 1988). . 10
Figura 3.4 – Zonizzazione sismica del territorio dell'Emilia Romagna (fonte: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it). 12
Figura 3.5 – Accelerazione massima al suolo secondo l'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (OPCM 3519/06). 13
Figura 3.6 – Ubicazione dell'area di intervento presso Castelnuovo Rangone e dei vertici del reticolo di riferimento. 15
Figura 3.7 – Ubicazione dell'area di intervento presso Gorzano e dei vertici del reticolo di riferimento. 15

Tabelle

Pag.

Tabella 3.I – Siti di riferimento per la zona di Castelnuovo Rangone 14
Tabella 3.II – Siti di riferimento per la zona di Gorzano 15
Tabella 3.III - Categorie di suolo di fondazione 16
Tabella 4.I – Valori del coefficiente di Lane al variare della natura del terreno 21

Introduzione

In data 28/11/2016 è stata firmata l'ordinanza n 8 del Commissario-Delegato *"Interventi urgenti relativi al programma di messa in sicurezza idraulica, connessi ai fiumi che hanno generato gli eventi alluvionali abbattutisi sulla provincia di Modena tra il 17 ed il 19 gennaio 2014, interessanti i Comuni già colpiti dal sisma del 2012 individuati nel decreto legge del 28 gennaio 2014, n. 4. Approvazione ulteriore stralcio e altre disposizioni."* Il servizio coordinamento Programmi Speciali e Presidi di Competenza dell'Agenzia per la Sicurezza del Territorio e la Protezione Civile è stato individuato quale soggetto attuatore degli interventi urgenti connessi al programma di messa in sicurezza idraulica dei corsi d'acqua del c.d. nodo idraulico di Modena.

In particolare l'intervento in oggetto *"Interventi di messa in sicurezza del torrente Tiepido al fine di migliorare strutturalmente e funzionalmente il sistema difensivo esistente adeguando nodi e tratti particolarmente critici al fine di ridurne la vulnerabilità in caso di eventi di piena"* rientra tra quelli di cui all'allegato 1 dell'Ordinanza Commissariale suddetta col codice 12642.

In esecuzione della determina a contrarre n. 227 del 01/02/2017, mediante procedura di affidamento diretto, è stato affidato a BETA Studio srl l'incarico di progettazione, nei tre livelli di progetto preliminare (progetto di fattibilità tecnica ed economica), definitivo ed esecutivo, e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per i lavori indicati in oggetto.

Il presente documento rappresenta la *Relazione generale* del progetto definitivo - esecutivo dell'intervento in località Gorzano che prevede la realizzazione delle opere strutturali del sistema briglia – controbriglia in calcestruzzo armato e la ricalibratura e protezione a scogliera di un tratto di circa ottanta di metri a cavallo delle opere in progetto.

1. Descrizione progetto

La progettazione definitivo – esecutiva in atto, prevede il dimensionamento del sistema briglia – controbriglia in sostituzione di quello precedentemente esistente, che è crollato.

Nello specifico l'opera, da monte verso valle, è costituita dai seguenti tre elementi strutturalmente connessi:

- un primo monolite in calcestruzzo che funge da briglia;
- una vasca di dissipazione in calcestruzzo con una profondità tale da ricomprendere uno strato di materiale arido simile a quello utilizzato per la protezione a scogliera e da realizzare un cuscino d'acqua per la dissipazione della vena sfiorante il primo manufatto;
- un secondo monolite con funzione di controbriglia anch'esso in calcestruzzo.

A valle della controbriglia è stato adottato un rivestimento del fondo con massi ciclopici di diametro 1.0 m per una profondità di circa 2.0 m. Tale protezione è stata utilizzata anche subito a valle della briglia esistente posta alla progressiva 16440, in modo tale da evitare l'erosione e lo scalzamento della fondazione.

Il tratto del torrente Tiepido compreso fra la briglia di monte ed il sistema briglia – controbriglia in progetto, nonché quello a valle di quest'ultimo per un'estensione di circa una quarantina di metri, è oggetto di ricalibratura e protezione del fondo e delle scarpate mediante scogliera in massi.

2. Inquadramento generale e finalità dell'intervento

2.1 Inquadramento generale

Il torrente Tiepido si origina in comune di Serramazzoni alla confluenza degli apporti laterali che provengono dai monti Cornazzano, Ravaglia e Monfestino, in località Malandrone di Granarolo e dopo circa 27 km, attraversando diversi comuni tra cui Maranello e Castelnuovo Rangone, si immette nel fiume Panaro essendo suo affluente in sinistra idrografica. L'immissione avviene in località Fossalta, situata a Est rispetto alla città di Modena. In Figura 2.1 si fornisce un inquadramento territoriale dell'area interessata dal presente progetto, evidenziando l'estensione della superficie di competenza del torrente, fino alla confluenza con il fiume Panaro.

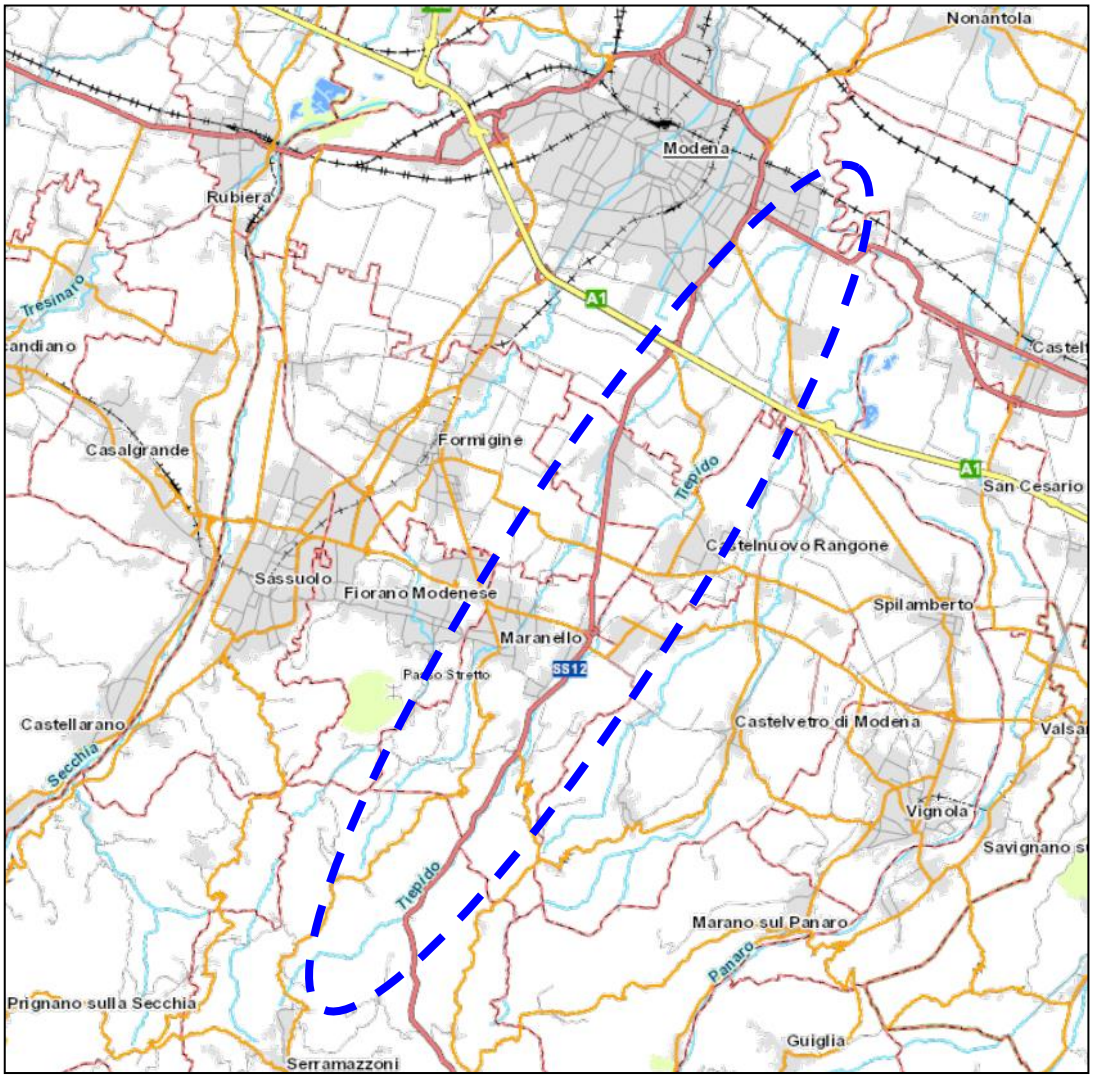

Figura 2.1 – Inquadramento territoriale e indicazione dell'ambito di indagine.

Lungo il corso del torrente Tiepido si può notare una notevole varietà in ambito paesaggistico e ambientale: nel tratto montano il bacino è caratterizzato da estesi versanti coperti da boschi, che lasciano spazio a formazioni argillose di tipo calanchivo nel tratto immediatamente a ridosso della pianura. Nella zona pianeggiante il tracciato del torrente scorre in ambito prevalentemente agricolo e solo localmente le sue sponde sono lambite da

insediamenti e/o costruzioni. In quest'ultimo tratto sulle sue sponde è presente una fitta vegetazione pressoché continua in cui prevalgono la quercia, il pioppo e in misura inferiore la roverella, l'acero campestre, la robinia e il salice. In Figura 2.2 si presenta un inquadramento fotografico dell'ambito di studio.

Figura 2.2 – Immagini fotografiche relative al bacino del Tiepido. In sinistra sono visibili le colline e alcune formazioni calanchive mentre in destra si può notare il corridoio fluviale interamente ricoperto dalla vegetazione.

Il torrente Tiepido ha subito nel corso del tempo numerose pressioni e interventi antropici che hanno portato ad una progressiva canalizzazione di alcuni tratti e riduzione delle fasce di pertinenza fluviale, soprattutto nel tratto di valle.

Lungo il corso d'acqua sono presenti numerose opere di attraversamento e opere trasversali di consolidamento (briglie, soglie): alcune di queste opere presentano situazioni di criticità legate alle modalità di deflusso ovvero a dissesti locali e strutturali.

Lungo il corso del torrente, in particolare tra Torre Maina, Castelnuovo Rangone e Modena, si sviluppa un percorso naturalistico-sportivo-ciclabile attrezzato che consente una buona fruizione dei luoghi.

2.2 Il sistema idrografico

Dal punto di vista idrografico, il corso d'acqua riceve diversi contributi sia nella parte collinare del bacino sia nella parte valliva caratterizzata da un andamento prettamente pianeggiante; nel tratto pianeggiante i principali affluenti sono i canali S. Pietro e Diamante e, subito prima della confluenza in Panaro, il torrente Grizzaga.

In Figura 2.3 è mostrato un inquadramento del sistema dei bacini idrografici che compongono il bacino del torrente Tiepido. Come si può notare, oltre al bacino principale, vi sono il bacino del torrente Grizzaga in sinistra idrografica, che raccoglie le acque della pedecollina mentre nella parte valliva vi è un bacino identificato con il nome di "Canale San Pietro" che possiede un recapito in Tiepido ma possiede ulteriori sbocchi verso valle, fuori dal bacino principale.

Va inoltre ricordato che il torrente Tiepido riceverà, tramite il torrente Grizzaga, le acque dello scolmatore Martiniana che raccoglie a sua volta le acque di numerosi canali e scoli a Sud di Modena, appartenenti al sottobacino del canale Naviglio, per mitigare le portate di piena che attraversano il capoluogo: in Figura 2.4 è rappresentato un inquadramento planimetrico del sistema idrografico nei pressi di Modena con evidenziato il tracciato dello scolmatore che recapiterà le sue acque nel Tiepido (via Grizzaga).

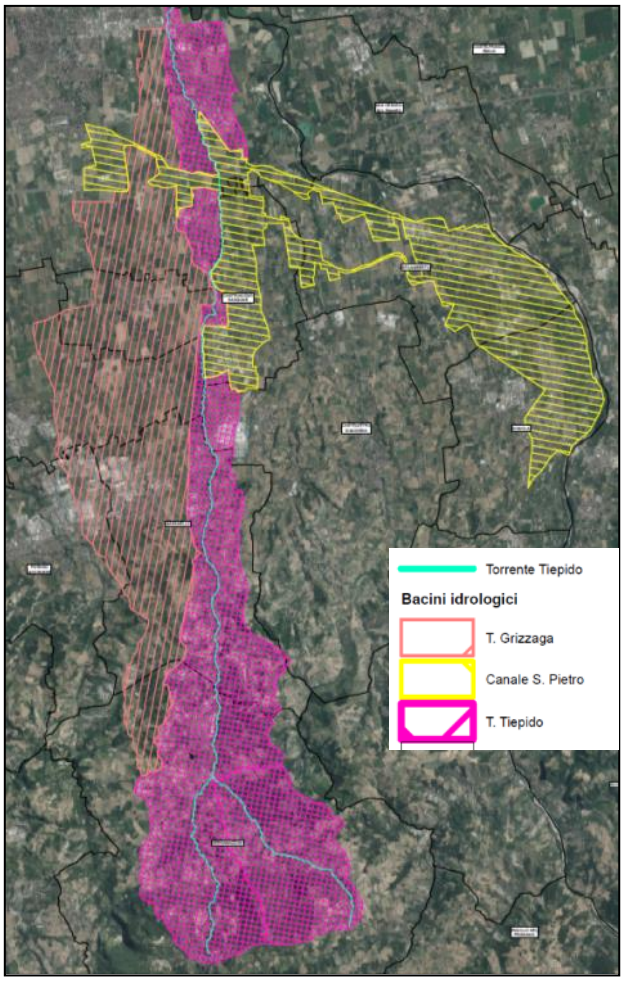

Figura 2.3 – Inquadramento dei bacini idrografici sottesi dal torrente Tiepido.

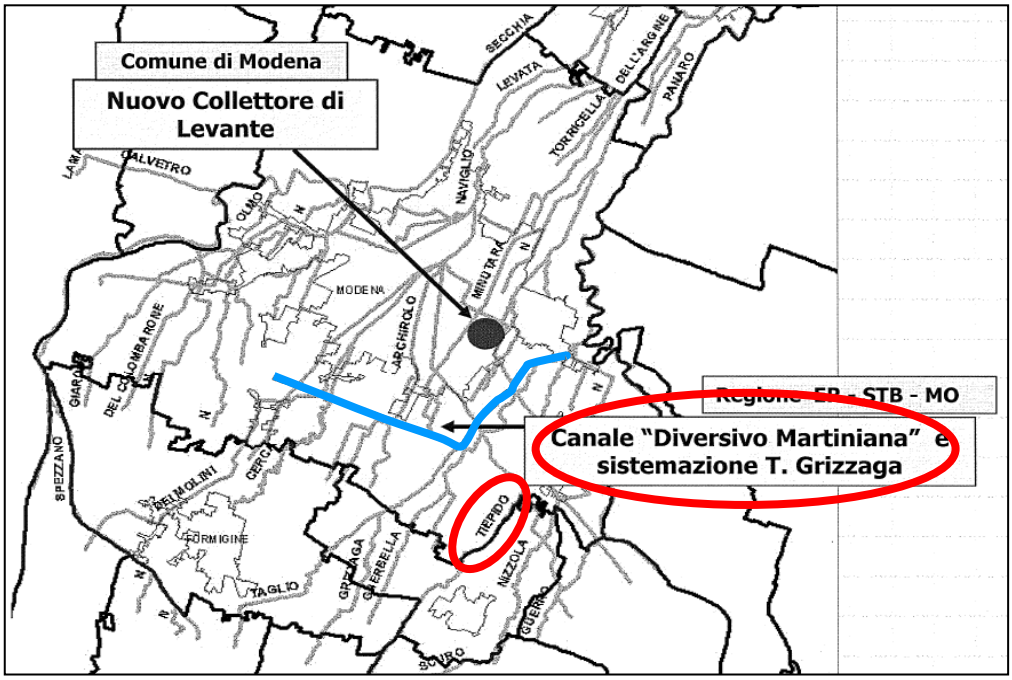

Figura 2.4 – Inquadramento idrografico dell'area a monte di Modena e individuazione del tracciato del Diversivo Martiniana.

3. Studi e indagini condotti nell'ambito del progetto

3.1 Sopralluoghi

L'attuale fase di progettazione ha comportato un approfondimento dell'analisi dei luoghi oggetto di intervento rispetto alla precedente progettazione di fattibilità, nel corso della quale era stata avviato un percorso di molteplici sopralluoghi da parte dei tecnici impegnati nelle attività di valutazione e progettazione.

Nel complesso sono stati condotti una serie di visite in situ lungo l'asta del torrente Tiepido e sono state altresì effettuati numerosi accertamenti in corrispondenza del sedime di intervento, al fine di conoscere in modo mirato e puntuale i seguenti aspetti:

- l'assetto morfodinamico del fiume nella sua interezza e la conformazione dei manufatti di regolazione o altre infrastrutture in grado di interferire con l'andamento della corrente;
- le criticità dell'area di intervento, con riferimento soprattutto allo stato dell'alveo fluviale e alle opere esistenti non più funzionali;
- la localizzazione delle criticità strutturali, morfologiche, in modo tale da acquisire informazioni da impiegare nella fase di studio dell'asta del torrente Tiepido;
- gli aspetti ambientali e paesaggistici;
- l'assetto del territorio in prossimità del corso d'acqua finalizzato all'individuazione di particolarità e di potenziali interferenze con le aree destinate ad ospitare le attività di cantiere;
- il sistema di servizi a rete o puntuali presenti nelle aree che possono avere interferenze con le attività di cantiere o suggerire una differente localizzazione delle opere.

3.2 Rilievi

Durante la fase iniziale denominata Progetto di fattibilità tecnica ed economica sono stati reperiti i seguenti dati relativi alla topografia specifica dell'ambito di intervento e al torrente Tiepido nel suo complesso:

- sezioni trasversali d'alveo del tratto dal ponte di Torre Maina fino al ponte di Gorzano rilevate nel progetto "Rilievi topografici di sezioni e profili, individuazione delle pertinenze demaniali, posa in opera di capisaldi nei comuni di Modena e Maranello", Regione Emilia Romagna;
- rilievo laseraltimetrico LiDAR fornito dalla Regione Emilia Romagna (DTM 1.0x1.0m, 2011);
- rilievo planialtimetrico di dettaglio dell'area nella quale di inseriscono le opere in progetto.

Nella presente fase di progetto definitivo-esecutivo sono stati fatti:

- rilievo topografico di dettaglio
- indagini geognostiche in sito ed in laboratorio

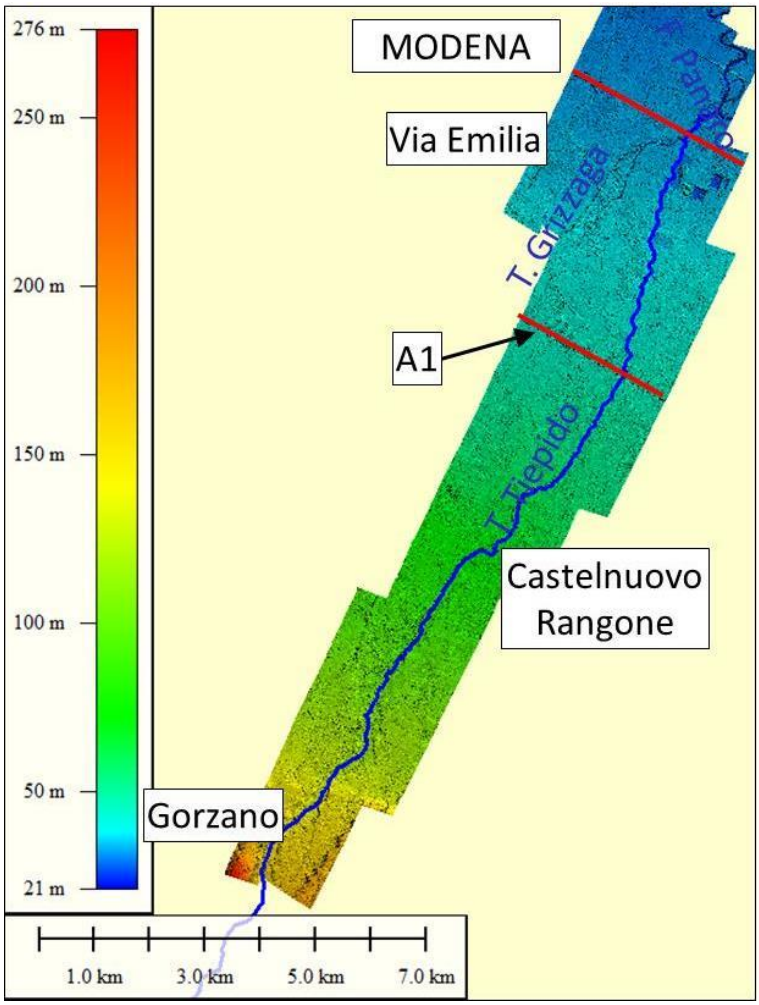

Figura 3.1 - Estensione del DTM ricavato dal rilievo laser altimetrico.

3.3 Aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici

3.3.1 Inquadramento geologico

Sotto il profilo geologico, la valle del t. Tiepido è si sviluppa all'interno della Successione Ligure e Epiligure, per la sua parte montana, della Successione neogenico-quaternaria del margine appenino-padano, per la sua porzione di valle fino alla confluenza con il fiume Panaro.

In particolare, nel tratto a monte di Torre Maina, sono presenti le seguenti formazioni:

- Argille a Palombini;
- Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa
- Formazione del Termina la cui litologia prevalente è costituita da marne argillose e marne di colore grigio scuro;
- Formazione della Argille Azzurre;
- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore che comprende la maggioranza dei depositi continentali affioranti nel tratto di torrente compreso tra Maranello e la confluenza nel fiume Panaro (Figura 3.2).

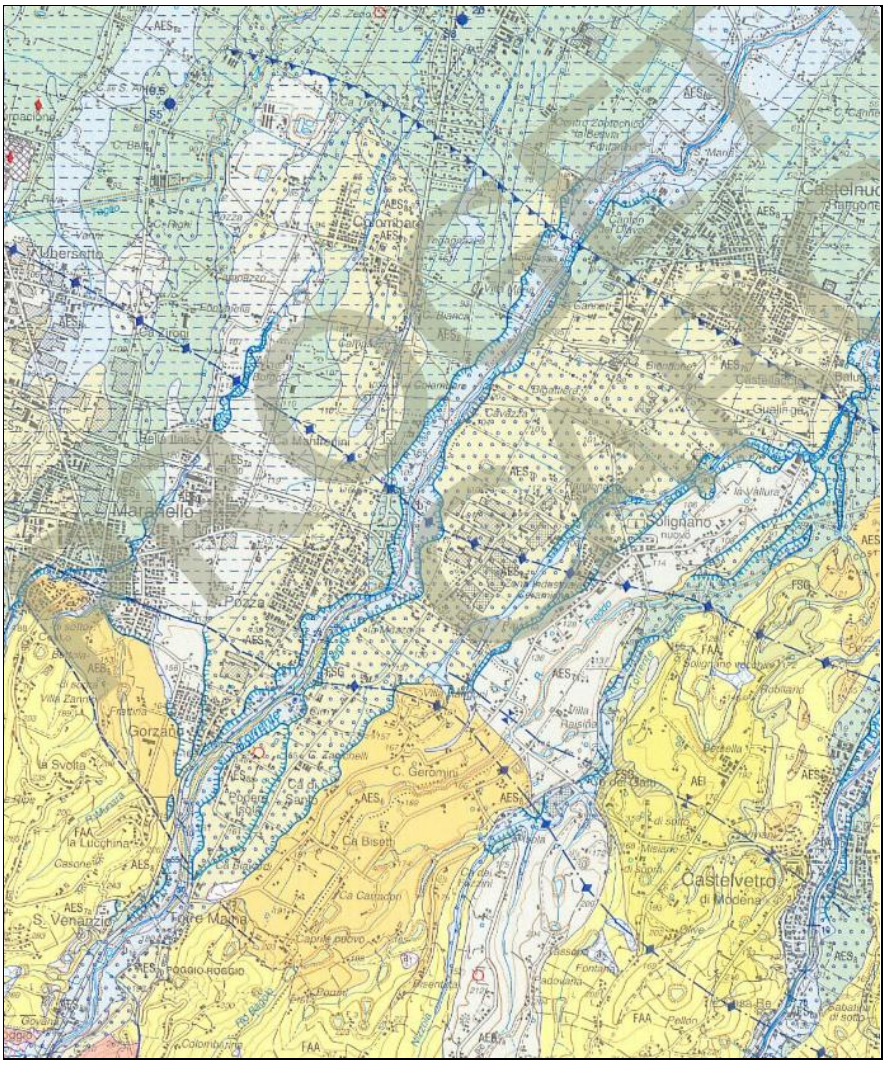

Figura 3.2 - Stralcio della carta geologica Foglio 219-Sassuolo (Progetto CARG): in evidenza le formazioni affioranti nella porzione circa a valle di Torre Maina. Legenda : FAA = Formazione delle Argille Azzurre; AES = Sintema Emiliano-romagnolo superiore e relativi subsintemi.

3.3.2 Inquadramento geomorfologico

La Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con ARPA, ha effettuato le azioni per valutare la qualità morfologica della rete idrografica tipizzata procedendo attraverso 2 macro-fasi principali (si veda DGR Emilia-Romagna 2067/2015 *"Attuazione della Direttiva 2000/60/CE: contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini dell'aggiornamento/riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015-2021"* ***Allegato A*** *Analisi Morfologica - Reti di monitoraggio – Aree protette*). Le indagini sono state condotte sulla base di quanto previsto dal documento di ISPRA "Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua", Versione 1 – marzo 2011, ovvero attraverso l'applicazione della metodologia IDRAIM.

Per quanto riguarda il t. Tiepido sono stati acquisiti, ai fini del presente studio, i risultati dell'applicazione del metodo per il calcolo dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) e sulla base delle informazioni ricavate dai valori attribuiti agli indicatori i) funzionalità geomorfologica, ii) artificialità iii) variazioni morfologiche nonché attraverso i sopralluoghi effettuati si è giunti alla descrizione delle caratteristiche morfologiche principali del corso d'acqua in esame, di seguito riportate.

L'applicazione della metodologia per il calcolo dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) ha avuto , per il t. Tiepido, il

seguente risultato:

- IQM Moderato nel tratto compreso tra Torre Maina e Pozza;
- IQM Buone nei restanti tratti di corso d'acqua in esame.

Questo risultato evidenzia come il tratto che morfologicamente si discosta maggiormente dal suo stato naturale è quello che ha subito notevoli interventi antropici, quali scavi in alveo per il prelievo di materiale per la costruzione della SS 12 e successive realizzazione di briglie e controbriglie finalizzate alla stabilizzazione dell'alveo ma che, nel loro insieme, hanno provocato una riduzione della qualità morfologica di questo tratto di torrente.

Il t. Tiepido presenta comunque una buona qualità morfologica che, nell'ambito della scelta degli interventi morfologici dovrà essere salvaguardata. In particolare la strategia più efficace da seguire sarà quella di ripristinare o comunque mantenere il più possibile la dinamica naturale del corso d'acqua, conservando la produzione di sedimenti e garantendo a continuità nel loro trasporto al fine di garantire una maggiore naturalità delle caratteristiche morfologiche nel tratto coinvolto, così come stabilito dalle "*Linee Guida Regionali per la Riqualificazione Integrata dei Corsi d'acqua naturali dell'Emilia-Romagna - Riqualificazione morfologica per la mitigazione del rischio di alluvione e il miglioramento dello stato ecologico*".

L'elaborato 3.2.2 *"Carta di analisi morfologica"* riporta, per ciascun tratto analizzato, il valore di IQM calcolato.

3.3.3 Inquadramento idrogeologico

La pianura modenese si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale, delimitata lateralmente dai fiumi Secchia e Panaro (Figura 3.3).

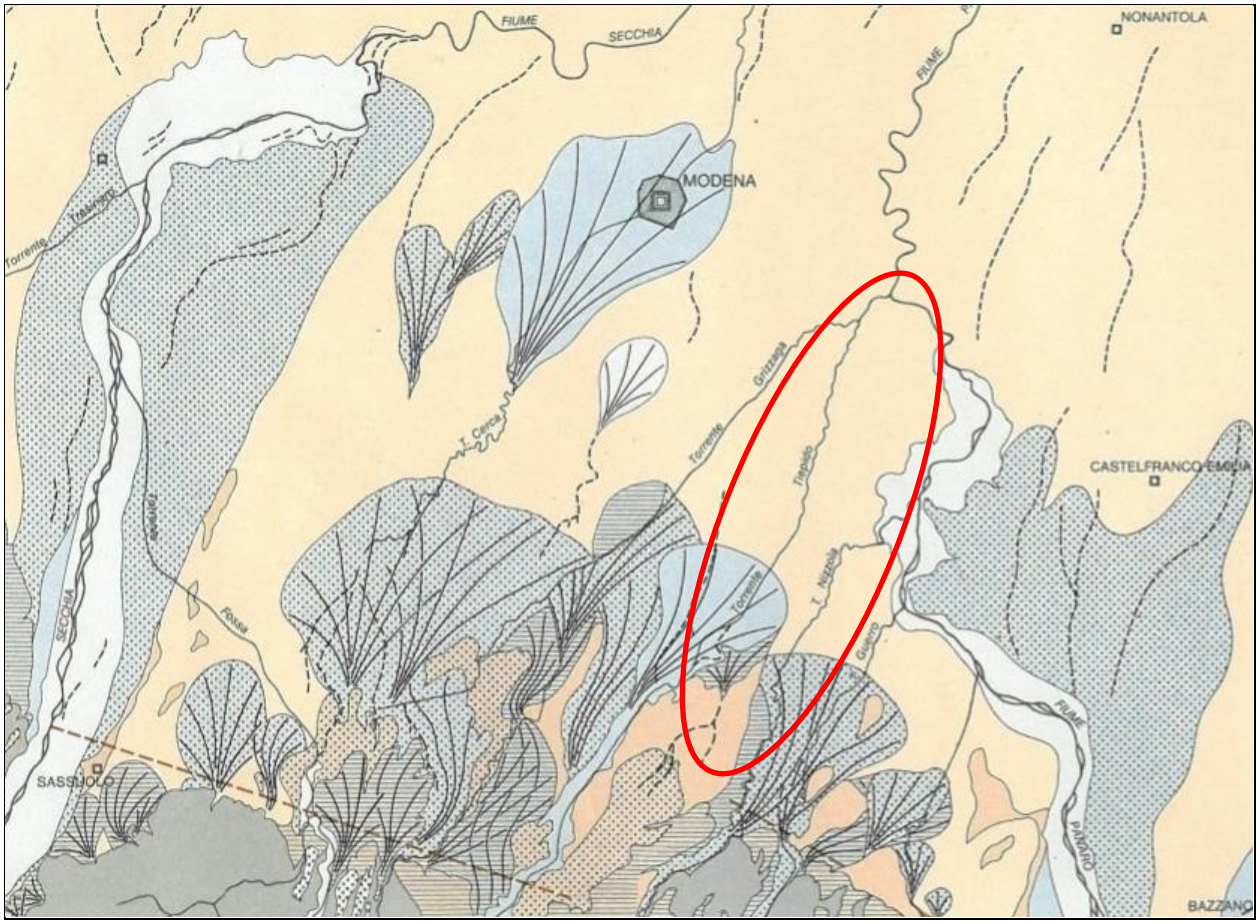

Figura 3.3 – Conoidi presenti allo sbocco dei corsi d'acqua nella pianura modenese (Gelmini-Paltrinieri 1988).

La conoide del fiume Secchia con apice presso Sassuolo, è lunga circa 20 km ed ha una larghezza massima di 14 km con pendenze dallo 0,7% allo 0,3% nella parte terminale; la conoide del fiume Panaro dall'area apicale di Marano-Vignola, si sviluppa longitudinalmente per 15 km e presenta una larghezza al fronte di 8 km, la pendenza è pressoché coincidente all'altra unità idrogeologica.

Collocata fra le conoidi dei due corpi idrici principali, si individuano, tra le altre, la conoidi del **t. Tiepido**, che presenta contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose le quali condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero.

L'alimentazione dell'acquifero avviene principalmente per penetrazione di acque meteoriche dalla superficie, in corrispondenza dell'affioramento di terreni permeabili o per infiltrazione di acque fluviali dai subalvei; in subordine avviene uno scambio di acque tra diversi livelli acquiferi, tra di loro separati da strati di terreni semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti. Il sistema acquifero principale si può definire di tipo monostrato a falda libera in prossimità del margine appenninico, che diviene compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord.

Infine, si evidenzia che nel corpo centrale del conoide la prima falda è generalmente separata dalla superficie e da quella più profonda da un alternanza di depositi a granulometria fine quali argille, limi e sabbie fini. La compartimentazione dell'acquifero in un sistema multistrato porta ad una differenziazione fra le parti inferiori e superiori dell'acquifero superficiale.

3.4 Caratterizzazione sismica locale

3.4.1 Inquadramento normativo

Ai sensi del D.lgs. 31 marzo 1998, n. 112, art. 93, comma 1, lettera g), rientrano nelle attribuzioni dello Stato la definizione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche nonché l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni nell'ambito delle stesse. Alla Regione competono, ai sensi dell'art. 94, comma 2, lett. a) dello stesso decreto, l'individuazione della relativa zonizzazione e suo aggiornamento, sulla base dei criteri stabiliti dallo Stato.

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, tutti i comuni italiani risultano classificati in zona sismica, ripartiti in quattro ambiti riferiti a diversi livelli di rischio decrescente da 1 a 4.

Le successive modifiche al quadro normativo in materia hanno portato una nuova definizione delle zone sismiche nazionali e la mappa di pericolosità di riferimento. Sulla base di quanto riportato nella OPCM 3519/06, oltre alla proposta di nuova classificazione sismica del territori in 12 fasce, gli ambiti amministrativi comunali non risultano più necessariamente caratterizzati integralmente da un unico ed omogeneo livello di rischio bensì contraddistinti dall'appartenenza a più fasce e a più zone con differenti valori di rischio.

Le disposizioni in merito alle verifiche di resistenza delle costruzioni sottoposte all'azione sismica sono state riviste con il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*", la cui applicazione è divenuta obbligatoria dal 22 Marzo 2018.

3.4.2 Caratterizzazione sismica del territorio

Con riferimento alla zonazione operata a scala comunale, in ottemperanza alle disposizioni di cui l'OPCM n. 3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica",* i comuni appartenenti al territorio regionale sono stati classificati secondo il loro livello di rischio sismico. I territori comunali a maggiore livello di rischio sono quelli caratterizzati da un indice di zona pari a 1, mentre i restanti comuni assumono un indice di zona decrescente in

funzione del relativo rischio sismico.

Per quanto riguarda il territorio interessato dagli interventi in oggetto ubicati lungo l'asta del torrente Tiepido, la categoria sismica di appartenenza è in prevalenza la 3 essendo pari a 2 solo per il comune di Maranello, secondo quanto riportato nell'elenco della classificazione sismica vigente dei comuni dell'Emilia Romagna. Lo stralcio della mappa riportante la classificazione sismica dei comuni italiani aggiornato, è riportato in Figura 3.4.

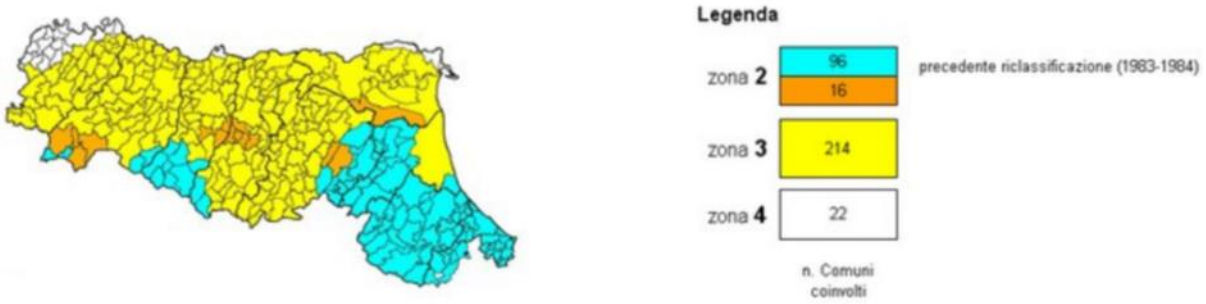

Figura 3.4 – Zonizzazione sismica del territorio dell'Emilia Romagna (fonte: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it).

L'attuale mappatura della pericolosità sismica è quella elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e prevede un maggiore livello di dettaglio rispetto a quello comunale utilizzato precedentemente. Il quadro della mappatura sismica, utilizzato ai fini delle presenti valutazioni, viene meglio descritto nel paragrafo seguente.

3.4.3 Comportamento sismico del sito

3.4.3.A Accelerazione massima al suolo

Una rappresentazione più accurata del livello di rischio sismico è stata dedotta dalla mappatura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Meletti e Montaldo, 2007), a sua volta redatta seguendo le indicazioni metodologiche dell'OPCM n. 3519 e della quale si riporta, in Figura 3.5, lo stralcio, relativo al territorio regionale, dei valori dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Il lavoro svolto dall'INGV ha consentito di realizzare, adottando le stesse procedure e gli stessi dati in input utilizzati per la redazione della nuova mappa di riferimento della pericolosità sismica in Italia, le mappe della pericolosità sismica relative ad altre 8 probabilità di eccedenza in 50 anni, rendendo così possibile la definizione delle curve di hazard (curve di probabilità per il calcolo della pericolosità sismica) per ogni sito della griglia di calcolo utilizzata.

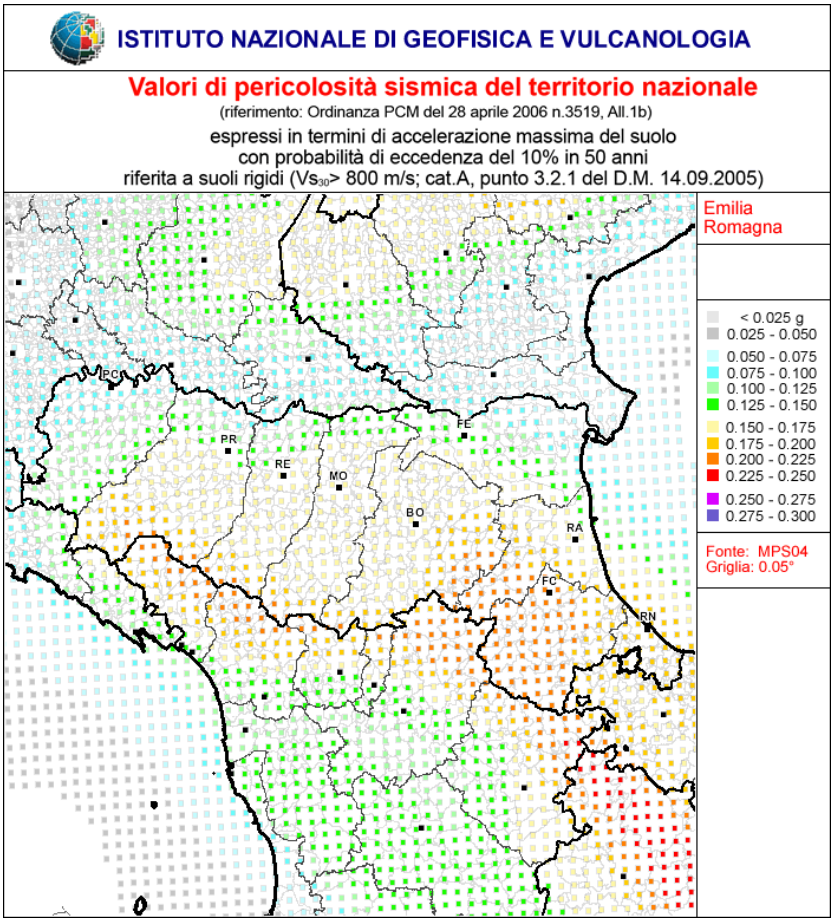

Figura 3.5 – Accelerazione massima al suolo secondo l'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (OPCM 3519/06).

Secondo questa mappatura il territorio interessato dagli interventi in progetto è compreso nel campo di valori di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a (0.175÷0.200) g. La mappatura dell'INGV è stata adottata a livello normativo nel 2008, con l'entrata in vigore delle NTC. Tali Norme prevedono che la pericolosità sismica, intesa come *"accelerazione massima attesa a_g su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (cat. A - Vs_{30}>800 m/s)"*, sia definita in funzione del sito e non più in relazione alla zona sismica del comune cui appartiene l'area oggetto dell'intervento. La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) deve, quindi, essere effettuata direttamente per il sito in esame sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella Tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008. Il reticolo di riferimento è costituito da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (Tabella 2 nell'allegato B delle NTC).

Per ciascuno dei nodi e per 9 differenti valori del periodo di ritorno compresi tra 30 e 2475 anni, sono forniti i valori dei parametri a_g (espresso in g/10), F_o (adimensionale) e Tc^* (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica. Una volta individuate le coordinate del sito oggetto d'intervento il calcolo di ciascuno dei relativi parametri spettrali sopra indicati può essere effettuato attraverso la media pesata dei corrispondenti valori nei 4 punti della griglia delle accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B delle NTC) che circondano il sito in esame secondo la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}} \qquad \textit{(Eq. 3.1)}$$

dove:

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Qualora il tempo di ritorno considerato non coincida con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, per ricavare il valore del parametro di interesse sarà necessario effettuare un'ulteriore interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

$$\log(p) = \log(p_i) + \log(p_2 / p_1)\log(T_R / T_{R1}) / \log(T_{R2} / T_{R1}) \qquad \textit{(Eq. 3.2)}$$

dove:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato;
- p_1 e p_2; sono i valori corrispondenti ai tempi di ritorno T_{R1} e T_{R2} tra i quali è compreso T_R.

Al fine di ricavare i parametri sismici per la caratterizzazione dell'area di progetto, si è fatto riferimento ai quattro punti del reticolo di riferimento più vicini alle zone di intervento esemplificate nelle localizzazioni di Castelnuovo Rangone e Gorzano (tratti dall'allegato B delle NTC), elencati nelle seguenti Tabella 3.I e Tabella 3.II e la cui ubicazione è riportata in Figura 3.6 e Figura 3.7.

Tabella 3.I – Siti di riferimento per la zona di Castelnuovo Rangone

Sito	ID	Latitudine	Longitudine	Distanza dal sito in esame [m]
1	16502	44,5565	10,8952	2167,944
2	16503	44,5580	10,9652	3498,833
3	16725	44,5081	10,9673	6085,452
4	16724	44,5066	10,8973	5432,320

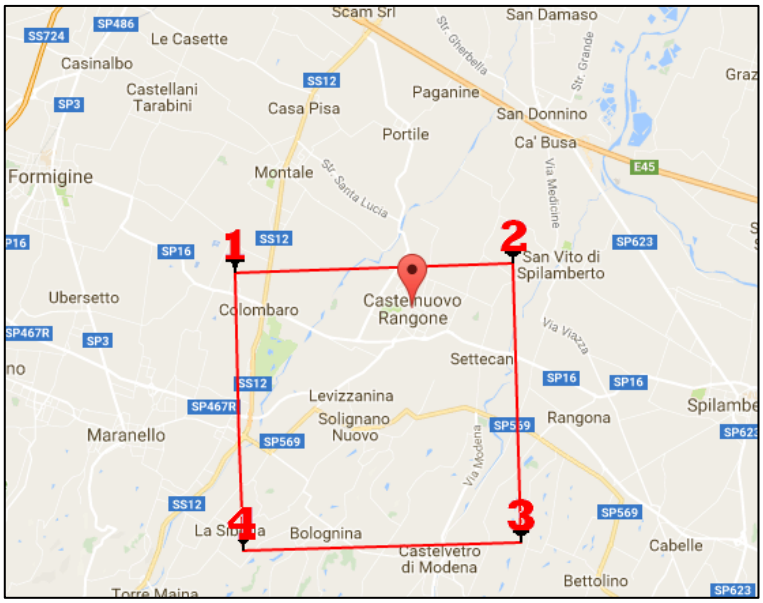

Figura 3.6 – Ubicazione dell'area di intervento presso Castelnuovo Rangone e dei vertici del reticolo di riferimento.

Tabella 3.II – Siti di riferimento per la zona di Gorzano

Sito	ID	Latitudine	Longitudine	Distanza dal sito in esame [m]
1	16723	44,5050	10,8272	4560,166
2	16724	44,5066	10,8973	1416,937
3	16502	44,5565	10,8952	4777,490
4	16501	44,5550	10,8250	6452,541

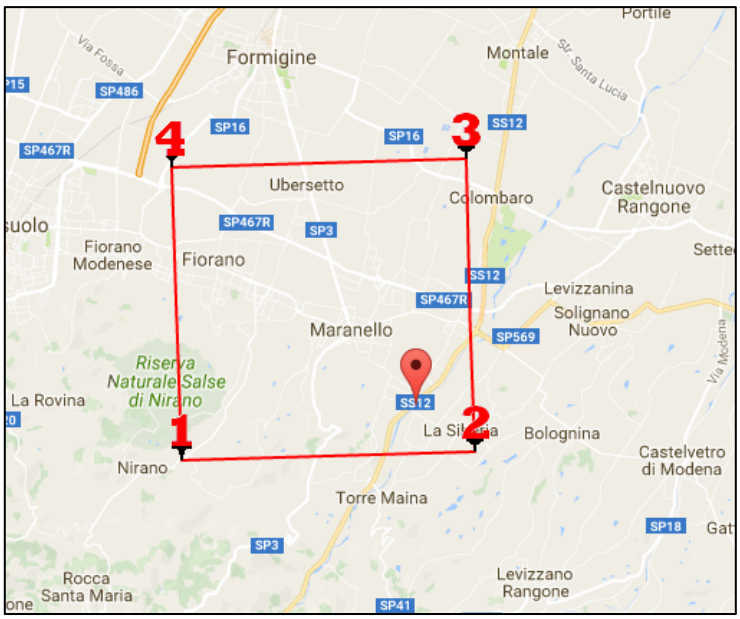

Figura 3.7 – Ubicazione dell'area di intervento presso Gorzano e dei vertici del reticolo di riferimento.

I parametri relativi ai quattro punti sono riportati nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008. Si ricavano quindi i seguenti parametri di ag (espresso in g/10), Fo (adimensionale) e T*c (espresso in secondi) per i tempi di ritorno di riferimento che verranno utilizzati per il dimensionamento di tutte le opere di progetto.

3.4.4 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate in Tabella 3.III:

Tabella 3.III - Categorie di suolo di fondazione

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Nel dimensionamento di tutte le strutture e le opere in terra verrà considerata la categoria C come riportato nelle indagini geognostiche sviluppate nella presente fase di progetto.

3.5 Idrologia e idraulica

L'analisi idraulica delle opere in progetto è stata condotta per mezzo l'implementazione delle stesse nel modello idraulico del torrente Tiepido, il quale ricomprende un tratto di circa 18.5 km a partire dal ponte presso la località di Torre Maina fino alla confluenza nel fiume Panaro, a valle della strada SS 9 – via Emilia. Per la realizzazione dello studio idraulico dell'asta del torrente Tiepido sono stati reperiti dati topografici e idrometrici e sono stati consultati studi pregressi realizzati nell'ambito di studio.

Il modello idraulico del torrente Tiepido risulta essere costituito sia da un modello monodimensionale a moto permanente che copre tutta l'asta fluviale, sia da un modello bidimensionale a moto vario nel tratto terminale del torrente, a partire dalla SP 623 – Vignolese, in quanto è stato necessario considerare anche il contributo del torrente Grizzaga, affluente sinistro del Tiepido. Tale necessità di approfondimento è stata dettata dai risultati dell'analisi comparata dei dati di eventi di piena del Tiepido e del Panaro e della chiusura del ponte sulla strada Curtatona e dall'analisi degli effetti del livello del Panaro sul comportamento del Tiepido condotta con il modello monodimensionale implementato.

Per il modello monodimensionale sono state utilizzate portate di progetto variabili lungo l'asta del Tiepido, per tenere conto nello stato di fatto di fenomeni di propagazione e di laminazione degli eventi di piena, e sono state ricavate dallo studio dell'Autorità di Bacino (1996). I tempi di ritorno considerati sono: 20, 100 e 200 anni.

Sono stati analizzati due scenari, che consideravano differenti condizioni di valle. Il primo scenario fa riferimento ad una situazione senza l'effetto del Panaro, per cui si impone un livello a piene rive, mentre nel secondo caso si ipotizza un livello nel Panaro inferiore di 1 m rispetto a quello calcolato per un evento cinquantennale (AdB Po,

2017).

L'input del modello bidimensionale è invece costituito dagli idrogrammi di piena dei torrenti Tiepido, Grizzaga e Gherbella per gli eventi di progetto, calcolato a partire dagli idrogrammi calcolati dalla modellazione dello studio dell'Autorità di Bacino (1996). L'analisi ha considerato come condizione di valle il livello cinquantennale che si instaura nel Panaro alla confluenza con il Tiepido.

I modelli idraulici hanno fornito i livelli idrometrici nelle sezioni trasversali del torrente Tiepido per eventi con tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni, nelle varie configurazioni dovute alle differenti condizioni di valle, evidenziando le criticità idrauliche presenti nello stato di fatto in termini di insufficienza della sezione di deflusso degli attraversamenti e di insufficienza della quota spondale, con conseguente esondazione del torrente ed allagamento dei territori limitrofi.

All'incirca in corrispondenza della progressiva 16400 m dal punto di generazione del modello, sono state inserite le opere in progetto, costituite dal sistema briglia – controbriglia e dalla ricalibratura del torrente in un tratto a monte ed a valle del monolite predetto.

Ne è stato quindi valutato il comportamento al variare del tempo di ritorno e sulla scorta degli effetti rispetto alla situazione attuale.

Per una trattazione più esaustiva si fa riferimento alla relazione idraulica allegata alla presente progettazione definitiva – esecutiva.

4. Interventi in progetto

Come precedentemente descritto l'intervento riguarda la progettazione definitivo – esecutiva del sistema briglia – controbriglia in sostituzione di quello precedentemente esistente, che è crollato.

Nello specifico l'opera, da monte verso valle, è costituita dai seguenti tre elementi strutturalmente connessi:

- un primo monolite in calcestruzzo che funge da briglia;
- una vasca di dissipazione in calcestruzzo con una profondità tale da ricomprendere uno strato di materiale arido simile a quello utilizzato per la protezione a scogliera e da realizzare un cuscino d'acqua per la dissipazione della vena sfiorante il primo manufatto;
- un secondo monolite con funzione di controbriglia anch'esso in calcestruzzo.

A valle della controbriglia è stato adottato un rivestimento del fondo con massi ciclopici di diametro 1.0 m per una profondità di circa 2.0 m. Tale protezione è stata utilizzata anche subito a valle della briglia esistente posta alla progressiva 16440, in modo tale da evitare l'erosione e lo scalzamento della fondazione.

Il tratto del torrente Tiepido compreso fra la briglia di monte ed il sistema briglia – controbriglia in progetto, nonché quello a valle di quest'ultimo per un'estensione di circa una quarantina di metri, è oggetto di ricalibratura e protezione del fondo e delle scarpate mediante scogliera in massi.

4.1 Pendenza di compensazione

L'obiettivo della sistemazione dell'asta di un qualsivoglia torrente è quello di ridurre il più possibile il fenomeno del trasporto solido del fondo e contemporaneamente stabilizzare le scarpate laterali dell'alveo.

Ciò si ottiene realizzando delle briglie lungo il corso d'acqua in oggetto, ovvero mediante la realizzazione di una pendenza di compensazione tale per cui è ridotta significativamente l'attitudine al trasporto solido.

Nel caso in esame si tratta di ricavare il valore della pendenza di compensazione nel tratto ricompreso tra le opere in progetto ed una briglia preesistente che si trova circa 40 metri a monte.

Attualmente la pendenza del fondo è fortemente disuniforme a causa delle erosioni che si sono verificate successivamente al crollo della briglia del marzo 2018, unitamente alla controbriglia che ha ceduto nel maggio 2017.

Il tratto compreso fra l'esistente briglia posta all'incirca alla progressiva 16440 m ed il sistema briglia – controbriglia in progetto verrà ricalibrato, adottando una sezione con larghezza di fondo pari a 23.00 m e sponde con scarpa 3/2, e protetto con un rivestimento a scogliera su tutto il perimetro bagnato per mezzo della posa in opera di massi di pezzatura media d pari a 30 cm e peso specifico γ_s dell'ordine dei 24000 N/mc.

Per ricercare il valore della pendenza di compensazione si procede preliminarmente al calcolo dello sforzo tangenziale critico e del valore della scabrezza. Si ottiene quindi:

$$\tau_{cr} = 0.06(\gamma_s - \gamma_w)d = 0.06(24000 - 9800)0.3 = 255.60\ N/mq$$

$$K_s = \frac{26}{d^{1/6}} = 31.77\ m^{1/3}s^{-1}$$

La pendenza di compensazione è pari a:

$$i_s = \frac{\tau_{cr}}{\gamma_w R_h}$$

Il calcolo del raggio idraulico R_h è stato eseguito per una piena duecentennale con un valore della portata pari a 203.33 mc/s. Attraverso un metodo iterativo si ottiene un valore del raggio idraulico pari a 1.37, pertanto la pendenza di sistemazione minima, tale per cui viene ridotto in modo significativo il fenomeno del trasporto solido, risulta essere pari all'1.90 %.

Nel caso in esame si adotta un valore inferiore pari allo 0.90 %, in quanto, considerando le quote altimetriche del fondo dell'alveo, si è ritenuto opportuna adottare una pendenza per la quale il profilo del fondo del torrente risultasse essere ad una quota superiore rispetto all'estradosso delle fondazioni della briglia preesistente di monte.

4.2 Verifica al sifonamento del sistema briglia – controbriglia

I manufatti idraulici come quello in progetto possono essere esposti a fenomeni di filtrazione che si instaura nel terreno di fondazione nelle quale sono inseriti, a causa del dislivello idraulico tra monte e valle.

Assume pertanto particolare intessere indagare gli eventuali fenomeni causati dal sifonamento, cioè da quel fenomeno che si può realizzare sotto due aspetti:

- piping, ovvero quando nel campo di moto prenda origine la rimozione, da parte della corrente, di particelle di terreno fini, le quali a loro volta mobilitano altre particelle di dimensioni maggiori fino ad ottenere di fatto delle vene sotterranee d'acqua che conducono al collasso del manufatto;
- heaving, cioè quel fenomeno che consiste nel sollevamento di una parte del terreno nella zona posta a valle dell'opera idraulica.

In entrambi i casi succitati, il fenomeno del sifonamento prende avvio quando la velocità nel campo di moto nel terreno assume valori tali da comportare la rimozione delle particelle.

La soluzione progettuale mirata all'eliminazione del rischio di sifonamento consiste nel contenimento del valore della velocità dell'acqua nel suolo attraverso l'allungamento dei percorsi di filtrazione, in modo tale da dissipare i dislivelli idraulici tra monte e valle.

La verifica a sifonamento è stata condotta con il metodo di Bligh e Lane, che consiste nell'individuazione del percorso critico della filtrazione, che nel caso in oggetto è costituito dal perimetro delle opere di fondazione. Il metodo distingue fra percorsi di filtrazione verticali e orizzontali, in quanto la resistenza al moto è di gran lunga inferiore lungo un piano orizzontale rispetto ad uno verticale.

Il metodo succitato consiste nella seguente verifica:

$$F = \frac{\sum L_v + \frac{1}{3}\sum L_o}{H} \geq F^*$$

dove:

- L_v: lunghezza verticale generica [m];
- L_o: lunghezza orizzontale generica [m];
- H: dislivello idrometrico tra monte e valle dell'opera [m];
- F^*: coefficiente di Lane, i cui valori sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 4.I – Valori del coefficiente di Lane al variare della natura del terreno

Tipo di terreno	F^*	Tipo di terreno	F^*
Sabbia molto fine	8.5	Ghiaia grossa con ciottoli	3.0
Sabbia fine	7.0	Massi con ciottoli e ghaia	2.5
Sabbia media	6.0	Argilla molle	3.0
Sabbia grossa	5.0	Argilla media	2.0
Ghiaia fine	4.0	Argilla compatta	1.8
Ghiaia media	3.5	Argilla molto compatta	1.6

Nel caso in oggetto si assume a favore di sicurezza un dislivello idrometrico pari a 5.00, dato dal valore tra il fondo di valle e la gaveta aumentato del livello di massima piena ventennale. No si è tenuto conto del livello idrometrico di valle. Si evidenzia che, sulla scorta della modellazione idraulica condotta in sede di progettazione, il dislivello idrometrico tra monte e valle è contenuto nel valore massimo dell'ordine dei 3 metri al variare del tempo di ritorno considerato.

Con riferimento al terreno si adotta un coefficiente di Lane pari 3.0, anch'esso a favore di sicurezza essendo in presenza di un terreno argilloso compatto sovraconsolidato.

Dal calcolo delle lunghezze di filtrazione di ottiene:

$$F = \frac{16.95}{5.0} = 3.39 \geq 3.0$$

La verifica a sifonamento è pertanto soddisfatta.

4.3 Ricalibratura alveo

4.3.1 Sezione di progetto

Il tratto dell'asta fluviale di una quarantina di metri a monte ed a valle delle opere in progetto è oggetto di ricalibratura e di protezione mediante scogliera in massi. In entrambi i tratti in oggetto, si adotta una scarpa delle sponde della sezione di progetto pari a 3/2, mentre la larghezza del fondo viene imposta pari al valore costante di 23.00 m per il tratto a monte del sistema briglia – controbriglia e variabile nel tratto a valle di quest'ultimo con valore compresi fra 19.00 e 10.00 nel verso della corrente fino a raccordarsi con la sezione attuale del torrente Tiepido.

Il rivestimento a scogliera viene adottato per proteggere sia il fondo che le scarpate del tratto fluviale in oggetto. Con riferimento a quest'ultime si è scelto di estendere il rivestimento sino ad un valore superiore alla quota di piena centenaria. Per la scogliera si utilizzano nello specifico massi con pezzatura media di 30 cm.

Il rivestimento avrà pertanto uno spessore medio di 60 cm su tutta la sezione ad eccezione del piede della stessa dove verrà realizzata una berma di consolidamento della scogliera della sponda. Al di sotto dei massi verrà posto un geotessuto non tessuto con funzione filtrante e di ripartizione dei carichi, risvoltato sia al piede che in sommità.

La restante porzione della scarpate fino al ciglio delle stesse sarà oggetto di idrosemina.

4.3.2 Verifica massi a scogliera

Il rivestimento delle scarpate e del fondo con massi a scogliera è costituito da una copertura di blocchi di adeguata

pezzatura scelti in funzione della possibile velocità dell'acqua.

Deve essere pertanto dimensionato il diametro dei massi facenti parte il rivestimento, onde evitare che essi vengano portati via dalla corrente esponendo all'effetto dell'erosione le scarpate ed il fondo di una sezione fluviale.

Il rivestimento a scogliera del fondo e delle scarpate è stato dimensionato con un tempo di ritorno pari a 100 anni. Con riferimento all'ambito di intervento, dal modello idraulico si ottengono i seguenti dati:

- portata: 177.82 mc/s;
- altezza idrometrica media nel tratto a monte della briglia: 2.40 m;
- area di deflusso media nel tratto a monte briglia: 60.40 mq;
- velocità media nel tratto a monte della briglia: 2.95 m/s;
- altezza idrometrica media nel tratto a valle della briglia: 3.70 m;
- area di deflusso media nel tratto a valle della briglia: 73.30 m;
- velocità media nel tratto a valle della briglia: 2.43 m/s;

Conduciamo ora la verifica per i due tratti di alveo a monte ed a valle della briglia in progetto.

TRATTO A MONTE DELLA BRIGLIA IN PROGETTO

Dalla geometria della sezione di progetto, e sulla scorta dei parametri idraulici sopra riportati, si ottiene per il tratto in oggetto un perimetro bagnato della sezione pari a circa 31.65 m. Ciò conduce ad un raggio idraulico, pari a 1.90 m.

Assumendo un valore del coefficiente di Strickler pari a 35 $m^{1/3}s^{-1}$ essendo l'alveo stato regolarizzato, calcoliamo il valore della tensione tangenziale critica della corrente.

$$\tau_{cr} = \gamma_w R_h i = \gamma_w R_h \frac{v^2}{K_s^2 R_h^{4/3}} = 56.21\ N/mq$$

Dove:

- γ_w: peso specifico dell'acqua [N/mc];
- R_h: raggio idraulico;
- v: velocità acqua [m/s];
- K_s^2: coefficiente di strickler [$m^{1/3}s^{-1}$].

Ora ricerchiamo il valore del diametro minimo del materiale da porre come rivestimento sul fondo, tale per cui lo sforzo tangenziale sopra riportato non comporta una rimozione dello stesso.

Assumendo un valore del peso specifico γ_s del materiale da impiegare come rivestimento pari a 24.000 N/mc, si ottiene:

$$d = \frac{\tau_{cr}}{0.06(\gamma_s - \gamma_w)} = 0.07\ m$$

Pertanto qualsiasi rivestimento a scogliera con pezzatura superiore ai 7 cm di diametro assicura la protezione del fondo. Si adotta quindi in prima approssimazione un rivestimento a scogliera con pezzatura 10 cm.

Lo sforzo tangenziale critico assume pertanto il valore di 85.20 N/mq, superiore a quello della corrente pari a 56.21 N/mq.

Con riferimento alle scarpate, è necessario affinare il calcolo, in quanto il valore dello sforzo tangenziale critico risulta essere influenzato dalla pendenza delle sponde.

Infatti, lo sforzo tangenziale critico sulle scarpate è dato da:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}\sqrt{1 - \frac{sin^2\alpha}{sin^2\varphi}}$$

Dove:

- α: pendenza delle scarpate;
- φ: angolo di attrito del materiale di rivestimento.

Assumendo un valore del materiale scapolo del rivestimento a scogliera pari a 40° ed avendo una pendenza delle scarpate come da sezione di progetto pari a 33.70°, si ottiene:

$$\tau_{cr}(\alpha) = 85.20 * \sqrt{1 - \frac{sin^2 33.70}{sin^2 40}} = 42.60\ N/mq$$

Il valore sopra riportato risulta essere inferiore allo sforzo tangenziale della corrente pari a 56.21 N/mq, pertanto la pezzatura scelta in prima battuta non risulta essere corretta.

Adottando una pezzatura pari a 20 cm, si ottiene:

$$\tau_{cr} = 0.06(\gamma_s - \gamma_w)0.2 = 170.40\ N/mq$$

$$\tau_{cr}(\alpha) = 170.40 * \sqrt{1 - \frac{sin^2 33.70}{sin^2 40}} = 85\ N/mq$$

Risulta quindi verificato con un diametro pari a 20 cm.

Si assume, a favore di sicurezza, un valore medio della pezzatura dei rivestimenti a scogliera pari a 30 cm, in modo tale che anche eventuali elementi di dimensioni minori di quella adottata, essendo di fatto il materiale impiegato non perfettamente uniforme, possiedano comunque un diametro superiore ai 20 cm.

TRATTO A VALLE DELLA BRIGLIA IN PROGETTO

Ripercorrendo quanto sopra riportato, dalla geometria della sezione di progetto e sulla scorta dei parametri idraulici calcolato mediante modello matematico, si ottiene per il tratto in oggetto un perimetro bagnato della sezione pari a circa 30.30 m. Ciò conduce ad un raggio idraulico, pari a 2.42 m.

Assumendo un valore del coefficiente di Strickler pari a 35 $m^{1/3}s^{-1}$ essendo l'alveo stato regolarizzato, il valore della tensione tangenziale critica della corrente è pari a:

$$\tau_{cr} = \gamma_w R_h i = \gamma_w R_h \frac{v^2}{K_s^2 R_h^{4/3}} = 35.18\ N/mq$$

Adottando il medesimo materiale utilizzato per il rivestimento del tratto di monte, cioè una scogliera con diametro medio di 30 cm e peso specifico minimo di 24.000 N/mc, risulta essere verificato il materiale impiegato.

Infatti gli sforzi tangenziali sul fondo e sulle scarpate, rispettivamente pari a 255.6 N/mq e 127.80 N/mq, risultano essere superiori a quello posseduto dalla corrente.

È importante evidenziare che l'adozione di un rivestimento a scogliera con pezzatura media pari a 30 cm consente di proteggere in parte il fondo e le scarpate anche in concomitanza di eventi con tempo di ritorno superiore ai 100 anni.

5. Fattibilità dell'intervento

5.1 Verifica di fattibilità tecnica

L'intervento in progetto di realizzazione del sistema briglia - controbriglia non comporta particolari difficoltà esecutive, essendo riferito ad opere civili di normale e consueta esecuzione, realizzate secondo tecniche ormai consolidate. La ricalibratura dell'alveo e la protezione a scogliera del fondo e delle scarpate è altresì costituita da un insieme di lavorazioni usuali lungo i corsi d'acqua.

Nel complesso, le opere previste s'inseriscono nel contesto territoriale locale con naturalezza, trattandosi di prosecuzione o adeguamento di opere esistenti, non costituendo elementi paesaggistici difformi dal contesto.

La fattibilità dell'intervento è stata verificata attraverso i risultati delle indagini appositamente condotte (sopraluoghi, rilievi, studio geologico, indagine idrologica e idraulica) e attraverso i necessari accertamenti circa la presenza di eventuali vincoli di natura storica, artistica, archeologica, paesaggistica o di qualsiasi altra natura interferenti sulle aree di intervento.

5.2 Compatibilità con la pianificazione vigente

Gli strumenti di pianificazione, vigenti e in formazione, determinano la programmazione e l'attuazione degli interventi sul territorio: gli elementi in essi contenuti permettono di definire la compatibilità degli interventi in progetto con i vincoli territoriali e ambientali della pianificazione.

Da quanto emerge dall'analisi effettuata, l'intervento in progetto risulta compatibile con quanto previsto dagli strumenti di pianificazione vigenti.

L'area di intervento è esterna alle aree protette individuate dalla Rete Natura 2000 (comprendete aree S.I.C. e zone Z.P.S.), alle aree naturali istituite con Legge 6 dicembre 1991 e alle zone umide.

Per quanto riguarda la pianificazione comunale, sono stati consultati le pianificazioni comunali dei comuni di Modena, Maranello, Castelnuovo Rangone, e Serramazzoni.

Per quanto riguarda i vincoli, le aree di intervento:

- sono ricomprese all'interno dell'area di rispetto di 150 metri, individuata dall'articolo 142 del decreto legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004;
- non sono interessate dal vincolo idrogeologico-forestale (R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267) e dal vincolo archeologico (art. 15 e art. 142 comma 1 punto m nonché art. 157 comma 1 punti d) ed f) e comma 2 del D. L.vo 42/2004);
- non rientrano in nessuna aree di tutela archeologica.

Allo stato delle cose non risultano pertanto vincoli atti a impedire la realizzazione degli interventi in progetto.

5.3 Aspetti ambientali

L'analisi ambientale in questa fase progettuale fa riferimento a quella elaborata nel corso del progetto di fattibilità tecnica ed economica, pertanto si rimanda a quest'ultima per completezza di trattazione.

5.4 Aspetti paesaggistici

L'intervento in esame rientra nelle tipologie di interventi, citati in art. 149, c.1, Decreto Legislativo n°42/2004, non

soggetti ad autorizzazione paesaggistica:

"1. Fatta salva l'applicazione dell'articolo 143, comma 5, lettera b) e dell'articolo 156, comma 4, non e' comunque richiesta l'autorizzazione prescritta dall'articolo 146, dall'articolo 147 e dall'articolo 159:

a) per gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di consolidamento statico e di restauro conservativo che non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore degli edifici;

b) per gli interventi inerenti l'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale che non comportino alterazione permanente dello stato dei luoghi con costruzioni edilizie ed altre opere civili, e sempre che si tratti di attività ed opere che non alterino l'assetto idrogeologico del territorio;

c) per il taglio colturale, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione da eseguirsi nei boschi e nelle foreste indicati dall'articolo 142, comma 1, lettera g), purche' previsti ed autorizzati in base alla normativa in materia."

Inoltre l'intervento rientra nelle casistiche di interventi ed opere in aree vincolate esclusi dall'autorizzazione paesaggistica individuati nell'allegato A al D.P.R. 31/17, ed in particolare tra quelli individuati al punto A25 che recita: *"interventi di manutenzione degli alvei, delle sponde e degli argini dei corsi d'acqua, compresi gli interventi sulla vegetazione ripariale arborea e arbustiva, finalizzati a garantire il libero deflusso delle acque e che non comportino alterazioni permanenti della visione d'insieme della morfologia del corso d'acqua; interventi di manutenzione e ripristino funzionale dei sistemi di scolo e smaltimento delle acque e delle opere idrauliche in alveo".*

5.5 Preesistenze archeologiche

Per verificare l'esistenza di vincoli derivanti dalla eventuale presenza di beni culturali Architettonici e Archeologici sull'asta del T. Tiepido, è stato consultato il sito "Vincoli in rete" del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MIBAC).

Le aree interessate dall' intervento in progetto non rientrano in nessuna aree di tutela archeologica e non presentano alcuna segnalazione di preesistenza.

6. Aspetti tecnici e funzionali

6.1 Disponibilità delle aree

Per quanto concerne la disponibilità delle aree necessarie per l'esecuzione delle opere, si dà atto che gli interventi non comportano alcun esproprio, essendo comunque contenuti all'interno del perimetro dell'area fluviale ed essendo classificabili, con riferimento soprattutto all'attività di ricalibratura dell'asta fluviale" a normali attività di manutenzione delle strutture. Saranno eventualmente da prevedersi alcune aree di occupazione per gli aspetti realizzativi e gli spazi da destinare ai cantieri.

6.2 Interferenze

Le interferenze delle opere in progetto con i servizi esistenti sono state individuate:

- sulla base delle informazioni desumibili dalla Carta Tecnica Regionale (scala 1:5000) e dalle ortofoto;
- a seguito dei sopralluoghi;
- sulla base di informazioni cartografiche relative alle reti di servizi esistenti.

Sulla base delle informazioni raccolte non vi sono interferenze tra le reti di servizio e le opere in progetto.

6.3 Indicazioni per l'accesso, l'utilizzo e la manutenzione delle opere

L'accessibilità, l'utilizzazione, la manutenzione delle opere, verranno assicurate sia in fase di cantierizzazione per eseguire i lavori che in fase di gestione e manutenzione.

In particolare, trattandosi di lavori ricadenti ai limiti della fascia fluviale, non si riscontra alcuna interferenza con opere appartenenti al territorio circostante (strade, reti di sottoservizi, etc.).

Per quanto riguarda gli effetti di sovraccarico sul traffico transitante lungo le strade locali a seguito del passaggio dei mezzi di trasporto dei materiali da costruzione, nel corso della fase di realizzazione e di gestione, dovrà essere garantita la manutenzione degli assi viari locali il cui utilizzo risulta necessario per la distribuzione dei flussi veicolari.

Inoltre la via di accesso dalla pubblica viabilità al cantiere dovrà essere opportunamente segnalata e realizzata con un sottofondo idoneo a sopportare il transito dei mezzi di cantiere.

La manutenzione delle opere dovrà avvenire in genere dopo gli eventi di piena. Sono previsti il controllo e la manutenzione dei paramenti dei rilevati e delle difese, ripristino delle rampe di accesso e delle strade carrabili, ecc.