

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA


PROVINCIA DI UDINE

COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA

INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN
SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A
VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI
FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA
PROGETTO DEFINITIVO

<p>Titolo dell'elaborato</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA</p> <p>Scala:</p>	<p>Tavola n°</p> <p>B</p> <p>Data: 4 ottobre 2016</p>
---	--

<p>I PROGETTISTI:</p> <p>dott. ing. Mario Causero dott. ing. Paolo Spadetto</p>		<p>Committente:</p> <p>DE MONTE SERVICE S.r.l. Via Cimano, 4 33030 Ragogna (UD)</p>
<p>ASPETTI AMBIENTALI:</p> <p>dott. for. Massimo Cainero</p>		

 <p>Studio Causero & Spadetto Associati ingegneria civile idraulica ambientale</p> <p>Via Luigi Moretti, 15 - 33100 Udine - ITALY tel. 0432 512081 e-mail: info@studiocausero.it</p> <p>Studio con gestione del sistema certificato n. IT10/0927.01 ISO 9001 da SGS</p>	<p>CODICE PROGETTO : 016-16</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV.</th> <th>N.</th> <th>DATA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	REV.	N.	DATA															
	REV.		N.	DATA																
<p>ELABORATO REDATTO DA : ing. Paolo Spadetto</p>																				
<p>ELABORATO APPROVATO DA : ing. Mario Causero</p>																				

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Sommario

1	Introduzione	2
2	Caratteristiche morfologiche del fiume Tagliamento	5
3	Attività previste di protezione delle erosioni spondali e compatibilità con il PAI	8
4	Analisi idraulica del tratto in oggetto	13
4.1	Breve presentazione del software HEC-RAS	14
4.2	Geometria del modello di calcolo	19
4.3	Definizione del parametro di scabrezza	19
4.4	Condizioni al contorno e portata di calcolo	20
4.5	Risultati ottenuti nel tratto di interesse	21
5	Conclusioni	25

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

1 Introduzione

La presente relazione idrologica ed idraulica analizza un tratto del fiume Tagliamento, posto tra il ponte della S.P. n.84 “Ponte di Cornino” e l’immissione del torrente Arzino, a monte della stretta di Pinzano, nell’ambito del progetto di riqualificazione fluviale e di messa in sicurezza idraulica proposto. L’area dell’intervento attraversa i Comuni di Forgaria del Friuli, San Daniele del Friuli e Ragnogna. **Gli obiettivi dell’intervento sono la riqualificazione fluviale e la messa in sicurezza idraulica del tratto di fiume Tagliamento al fine di ridurre l’incidenza delle erosioni spondali e permettere una regolarizzazione del deflusso di piena.**



Figura 1 – Ortofoto dell’area oggetto di intervento (da GoogleMaps 2016)

Infatti, l’evoluzione del fiume nel tratto in esame ha fatto sì che l’alveo di morbida si riducesse man mano in larghezza, lasciando spazio alla vegetazione lungo le aree abbandonate dalle acque. Questo fenomeno ha comportato durante le piene due differenti problematiche a seconda della portata in transito:

- per piene di media intensità, nelle quali le acque occupano per lo più l’alveo attivo del fiume, data la limitata sezione a disposizione, si ha una maggiore velocità delle acque e, di conseguenza, una maggiore forza erosiva. La conformazione assunta dall’alveo, in certi tratti (come ad esempio in un evidente tratto a valle del ponte di Cornino) eccessivamente occupato dalla vegetazione, ha fatto sì che in alcuni punti il flusso di piena venga indirizzato con un angolo di impatto piuttosto accentuato in direzione della sponda, determinandone la successiva erosione (v. evidente erosione 1500m a

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	<i>Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA</i>	<i>INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA</i>	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	---	---	-------------------------------	-----------------------	---	---

valle del ponte di Cornino in sponda sinistra). Questo evolversi del fiume è certificato dalle numerose segnalazioni che giungono ai comuni rivieraschi da parte dei proprietari limitrofi al fiume, con richieste di intervento e di realizzazione di opere di protezione. Nell’ambito del presente studio ambientale ed idraulico svolto sul tratto di 4500m sono stati individuati i punti in cui si hanno maggiormente queste evidenti erosioni come riportate nelle tavole progettuali. Queste in particolar modo destano preoccupazione, in quanto interessano evidenti porzioni di ex aree agricole ora spazzate via dalla forza dell’acqua di piena.



Figura 2 – Le potenti erosioni spondali presenti in sinistra alveo immediatamente a valle del ponte di Cornino

- per piene di notevole intensità, con conseguente allagamento delle parti invase dalla vegetazione, la presenza degli arbusti determina la formazione di un “muro” che si oppone al moto dell’acqua nelle golene, con conseguente innalzamento del pelo libero. Questa evoluzione del fiume, unita alla morfologia fluviale del tratto di valle particolarmente meandriforme con conseguente rallentamento delle acque di piena, determina l’accumulo di materiale detritico in alveo e l’incapacità della sezione a far transitare a valle la portata. Pertanto come conseguenza si hanno allargamenti delle sezioni in conseguenza delle erosioni spondali soprattutto in sinistra.



Figura 3 – Aree sottratte al deflusso dalla vegetazione con conseguente riduzione della sezione disponibile

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Il progetto pertanto mira, sulla base di quanto previsto dagli “Indirizzi per l’individuazione dei corsi d’acqua, o di tratti dei medesimi, nei quali è necessaria l’esecuzione degli interventi di manutenzione degli alvei che prevedono l’estrazione ed asporto di materiale litoide” pubblicata dalla Regione FVG nel novembre 2011, ad eseguire un intervento di riqualificazione fluviale unendolo ad un intervento di messa in sicurezza idraulica. Infatti la riapertura di canali abbandonati ed il recupero dell’ampiezza naturale dell’alveo consente di portare ad una distribuzione delle portate più complessa in regime di magra e di morbida ordinaria e di migliorare la capacità di laminazione con la massima divagazione fluviale per eventi di piena. Questo, unito alla necessaria movimentazione dei cumuli presenti in alcuni punti dell’alveo, consente di pervenire al contenimento della portata di piena anche per eventi con tempi di ritorno parossistici, diminuendo il pericolo di erosioni attualmente presenti.

La previsione di riportare parte del materiale movimentato lungo le sponde, nei punti di maggiore erosione, al fine di pervenire alla formazione di alcune aree golenali che vanno a stabilizzare il piede della sponda ed il riassetto complessivo dei percorsi delle acque di morbida determinato dalla riattivazione delle parti di alveo attualmente abbandonate dalle acque, consente, infine, di porre un freno alle erosioni spondali che stanno attualmente interessando il tratto di fiume in esame.

La scelta progettuale è quella di realizzare delle protezioni spondali in ghiaia stabilizzata a cemento con sommità non allagabili per piene aventi tempi di ritorno fino a 10 anni. Per tempi di ritorno maggiori invece si accetta che queste vengano sormontate dalle acque in modo da consentire il massimo deflusso possibile. L’uso delle ghiaie dell’alveo unita ad una stabilizzazione in sito a cemento determina la formazione di protezioni spondali estremamente performanti in termini di durabilità e, nel contempo, permette di ottenere un materiale del tutto analogo al conglomerato naturale (ghiaie cementate). Sulla sponda così formata viene ad essere riportata terra vegetale, inerbata con essenze autoctone e talee di salice, con conseguente massima compatibilità ambientale dell’opera così formata. Esperienze importanti in tal senso sono state svolte negli Stati Uniti con risultati estremamente positivi.

Nel seguito della presente relazione per quanto concerne la caratterizzazione idrologica ed idraulica del fiume Tagliamento, si farà ampio riferimento a quanto riportato nella relazione idrologica ed Idraulica allegata alla “MODELLAZIONE IDRAULICA DELL’ASTA DEL FIUME TAGLIAMENTO, NEL TRATTO TRA VARMO E LA CONFLUENZA COL TORRENTE DEGANO AL FINE DELLA MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO (OPI CD2/444.194)” redatta dalla società di ingegneria BETA Studio s.r.l. – via Monte Sabotino 2/A di Padova.

Inoltre si farà ampio riferimento al Progetto di Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione, redatto dall’Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (TAVOLE della PERICOLOSITA’ IDRAULICA N.44 e 48 del 2012).

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

2 Caratteristiche morfologiche del fiume Tagliamento

Nel suo complesso il bacino del Tagliamento occupa una superficie di 2871 kmq, le zone interessate rappresentano un compendio di tutti i territori della regione. Infatti dalle porzioni montane si arriva fino allo sbocco in mare al confine con i limiti del territorio regionale. Il bacino del Tagliamento è racchiuso a ovest da quelli del Piave e del Livenza a nord è delimitato dallo spartiacque rappresentato dalla catena delle Alpi Carniche a est infine confina con il bacino del Torre. Il fiume nasce a quota 1195 m presso passo della Mauria ai piedi del monte Miaron da più sorgenti sparse, in questo tratto non si può parlare ancora di un vero e proprio corso d'acqua che invece comincia alla confluenza con i primi tributari: il La Torre e la Stabia provenienti rispettivamente dal monte Miaron e dal Col Pioi. Il fiume in questo tratto è a regime spiccatamente torrentizio le acque scorrono a forte pendenza in una valle fortemente incisa interessata da frequenti fenomeni franosi che accumulano materiale di pezzatura medio grande in alveo. Qui raccoglie le acque del Giau prosegue quindi in una valle che si presenta sovra alluvionata con depositi di classi granulometriche decisamente inferiori al primo tratto da Forni di Sotto in poi.



Immagine 1 - Il Tagliamento a Passo della morte

Rimpinguano le sue acque tutta una serie di affluenti in sponda destra che percorrono le valli laterali con direttrice sud-nord, questi sono per lo più a regime torrentizio. In sponda sinistra non si hanno contributi significativi, la valle del Tagliamento è infatti separata nettamente da quella del Lumiei e dalla conca di Sauris. Il primo di una serie di grossi affluenti in sponda sinistra è proprio il Lumiei; l'importanza del suo contributo è tale da caratterizzare la qualità delle acque del Tagliamento, fino alle grosse piane alluvionali del corso di pianura. Le formazioni gessose molto solubili attraversate dalla fitta rete idrografica montana arricchiscono le acque, la parte che non passa subito in soluzione viene trasportata sotto forma di particelle in sospensione. Da questa confluenza il Tagliamento prosegue verso Est nella conca di Villa Santina dove incontra il Degano importante affluente del bacino montano. La porzione montana del bacino si divide da qui nelle aree di competenza del bacino del But e quello del Fella. Prima di questi due grossi affluenti, il Tagliamento riceve il contributo del torrente Vinadia bacino minore le cui acque scendono attraverso una

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

gola profonda dall'altopiano di Lauco. Il Vinadia di superficie modesta è pur sempre uno degli affluenti in sponda sinistra, il suo contributo è però quasi del tutto ininfluenza se confrontato con i principali: Degano, But e Fella. Dopo il Degano l'alveo si allarga di molto e oltre Tolmezzo dopo la confluenza con il bacino del But assume quelle caratteristiche di piana alluvionale che mantiene inalterate fatta eccezione per brevi discontinuità imposte dall'orografia come la stretta tra i rilievi orografici del S Simeone e del massiccio del M.Plauris in prossimità dell'abitato di Venzone. In questi tratti il fiume assume carattere monocursale incassato tra i massicci rocciosi in sponda destra e i meno ripidi versanti in sponda sinistra. Gli abitati come Portis, Venzone si trovano nelle immediate vicinanze del fiume a ridosso delle montagne.



Immagine 2 - Il fiume Tagliamento alla confluenza con il But

La direttrice del corso d'acqua (sud-est) cambia bruscamente dopo la confluenza con il Fella portandosi decisamente verso sud; il Fella rappresenta l'affluente più importante per il Tagliamento, basti ricordare che a seguito dell'immissione delle sue acque si ha un raddoppio come ordine di grandezza della portata del bacino con una superficie contribuyente di 704kmq.



Immagine 3 - Il fiume Tagliamento alla confluenza con il Fella

Immediatamente dopo il Fella il corso del Tagliamento si allarga ulteriormente distendendosi nella valle; il suo letto è caratteristico con più corsi divaganti e intrecciati dove si distinguono i letti di magra, spesso più d'uno, da quelli di piena che contengono le acque in caso di eventi di pioggia eccezionali. Si ha spesso una

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

formazione pensile del letto di piena rispetto a quello di magra con brusche scarpate e forme che il fiume modella e cambia nel suo percorso a seguito del passaggio dell'onda di piena. I contributi successivi al Fella sono da considerarsi minoritari rispetto alla portata frutto del contributo del suo bacino montano.



Immagine 4 - Il fiume Tagliamento in prossimità di Venzone

Dopo le confluenze con la Venzonassa e il Pozzolons restano solo tre affluenti degni di nota: l'Arzino (nell'area oggetto di intervento), il Leale e il torrente Cosa. Provengono tutti dalla sponda destra. L'Arzino nasce dai contributi dei rii e torrenti montani del massiccio del M. Pala (1271m) e si immette nel Tagliamento poco dopo Forgaria, la sua superficie è confrontabile con quella del Lumiei. Il torrente Cosa raccoglie i rii montani provenienti dai monti subito sopra Clauzetto e Travesio per immettersi nel Tagliamento in corrispondenza di Gradisca dopo aver attraversato numerosi paesini e contribuito a un fitto sistema di canali e rogge di irrigazione. Il Leale che riceve le acque del Melò e del Palar sgronda le acque che si raccolgono nella conca del lago di Cavazzo per portarle subito a sud dell'abitato di Peonis. Dopo la raccolta delle acque provenienti dall'alto e medio bacino che, principalmente contribuiscono alla formazione dei deflussi del Tagliamento il fiume inizia il suo basso corso. Convenzionalmente questo ha inizio a Casarsa ma già molto prima le acque del Tagliamento si infiltrano nel grosso materasso alluvionale scorrendo nel subalveo e ricompaiono in superficie solo dopo la linea delle risorgive. Qui a causa del calo della pendenza e delle mutate condizioni degli strati alluvionali con la comparsa delle caratteristiche alternanze di argille e ghiaie tipiche dei fenomeni di recessione marina, si favorisce la ricomparsa delle acque; queste proseguono fino alla foce con le caratteristiche formazioni a meandri.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

3 Attività previste di protezione delle erosioni spondali e compatibilità con il PAI

L'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, nell'ambito della redazione del Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione, riporta le seguenti norme di attuazione:

Stralcio delle "NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, PIAVE E BRENTA-BACCHIGLIONE"

ART. 2 – Definizioni

Ai fini delle presenti norme si intendono per:

- *"interventi di manutenzione ordinaria", gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;*
- *"interventi di manutenzione straordinaria", le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni di uso;*
- *"aree fluviali", le aree del corso d'acqua morfologicamente riconoscibili o all'interno delle quali possono svolgersi processi morfodinamici e di invaso che le caratterizzano anche in relazione alla piena di riferimento nonché le aree delimitate dagli argini di qualsiasi categoria (anche se non classificati e/o in attesa di classifica) o, in mancanza, da sponde e/o rive naturali o artificiali;*

ART. 4 – Classificazione del territorio in classi di pericolosità ed elementi a rischio

1. Il Piano, sulla base delle conoscenze acquisite e dei principi generali contenuti nella normativa vigente, classifica i territori in funzione delle diverse condizioni di pericolosità, nonché classifica gli elementi a rischio, nelle seguenti classi:

- pericolosità

P4 (pericolosità molto elevata)

P3 (pericolosità elevata)

P2 (pericolosità media)

P1 (pericolosità moderata)

2. Le classi di pericolosità identificano il regime dei vincoli alle attività di trasformazione urbanistica ed edilizia di cui al titolo II delle presenti norme di attuazione; le classi degli elementi a rischio, ove definite,

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEL COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

costituiscono elementi di riferimento prioritari per la programmazione degli interventi di mitigazione e le misure di protezione civile.

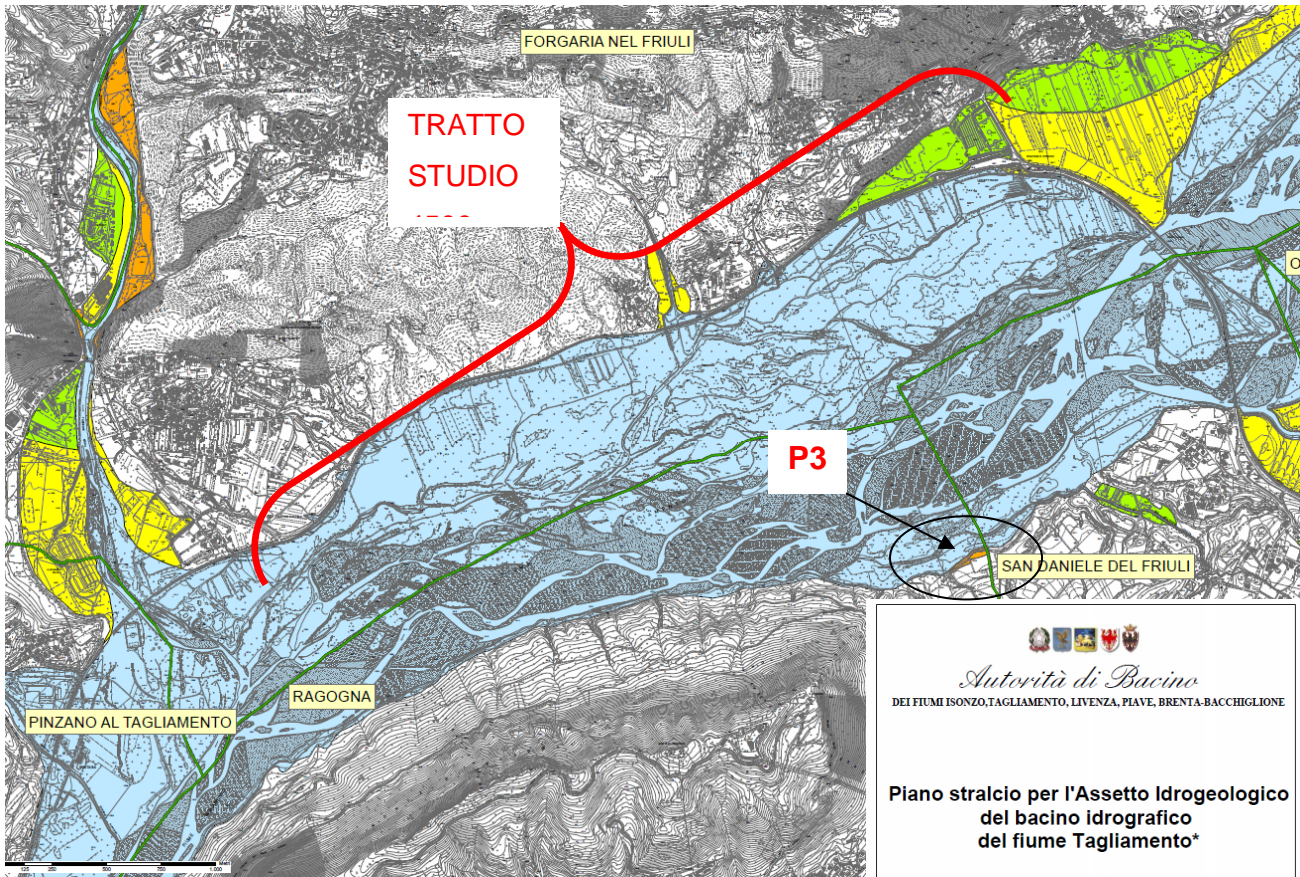



Figura 4: estratto della tavola 48 del 2012 del PAI.
Le aree interessate dagli interventi ricadono principalmente in zona:
F = AREA FLUVIALE
L'area in basso al centro, in evidente erosione, rientra nella classe di pericolosità idraulica **P3 - elevata**


Autorità di Bacino
 DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE

**Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
 del bacino idrografico
 del fiume Tagliamento***

D.Lgs. 152/2006

Carta della pericolosità idraulica

Tavola 48

Rappresentazione su Carta Tecnica Regionale
 Classe: Carta 1:50.000
 * Sono esclusi i Comuni di: Malborghetto-Valbruna, Pontebba, Chiusaforte, Dogna, Moggio Udinese, Resiutta, Tarvisio,
 per gli effetti della G.P.C.M. n° 3209 del 18-05-2003

Comitato Istituzionale del D.P.C.M. del
 Redatto: Venezia, febbraio 2012
 Elaborazioni a cura della Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino












<p>PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica</p> <ul style="list-style-type: none">  F - Area Fluviale  P1 - Pericolosità idraulica moderata  P2 - Pericolosità idraulica media  P3 - Pericolosità idraulica elevata  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata <p> Indicazione delle zone di pericolosità e di attenzione geologica* *cfr. cartografia geologica</p>	<p>ZONE DI ATTENZIONE IDRAULICA Quadro conoscitivo complementare al P.A.I.</p> <ul style="list-style-type: none">  - Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali  - Studi recenti dell'Autorità di Bacino
<p>LIMITI AMMINISTRATIVI</p> <ul style="list-style-type: none">  Limite Comunale  Limite Regionale  Limite di Bacino 	

Figura 5: legenda delle tavole del PAI e tavola 48.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Nel caso in oggetto, la figura che segue mostra l'avanzamento dell'erosione spondale, che di fatto ha determinato l'asporto di tutta l'area P3 di cui alla Tav. 48 del PAI Tagliamento.

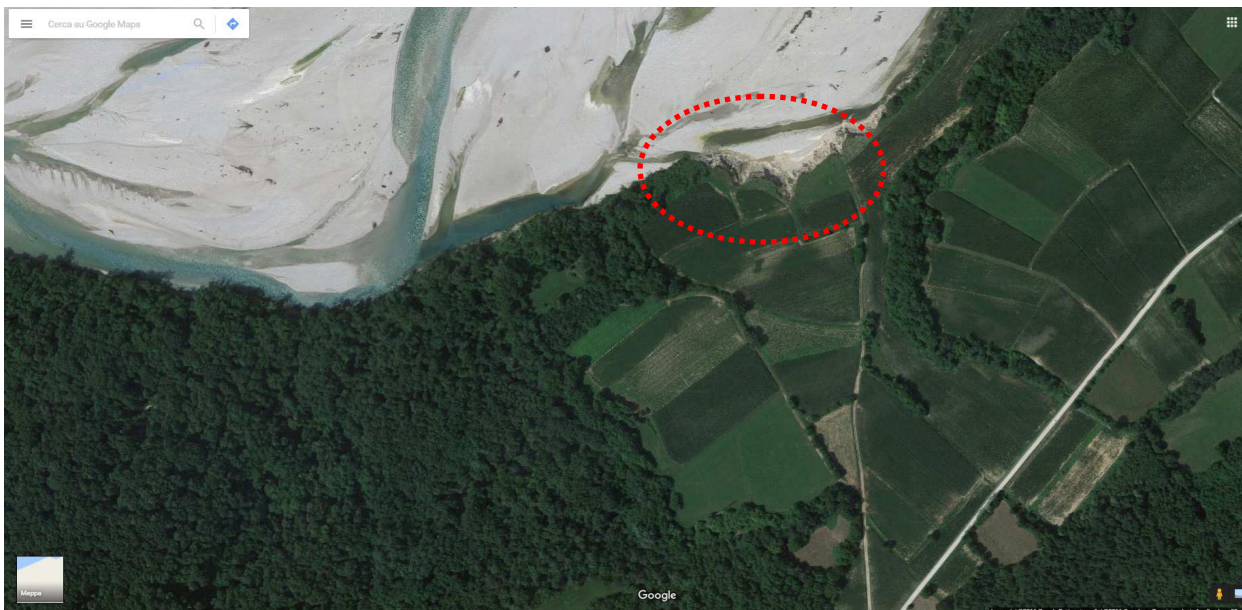
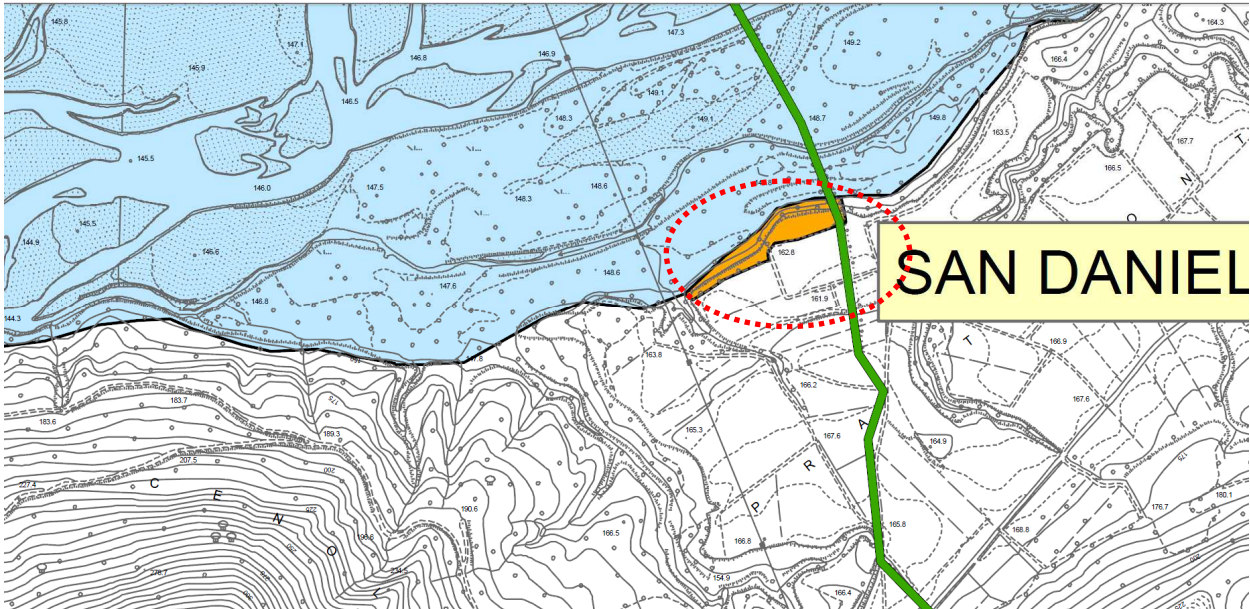


Figura 6 – Confronto dell'area soggetta a vincolo P3 – Tav. 48 PAI Tagliamento – dal 2012 al 2016. E' evidente l'erosione che ha determinato l'asporto quasi totale dell'area attenzionata in oggetto.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

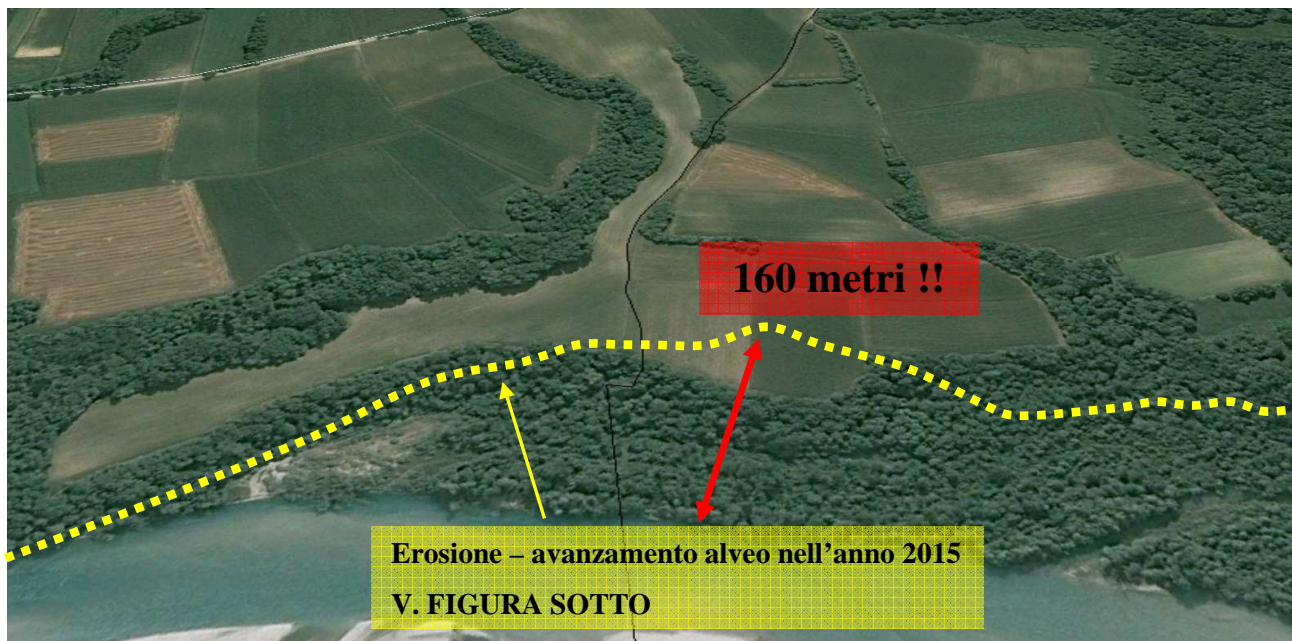


Figura 7: EROSIONE IV - situazione del fiume nel giugno 2002

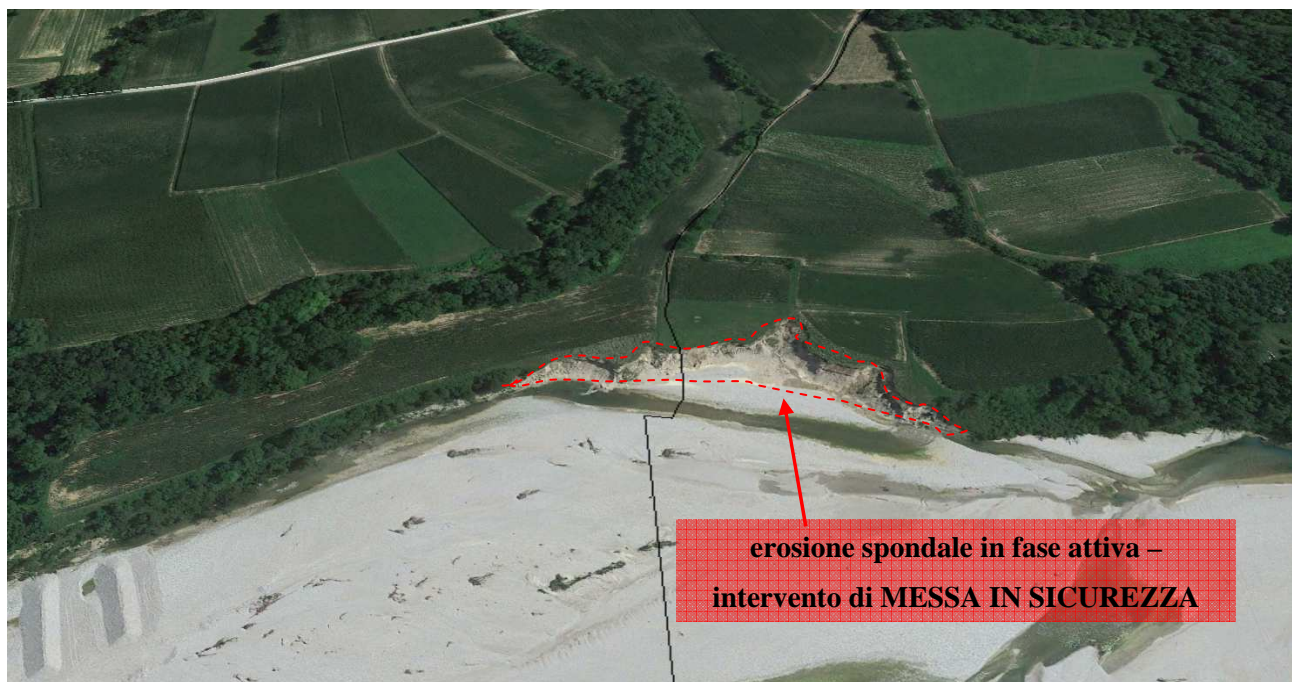


Figura 8: EROSIONE IV - anno 2015 evidente erosione a danno delle aree ripariali e delle superfici agricole.

Nel caso dell’erosione spondale denominata “EROSIONE IV” l’avanzamento del letto fluviale (già estremamente ampio nell’area) ha determinato un arretramento della sponda di ben 160m dal 2002 ad oggi, determinando la pressochè totale asportazione dell’area P3 di cui al PAI Tagliamento e di ulteriore area coltivata. Da quanto sopra riportato risulta evidente l’utilità di un intervento di protezione spondale lungo

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

l'erosione in oggetto. Infatti il mancato intervento determinerebbe un proseguire dell'erosione, con evidente danno alle coltivazioni.

Di minore entità, ma comunque di cui risulta opportuna la riduzione ed il contenimento nel presente progetto, risulta l'erosione denominata "EROSIONE III". Essa risulta posizionata immediatamente a valle del ponte della SP84, come da immagini sottostanti.



Figura 9: EROSIONE III - situazione del fiume nel giugno 2002



Figura 10: EROSIONE III - anno 2015

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Inoltre il ripristino delle aree di alveo attualmente invase dalla vegetazione e la rimozione dei cumuli che attualmente riducono la sezione disponibile al deflusso consentono di conferire un miglioramento notevole della protezione idraulica del territorio.

L'auto-sostenibilità dell'intervento, data dalla possibilità per le ditte proponenti di porre sul mercato i quantitativi di materiale litoide derivanti dalla riapertura dei nuovi percorsi per le acque, consente di centrare gli obiettivi previsti dal PAI senza necessità di dover accedere a fondi pubblici e consentire un generale miglioramento idraulico dell'area fluviale in esame.

Gli interventi previsti in progetto pertanto sono assolutamente conformi a quanto previsto dal PAI infatti:

- vengono ad essere migliorate le esistenti condizioni di funzionalità idraulica, agevolando il deflusso delle piene, ampliando il letto del fiume e favorendo un riassetto dell'alveo di morbida, allontanandolo dalle sponde
- si ottiene un miglioramento anche per le aree poste a monte dell'intervento, grazie alla migliorata capacità di trasporto
- si ha la creazione di maggiori volumi invasabili, grazie al ripristino dell'alveo attualmente abbandonato e vengono create delle aree disponibili all'esonazione; infatti la parte superiore dei reinterri che vengono previsti lungo le sponde in erosione al fine di contrastare l'evoluzione del fenomeno risultano essere a quota inferiore rispetto alla sponda e pertanto sono allagabili durante i fenomeni di piena massima.
- sono migliorate le attuali condizioni di stabilità delle sponde e, di conseguenza, del territorio limitrofo

Quanto sopra riportato dimostra l'utilità dell'intervento in un'ottica di corretto rapporto tra fiume e territorio rivierasco.

4 Analisi idraulica del tratto in oggetto

Come detto alle pagine precedenti, nel caso in oggetto per quanto concerne lo studio dei livelli del fiume Tagliamento per differenti tempi di ritorno è stato possibile affidarsi ai risultati di un importante studio idrologico-idraulico condotto alcuni anni orsono dalla Beta Studio srl su incarico della Regione FVG.

Infatti, a seguito degli eventi atmosferici verificatisi nei giorni 31 ottobre e 1 novembre 2004 nel territorio del Friuli Venezia Giulia, con DPCM del 18 novembre 2004, veniva dichiarato a livello regionale lo stato di emergenza ai sensi dell'art. 5 della L. 225/92.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Il Piano degli interventi che concorrevano al superamento della suddetta emergenza alluvionale veniva deliberato con DGR n°704 del 7 aprile 2005 e approvato con Decreto n°2/CD/2005 dell'8 aprile 2005.

Detto Piano prevedeva tra gli interventi prioritari da realizzare con urgenza la modellazione idraulica dell'asta del fiume Tagliamento nel tratto Varmo-confluenza Degano, compreso il tratto terminale del fiume Fella, al fine dell'analisi idraulica degli interventi per l'incremento della sicurezza idraulica del Tagliamento (OPI CD2/444.194).

Con Decreto della Protezione Civile n° 171/CD2/2005 del 1° settembre 2005 veniva disposto di affidare a BETA Studio l'incarico per la "Modellazione idraulica dell'asta del fiume Tagliamento, nel tratto Varmo-confluenza Degano, compreso il tratto terminale del fiume Fella al fine della messa in sicurezza del territorio".

L'intero studio si basa sulla premessa metodologica che la sistemazione idraulica dell'asta del fiume non può prescindere da un'attenta analisi intersettoriale dei vari aspetti che caratterizzano l'ambito fluviale. Per tale motivo lo studio si articola in diversi approfondimenti che riguardano sia l'ambito prettamente idrologico e idraulico, con la sistematizzazione dell'idrologia di piena e l'analisi idraulica, ma anche gli aspetti geomorfologici, con particolare riguardo alle tendenze evolutive dell'alveo e alle caratteristiche della produzione e del trasporto di sedimenti, nonché la caratterizzazione della componente naturale e la definizione del quadro dei vincoli territoriali ed ambientali.

Nell'ambito di tale studio si è proceduto alla caratterizzazione idraulica dell'asta del tagliamento nel tratto in oggetto mediante l'applicazione di un modello idraulico (HEC – RAS).

Se ne riporta di seguito lo stralcio di interesse per l'area in esame.

4.1 Breve presentazione del software HEC-RAS

A partire dai dati di portata e utilizzando le sezioni trasversali rilevate appositamente in sito è possibile implementare un modello idraulico a moto permanente attraverso il "software" denominato HEC RAS ("Hydrologic Engineering Center's River Analysis System").

Esso è in grado di calcolare i profili di corrente nelle ipotesi di moto permanente gradualmente vario in canali naturali o artificiali e di effettuare simulazioni in moto vario.

Per quanto riguarda la determinazione dei profili (*Steady flow water surface profiles*), la procedura di calcolo è basata sulla soluzione monodimensionale dell'equazione dell'energia, con le perdite distribuite valutate mediante la formula di Manning e sommate a quelle localizzate date da contrazione od espansione. L'equazione dei momenti viene utilizzata per risolvere i casi di regime misto, in cui vi sia una rapida variazione del profilo di corrente; questa situazione comprende quindi salti di fondo, passaggi fra pile di ponti, punti di confluenza tra diversi rami del fiume. Gli effetti della presenza di vari manufatti all'interno della corrente (quali ponti, chiaviche, sbarramenti, sfioratori) possono quindi essere computati.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Basi teoriche per il calcolo dei profili: le equazioni

Il profilo di corrente viene determinato risolvendo da una sezione all'altra l'equazione dell'energia per via iterativa, attraverso una procedura denominata "standard step method". L'equazione dell'energia è scritta nel seguente modo:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_c \quad (5.1)$$

Dove :

Y_1, Y_2 sono le altezze superficiali d'acqua agli estremi del tronco

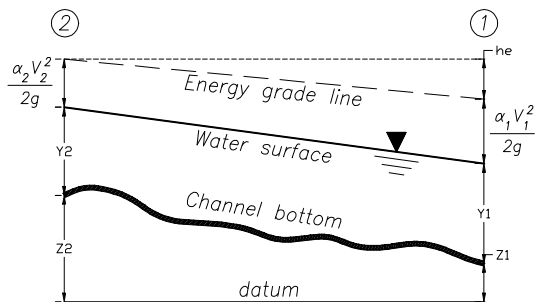
Z_1, Z_2 sono le quote di fondo delle due sezioni rispetto ad un riferimento comune

v_1, v_2 sono le velocità medie (portata totale /area totale)

α_1, α_2 sono i coefficienti di Coriolis del flusso agli estremi del tronco

g è l'accelerazione di gravità

h_c è la perdita di energia in termini di altezza



Le perdite di carico tra due sezioni susseguenti sono date dalla somma delle perdite distribuite e di quelle dovute a contrazione ed espansione e vengono valutate con la:

$$h_c = \overline{L S_f} + c \left| \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right| \quad (5.2)$$

Dove

L è la lunghezza del tronco pesata sulla portata

$\overline{S_f}$ è la pendenza d'attrito rappresentativa del tronco

c è il coefficiente di perdita di energia per contrazione ed espansione

La lunghezza del tronco pesata sulla portata è calcolata come :

$$L = \frac{L_{golenax} \cdot Q_{golenax} + L_{golenax} \cdot Q_{golenax} + L_{canale} \cdot Q_{canale}}{Q_{golenax} + Q_{canale} + Q_{golenax}}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

dove $L_{golenasx}$, $L_{golenadx}$, L_{canale} sono le lunghezze dei tronchi specificate per il flusso nelle golena di sinistra, di destra e nel canale.

$Q_{golenasx}$, Q_{canale} , $Q_{golenadx}$ sono le medie aritmetiche del flusso agli estremi del tronco nella golena sinistra, nel canale e nella golena destra.

Valutazione delle perdite di attrito

Le perdite per attrito sono valutate dal programma con il prodotto di \bar{S}_f e della lunghezza L; sono disponibili delle espressioni alternative si \bar{S}_f come segue:

$$\bar{S}_f = \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \quad (5.4) \text{ equazione della portata media}$$

$$\bar{S}_f = \frac{Sf_1 + Sf_2}{2} \quad (5.5) \text{ equazione della pendenza d'attrito media}$$

$$\bar{S}_f = \sqrt{Sf_1 + Sf_2} \quad (5.6) \text{ equazione della pendenza d'attrito in media geometrica}$$

$$\bar{S}_f = \frac{2Sf_1 \cdot Sf_2}{Sf_1 + Sf_2} \quad (5.7) \text{ equazione della pendenza d'attrito in media armonica}$$

Suddivisione della sezione trasversale

La determinazione della portata totale e del coefficiente di velocità per una sezione trasversale necessita che il flusso sia suddiviso in unità per le quali la velocità è uniformemente distribuita. L'approccio utilizzato dal programma è di suddividere il flusso tra zone golenali ed alveo.

In ognuna delle aree golenali il flusso viene a sua volta suddiviso in aree aventi "n" (numero di Manning) costante; infatti è possibile variare tale numero usando l'input dei punti che compongono la sezione trasversale come base delle suddivisioni. La portata è calcolata all'interno di ogni suddivisione con l'equazione di Manning (scritta secondo le unità metriche inglesi):

$$Q = K \cdot S_f^{1/2}$$

$$K = \frac{1.486}{n} ar^{1/6}$$

dove

K= portata per la suddivisione

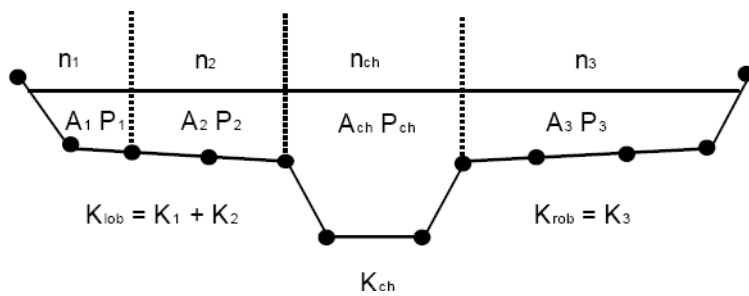
n= coefficiente di Manning per la suddivisione

a= area bagnata della suddivisione

r= raggio idraulico della suddivisione

Solitamente il flusso nel canale principale non viene suddiviso nelle applicazioni normali.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---



La portata totale della sezione trasversale è ottenuta dalla somma delle portate parziali. Il coefficiente di Coriolis viene ricavato mediante:

$$\alpha = \frac{A_t^2 (k_{gs}^3 / A_{gs}^2 + k_c^3 / A_c + k_{gd} / A_{gd})}{k}$$

dove

A_t l'area totale del flusso

A_{gs}, A_c, A_{gd} sono le aree delle golene e del canale principale

K_t è la portata totale della sezione trasversale

K_{gd}, k_{gs}, k_c sono le portate nella gola sinistra destra e nel canale centrale

Procedure di calcolo

Il tirante incognito della superficie dell'acqua in una data sezione è determinato mediante una soluzione iterativa delle equazioni. La procedura di calcolo può essere riassunta attraverso la seguente sequenza:

Assunzione di un livello della superficie d'acqua nella sezione a monte in caso di calcolo di corrente supercritica o nella sezione di valle per profilo subcritico

Sulla base del livello si determina la portata totale corrispondente e l'altezza cinetica

Con i valori del passo 2 si calcola Sf e si risolve l'equazione (5.2) per hc

Con i valori dei passi 2 e 3 si risolve l'equazione (5.1) per $ws_2 = Y_2 + Z_2$

Confronto del valore calcolato per ws2 con i valori assunti al passo 1; l'operazione si ripete finchè i valori si differenziano per meno di 0,001 "foot" (0,01m)

Limitazioni del programma

Nelle espressioni analitiche sviluppate dal programma sono implicite le seguenti assunzioni:

- il flusso è permanente
- il flusso è gradualmente vario
- il flusso è monodimensionale (cioè le componenti di velocità in direzione diversa da quella del fluido non sono prese in considerazione)
- il corso d'acqua ha piccole pendenze

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Il flusso è permanente perché nell'equazione dell'energia non compaiono i termini dipendenti dal tempo. E' gradualmente vario perché l'equazione dell'energia è basata sulla premessa che esista una distribuzione di pressioni idrostatiche in ogni sezione trasversale. Il flusso è supposto monodimensionale perché l'equazione del moto prevede che l'energia totale sia la stessa in ogni punto della sezione trasversale. Sono assunte piccole pendenze del canale perché l'altezza di pressione, che è una componente di w_s nell'equazione dell'energia, è rappresentata dalla profondità dell'acqua misurata verticalmente.

Applicazione dell'equazione dei momenti

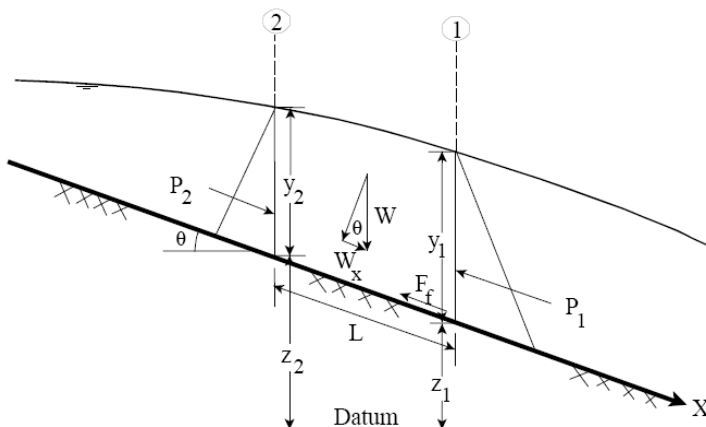
Ogniqualvolta accade che la superficie dell'acqua attraversa la linea critica, l'equazione dell'energia non è più applicabile. Infatti essa è applicabile solamente in condizioni di moto gradualmente vario, mentre la transazione da corrente lenta a veloce o viceversa è una situazione di rapido cambio di condizioni di deflusso. Esistono molte condizioni che possono portare all'attraversamento della critica; esse includono rapidi cambiamenti di pendenza, presenza di pile di ponte, salti di fondo, briglie e punti di immissione di affluenti. In alcune di queste condizioni sono applicabili equazioni empiriche, in tutte le altre è necessario applicare l'equazione dei momenti. Il programma Hec-Ras applica questa equazione per risolvere le situazioni in cui vi sia la presenza di un salto di fondo, di un ponte o di una immissione.

L'equazione del momento è derivata dalla seconda legge di Newton:

$$\sum F = m \cdot a$$

Applicandola ad un fluido in moto tra due sezioni susseguenti, si perviene a scrivere la seguente equazione della variazione del momento nell'unità di tempo:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$



Con successivi passaggi si perviene alla formulazione utilizzata dal programma:

$$\frac{Q_2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

dove:

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

β = coeff. di Coriolis

S_0 = pendenza media del canale

Coefficienti di contrazione e espansione

Per quanto attiene ai coefficienti di contrazione ed espansione, atti a caratterizzare la parte della perdita di energia che avviene durante il moto tra sezioni contigue, essi sono stati rispettivamente assunti pari a 0.1 per la contrazione, e 0.3 per l'espansione, corrispondente ad una situazione di transizione graduale.

4.2 Geometria del modello di calcolo

Nell'ambito dello studio eseguito da BETA Studio sull'asta del Tagliamento, è stato implementato un accurato modello altimetrico, ottenuto mediante rilievo laserscan dell'area realizzato per l'analisi in oggetto, ortofoto, rilievi dei manufatti esistenti e dati disponibili presso l'Autorità di Bacino, sezioni trasversali rilevate.

Tutti i dati sopra sinteticamente riassunti sono stati utilizzati al fine di realizzare il modello idraulico di calcolo, caratterizzato da una serie di sezioni idrauliche e manufatti interferenti in grado di ricostruire la reale geometria del fiume nel tratto in oggetto, che va da a partire da monte in corrispondenza della confluenza tra Tagliamento e Degano, fino a valle del ponte di Madrisio.

4.3 Definizione del parametro di scabrezza

Nella realizzazione del modello realizzato da Beta studio srl, per ognuna delle sezioni d'alveo sono state inserite nel modello le posizioni delle "bank stations", ovvero i punti che permettono di suddividere l'alveo in zone di differente scabrezza. La posizione delle bank stations è stata valutata sulla base delle caratteristiche del corso d'acqua così come risultanti dall'analisi delle ortofoto.

La scabrezza del corso d'acqua è espressa attraverso il coefficiente di Manning n e rappresenta uno dei parametri fondamentali dell'equazione del moto:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R_H^{2/3} \cdot i_f^{1/2}$$

con A area della sezione di deflusso, R_H raggio idraulico e i_f pendenza del fondo.

Il valore di n indica il valore della scabrezza del contorno bagnato della sezione su cui l'acqua si trova a defluire. La definizione di tale parametro tiene conto necessariamente del materiale di cui è composto l'alveo fluviale oltre che la forma della sezione e la presenza o meno di irregolarità o di vegetazione.

I coefficienti n di Manning adottati per descrivere la scabrezza idraulica di canale e golene sono stati ricavati applicando la metodologia di Cowan, dove il coefficiente di Manning è funzioni di sei variabili legate alla

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

conformazione generale dell'alveo, alla granulometria del materiale di fondo, al grado di irregolarità della sezione, alla variazione della sezioni, al grado di ostruzione, al tipo di vegetazione ed alla eventuale presenza di meandri. In particolare il valore di n può essere calcolato come:

$$n = (nb + n1 + n2 + n3 + n4) \cdot m$$

Dove:

- nb è il valore base di n per un canale naturale rettilineo, uniforme, regolare;
 - n1 è un fattore di correzione per l'effetto di superficie irregolari;
 - n2 è un valore per le variazioni nella forma ed la dimensione della sezione trasversale del canale;
 - n3 è un valore che considera l'influenza di ostruzioni;
 - n4 è un fattore di correzione che considera effetti della vegetazione e di condizioni di flusso;
- m è un fattore di correzione del andamento del canale.

Sulla base delle caratteristiche granulometriche e morfologiche del corso d'acqua sono state individuate le caratteristiche significative dello stesso ai fini della determinazione della scabrezza. Per quanto riguarda l'alveo centrale si assume un parametro di Manning costante pari a 0.035 per l'intera asta fluviale oggetto di studio: tale parametro tiene conto da un lato delle variazioni della granulometria del fondo e dall'altro delle variazioni nella forma delle sezioni (irregolarità, restringimenti locali,...).

Per le zone golenali laterali rispetto all'alveo centrale, il coefficiente è stato differenziato al fine di tener conto delle variazioni nella conformazione delle sezioni e della presenza di vegetazione od ostacoli alla corrente. In Tabella 2.IV si riporta il quadro riassuntivo per i parametri di scabrezza inseriti nel modello.

Tabella 2.IV – Valori del coefficiente di scabrezza utilizzati nella modellazione

Da sezione	A sezione	Scabrezza alveo [m ^{-1/3} s]	Scabrezza golena [m ^{-1/3} s]
251	233	0.035	0.050
229	181.5	0.035	0.045
181	171	0.035	0.050
170	114	0.035	0.040

4.4 Condizioni al contorno e portata di calcolo

La modellazione è stata eseguita a moto permanente utilizzando, per ogni tratto di corso d'acqua, il valore di picco dell'idrogramma così come risultante dallo studio idrologico (Elaborato 5 "Relazione idrologica" allegato allo studio in oggetto). È stato scelto il tempo di pioggia critica di 36 ore, per il quale si hanno, a parità di tempo di ritorno dell'evento, i valori maggiori delle portate di picco. Tali valori sono riportati in Tabella 2.V.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Tabella 2.V – Valore di picco della portata nelle diverse sezioni considerate, al variare del tempo di ritorno dell'evento

SEZIONE	Portata di picco [m ³ /s] al variare del tempo di ritorno [anni]					
	1.5	2	5	10	20	50
Tagliamento valle immissione T.Degano	462	545	826	1050	1280	1591
Tagliamento valle immissione T.But	651	767	1163	1479	1802	2241
Tagliamento valle immissione T.Fella	931	1102	1685	2153	2641	3300
Tagliamento a Pinzano	966	1180	1813	2325	2860	3584
Tagliamento a Dignano	1015	1204	1855	2384	2936	3688

Per la simulazione relativa al tempo di ritorno di 100 anni si è fatto riferimento ai valori di portata al colmo stimati nel Piano di Bacino del Fiume Tagliamento (Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 1998).

In definitiva il Fiume Tagliamento dalla confluenza con il T.Degano a Varmo (85.2 km) è stato descritto nel modello mediante:

- 108 sezioni trasversali;
- 12 ponti;
- 2 soglie.

4.5 Risultati ottenuti nel tratto di interesse

Nella Relazione Idraulica che riporta i risultati ottenuti mediante il modello idraulico HEC-RAS realizzato da Beta Studio s.r.l. descrive, per quanto concerne il tratto in oggetto, quanto segue:

Tagliamento alla confluenza con il T.Arzino

Il fiume Tagliamento nel territorio del Comune di Pinzano, riceve in sponda destra le acque del T.Arzino e del T.Pontaiba. La sezione di deflusso in questo tratto è caratterizzata da sponde ripide, che di fatto limitano l'espansione delle acque in caso di piena. Mentre in sinistra idraulica non si notano particolari insediamenti, nella zona golenale di destra è presente l'abitato di Pontaiba, mentre in prossimità della sponda si nota il rilevato ferroviario della linea Sacile-Gemona. In Figura 3.18 è riportata una corografia dell'area in cui ricadono le sezioni di deflusso 174 e 172.

Nella Figura 3.18 è evidenziata l'area corrispondente all'abitato di Pontaiba, per cui, in caso di evento di piena con Tr superiore a 20 anni, si possono verificare delle esondazioni e conseguentemente l'interessamento della zona abitata compresa tra l'alveo del Fiume e il rilevato ferroviario. Ulteriore motivo di criticità per la zona è dato dall'immissione dei due corsi d'acqua, per cui in caso di evento di piena, possono verificarsi ulteriori fenomeni di rigurgito di questi ultimi.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

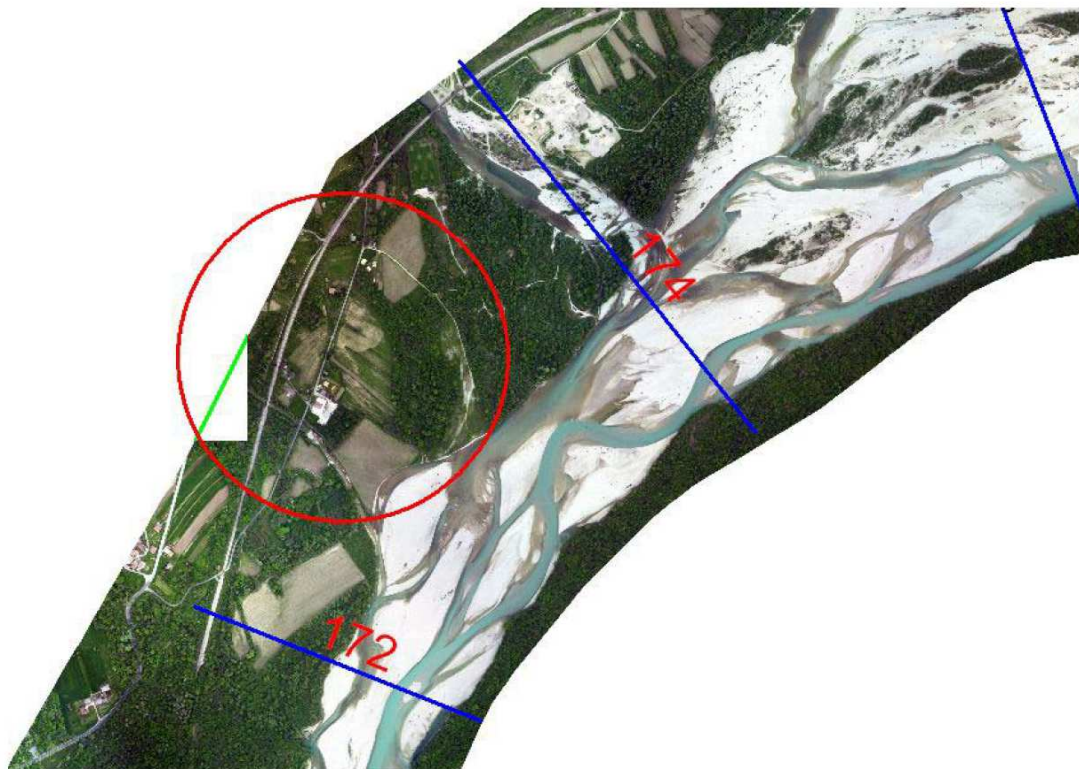


Figura 3.18 – Tagliamento in corrispondenza dell'immissione del T.Arzino

Per quanto concerne l'intervento in oggetto, che termina a monte dell'immissione dell'Arzino in Tagliamento e pertanto non interessa le aree prospicienti l'abitato di Pontaiba, si evidenzia che il franco idraulico rimane sempre abbondante, prossimo o superiore ai 2,0m. Le sezioni di interesse risultano essere la 174 e la 176 di cui al modello idraulico di Beta Studio srl ampiamente citato nella presente relazione. Tale risultato è evidentemente confermato dai rilievi svolti in sito e dalle evidenze dell'area, dove si hanno sponde naturali elevate rispetto al fondo alveo.

Le problematiche idrauliche pertanto non sono dovute al rischio di allagamento, pressochè assente, bensì dalla capacità erosiva delle acque di piena e dall'asportazione, evidente, di notevoli porzioni di territorio durante tali eventi parossistici.

La manutenzione del fondo alveo ed il miglioramento morfologico del piano delle ghiaie deve consistere pertanto in pulizie e riduzioni delle isole fluviali atte a permettere un deflusso il più possibile distante dalle aree in erosione. Tali aree poi verranno ad essere protette con opere compatibili con il paesaggio (difese spondali in materiale ghiaioso cementato interrato ed inerbite) in modo da ridurre l'effetto delle acque di piena.

Di seguito si riportano le sezioni di interesse del modello idraulico da cui sono stati ottenuti i peli liberi di deflusso per portate aventi $Tr=10$ anni, $Tr=50$ anni, $Tr=100$ anni. Le protezioni spondali vengono ad essere dimensionate in modo da risultare non sommerse da portate aventi $Tr=10$ anni. Per tempi di ritorno maggiori

si ritiene invece che esse possano venire sommerse, in modo da garantire la massima sezione di deflusso possibile e non dare luogo a strutture eccessivamente in elevazione rispetto al piano naturale delle ghiaie.

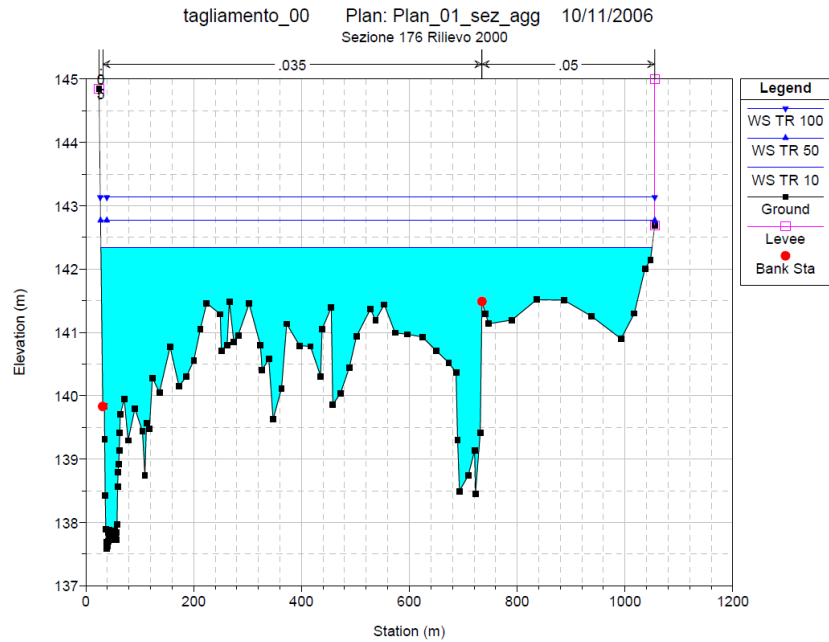


Figura 11 – Sezione 176 modello idraulico Beta studio 2006 – Immediatamente a valle del ponte di Cornino

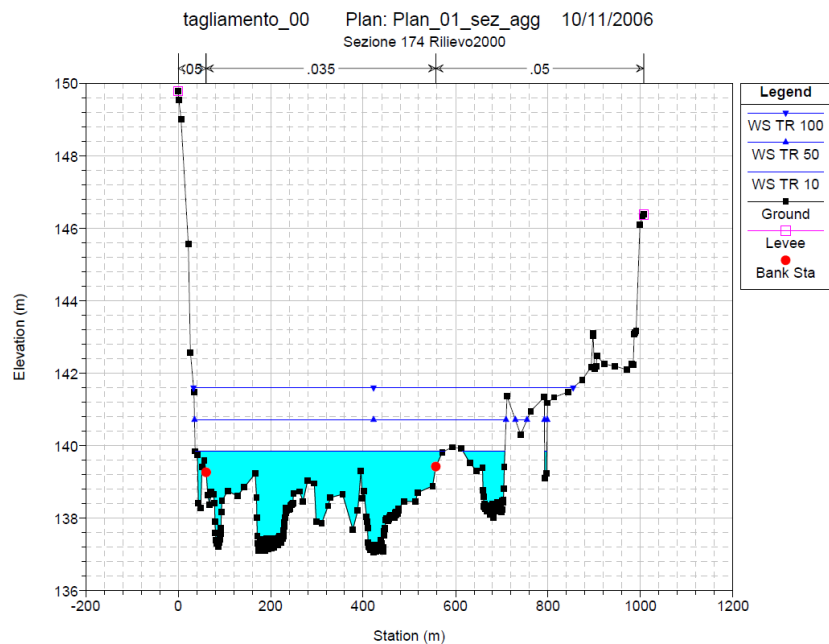


Figura 12 – Sezione 174 modello idraulico Beta studio 2006 – al centro dell'area di intervento

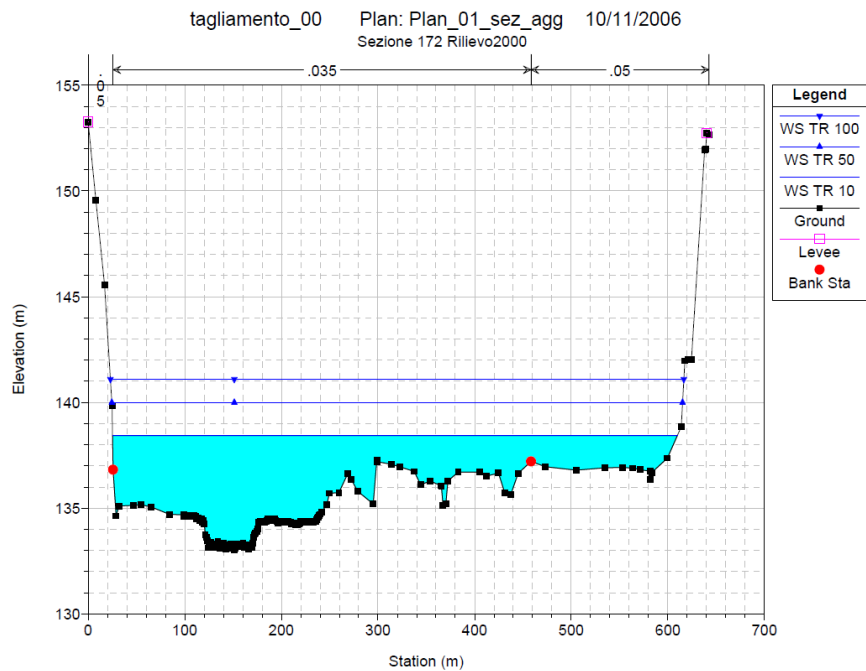


Figura 13 - - Sezione 172 modello idraulico Beta studio 2006 – a valle della confluenza dell’Arzino

Tabella 1 – Risultati della modellazione idraulica Beta Studio 2006 per le sezioni di interesse

Sezione	Distanza [m]		Quota fondo [m s.m.m.]	Quota argine (o sponda) [m s.m.m.]		Quota pelo libero [m s.m.m.]			Franco Tr100 [m]	
	progressiva	parziale		sx	dx	Tr 10	Tr 50	Tr 100	sinistro	destro
181	38089	2160	150.35	165.06	156.01	153.05	153.32	153.52	>2m	>2m
178	40249	1200	141.96	150.32	150.88	144.78	145.20	145.46	>2m	>2m
176	41449	1040	137.59	144.84	145.00	142.34	142.77	143.13	1.71	1.87
174	42489	1050	137.06	149.78	146.38	139.85	140.71	141.60	>2m	>2m
172	43539	300	133.03	153.27	152.74	138.43	139.99	141.10	>2m	>2m
171b m	43839	230	131.51	150.00	150.00	137.55	138.91	139.83	>2m	>2m

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 13, UDINE	Relazione IDROLOGICA ED IDRAULICA	INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL FIUME TAGLIAMENTO NEL TRATTO A MONTE E A VALLE DEL PONTE DI CORNINO NEI COMUNI DI FORGARIA NEL FRIULI, SAN DANIELE DEL FRIULI E RAGOGNA	PROGETTO DEFINITIVO	COD. 016-16	R	0
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

5 Conclusioni

Gli interventi di riqualificazione fluviale e di messa in sicurezza idraulica di progetto prevedono la movimentazione delle ghiaie all'interno dell'alveo per "proteggere" i tratti più erosi posti lungo le sponde per un volume di oltre 53.000,00 metri cubi, con la movimentazione di circa 208.000 mc di inerti in eccedenza depositati all'interno di vecchi filoni ora non più attivi, dove attualmente riducono sensibilmente l'officiosità idraulica della sezione complessiva del fiume, aumentando il rischio idraulico soprattutto in termini di potenza erosiva e di riduzione delle aree a campagna prospicienti il fiume (si veda a tal proposito l'erosione denominata "EROSIONE IV" dove il fiume ha asportato un'area profonda 160m dal 2002 ad oggi).

Da ricordare che, le portate "formative" sono quelle portate di piena che concorrono alla formazione della struttura morfologica di un corso d'acqua. Il fiume tagliamento, nell'area in oggetto presenta portate, aventi le caratteristiche del tipo "formativo" con frequenze mediamente quinquennali, il che determina una movimentazione del materiale solido lungo l'alveo abbastanza lenta che favorisce la formazione di isole vegetate stabili con tendenza evolutiva all'interno della piana inondabile con riduzione progressiva dell'officiosità idraulica.

Per quanto concerne il tratto in oggetto, che parte dal ponte della SP89 e termina a monte dell'immissione dell'Arzino in Tagliamento, si evidenzia che il franco idraulico rimane sempre abbondante, prossimo o superiore ai 2,0m anche per eventi di piena centenari.

Le problematiche idrauliche pertanto non sono dovute al rischio di allagamento, pressochè assente, bensì dalla capacità erosiva delle acque di piena e dall'asportazione, evidente, di notevoli porzioni di territorio durante tali eventi parossistici. La manutenzione del fondo alveo ed il miglioramento morfologico del piano delle ghiaie deve consistere pertanto in pulizie e riduzioni delle isole fluviali atte a permettere un deflusso il più possibile distante dalle aree in erosione.

La scelta progettuale è quella di realizzare delle protezioni spondali in ghiaia stabilizzata a cemento con sommità non allagabili per piene aventi tempi di ritorno fino a 10 anni. Per tempi di ritorno maggiori invece si accetta che queste vengano sormontate dalle acque in modo da consentire il massimo deflusso possibile. L'uso delle ghiaie dell'alveo unite ad una stabilizzazione in sito a cemento determina la formazione di protezioni spondali estremamente performanti in termini di durabilità e, nel contempo, permette di ottenere un materiale del tutto analogo al conglomerato naturale (ghiaie cementate). Sulla sponda così formata viene ad essere riportata terra vegetale, inerbata con essenze autoctone e talee di salice, con conseguente massima compatibilità ambientale dell'opera così formata. Esperienze importanti in tal senso sono state svolte negli Stati Uniti con risultati estremamente positivi.