



Comune di Barbaresco

Provincia di Cuneo

Regione Piemonte



RIPRISTINO DERIVAZIONE IRRIGUA E NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO IN CORPO TRAVERSA SUL FIUME TANARO

D.Lgs. 387/2003 e s.m.i., art. 12 - D.P.G.R. 29.07.2003, n. 10/R e s.m.i. -
Valutazione di Impatto Ambientale art.23 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

TANARO POWER SPA
Via Vivaro 2 - 12051 ALBA (CN)
Corso Nino Bixio 8 - 12051 ALBA (CN)
Tel. 0173 441155 - Fax 0173 441104
C.F. - P.IVA 03436270049
tanaropower@pec.egea.it



OGGETTO

STUDIO DI COMPATIBILITA' CON LO STATO DI DISISSESTO (NTA PAI)

TIMBRI E FIRME



STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it



Dott. Ing. Chiara AMORE
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n. 8304X
Cod. Fisc. MRA CHR 75D53 L219V
n° 8304

dott. ing. Luca MAGNI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n. 10941V
Cod. Fisc. MGN LCU 81T27 F335F



dott. ing. Fabio AMBROGIO
Ordine degli Ingegneri di Torino
Posizione n. 23B
Cod. Fisc. MBR FBA 78M03 B594K

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	MAG/2022
COD. LAVORO	510/SR
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	01
TIPOL. ELAB.	RS
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	05
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Gianluca COLOMBO

CONTROLLATO

ing. Luca MAGNI

APPROVATO

ing. Chiara AMORE

ELABORATO

1.5

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE (P.R.G.C.) DEL COMUNE DI BARBARESCO	3
3. PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE (P.R.G.C.) DEL COMUNE DI NEIVE (CN)	5
4. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	6
4.1 IL PIANO STRAORDINARIO PER LE AREE A RISCHIO	8
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO ALL'OPERA DI PRESA	10
6. VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO CON I TEMPI DI RITORNO ASSEGNATI	11
6.1 CONDIZIONI DI ESERCIZIO E DEFLUSSI DI PIENA	11
6.2 DEFLUSSO DI PIENA – AREE DI ESONDAZIONI E DEFLUSSI DI PIENA	13
6.3 ANALISI DEGLI EFFETTI CONSEGUENTI ALL'IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO	14
7. DEFINIZIONE QUALITATIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI DEPOSITI ALLUVIONALI	16
8. ASPETTI RELATIVI ALLA TENDENZA EVOLUTIVA PLANOALTIMETRICA DEL CORSO D'ACQUA	19
8.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL FIUME TANARO IN PROSSIMITÀ DELL'AREA D'INTERVENTO	21

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta al fine di **analizzare la compatibilità con il dissesto esistente dell'intervento in progetto**, il quale prevede il *"Ripristino derivazione irrigua e nuovo impianto idroelettrico in corpo traversa sul Fiume Tanaro nel Comune di Barbaresco (CN)"*.

L'intervento proposto prevede il ripristino della traversa di derivazione, la quale è tuttora parzialmente presente, sebbene assolutamente inutilizzabile, poiché priva di continuità trasversale. In ragione del particolare contesto geomorfologico fluviale caratterizzato da una rapida evoluzione e da processi erosivi importanti, si ritiene che il ripristino della soglia fissa alla quota originaria non sia una soluzione compatibile con l'attuale assetto del corso d'acqua, il quale nel tempo intercorso dall'evento che ha causato il collasso della traversa e lo stato attuale sembrerebbe aver raggiunto, almeno in parte, un nuovo equilibrio. La proposta progettuale prevede pertanto il ripristino del livello di ritenuta pregresso in condizioni di esercizio compatibile con la derivazione irrigua da attuarsi mediante un sopralzo abbattibile, in modo tale che in condizioni di piena la soglia fissa coincida con l'attuale quota di fondo in cui ad oggi il corso d'acqua ha impostato il suo deflusso, costituito dal substrato marnoso.

Il progetto prevede quindi il ripristino della continuità trasversale della soglia fissa e il suo adeguamento in quota non all'attuale quota del relitto, bensì all'attuale quota media del fondo alveo, in modo da garantire comunque l'arrestarsi del processo di abbassamento del fondo, che qualora dovesse proseguire potrebbe comportare rischi considerevoli per le opere longitudinali di difesa e per le strutture di attraversamento presenti sul corpo idrico. Con riferimento a tale aspetto si segnala la criticità connessa con i processi di abbassamento generalizzato del fondo alveo: 1,2 km a valle della posizione della traversa si rileva la presenza dell'attraversamento della SP 3 le cui pile in alveo sono state pericolosamente interessate da processi erosivi localizzati.

Il progetto prevede l'installazione sul ciglio della nuova soglia fissa, realizzata in corrispondenza di quella attuale, di uno sbarramento mobile completamente abbattibile, opera funzionale sia alla derivazione ad uso idroelettrico ed irriguo della risorsa quando in posizione di ritenuta, sia alla garanzia del deflusso di piena in condizioni di sicurezza idraulica e quindi a sopralzo abbattuto. Infatti, lo sbarramento abbattibile, per incremento delle portate in alveo, garantirà il suo abbattimento e conseguentemente la sostanziale assenza di modifiche alle condizioni attuali di deflusso di piena, a monte come a valle dell'opera.

L'altezza dello sbarramento abbattibile e la quota d'imposta della fondazione sono state individuate in maniera oculata al fine di garantire, in tutte le condizioni di esercizio, un incremento dei livelli in alveo compatibile con le quote delle sponde fluviali o delle aree di espansione naturale del corpo idrico.

2. PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE (P.R.G.C.) DEL COMUNE DI BARBARESCO

Il Piano Regolatore Generale del Comune di Barbaresco è stato approvato dalla *Regione Piemonte - Assessorato Urbanistica* in data 23 gennaio 2001. Successivamente sono state approvate delle varianti parziali, la più recente delle quali è la n.11, approvata con D.C.C. n.2 del 30/01/2020.

La quasi totalità delle opere in progetto è ubicata in comune di Barbaresco, di cui sono stati riportati i relativi stralci. Esclusivamente parte dell'intervento di adeguamento della rete esistente per la connessione alla linea elettrica ricade invece in Comune di Neive.

In Figura 1 si riporta un estratto del PRGC dal quale si evinca che l'area di intervento ricade nella Fascia A del PAI ed in classe IIIa di pericolosità geomorfologica, mentre in Figura 2 si evidenzia la presenza del vincolo idrogeologico nell'area collinare in destra idrografica.

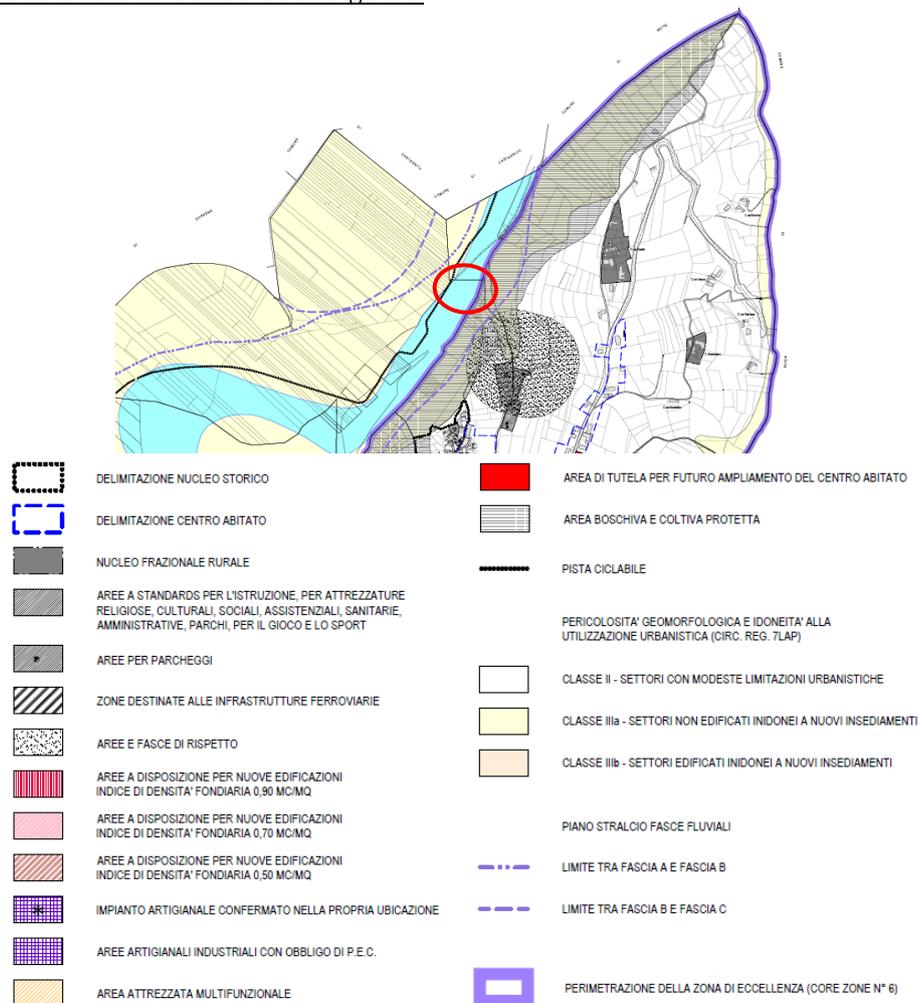


Figura 1 – Estratto della Tav. 2 del PRGC

"Ripristino derivazione irrigua e nuovo impianto idroelettrico in corpo traversa sul Fiume Tanaro nel Comune di Barbaresco (CN)".

Progetto Definitivo

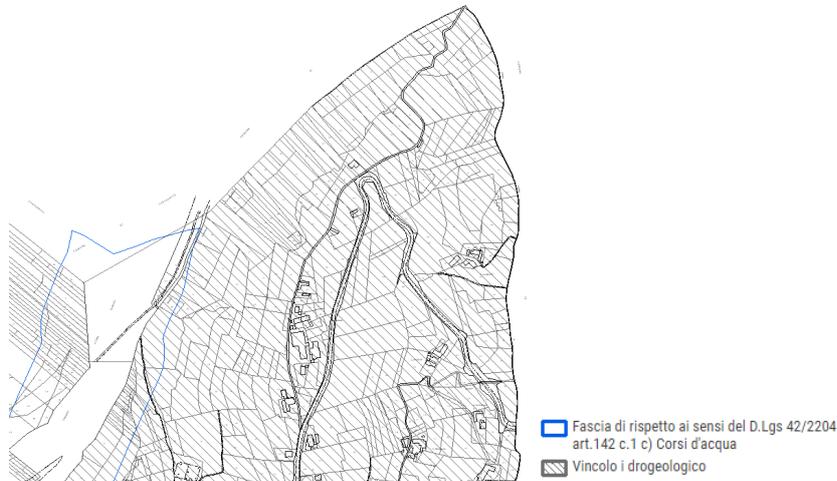


Figura 2 – Estratto dal geoportale comunale

Nella Carta geomorfologica e del dissesto in atto (Figura 3), l'area in sinistra idrografica risulta inserita in Area inondata e/o alluvionale del corso d'acqua principale nel corso dell'evento alluvionale del novembre 1994, senza particolari tracce di erosione, presenti viceversa a monte dell'area in esame.

Il versante collinare, in destra idrografica all'area in esame, pur collocandosi nell'ambito di un territorio caratterizzato da una diffusa ed elevata propensione al dissesto in concomitanza di eventi meteo-idrologici intensi, come documentato tra l'altro anche dalla Carta dei processi di instabilità conseguenti l'evento del 3- 6 Novembre 1994 – Fogli 193-210-211, con Note illustrative (APAT, 2007), non risulta, nella *Carta geomorfologica e del dissesto in atto* allegata al P.R.G., interessato da dissesti ma sono segnalati solo orli di scarpata e ondulazioni del terreno con locali ristagni d'acqua.

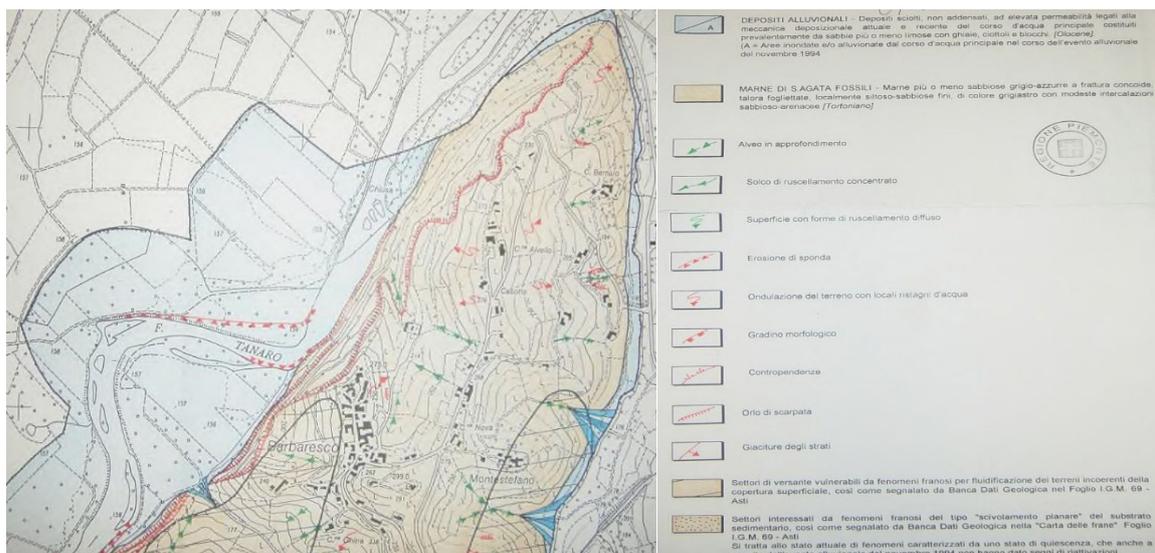


Figura 3 – Estratto della Carta di geomorfologica e del dissesto in atto, allegata al P.R.G. del Comune di Barbaresco

3. PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE (P.R.G.C.) DEL COMUNE DI NEIVE (CN)

Il Comune di Neive è dotato di Piano Regolatore Generale approvato con delibera G.R. n. 20-25754 del 31.05.1983 e successive "varianti generali" di cui ultima approvata con delibera G.R. n. 20-8756 del 12.05.2008 (adeguamento P.A.I.).

In Figura 4 si evidenzia che la zona interessata dall'adeguamento dalla rete aerea esistente ricade in zona agricola e in Classe III, si specifica inoltre che, dove possibile, costeggerà la sede stradale.

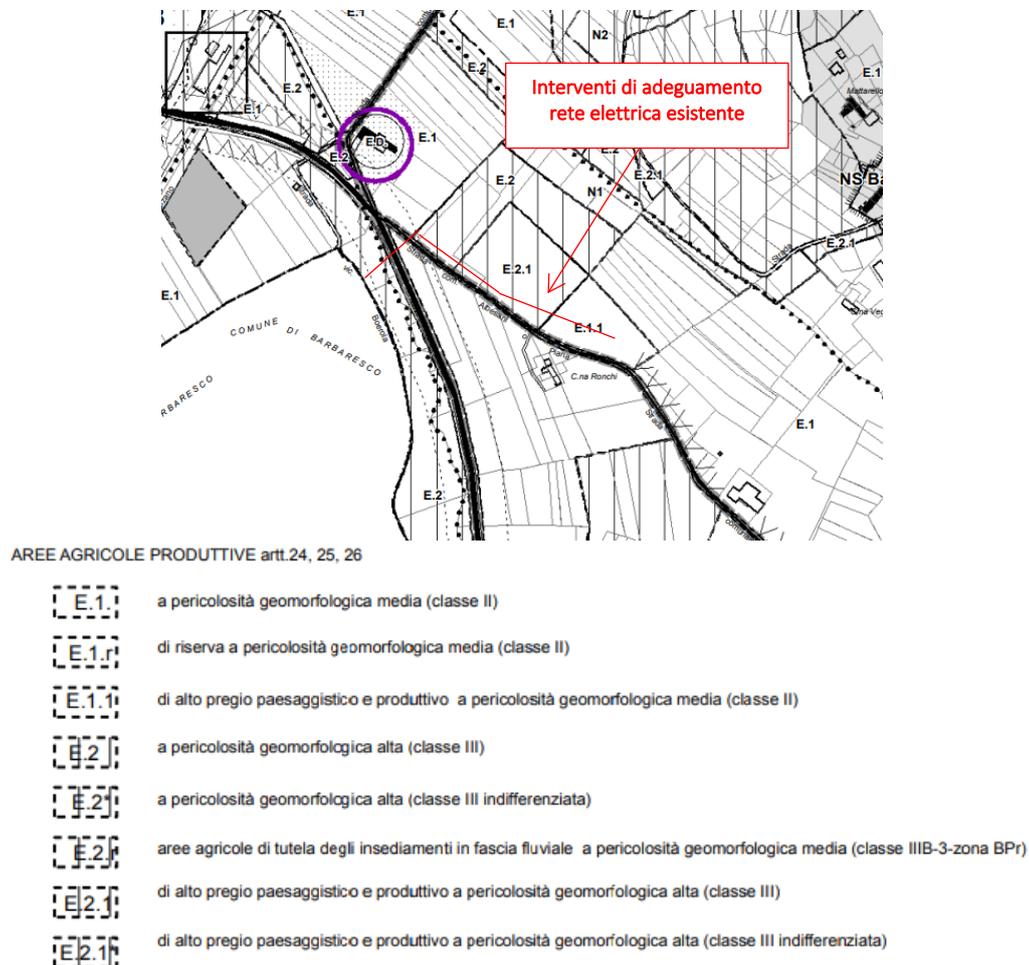


Figura 4 – Estratto della Tavola P.2 Assetto generale nord

4. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) elaborato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvato in data 24 maggio 2001 con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto 2001), definisce e programma le azioni necessarie a garantire un adeguato livello di sicurezza sul territorio, perseguendo il recupero della funzionalità dei sistemi naturali, il ripristino, la riqualificazione e la tutela degli ambiti fluviali e delle caratteristiche ambientali del territorio.

A seguito dell'approvazione del PAI (2001) il fiume Tanaro è stato oggetto di studi di carattere idraulico che hanno approfondito e dettagliato le conoscenze circa i valori delle portate di piena di riferimento e il comportamento idraulico in piena del corso d'acqua. Sulla base delle nuove conoscenze ed in continuità con gli atti di pianificazione già adottati (es. PGRA) è stato adottato con Decreto n 321/2021 del 3 agosto 2021 il *"Progetto di aggiornamento del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po e del PGRA del Distretto idrografico del Po: Fiume Tanaro da Ceva alla confluenza nel fiume Po"*.

Il progetto di aggiornamento del Piano di bacino distrettuale è adottato al fine di assicurare il coordinamento tra i contenuti degli elaborati del PAI relativi ai corsi d'acqua che ne costituiscono oggetto ed il *"Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico del fiume Po"* (PGRA) con riferimento ai corsi d'acqua dell'ambito territoriale interessato, al fine della riduzione delle potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la vita e la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

L'adozione del Progetto di aggiornamento del Piano di bacino distrettuale costituisce altresì adempimento dell'art. 7, comma 3, lett. a e dell'art. 9, comma 1 del D. Lgs. n. 49/2010.

Il tratto d'interesse è caratterizzato da un andamento planimetrico irregolare, con meandri più ampi dove il fondovalle lo permette. I processi evolutivi sono generalmente lenti e i fenomeni di erosione spondale locali e limitati, seppur talvolta influenti sulla stabilità dei versanti collinari come nel caso della rocca di Barbaresco. Le aree di esondazione sono estese, frequentemente attraversate da rilevati stradali e con incidenza diffusa di insediamenti industriali e civili. Significativa è la presenza di opere di difesa sia longitudinali che trasversali con qualche tratto arginato in corrispondenza dei maggiori centri abitati.

In numerosi tratti tra Alba e Asti le aree golenali di fascia B non risultano allagabili e con tiranti modesti e insufficienti ai fini della laminazione della piena, ciò appare causato da processi di forte abbassamento dell'alveo inciso (all'interno del quale defluisce l'intera portata di piena), nonché in alcuni casi dalla presenza di rilevati e setti arginali golenali prospicienti la sponda dell'alveo inciso medesimo. In Figura 5 si riportano le modifiche alle fasce del PAI introdotte dalla nuova variante.

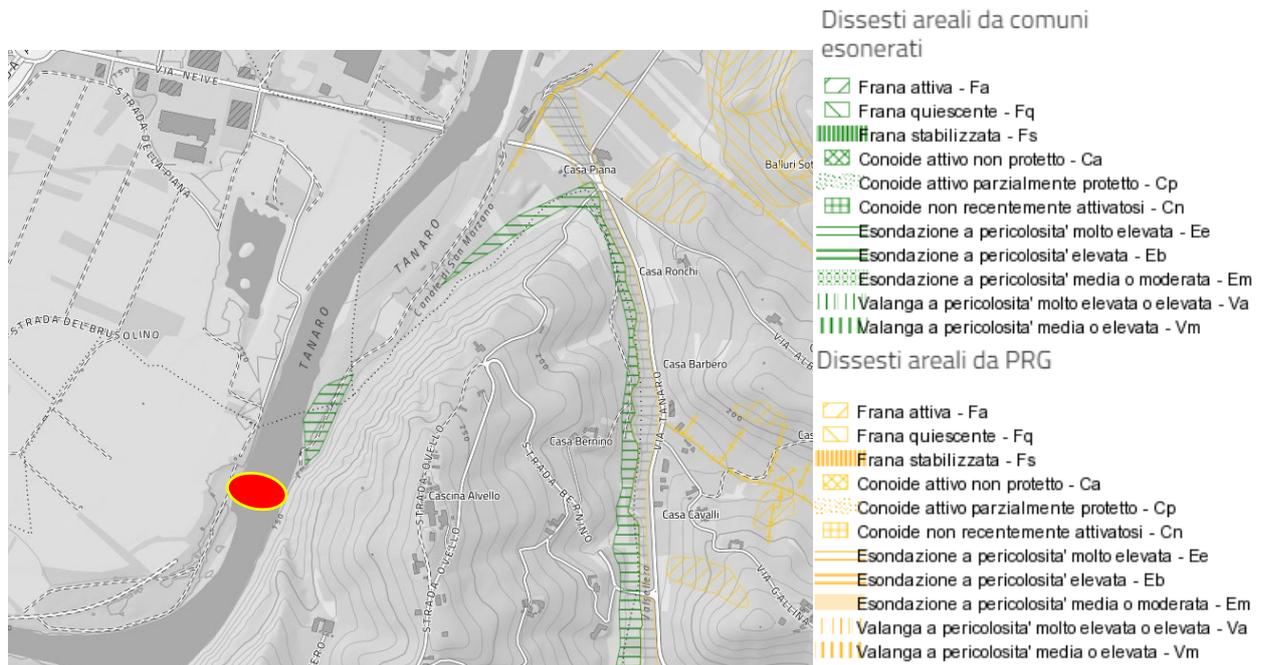


Figura 6 – Estratto dalla carta dei dissesti (Fonte: geoportale della Regione Piemonte)

4.1 IL PIANO STRAORDINARIO PER LE AREE A RISCHIO

Introdotta dall'art. 1, comma 1-bis del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, con la legge di 3 agosto 1998, n. 267, il Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267) si connota come strumento che affronta in via di urgenza, secondo una procedura più rapida che deroga da quanto previsto per la pianificazione ordinaria, le situazioni più critiche nel bacino idrografico, in funzione del rischio idrogeologico presente.

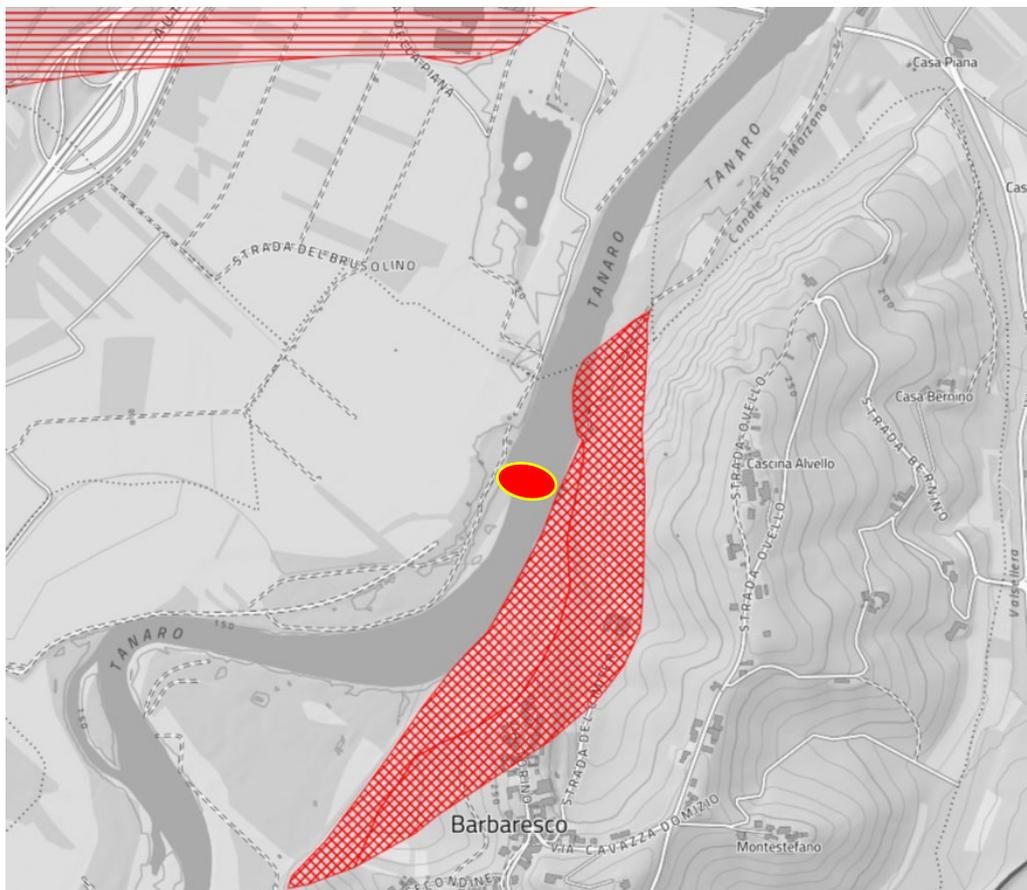
Il PS267 è stato approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 26 ottobre 1999; con successive deliberazioni n. 20, in data 26 aprile 2001, e n. 5, del 3 marzo 2004, il Comitato istituzionale ha approvato un primo ed un secondo aggiornamento del Piano.

Le linee di azione del Piano 267 si esplicano in

1. azioni a carattere preventivo e temporaneo:
 - individuazione, classificazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato del bacino per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale;
 - definizione e adozione delle limitazioni d'uso del suolo da adottare come misure di salvaguardia nelle aree a rischio;
2. interventi strutturali a carattere definitivo:
 - individuazione degli interventi di mitigazione del rischio atti a rimuovere le situazioni a rischio più alto.

In Figura 7 si evidenzia la presenza in destra del Tanaro, sul versante che conduce all'abitato di Barbaresco, la presenza di una zona ad elevato rischio idrogeologico.

Si evidenzia che proprio la sponda destra del fiume a monte dell'area d'intervento sono stati realizzati degli interventi di difesa spondale a protezione delle rocche di Barbaresco in seguito ai rilevanti processi erosivi verificatesi in seguito all'evento alluvionale del 1994. Tali opere risultano in parte ammalorate a causa del processo di abbassamento del fondo alveo conseguente ai processi erosivi in atto. L'intervento in progetto consentirà di arrestare il processo e migliorare le condizioni delle difese esistenti stabilizzando la quota di fondo alveo.



Legenda

-  ZONA 1 area instabile o che presenta elevata probabilita' di coinvolgimento in fenomeni di dissesto
-  ZONA 2 area potenzialmente instabile o in cui l'intensita' dei fenomeni di dissesto e' ritenuta media
-  ZONA B-PR area b di progetto potenzialmente interessata da inondazioni con Tr <= 50 anni
-  ZONA I area potenzialmente interessata da inondazioni con Tr <= 50 anni

Figura 7 – Delimitazione delle aree a rischio molto elevato

5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO ALL'OPERA DI PRESA

Le caratteristiche idrologiche del bacino del Fiume Tanaro che vengono adottate nei calcoli delle portate idrologiche sono riferite alla sezione di chiusura posta in corrispondenza della sezione di presa di Barbaresco.

Tabella 1 - Caratteristiche idrologiche del bacino

Corpo idrico	Superficie bacino (km ²)	Quota media (m s.l.m.)
Tanaro	3'520	1'034

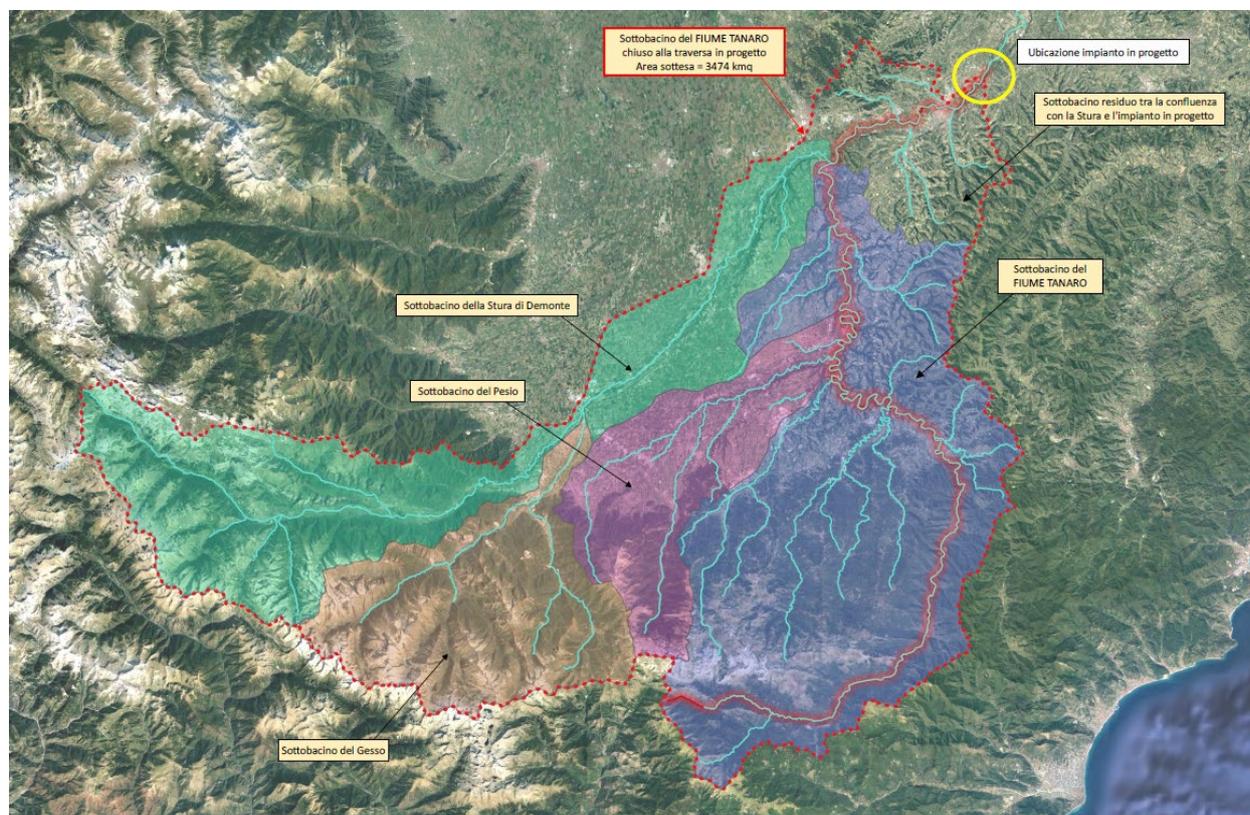


Figura 8 - Localizzazione spaziale del bacino del F. Tanaro chiuso a Barbaresco (estratto dell'Allegato 1 dell'Elab. 1.2 Relazione idrologica e studio di compatibilità idraulica)

6. VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO CON I TEMPI DI RITORNO ASSEGNATI

La valutazione dei livelli di piena è stata effettuata in moto vario con modellazione bidimensionale sia per lo stato attuale che quello di progetto.

6.1 CONDIZIONI DI ESERCIZIO E DEFLUSSI DI PIENA

Il modello idraulico allo stato di PROGETTO è stato allestito a partire dal modello dello stato di fatto inserendo l'impianto idroelettrico e lo sbarramento abbattibile in corrispondenza della soglia di nuova realizzazione e adeguando il fondo alveo a monte e valle dello stesso, secondo la configurazione di progetto illustrata nelle tavole di progetto e di cui si riportano qui gli elementi principali in sintesi:

- ✓ Realizzazione di nuova soglia fissa alla quota di 144,20 m s.l.m.;
- ✓ Realizzazione del corpo centrale in sinistra idraulica inserita nella sezione della traversa;
- ✓ Scogliera in sinistra idraulica di sviluppo da valle centrale sino alla testa del meandro a monte dove l'evento di piena del 2016 ha asportato le scogliere esistenti;
- ✓ Riprofilatura del fondo alveo a monte traversa;
- ✓ Inserimento dello sbarramento abbattibile in grado di raggiungere quota di 149,20 m s.l.m. alla sommità dello scudo per poter attivare la derivazione irrigua e creare il salto per la produzione idroelettrica.

La configurazione di progetto per portate di normale esercizio dell'impianto ha permesso di verificare **l'estensione del rigurgito a monte**, sia in condizione di minima regolazione ($Q_{MIN} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$) che di massima regolazione ($Q_{MAX} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$) e **la compatibilità idraulica** dell'intervento con la configurazione idraulica allo stato di fatto, in riferimento sia all'interessamento da parte del deflusso idrico di aree che attualmente permangono asciutte, sia alla compatibilità dei livelli idrici a monte della traversa con le quote delle sommità spondali esistenti.

Il confronto tra le simulazioni del modello *"Progetto"* e *"Attuale"* è stato condotto anche in riferimento alle **portate di piena**, verificando come l'intervento in progetto proposto dagli Scriventi non determini una modifica sostanziale al deflusso in condizioni di piena rispetto allo stato attuale, ma produca un modesto incremento dei livelli idrici per via della regolarizzazione e stabilizzazione del fondo alveo (attualmente soggetto ad approfondimento) rispetto alla quota attuale della sezione relativa alla traversa, garantendo però un importante beneficio in termini di riduzione dei livelli di piena rispetto alla situazione pregressa quando era in esercizio lo sbarramento (poi asportato dalla corrente) funzionale alla derivazione irrigua.

Tale obiettivo è raggiunto prevedendo l'installazione di uno sbarramento completamente abbattibile in occasione di piena che in condizioni di completa apertura avrà ciglio di sfioro alla quota di 149,20 m s.l.m., mentre in occasione di eventi di morbida e piena garantirà il suo completo abbattimento e il deflusso sulla soglia fissa alla quota di 144,20 m s.l.m. Si evidenzia che la precedente traversa fissa aveva quota di coronamento a 148,40 m s.l.m.

L'opera consentirà di stabilizzare i processi erosivi che hanno portato all'abbassamento del fondo alveo del Tanaro nel tratto in oggetto, abbassando tuttavia la quota della soglia fissa precedentemente realizzata di circa 4,2 m e riducendo pertanto i livelli idrici di esondazione rispetto al 2010.

Nel seguito si riporta quanto emerso dalle simulazioni effettuate inizialmente per quanto riguarda le condizioni di esercizio, per i livelli di minima e di massima regolazione dell'impianto, in particolare evidenziando l'estensione delle aree sommerse a monte rispetto allo stato di fatto e l'estensione del rigurgito provocato dallo sbarramento. Per ambedue le situazioni è stato analizzato il deflusso nel caso di abbattimento regolato dello sbarramento mobile (Tempo di abbattimento = 1 ora) e l'entità dell'onda di piena generata a valle. Infine è stato analizzato anche la variazione dei livelli idrici generati dall'impianto in progetto nei riguardi di eventi di piena per TR 20, 200 e 500 anni.

In particolare, si possono individuare sinteticamente 5 FASI temporalmente consecutive e distinte:

1. **Inizializzazione:** transitorio iniziale con sbarramento abbattibile con quota di ritenuta a 149,20 m s.l.m. e turbine idrauliche chiuse sino al raggiungimento di tale quota, funzionale al riempimento dell'invaso a monte;
2. **Esercizio alla minima regolazione:** Al raggiungimento della quota di normale regolazione (149,24 m s.l.m.) si ha l'apertura del gate (schematizzazione delle turbine idrauliche) per la simulazione delle portate turbinate (range portata gate 8 m³/s – 120 m³/s);
3. **Esercizio alla massima regolazione:** sino al raggiungimento della portata massima di derivazione dell'impianto idroelettrico (120 m³/s) si ha il mantenimento del livello idrico a monte dello sbarramento alla quota di normale regolazione (149,24 m s.l.m.). Superato il valore di suddetta portata si ha l'innalzamento dei livelli idrici a monte dello sbarramento sino al limite superiore imposto alla quota di massima regolazione (150,30 m s.l.m.);
4. **Superamento del massimo livello gestibile in esercizio, abbattimento dello sbarramento mobile:** al raggiungimento delle condizioni di massima regolazione, un incremento ulteriore di portata determina l'abbattimento dello sbarramento (T = 1 ora) ed il conseguente svuotamento dell'invaso a monte con la formazione di un'onda di rilascio controllato delle portate a valle della diga;
5. **Onda di piena ordinaria (600 m³/s) a gommone abbattuto e invaso vuoto.** In tali condizioni non si attua la derivazione a uso idroelettrico e le portate defluiscono sulla soglia fissa della traversa (sbarramento trasparente al deflusso idrico).

In condizioni di normale regolazione (**FASE 2**), si ha una produzione variabile in funzione della portata naturale disponibile in alveo garantendo in tutto il range di utilizzo (5 – 120 m³/s derivati) il mantenimento del livello idrico sullo sbarramento eretto non inferiore a 149,24 m s.l.m., il mascheramento dello sbarramento e l'alimentazione dei passaggi per pesci (oltre che del canale addizionale di alimentazione della scala pesci in destra).

Il confronto tra le simulazioni dello stato di fatto e di quello di progetto al deflusso della minima portata defluente in alveo in termini di battenti e di velocità di deflusso mostra come la realizzazione dello sbarramento in progetto

(analogamente a quanto esistente prima della demolizione della preesistente traversa nel 2010) determini la formazione di un ampio invaso a monte con innalzamento dei livelli idrici fino a circa 5 m a ridosso dello stesso e l'ampliamento delle aree sommerse, riattivando il ramo secondario abbandonato dal deflusso a seguito dell'evento di piena del novembre 2016. Le altezze idriche sono ovunque contenute in alveo.

Quando le portate defluenti in alveo superano i 120 m³/s circa, si entra nella **FASE 3** (variazione delle portate da 120 m³/s sino a circa 400 m³/s). Al deflusso della portata naturale di 400 m³/s e impianto derivante la portata massima di concessione (120 m³/s) si raggiunge il livello di massima regolazione sullo sbarramento mobile (deflusso sulla lama metallica dello sbarramento di circa 280 m³/s e livello idrico a 150,30 m s.l.m.).

Il livello di massima regolazione è stato imposto in un'ottica di mantenimento di un adeguato franco idraulico rispetto alle quote dei cigli spondali dell'alveo inciso lungo il perimetro dell'invaso a monte dell'impianto.

Il confronto tra le simulazioni dello stato di fatto e di quello di progetto al deflusso in alveo della massima portata prima del completo abbattimento dello sbarramento in termini di battenti e di velocità di deflusso mostra l'incremento dei battenti idrici con riattivazione dell'area limitrofa al ramo secondario in sinistra alla testa del meandro.

L'innalzamento dei livelli idrici nelle condizioni di minima e di massima regolazione **determina un rigurgito verso monte** che, misurato in condizioni di normale regolazione con minima portata in alveo è di circa 4 km, mentre per nella condizione di massima regolazione è di poco inferiore (3,9 km).

Con ulteriori incrementi di portata naturale si ha il superamento del livello di soglia di massima regolazione e l'attuazione del comando di abbattimento automatico del soprizzo mobile. Ciò determina la formazione di un'onda di piena legata allo svuotamento dell'invaso di monte (**FASE 4**). Il tempo stimato per il totale abbattimento è quello di 1 ora. Tale tempistica di abbattimento potrà essere condivisa e modulata con i fornitori dell'opera in sede di progetto esecutivo, apportando i necessari adeguamenti impiantistici al gonfiabile.

Nella condizione di normale esercizio dell'impianto, il picco di portata che si genera in conseguenza a tale manovra, dopo circa 30 minuti dall'inizio dell'abbattimento, sia pari a 690 m³/s (\approx 700 m³/s).

In particolare l'analisi ha evidenziato che i massimi livelli raggiunti dal colmo di piena, generato dall'abbattimento comandato dell'opera mobile, risultano compatibili con la configurazione idraulica dell'alveo a valle e dunque non comportano un aggravio del rischio idraulico nel tronco fluviale di valle.

6.2 DEFUSSO DI PIENA – AREE DI ESONDAZIONI E DEFUSSI DI PIENA

Sono state analizzate le condizioni di deflusso per eventi di piena parossistici corrispondenti a TR 20, 200 e 500 anni, con picchi di piena rispettivamente di $Q_{TR20} = 2'050$ m³/s, $Q_{TR200} = 3'050$ m³/s e $Q_{TR500} = 3'400$ m³/s, portate di gran lunga superiori a quelle gestite nell'ambito dell'esercizio dell'impianto e durante le quali è previsto il completo abbattimento dello sbarramento sino alla quota della soglia fissa (144.20 m s.l.m.).

Dalle aree di esondazione poste a confronto si nota che per la portata TR 20 non si hanno variazioni nell'estensione delle aree interessate dall'esondazione, bensì i livelli all'altezza del meandro a monte dell'impianto sono contenuti dalle scogliere in progetto non permettendo l'attivazione del ramo in sinistra esterno alla traversa.

Anche per quanto concerne la portata relativa a TR 500 anni le aree di esondazione non subiscono variazioni nonostante si venga generalmente a determinare un modesto incremento dei livelli.

Discorso analogo per la piena relativa a TR 200 anni, sebbene le aree golenali interessate dall'esondazione in condizioni di progetto siano leggermente superiori rispetto alla simulazione dello stato di fatto per effetto del lieve innalzamento idrico della configurazione di progetto rispetto alla simulazione secondo la geometria attuale.

Per quanto concerne i livelli di piena si può concludere asserendo che i livelli in alveo rimangono pressoché invariati rispetto alla configurazione idraulica dello stato di fatto mentre relativamente all'area golenale in sinistra si ha un incremento dei battenti stimati in media di 0,35 m al deflusso della piena di Tr 200.

Al deflusso di una portata di Tr 500 anni le aree di esondazione sono analoghe tra configurazione dello stato di fatto e di progetto.

Si sottolinea tuttavia che le aree di esondazione, sia nella configurazione dello stato attuale sia in quella di progetto, sono più contenute rispetto alle fasce PAI, non andando a interessare il rilevato autostradale. Ciò verosimilmente per effetto dell'approfondimento dell'alveo in continua evoluzione dal 1994.

In base a quanto esposto la realizzazione dell'opera in progetto:

- non determina un peggioramento dal punto di vista idraulico rispetto alle condizioni di stato di fatto al deflusso di eventi di piena parossistici, portando a un limitato incremento dei livelli idrici rispetto alla configurazione attuale che conduce all'alluvionamento di aree golenali agricole, favorendo la laminazione del picco di piena rispetto allo stato attuale;
- è compatibile con le fasce di rispetto del PAI, che rappresentano aree di alluvionamento maggiormente estese rispetto al modello idraulico della configurazione di progetto allestito dagli Scriventi;
- è funzionale alla stabilizzazione del fondo alveo, il cui continuo approfondimento potrebbe nel breve periodo portare alla sottoescavazione delle opere di difesa spondale esistenti e alla messa a nudo delle fondazioni del ponte presente in prossimità della traversa in progetto.

6.3 ANALISI DEGLI EFFETTI CONSEGUENTI ALL'IPOTETICO COLLASSO DELLO SBARRAMENTO

Il progetto d'impianto prevede l'innalzamento della traversa fissa mediante un soprizzo scudato completamente abbattibile il quale, in condizioni di piena, si abbatte completamente non comportando alcun ostacolo al deflusso, così come dimostrato anche con la simulazione numerica idraulica bidimensionale.

Il funzionamento di questa tipologia di sbarramento è garantito da compressori ad alimentazione elettrica; tuttavia, l'impianto è dotato di sistemi di sicurezza che, anche in caso di completa assenza di energia, permettono la messa in funzione di valvole meccaniche che **garantiscono il completo abbattimento dello sbarramento in totale sicurezza e in tempi relativamente limitati, tali da non produrre un'onda di svuotamento del bacino o di riempimento del canale a valle potenzialmente critica per la sicurezza idraulica nel tronco fluviale di valle.**

Come già evidenziato in precedenza, nell'ipotesi che il tempo di completo abbattimento di tale opera sia dell'ordine di 1 ora, il picco dell'onda di piena di rilascio delle portate a valle è prossimo a 700 m³/s, risultando

compatibile dal punto di vista idraulico con le condizioni geometriche del tronco fluviale di valle, non determinando situazioni di rischio idraulico.

In relazione alla presenza di uno sbarramento in alveo che produce un invaso a monte, occorre valutare anche gli effetti che si potrebbero manifestare a valle a seguito dell'ipotetico suo collasso repentino.

SCENARIO 1: abbattimento in 15 minuti

Nell'ipotesi di collasso repentino in 15 minuti il picco di piena che si genera è di circa 930 m³/s, sviluppandosi in poco più di 10 minuti dall'inizio della manovra. I risultati mostrano che tale valore di portata sia comunque contenuto nei limiti spondali dell'alveo inciso.

SCENARIO 2: abbattimento in 1 minuto

Nell'ipotesi di collasso repentino in 1 minuto il picco di piena che si genera è di circa 1'570 m³/s sviluppandosi nel minuto successivo dall'inizio della manovra. I risultati mostrano che tale valore di portata sia comunque contenuto nei limiti spondali, essendo infatti inferiore alla portata di piena TR 20.

A valle dell'analisi del quadro esposto relativamente alle portate di picco generate per il collasso dello sbarramento per i diversi tempi (T = 1 ora, condizione di ordinaria regolazione; T = 15 min e T = 1 min per dam break) si può concludere asserendo che gli effetti derivanti dal collasso, anche istantaneo teorico, portino alla formazione di onde di piena comunque contenute entro l'alveo della piena ordinaria.

7. DEFINIZIONE QUALITATIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI DEPOSITI ALLUVIONALI

Dai rilievi geologici (effettuati a ottobre-dicembre 2014) finalizzati alla ricostruzione del volume geologico significativo dell'area e dall'esame delle indagini svolte in sito / in laboratorio, la stratigrafia dell'area può essere così ripartita (dall'alto verso il basso):

- Depositi alluvionali attuali del F. Tanaro;
- Depositi alluvionali medio-recenti;
- Marne di S. Agata Fossili.

Le varie unità litologico-stratigrafiche sono state rilette in chiave geotecnica sulla base dei principali caratteri fisici in grado di fornire indicazioni significative per il comportamento meccanico dei terreni, rilevabili nel sondaggio S1. La stratigrafia geotecnica così elaborata costituisce un'adeguata base di calcolo sia per la progettazione geotecnica delle opere, sia per la definizione dell'assetto idrogeologico e delle relazioni tra acque superficiali e circolazione idrica sotterranea.

In particolare, **nelle formazioni incoerenti**, le correlazioni empiriche di letteratura per l'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche hanno permesso di stimare i parametri meccanici e deformativi, ovvero:

- L'angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco è stato stimato tenendo conto dello stato di addensamento e delle caratteristiche granulometriche dei materiali costituenti le varie unità attraverso la correlazione suggerita da HATANAKA & UCHIDA (1996) sulla base di confronti con prove triassiali drenate su campioni di sabbie di alta qualità prelevati con la tecnica del congelamento

$$\varphi' = 20 + \sqrt{15,4 N_{1(60)}}$$

MAYNE (1998, 2001) ha confermato la validità di tale relazione anche per sabbie limose residuali contenenti fino al 30% di fini.

Nelle formazioni coesive i parametri meccanici e deformativi sono stati così determinati:

- l'angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco, come riportato in BRUSCHI (2006), è stato stimato tenendo conto dell'Indice di Plasticità:

$$\varphi_p = 40^\circ - 2,07 \cdot IP^{0,49} \pm 2^\circ$$

- resistenza al taglio non drenata viene determinata con HARA & AL. (1974) sulla base di prove triassiali di tipo UU (non drenate non consolidate) su 180 campioni provenienti da 25 località giapponesi che hanno indicato una legge di regressione del tipo:

$$\frac{C_u}{P_a} = 0,29 N^{0,72}$$

P_a

con un coefficiente di correlazione di 0,93.

I valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici, intesi come stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite (SL) in considerazione, sono stati determinati mediante metodi statistici, i quali considerano che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5% (NORI, 2009).

Considerando piccoli volumi di rottura si è utilizzato il seguente algoritmo:

$$X_k = m \pm z_{0.05} \sigma \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$$

Avendo indicato con

- X_k il valore caratteristico considerato;
- m il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione;
- z è la distribuzione normale standard;
- σ è la deviazione standard della popolazione;
- n è la numerosità del campione.

Con un coefficiente CV adottato:

$$\gamma = 5\%$$

$$\phi = 10\%$$

$$c_u = 30\%$$

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi geotecniche effettuate e delle elaborazioni conseguenti, distinte per unità geotecniche (UGT).

UGT1 – Complesso ghiaioso – sabbioso.

Il complesso è costituito da ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbiosa da medio grossolana a fine, tipico di materiali granulari.

Stato di consistenza: da denso a molto denso;

per il complesso: da -0.7 m da p.c. a -5.2 m da p.c.

Tabella 2 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici assunti per il complesso UGT 1 – complesso ghiaioso – sabbioso

Sondaggio	Tipo indagine	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso dell'unità di volume (kN/m³)
S 1	S.P.T. 1	44.8	21
	S.P.T. 2	50	21
Valore massimo		50	21
Valore minimo		44.8	21
Media		47.4	21
Deviazione standard		3.6	0
Coefficiente di Variazione (%)		10	5

Grandezza	S.I.	Valori ridotti al 5° percentile
Peso dell'unità di volume (γ_k)	kN/(m³)	18.8
Angolo resistenza al taglio (ϕ_k)	(°)	38

UGT 2 – Complesso marnoso:

Il complesso marnoso costituito da argilla marnosa passante in profondità a marna argillosa presenta il comportamento tipico di un terreno coesivo.

Stato di consistenza: da compatto a estremamente compatto;

per il complesso: da -5.2 m a -20 m da p.c.

Tabella 3 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici assunti per il complesso UGT 2 – complesso marnoso

Sondaggio	Tipo indagine	Angolo resistenza al taglio (ϕ)	Coesione non drenata (kPa)	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)
S 1	S.P.T. 3	-	596	21
	S.P.T. 4	-	842	21
	S.P.T. 5	-	842	21
	CR 3	29	-	-
		31	-	-
		33	-	-
	CR 4	28.7	-	-
		30.7	-	-
		32.7	-	-
	CR 4	29.5	-	-
31.5		-	-	
	33.5	-	-	
Valore massimo		33.5	842	21
Valore minimo		28.7	596	21
Media		31.0	760	21
Deviazione standard		1.76	142	0
Coefficiente di Variazione (%)		10	30	5

Grandezza	S. I.	Valori ridotti al 5° percentile	Valori di letteratura ²
Peso dell'unità di volume (γ_k)	kN/(m ³)	19	-
Coesione non drenata (C_{uk})	(kPa)	687	-
Coesione efficace (c'_k)	(kPa)	-	26
Angolo resistenza al taglio (ϕ_k)	(°)	25	-

I valori tratti da letteratura sono stati desunti da Campagnoli et alii, 1995 – Le marne oligo-mioceniche delle Langhe: classificazione geotecnica preliminare. GEAM – Dicembre 1995 – pp. 201-211 – Torino.

8. ASPETTI RELATIVI ALLA TENDENZA EVOLUTIVA PLANOALTIMETRICA DEL CORSO D'ACQUA

Gran parte dei corsi d'acqua del bacino idrografico del Tanaro sono stati interessati dalla piena del novembre 1994, di gravosità straordinaria, che ha pertanto indotto notevoli modificazioni all'assetto idraulico e morfologico delle aste fluviali in termini sia di tracciato plano-altimetrico dell'alveo inciso che di sollecitazioni alle opere idrauliche presenti, con dissesto e asportazione delle difese di sponda e demolizione di tratti dei sistemi arginali presenti. I fenomeni di erosione spondale e di abbassamento di fondo si sono manifestati con particolare intensità e hanno determinato notevoli modificazioni morfologiche.

I dissesti che si possono riscontrare in alveo allo stato attuale derivano in prevalenza dagli effetti di tale evento e sono pertanto particolarmente gravi; le aree inondate dalla piena del '94 hanno messo in evidenza come l'alveo di piena precedente fosse quasi ovunque inadeguato, sia nei tratti in cui era delimitato da argini, sia in quelli senza opere di contenimento. L'area inondata ha raggiunto spesso il limite dei primi versanti, con ampiezza progressivamente crescente verso valle.

Lungo l'asta principale del Tanaro, procedendo da monte, sono soggetti ad allagamento i centri abitati di Ceva, Clavesana, Monchiero, alle infrastrutture viarie, ad insediamenti produttivi e a case sparse.

Occorre tenere presente che nel tratto di monte, fino circa alla confluenza con la Stura di Demonte, l'alta pendenza motrice determina una elevata velocità di deflusso e di conseguenza una consistente azione erosiva e distruttiva della corrente; per contro, verso valle la velocità si riduce progressivamente producendo effetti legati prevalentemente alla sola sommersione. A rischio inondazione per piene eccezionali risulta la porzione Nord della Città di Alba ma molte altre presentano tale rischio in misura più o meno estesa, come i centri di Isola d'Asti, Asti, Castello di Annone, Rocchetta Tanaro, Cerro Tanaro, Masio, Felizzano, Villa del Foro, Casalbagliano e Alessandria; nel tratto tra Alessandria e la confluenza in Po vi sono rischi di inondazione più limitati per i centri di Piovera, Grava, Mezzanino, Montariolo e Alluvioni Cambio.

Si evidenzia, nel complesso, come più del 70% dei Comuni ricadenti nel bacino del F. Tanaro (n° 376) siano soggetti a livelli di pericolosità da elevata a molto elevata sia relativamente a frane sia per sovralluvionamenti e/o erosioni e circa un terzo risulta ad elevato grado di pericolosità per esondazione.

Lungo l'asta, la presenza di argini, per altro di dimensioni molto modeste, è limitata a brevi tratti in prossimità dei principali centri abitati e assicura un livello di protezione inadeguato essendo possibili aggiramenti e tracimazioni.

Le caratteristiche di insieme di natura morfologica e idraulica nel tratto tra Cherasco (poco a monte della confluenza con la Stura di Demonte) sino al confine provinciale di Alessandria (a monte della confluenza con La Bormida di Spigno), la morfologia dell'alveo, con particolare riferimento a forma, ampiezza e mobilità dei meandri, è strettamente condizionata dal bordo collinare, sia in destra che in sinistra idrografica.

Ne deriva un corso irregolare, con meandri più ampi dove il fondovalle è più largo e tratti da sinuosi fino a subrettilinei dove questo si restringe. Nel complesso l'evoluzione del corso d'acqua è molto lenta e i processi di erosione spondale locali e limitati (seppure talvolta influenti sulla stabilità dei versanti collinari).

Scarsa la presenza di forme relitte. Le aree di esondazione sono molto estese e frequentemente attraversate da rilevati stradali; è inoltre frequente la presenza di insediamenti industriali e civili. Significativa è la presenza di opere di difesa sia longitudinali che trasversali con qualche tratto arginato in corrispondenza dei maggiori centri abitati.

Lungo l'asta del Tanaro i sistemi arginali sono presenti prevalentemente nella parte medio-bassa, con carattere locale e andamento discontinuo; nella parte alta il contenimento dei livelli di piena è previsto all'interno delle sponde incise, localmente protette da opere, che in alcuni casi in corrispondenza dei centri urbani, svolgono anche funzioni di contenimento dei livelli al di sopra della sponda.

Le opere di sponda, con presenza sporadica per gran parte del corso d'acqua, denunciano uno stato di dissesto e di inadeguatezza accentuati, anche in ragione delle sollecitazioni conseguenti all'ultima piena. Problemi significativi di interazione con le opere idrauliche di difesa sono posti dalla viabilità e dalle opere di attraversamento presenti, che hanno sull'intera asta una incidenza rilevante; gli effetti connessi sono rappresentati da fenomeni di rigurgito per insufficienza della sezione di deflusso e da sollecitazione eccessive sulle opere stesse da parte della corrente, con conseguente elevato rischio sulla stabilità, come già evidenziato in occasione dell'evento 1994. La presenza di traverse di derivazione nella parte alta dell'asta fluviale costituisce un altro elemento di interazione, in ragione della adeguatezza delle luci e/o del loro posizionamento planimetrico e in quota rispetto all'alveo, con le modalità di deflusso in piena e con le opere di protezione che richiede verifiche idrauliche di dettaglio e adeguamenti; caso particolare è rappresentato dalle due derivazioni idroelettriche in prossimità di Clavesana. Nei due tratti urbani in corrispondenza di Asti e Alessandria infine le traverse di stabilizzazione del fondo comportano innalzamenti dei livelli idrici in piena di cui va verificata la compatibilità con le quote di ritenuta arginale.

In generale, relativamente a fenomeni di erosione spondale si ha una notevole intensità nel tratto superiore pedecollinare (fino a monte del ponte di Farigliano), lungo il quale, durante la sola piena del 1994, si sono verificati arretramenti spondali fino a 40-50 m. Più a valle, fin oltre l'abitato di Castello d'Annone, le erosioni e le frane di sponda sono diffuse lungo gran parte dei tratti non difesi. In quest'ultimo tratto tali fenomeni determinano tendenzialmente arretramenti di sponda di entità inferiore rispetto al tratto superiore e più a valle ancora, tra Castello di Annone e la confluenza in Po i fenomeni erosivi sono meno diffusi ed intensi.

Nella porzione superiore pedecollinare, l'alveo è stabilizzato a tratti per la presenza di soglie naturali, ma è diffusa la presenza di rami secondari recentemente disattivati ed ora costituenti golene stabili a quote di 2 – 2,5 m al di sopra dell'alveo inciso attuale. Le evoluzioni altimetriche del fondo nel tratto tra le confluenze della Stura di Demonte e del Belbo sono di entità più rilevanti e si hanno abbassamenti dell'ordine in media di 2 m, con massimi fino a 3-3.5 m, con disattivazione (recente) di barre, canali e rami secondari, attualmente localizzati in settori di golena stabile a quote superiori rispetto all'alveo attivo. I problemi legati a modificazioni planimetriche dell'alveo sono modesti, **mentre va considerato il fenomeno di scalzamento delle pile di fondazione dei ponti legato all'abbassamento generalizzato del profilo di fondo.**

Più a valle del suddetto tratto sino alla confluenza in Po gli abbassamenti del fondo sono più contenuti e di modesta entità.

8.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL FIUME TANARO IN PROSSIMITÀ DELL'AREA D'INTERVENTO

La realizzazione dell'intervento interesserà il sito in cui si colloca la storica derivazione del Consorzio Capitto, che alimenta il Canale San Marzano. Le opere irrigue del Consorzio Canale San Marzano sono storicamente databili intorno alla metà dell'800 e fanno parte di quelle grandi opere di bonifica e irrigazione realizzate ai tempi di Cavour. Analizzando una relativamente ampia scala temporale, negli ultimi 100 anni, l'opera in oggetto e l'alveo inciso del Fiume Tanaro nel tratto in analisi hanno subito notevoli variazioni per cause sia naturali che antropiche.

La derivazione irrigua che si origina dalle acque del Tanaro, è ubicata in destra orografica a valle della rocca di Barbaresco. Le vecchie carte catastali del 1898 testimoniano che la derivazione irrigua era già presente e ben strutturata.

La Traversa era posta obliquamente rispetto alla asta fluviale così come riportato nella carta IGM dell'inizio del '900 e nella carta tecnica regionale dei più recenti anni '80. In particolare l'ammorsamento di valle corrispondeva con il punto di derivazione del Consorzio irriguo. Si trattava di un'opera di sbarramento fondata su pali di legno infissi alla sottostante marna con coronamento in muratura e di riempimenti in materiale litoide.

Lo sviluppo della traversa era di circa 200 metri e consentiva la derivazione in sponda destra, lo stramazzo delle portate dell'alveo inciso sulla traversa e il deflusso delle correnti di golena, in caso di piena, in sponda sinistra.



Figura 9 – Immagine ortofotografica della traversa di derivazione del Canale San Marzano – fine anni '80.

Tale situazione perdurò sino alla fine degli anni '90 quando durante l'evento alluvionale del novembre 1994 ha sostanzialmente avuto inizio la compromissione del manufatto di derivazione, iniziando dal lato destro e progressivamente danneggiando in modo irreparabile la traversa.



Figura 10 – Processo di compromissione della traversa negli anni 1994 e 2000.

Durante tale evento alluvionale (nel quale si sono superati i massimi storici relativamente ai livelli osservati, alle aree colpite e ai processi di instabilità verificatesi...) è importante evidenziare che nonostante tale evento abbia coinvolto un'ampissima area della piana di fondo valle ad Alba e attivato temporaneamente una serie di canali di erosione diffusi sul territorio, alla ripresa delle condizioni di deflusso ordinario non ci fu una sostanziale variazione planimetria dell'alveo inciso, in particolare nel tronco rettilineo in prossimità della sezione relativa alla traversa.



Figura 11 – Processo di compromissione della soglia a valle del ponte di Neive negli anni 1980 e 2000.

Diverso è il punto di vista altimetrico, per il quale il processo di asportazione della traversa in oggetto ha determinato un importante approfondimento del fondo alveo nel tronco a monte: si stima un abbassamento a seguito dell'evento del 1994 variabile tra 1,4 e 3,8 m.

Inoltre, durante il medesimo evento di piena è stata asportata anche la soglia appena a valle del ponte di Neive (S.P. 3) e ciò comportò un abbassamento estremamente rilevante dell'alveo a cavallo del ponte stesso compreso tra i 3 e 4 m che non fu più "recuperato" sino ai giorni nostri (Figura 12).



Figura 12 – Vista da monte in sponda destra del Ponte della S.P. 3 per Neive – livello del fondo ante piena del '94

Nel 2002 la traversa oggetto del presente progetto fu ricostruita ortogonalmente rispetto al flusso principale mentre quella a valle del ponte della S.P. 3 non fu più ricostruita lasciando in vista le fondazioni delle pile del ponte stesso. La traversa funzionale alla derivazione del consorzio Capitto era costituita da una soletta di coronamento posizionata su due serie di pali in c.a. di diametro 120 cm e un profilo di completamento a valle costituito da un riempimento in grandi massi rivestito da una serie di massi cementati disposti alla rinfusa. Già in fase realizzativa la traversa subì successivi fenomeni di dissesto: al termine dei lavori lo sbarramento era formato da una berlinese in pali con coronamento in calcestruzzo lastricato in pietra, privo tuttavia del paramento di valle.



Figura 13 – Condizione della traversa nel 2006

Negli anni successivi, a causa di un continuo processo di erosione del fondo alveo e la mancata protezione del paramento di valle, le condizioni di stabilità della traversa divennero critiche, come si può osservare in Figura 14.

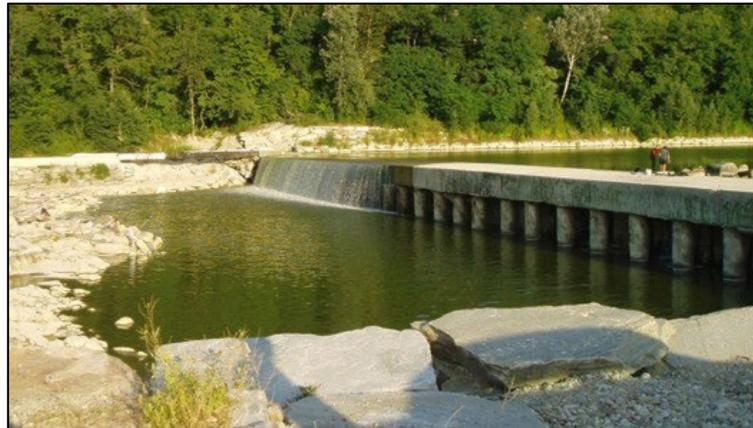


Figura 14 - Traversa realizzata nel 2002, definitivamente crollata nel 2010.

Lo stato di compromissione dovuto all'assenza di adeguata protezione a valle in grado di contrastare i processi erosivi importanti cui era soggetto il Fiume Tanaro, in particolare nel tratto di interesse, fece sì che nel novembre 2010 un evento di piena non particolarmente rilevante provocò il crollo di gran parte della traversa compromettendo in modo irreparabile la sua funzione di opera di derivazione e di stabilizzazione del fondo alveo.

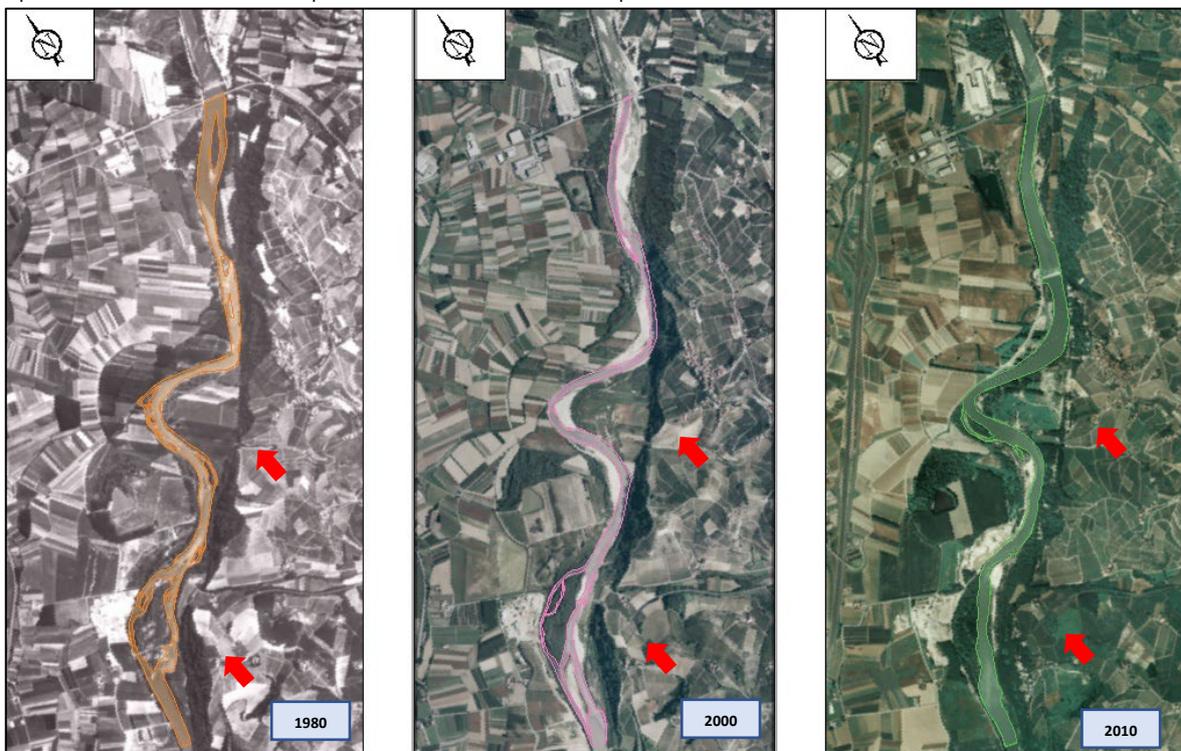


Figura 15 – Confronto dell'assetto planimetrico dell'alveo inciso in anni successivi.

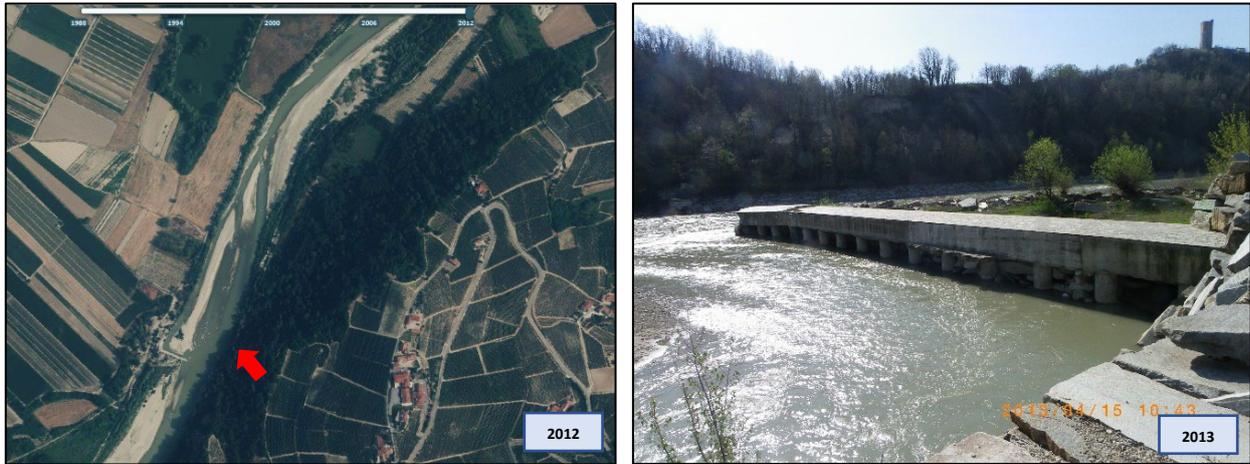


Figura 16 – Relitto della traversa negli anni successivi al crollo del 2010.

Successivamente al crollo di tale soglia, si è innescato, ancora una volta, il processo di erosione del fondo marnoso protrattosi sino ad oggi (2022). Localmente infatti, nel corso dell'ultimo ventennio, l'andamento altimetrico del Tanaro nel tratto in esame ha subito forti variazioni per via del rimodellamento effettuato dai più recenti eventi di piena, dal 2010 al 2020, con particolare riferimento all'evento alluvionale occorso nel Novembre del 2016.

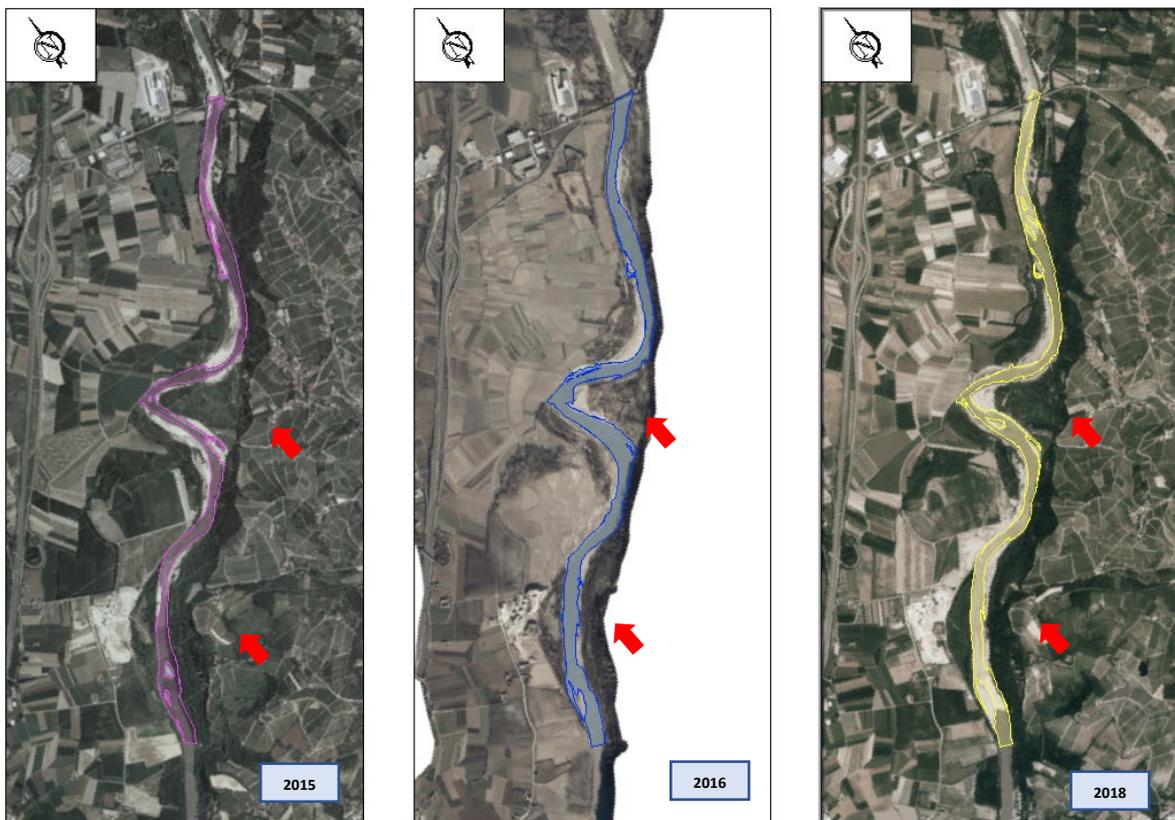


Figura 17 - Confronto dell'assetto planimetrico dell'alveo inciso in anni successivi.

Progetto Definitivo

Il processo di erosione e abbassamento diffuso del fondo alveo del Fiume Tanaro testimoniato dagli eventi occorsi negli ultimi decenni non è in fase di regressione: lo si può osservare dalle immagini di Figura 18, relative allo stato attuale, dove si evidenzia il progressivo disfacimento del manufatto in c.a. e l'ulteriore abbassamento del fondo alveo in corrispondenza della traversa.



Figura 18 – Relitto della traversa allo stato attuale (estate/autunno 2021).

Allo stato attuale infatti, le quote del fondo alveo, in particolare nella buca erosiva formatasi a valle del residuo di soglia ancora esistente, raggiungono un minimo rilevato pari a 140,59 m s.l.m. ed una quota media del tratto inciso intorno ai 141,3 m s.l.m., valore sensibilmente inferiore alla testa soglia rilevata dagli Scriventi a quota 148,40 m s.l.m.

In base a quanto finora esposto è evidente la tendenza generale del F. Tanaro all'approfondimento del fondo alveo nel tratto in analisi, fenomeni certamente amplificati, in un contesto geomorfologico ancora instabile ed in evoluzione, dalla rimozione delle soglie di fondo presenti negli anni '80.

Invece, con riferimento in particolare alle aree riportate in Figura 15 e in Figura 17, si evidenzia come le variazioni planimetriche siano evidenti ma non particolarmente sostanziali. Ciò permette di evidenziare una certa stabilità a divagazioni planimetriche della sezione di deflusso in corrispondenza della traversa oggetto di nuova realizzazione. Infatti, le aree individuate con variazioni planimetriche (indicate dalle frecce rosse nelle precedenti immagini), sono relative all'abbandono del ramo idraulico in sinistra all'altezza dell'attività estrattiva di Saega S.p.a. per via dell'abbassamento del fondo alveo e delle modifiche planimetriche all'ampio meandro a monte della traversa, particolarmente evidenti a seguito dell'evento di piena del novembre 2016.

Progetto Definitivo

Attualmente tale tratto è un meandro libero, ben marcato ed evoluto nella piana circostante, come si può notare a monte dell'area di progetto, mentre è rettilineo a cavallo della traversa in oggetto. La morfologia è a "letto largo a isole sabbiose", con terrazzi che bordano il letto di piena ordinaria abbastanza bassi e simmetrici.

In conclusione, la realizzazione della nuova traversa in progetto, oltre a consentire il ripristino dell'importante derivazione a uso irriguo funzionale all'alimentazione del canale S. Marzano e alla valorizzazione energetica delle portate del Tanaro, determina un significativo beneficio in termini idraulici, favorendo la stabilizzazione del fondo alveo attualmente in erosione al fine di arrestare le dinamiche erosive e di approfondimento del fondo che potrebbe portare a condizioni di criticità per le difese spondali presenti a monte.