

REGIONE PIEMONTE  
Provincia di Cuneo  
**COMUNE DI ALBA**

**IMPIANTO IDROELETTRICO  
SUL FIUME TANARO  
NEL COMUNE DI ALBA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Elaborato n.

**A1-1**

***"Relazione tecnica particolareggiata"***

8 luglio 2015

IL COMMITTENTE:

**Tanaro Power S.p.A.**

Via Vivaro 2  
12051 - Alba (CN)

I TECNICI INCARICATI:

**Dott. Ing. Sergio SORDO**

**Dott. Ing. Piercarlo BOASSO**

**SR STUDIO**

STUDIO DI INGEGNERIA  
Dott. Ing. Sergio Sordo  
C.so Langhe, 10 - 12051 Alba (CN)  
tel: 0173 364823  
e-mail: sordosergio@srstudio.info



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO  
769 Dott. Ing. Sergio Sordo

**GAPE s.a.s.**

Dott. Ing. Piercarlo Boasso  
Via Accame, 20 - 17027 Pietra Ligure (SV)  
tel: 335 6422389  
e-mail: piercarlo.boasso@alice.it



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO  
A984 Dott. Ing. Piercarlo Boasso

**SOMMARIO**

<b>1 - PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO ALL'OPERA DI PRESA .....</b>	<b>6</b>
<b>3 - DESCRIZIONE E DATI CARATTERISTICI DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 - TRAVERSA .....	10
3.2 - CANALE DI ADDUZIONE .....	13
3.3 - CANALE DISSABBIATORE.....	13
3.4 - GRIGLIA AUTOMATIZZATA AUTO PULENTE .....	15
3.5 - VASCA DI CARICO E TURBINE.....	16
3.6 - CANALE DI RESTITUZIONE .....	17
3.7 - OPERE DI RIMONTA PER L'ITTIOFAUNA.....	18
3.8 - DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLE PORTATE RILASCIATE.....	22
3.9 - DISPOSITIVO DI LIMITAZIONE DELLA PORTATA MASSIMA.....	22
3.10 - DISPOSITIVI DI REGOLAZIONE E MISURA DELLE PORTATE DERIVATE .....	23
3.11 - ELETTRODOTTI.....	29
<b>4 - VALUTAZIONE DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE (D.P.G.R. N. 8/R DEL 17.07.2007) .....</b>	<b>30</b>
4.1 - DMV DI BASE .....	30
4.2 - DMV MODULATO .....	30
<b>5 - VALUTAZIONE DELLE PORTATE CARATTERISTICHE DEL REGIME IDROLOGICO DEL CORSO D'ACQUA.....</b>	<b>31</b>
<b>6 - CARATTERISTICHE DELLA DERIVAZIONE.....</b>	<b>42</b>
<b>7 - INTERAZIONE CON L'ASSETTO FLUVIALE E LE OPERE ESISTENTI .....</b>	<b>43</b>
<b>8 - DESCRIZIONE DEI RILIEVI TOPOGRAFICI UTILIZZATI .....</b>	<b>44</b>
<b>9 - CALCOLO DELLA POTENZA FISCALE.....</b>	<b>45</b>
<b>10 - STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA NELL'ANNO MEDIO.....</b>	<b>46</b>
<b>11 - ANALISI SOLUZIONI ALTERNATIVE .....</b>	<b>47</b>
11.1 - IPOTESI DI NON REALIZZAZIONE DEL PROGETTO .....	48
11.2 - IPOTESI CON TRAVERSA IN CALCESTRUZZO .....	48

11.3 - IPOTESI PROGETTUALE CON TRAVERSA DI DERIVAZIONE FISSA SORMONTATA DA SBARRAMENTO MOBILE COMPLETAMENTE ABBATTIBILE .....	49
<b>12 - DESCRIZIONE DELLE FASI LAVORATIVE IN ALVEO.....</b>	<b>53</b>
<b>13 - MOVIMENTI TERRA E VALUTAZIONE DEGLI SCAVI.....</b>	<b>57</b>
<b>14 - OPERE DI RIPRISTINO AMBIENTALE E VEGETAZIONALE .....</b>	<b>58</b>

## 1 - PREMESSA

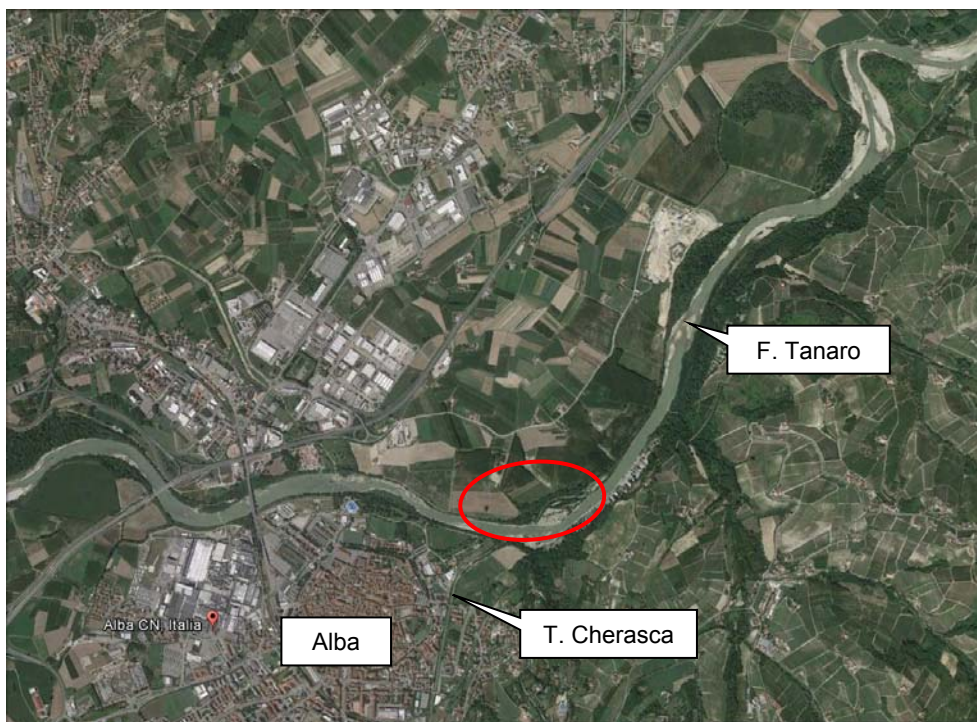
La presente relazione viene redatta dagli scriventi al fine di fornire tutti gli elementi tecnici relativi alla progettazione di un impianto idroelettrico sul Fiume Tanaro in Comune di Alba, avente la traversa ubicata circa 200 m a monte dell'immissione del Torrente Cherasca.

L'impianto si compone di una traversa fluviale di tipo mobile ad assetto variabile costituita da una platea fissa in c.a. avente una quota in sommità di 152.00 m s.l.m., sormontata da uno sbarramento mobile a doppia falda completamente abbattibile, da una centrale realizzata in area golenale sinistra, da un canale di adduzione e da un canale di scarico. Sono inoltre previsti manufatti accessori quali la rampa di risalita per l'ittiofauna e le opere per la regimazione delle portate.

Il progetto è stato commissionato dalla società Tanaro Power S.p.A., avente sede legale ad Alba, in Via Vivaro n. 2 (P.I. 03436270049).



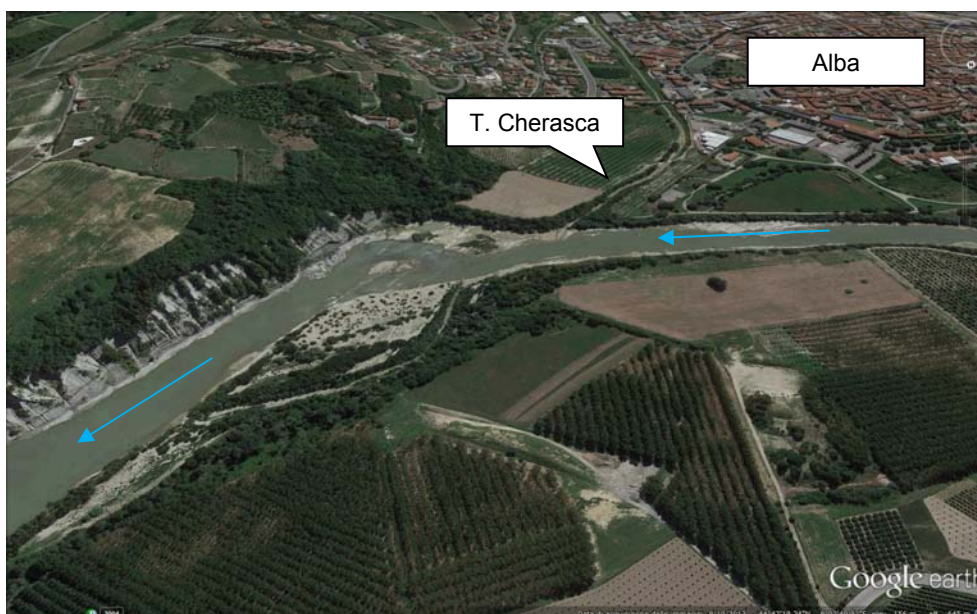
**Fig. 1.1 Estratto Carta Tecnica Regionale (fogli 193050 e 193090) con individuazione dell'area di intervento (immagine non in scala).**



**Fig. 1.2 Individuazione dell'area di intervento su foto aerea. Fonte: Google Earth, 2013 (immagine non in scala).**



**Fig. 1.3 Dettaglio dell'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto idroelettrico in progetto. Fonte: Google Earth, 2013 (immagine non in scala).**



**Fig. 1.4 Immagine tridimensionale della zona di intervento.**  
**Fonte: Google Earth, 2013 (immagine non in scala).**

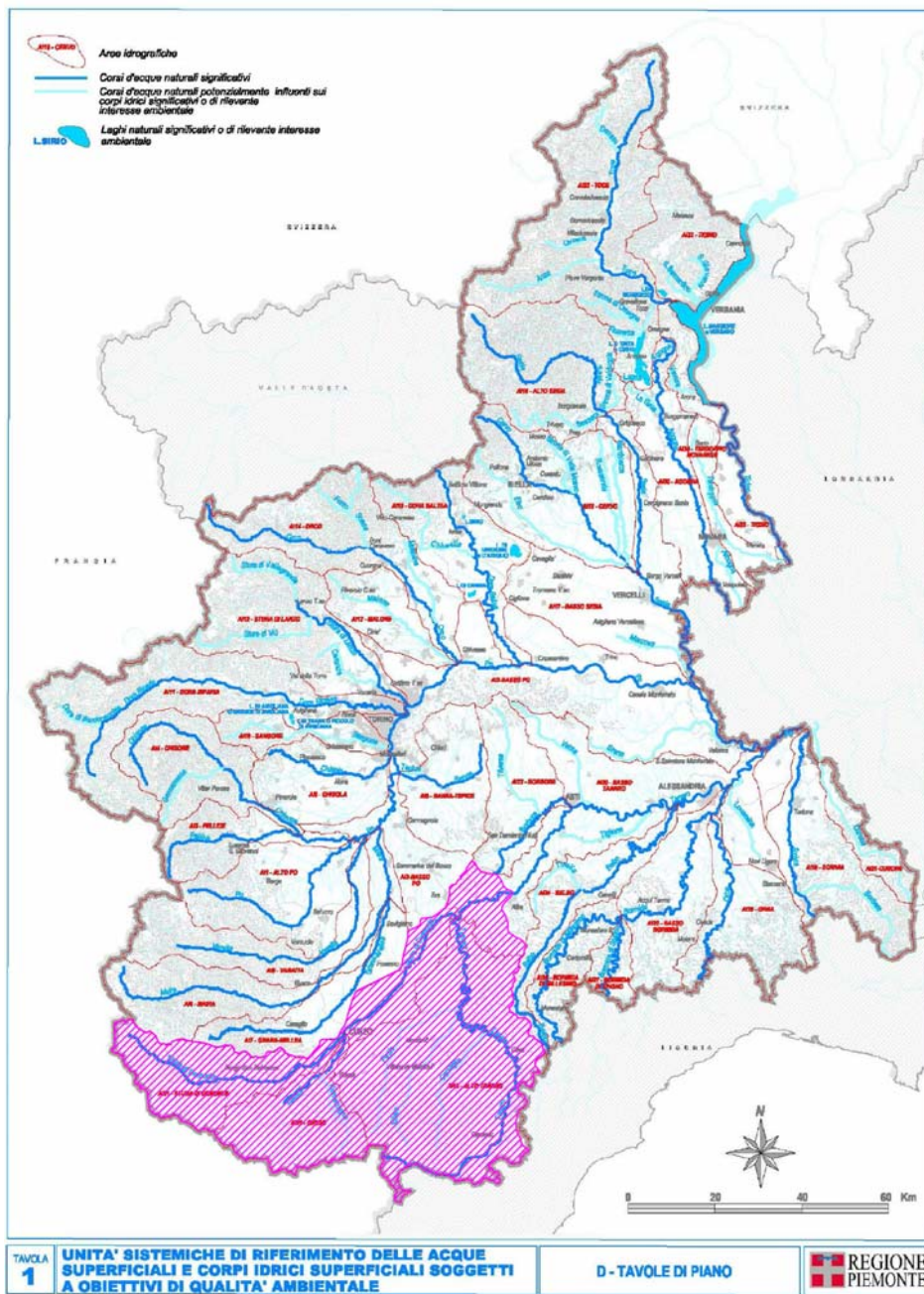
## **2 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO ALL'OPERA DI PRESA**

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 ubicata ad Alba, poco a monte dell'immissione in Tanaro del Torrente Cherasca.

<b>Corpo idrico</b>	<b>Superficie bacino (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Quota media (m s.l.m.)</b>
Tanaro	3380	1051

**Tab. 2.1 Caratteristiche idrologiche del bacino**

**IMPIANTO IDROELETTRICO SUL FIUME TANARO NEL COMUNE DI ALBA**



**Fig. 2.1 Localizzazione spaziale del bacino del F. Tanaro chiuso ad Alba, poco a monte dell'immissione del T. Cherasca (supporto cartografico: Tavole di piano del PTA).**

### **3 - DESCRIZIONE E DATI CARATTERISTICI DELL'IMPIANTO**

L'impianto idroelettrico in progetto prevede la valorizzazione energetica delle portate disponibili nel Fiume Tanaro, mediante la regolamentazione del salto geodetico ottenuto dalla realizzazione di una nuova traversa a geometria variabile.

L'intervento in progetto sfrutta la tecnologia delle "bear-trap dam", letteralmente "a trappola d'orso" in quanto assomigliano nella forma alla tipica trappola per orsi nord americane. Questa tecnologia utilizzata fin dai primi del novecento nel Nord America (da cui nasce il nome), era a funzionamento idraulico e serviva per mantenere costante il livello idrico a monte dell'opera. L'opera di ritenuta trasversale è costituita da due ventole sovrapposte "a tetto". Il principio idraulico di funzionamento è basato sul bilanciamento delle spinte esercitate dall'acqua all'interno del corpo traversa che opportunamente bilanciate e contrastate da fermi e smorzatori oleodinamici portano al "galleggiamento" della stessa ad una determinata quota.

I principali vantaggi di tale tecnologia sono:

- ottimo inserimento ambientale, grazie alla realizzazione delle ventole in materiali nobili e dal ridotto impatto ambientale, quale legno e acciaio;
- facilità di gestione;
- "invisibilità nei confronti delle piene, poiché in configurazione chiusa "scompaiono" nel terreno e presentano un profilo superiore pressoché orizzontale.

L'impianto in progetto prevede la derivazione di una portata massima di 100 m<sup>3</sup>/s dal Fiume Tanaro alla quota di regolazione fissa di 156.50 m s.l.m., con restituzione nel medesimo corpo idrico a livello variabile compreso fra le quote 150.46 m s.l.m. e 153.53 m s.l.m., a seconda della portata naturale fluente.

L'opera può essere definita un impianto idroelettrico ad acqua fluente, in quanto l'acqua viene prelevata dal F. Tanaro mediante un'opera di presa con capacità di accumulo irrilevante ai fini della regolazione.



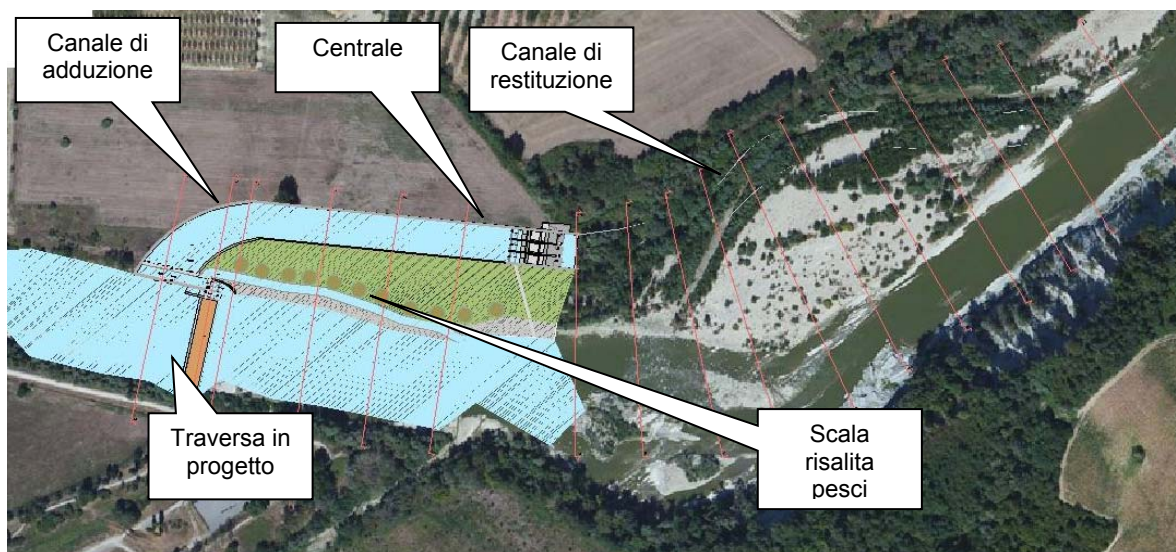
La tabella di sintesi che segue mette in evidenza le peculiarità complessive dell'impianto in progetto.

Opera di sbarramento	traversa fissa sormontata da sbarramento mobile costituito da un sistema di ritenuta a doppia falda
Quota di prelievo	156.50 m s.l.m.
Quota di restituzione in alveo	tra 150.46 m s.l.m. e 153.53 m s.l.m.
Lunghezza canale di adduzione	270 m
Lunghezza vasca di carico e locale turbine	49 m
Lunghezza del canale di restituzione	430 m
Salto geodetico	da 2.97 m a 6.04 m
Lunghezza del tratto sotteso	800,00 m

**Tab. 3.1: dati caratteristici delle opere in progetto.**

Per portate in arrivo inferiori a 15.9 m<sup>3</sup>/s o superiori a 300 m<sup>3</sup>/s non verrà effettuata alcuna derivazione, mentre per portate comprese tra 15.9 m<sup>3</sup>/s e 300 m<sup>3</sup>/s l'impianto sarà in funzione con lo sbarramento mobile alzato ed il prelievo avverrà alla quota di regolazione fissa di 156.50 m s.l.m., con restituzione a livello variabile compreso fra le quote 150.46 m s.l.m. e 153.53 m s.l.m., a seconda della portata naturale fluente. Per portate superiori a 300 m<sup>3</sup>/s lo sbarramento mobile verrà completamente abbattuto in modo da limitare gli effetti di rigurgito.

L'impianto idroelettrico, mediamente, sarà operativo per circa 310 giorni l'anno.



**Fig. 3.1 Planimetria delle opere a progetto**

L'impianto è costituito dalle seguenti opere:

- traversa;
- sistema di ritenuta a doppia falda mobile;
- canale dissabbiatore / dispositivo di rilascio di quota del DMV;
- bocca di presa dotata di sgrigliatore meccanico;
- canale di adduzione alla centrale;
- locale macchine;
- turbine;
- locale automazione e consegna;
- canale di restituzione.

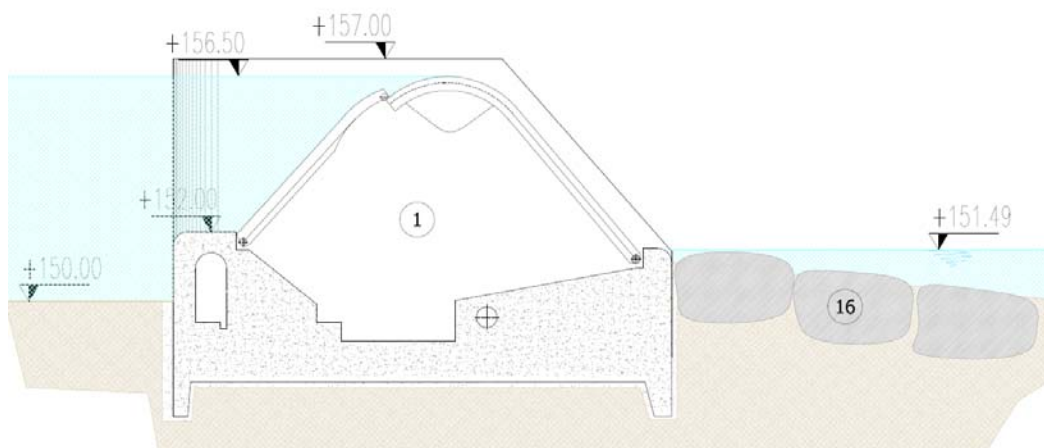
Di seguito sono sinteticamente descritte le opere a progetto.

### **3.1 - Traversa**

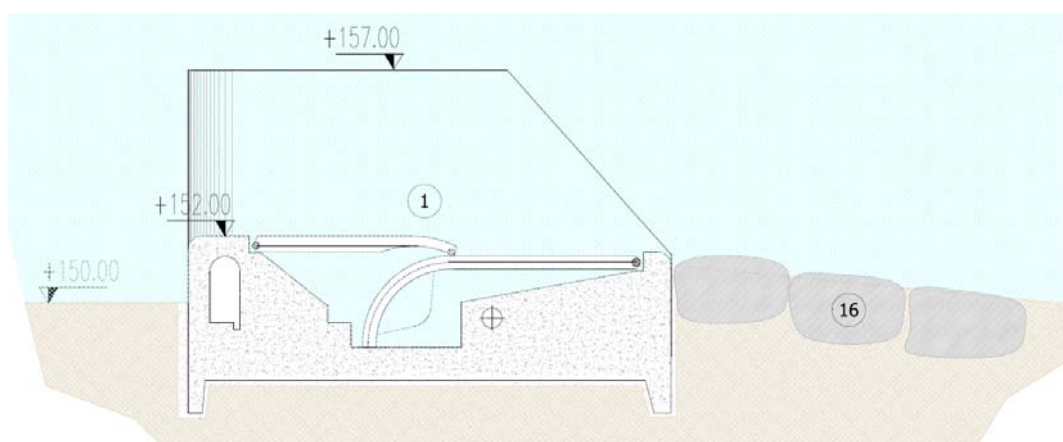
L'opera, posta trasversalmente all'alveo del Fiume Tanaro, è costituita da una fondazione in calcestruzzo armato con soglia superiore alla quota di 152.00 m s.l.m., su cui sono incernierate le due ventole costituenti la paratoia a tetto che pongono la quota di sfioro pari a 156.50 m s.l.m, con altezza di ritenuta di 6.5 m da fondo alveo (150.00 m s.l.m.). La fondazione della traversa è realizzata con una geometria adatta all'installazione delle due ventole e consente, in posizione

chiusa di contenerle al suo interno. Le pareti laterali di contenimento della traversa a tetto sono realizzate in modo da permettere la movimentazione delle paratoie garantendo la tenuta all'acqua.

Il sistema di ritenuta è costituito da due ventole in grado di scorrere perfettamente l'una sull'altra azionate da un doppio sistema, sia "naturale" ad acqua, sfruttando le spinte del volume interno d'acqua sia da un sistema oleodinamico di sicurezza e regolarizzazione, costituito da cilindri posti ad interasse di circa 10 m in grado di sostenere la spinta esercitata dall'acqua sul paramento di monte. Nelle immagini seguenti è riportato lo schema di funzionamento in condizioni di ventole aperte, corrispondenti al normale esercizio dell'impianto, e in configurazione chiusa, corrispondente al passaggio della piena.



**Figura 3.2 Configurazione sistema di ritenuta a doppia falda aperto**



**Figura 3.3 Configurazione sistema di ritenuta a doppia falda chiuso**

La traversa a tetto quando è alla massima elevazione presenta un profilo tipo Creager. Quando la struttura è completamente chiusa la superficie superiore delle paratoie assume un profilo orizzontale con quota della superficie superiore praticamente coincidente con la soglia della traversa di fondazione in cls.

L'opera di ritenuta mobile ha una lunghezza di circa 73 m e complessivamente la struttura trasversale all'alveo presenta un lunghezza di circa 90 m incluso le opere corollari alla traversa.

Immediatamente a valle della traversa in progetto si prevede di sistemare il fondo alveo tramite la realizzazione di un rivestimento in massi, per una lunghezza di circa 10 m.

Il funzionamento della traversa è automatico. Il sistema è regolato idraulicamente sia con acqua nelle condizioni di normale esercizio sia oleodinamicamente, a mezzo di cilindri posti ad interasse di circa 10 m, in modo da garantirne sempre, in ogni condizione, la manovrabilità.

Per motivi di sicurezza il livello delle due ventole può essere comandato manualmente, a mezzo di apposite valvole, sino all'abbattimento completo. In caso di mancata alimentazione elettrica del sistema di controllo delle ventole a causa di eventuali guasti o interruzioni della fornitura elettrica, il sistema di controllo è dotato di gruppo elettrogeno che garantisce la continuità del funzionamento delle ventole attuando il programma di chiusura delle ventole. La chiusura della paratoia, in condizioni di emergenza avviene mediante la spinta idrostatica dell'acqua esercitata sul paramento di monte. L'abbattimento non può avvenire in modo istantaneo, poiché la discesa (e la conseguente chiusura) è controllata attraverso degli smorzatori idraulici asserviti da valvole meccaniche di flusso tarate che consentono una chiusura lenta.

A conclusione, quale garanzia essenziale di sicurezza e protezione sia della centrale che dell'incolumità di terzi, l'impianto è dotato di molteplici sistemi di chiusura che si attuano in condizioni di emergenza; la chiusura della paratoia mobile può avvenire per mezzo di un motogeneratore (soggetto a continua manutenzione), un sistema ad azionamento manuale (manovre di chiusura) e un sistema idraulico; quest'ultimo grazie alla spinta dell'acqua e alle valvole

meccaniche tarate permette quindi l'abbattimento lento della paratoia mobile anche in assenza di corrente elettrica e operatore.

In sinistra la traversa è delimitata da un muro in c.a. di spessore pari a 200 cm, alla cui sinistra si trova il canale sghiaiatore per liberare il fondo dai materiali che la ridotta velocità porta a sedimentare di fronte alla bocca di presa. Sempre in sinistra orografica sono presenti un altro canale sghiaiatore a pulizia del primo dissabbiatore e la bocca d'ingresso del passaggio di rimonta della fauna ittica.

### **3.2 - Canale di adduzione**

Il canale di adduzione in c.a. è un canale a cielo aperto ed ha sezione rettangolare con altezza pari a 5.0 m e larghezza pari a 25.4 m. La lunghezza tra l'imbocco e gli sgrigliatori è pari a circa 270 m.

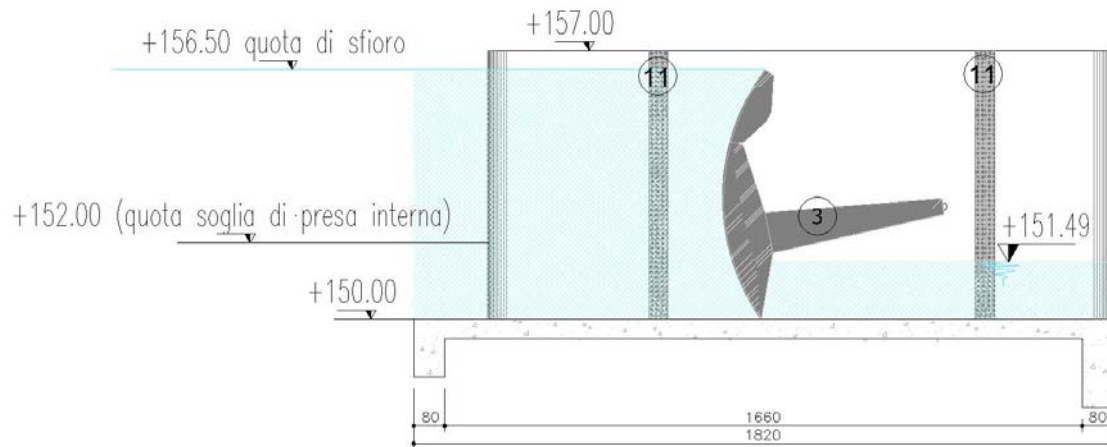
Al termine del canale è prevista la realizzazione di una luce di scarico, dotata di apposita paratoia piana, necessaria per effettuare l'evacuazione del materiale inerte mediante cacciate periodiche.

### **3.3 - Canale dissabbiatore**

A protezione dell'impianto è prevista la realizzazione di due canali affiancati per la pulizia del tratto di fiume antistante la bocca di presa e di scarico del primo dissabbiatore. Tali canali hanno anche il compito di garantire la continuità del materiale solido, naturalmente trasportato dalla corrente.

Il canale sghiaiatore, posto in alveo presenta una sezione rettangolare di larghezza pari a 4 m, mentre la quota del fondo è pari a 150.00 m s.l.m. ove sono affioranti le marne che costituiscono il substrato roccioso caratteristico della zona di Alba. Il canale è governato da una paratoia a settore a doppia regolazione, che permette mediante l'opportuna movimentazione della ventola superiore il rilascio di una quota a parte della portata eccedenti le massime derivate. La paratoia a settore è incernierata nei muri laterali del canale che presentano un spessore di 100 cm in sinistra e 200 cm in destra.

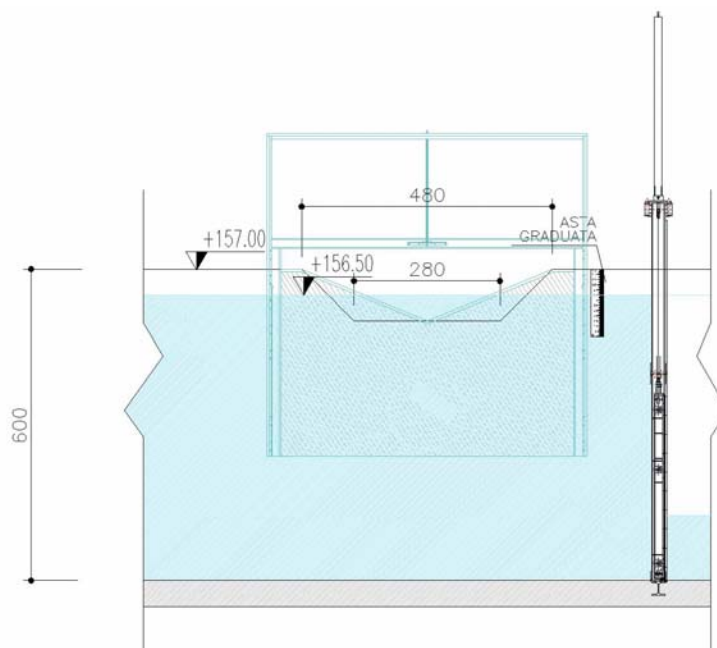
La sezione della paratoia e del canale sghiaiatore è riportata nella seguente figura.



**Fig. 3.4 Sezione canale dissabbiatore e di limitazione della  $Q_{max}$  (con 11 sono indicati i panconi da posizionare esclusivamente per le operazioni di manutenzione e con 3 è indicata la paratoia a settore con regolazione della portata massima).**

Il secondo canale di pulizia ha il compito di allontanare il materiale solido sedimentato all'interno del dissabbiatore.

In sinistra è presente l'apertura per la derivazione della  $Q_{PAI}$  che defluisce internamente nel passaggio di rimonta per la fauna ittica.



**Fig. 3.5 Canale dissabbiatore e dettaglio dello stramazzo triangolare di misura della portata derivata**

La bocca di ingresso dello passaggio per la fauna ittica è presidiata da uno stramazzo triangolare parzialmente rigurgitato, in modo da non avere mai distacco della vena fluida. Tale stramazzo è sistemato su una paratoia al fine di facilitarne la taratura e la sostituzione in caso di usura. La scelta è ricaduta su questa particolare soluzione perché permette di mantenere le precisioni richieste dalle normative regionali tecniche di settore e la fruibilità da parte di tutte le specie ittiche presenti nel Fiume Tanaro.

### **3.4 - Griglia automatizzata auto pulente**

La pulizia delle griglie avverrà mediante sgrigliatore oleodinamico a postazione fissa, avente pettine fisso di particolare profilo adatto per lo scarico del materiale grigliato, completo di settori dentati registrabili, opportunamente sagomati per penetrare nelle luci libere tra le barre di griglia. Il pettine è fissato su struttura tubolare è articolato e movimentato mediante cilindri idraulici a doppio effetto per il sollevamento e la discesa del braccio portapettine. Il telaio portapettine è realizzato con tre lati chiusi mediante pannelli imbullonati e porta apribile con serratura sul quarto lato. Il braccio è dotato di un cilindro idraulico per l'avvicinamento e l'allontanamento del portapettine.

L'impianto è governato da una centralina oleodinamica azionata da motore elettrico completa di distributore idraulico, elettrovalvole, valvola di sicurezza e tutti i meccanismi di protezione e funzionamento. Il quadro elettrico in esecuzione stagna IP55 contiene tutti i componenti elettrici di funzionamento e protezione ivi compreso, un contatore per il rilevamento delle effettive ore di lavoro della macchina e unità a microprocessore per gestione sonde di livello differenziale. Sono previsti contatti cablati in morsettiera disponibili per la segnalazione a distanza di eventuali anomalie.

Lo sgrigliatore è dotato di dispositivo di sicurezza contro il sovraccarico tale che, se il pettine incontra un ostacolo superiore alla taratura, la macchina si arresta senza pericolo che qualche organo ne soffra e contemporaneamente una segnalazione luminosa indica il fuori servizio.

### **3.5 - Vasca di carico e turbine**

A valle degli sgrigliatori uno scivolo lungo circa 6.9 m e con dislivello pari a 4.35 m convoglierà l'acqua alla centrale.

L'impianto sarà costituito da tre gruppi a bulbo turbina-moltiplicatore-generatore Kaplan con portata nominale pari a 33 m<sup>3</sup>/s ciascuna.

Le turbine saranno costituite da giranti Kaplan con pale in acciaio inossidabile e i distributori delle turbine, a direttrici mobili in ghisa sferoidale, saranno atti al funzionamento in coordinamento con le pale della girante.

La turbina, grazie al funzionamento coordinato del movimento del distributore e delle pale della girante, sarà in grado di assumere la configurazione ottimale a fronte delle variazioni di salto e portata.

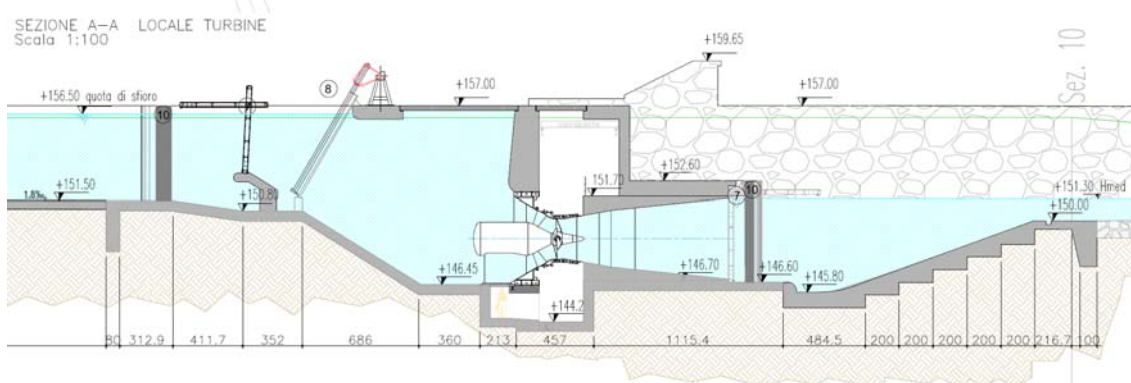
La chiusura di emergenza sarà garantita dalla presenza di un accumulatore olio-azoto installato a bordo della centralina oleodinamica di comando.

Si prevede inoltre l'installazione di centraline oleodinamiche atte a fornire l'olio in pressione necessario per la regolazione del distributore della turbina e delle pale dell'elica della turbina.

L'impianto sarà dotato di un'unità di comando e controllo del gruppo costituita da un insieme di apparecchiature tra loro interconnesse in grado di acquisire tutta una serie di parametri di campo che costituiscono i dati di input per la logica di comando. Il sistema sarà quindi in grado di elaborare, in accordo agli algoritmi di gestione, i dati di output da inviare agli organi di comando.

Si prevede l'installazione di un sistema basato su un PC montato a fronte quadro, per l'acquisizione, la registrazione e la gestione dei dati caratteristici dell'impianto dal quale sarà possibile effettuare tutti i comandi necessari all'avviamento e alla fermata dei gruppi. Il PC di centrale verrà collegato, mediante un modem, ad una linea telefonica attraverso la quale sarà possibile la trasmissione di dati a remoto.





**Fig. 3.6 Particolare della sezione longitudinale della centrale**

Nel dettaglio i vari componenti dell'impianto sono:

- N. 3 Turbine Kaplan biregolanti ad asse orizzontale con potenza massima all'asse pari a 1311 kW e velocità di rotazione di 167 rpm (portata nominale turbina 33.0 m<sup>3</sup>/s, portata minima turbinabile 6.66 m<sup>3</sup>/s);
- N. 3 Generatori a magneti permanenti integrati nel bulbo da 1500 kW - 690V - velocità nominale di 167 rpm - sovratemperatura cl. B - isolamento cl. F;
- N. 3 Centraline oleodinamiche per la regolazione dei distributori e delle pale dell'elica delle turbine;
- N. 3 Unità di comando e controllo del gruppo dotato di N. 1 sistema di acquisizione e di trasmissione dati a remoto;
- Quadri elettrici di potenza BT ed MT fino al punto di consegna ENEL;
- N. 3 Trasformatori di macchina in resina con potenza nominale di 1600 kVA, tensioni primarie di 0.69 kV, tensione secondaria a vuoto di 20 kV e frequenza di 50 Hz;
- N. 1 Trasformatore ausiliario in resina con potenza nominale di 100 kVA, tensioni primarie di 20 kV, tensione secondaria a vuoto di 0.4 kV e frequenza di 50 Hz.

### 3.6 - Canale di restituzione

Il canale di restituzione a valle della centrale sarà realizzato in corrispondenza del canale naturale esistente incrementandone, mediante scavo, la sezione di deflusso. Esso avrà sezione trapezia con larghezza alla base di 25 m, sponde con inclinazione 1:2 e una lunghezza di 430 m. Il fondo e le sponde del canale

di restituzione saranno rivestite in massi per evitare l'insorgere di fenomeni erosivi.

Il canale di scarico permetterà la restituzione dell'acqua turbinata circa 800 metri più a valle del punto di derivazione.

### **3.7 - Opere di rimonta per l'ittiofauna**

In considerazione del salto da superare, la scala di risalita in progetto appartiene alla tipologia "a rampa", ossia un canale scabro di larghezza ridotta rispetto all'alveo del corso d'acqua integrata nella sponda compresa tra il punto di derivazione e il punto di scarico.

L'opera è ubicata presso la sponda sinistra, con imbocco di monte posto a lato del canale dissabbiatore e imbocco di valle sito poco a valle della sezione 11.

Le scala di risalita per l'ittiofauna è un canale a larghezza variabile con punti di interruzione della continuità aventi larghezza anche doppia. Il fondo sarà realizzato in massi al fine di rendere la rampa il più possibile vicino alle condizioni naturali. Tale configurazione permetterà di imitare le rapide che si formano in maniera naturale in ogni corso d'acqua; anche i materiali da costruzione che verranno utilizzati saranno quelli normalmente presenti nei fiumi in condizioni naturali con inserzione di elementi in pietra (massi) e in legname (tronchi) per assicurare altezze d'acqua e velocità di deflusso compatibili con la migrazione verso monte dell'ittiofauna.

La scelta della portata di una scala di risalita è il punto più delicato nella progettazione di tale opera. La risalita dei pesci è, infatti, legata al regime dei deflussi e dalla velocità massima della corrente superabile dalle diverse specie, velocità che risulta notevolmente influenzata dalla temperatura e dalle dimensioni del pesce (Beach 1984).

I valori di velocità massima di corrente superabile risultano:

	$V_{max}$
Salmonidi	2,0 m/s
Ciprinidi	1,5 m/s
Pesci in stadio giovanile	1,0 m/s

**Tab 3.2 Valore di velocità massima della corrente superabile dalle principali specie ittiche.**

La velocità del flusso nel passaggio artificiale deve preferibilmente essere inferiori a 1,2÷1,5 m/s di modo che anche gli esemplari giovani o di minor dimensioni possano liberamente percorrere il corso d'acqua. Il passaggio per pesci deve essere costruito in modo che vi sia un deflusso idrico continuo che indirizzi i pesci verso il suo ingresso non appena questi siano giunti a ridosso della traversa (attrattività).

Il passaggio artificiale per l'ittiofauna è stato progettato nel rispetto del manuale regionale "Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci" della Regione Piemonte.

Il deflusso minimo vitale da assumere per il tratto di fiume Tanaro compreso tra la confluenza Stura di Demonte e la confluenza Bobore, secondo quanto prescritto nell'allegato A del Regolamento regionale 17 luglio 2007 n. 8/R, è di 8.5 m<sup>3</sup>/s.

La portata ottimale da far defluire nel passaggio di rimonta della fauna ittica risulta pari alla portata idrica attrattiva  $Q_{PAI}$ , valutabile con le seguenti relazioni:

- $Q_{PAI} = 600 + 0,90 \cdot (DMV - 600)^{0,80}$       se  $DMV > 600$  l/s
- $Q_{PAI} = DMV$       se  $DMV < 600$  l/s

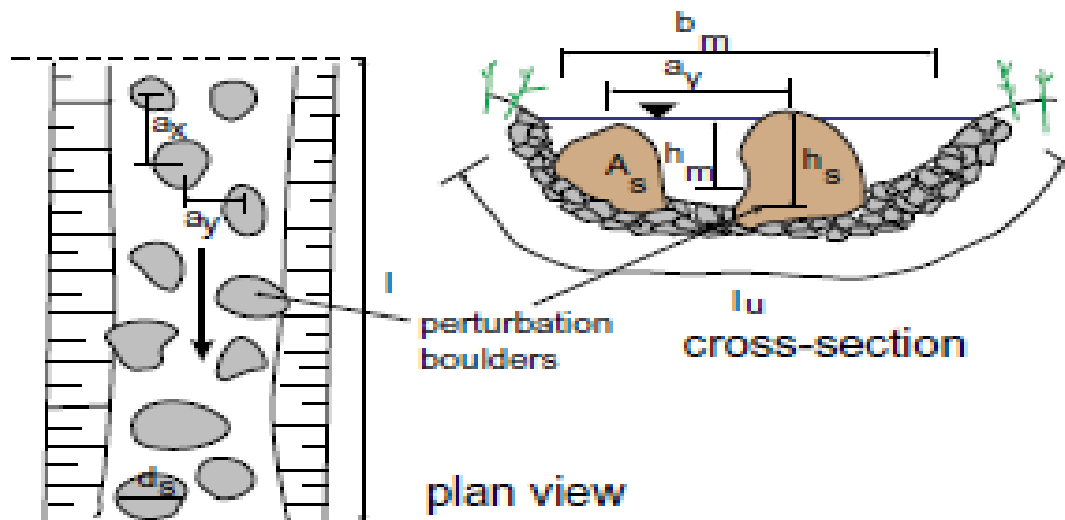
Applicando le relazioni precedentemente riportate si ricava che, nel caso in esame, la  $Q_{PAI}$  risulta essere pari a circa 1800 l/s.

<b>Asta del fiume Tanaro, a valle della confluenza della Stura di Demonte</b>	
8,5 mc/sec	nel tratto compreso tra la confluenza Stura di Demonte e la confluenza Borbore
8,7 mc/sec	nel tratto compreso tra la confluenza Borbore e la confluenza Belbo
9,6 mc/sec	nel tratto compreso tra la confluenza Belbo e la confluenza Bormida
14,6 mc/sec	nel tratto a valle della confluenza Bormida

**Tab 3.3 Valori del DMV per l'asta del fiume Tanaro individuati nell'allegato A del Regolamento regionale 17 luglio 2007, n. 8/R**

Il passaggio artificiale per l'ittiofauna proposto è di tipo naturalistico con massi ammorsati al fondo con "perturbation boulders" ovvero con dissipazione turbolenta dell'energia. La sezione proposta del passaggio naturalistico è trapezoidale con base minore pari a 2.80 m e base maggiore di 4.80 m il diametro medio dei massi è pari DN 900, il battente idrico nel passaggio è prossimo a 96 cm. La rampa presenta una lunghezza di circa 200 m e una pendenza media del 2.5%.

I parametri geometrici progettuali sono stati valutati come riportato in figura.



**Fig. 3.7 Schema progettuale passaggio di rimonta dell'ittiofauna con "perturbation boulders"**

Di seguito si riportano sinteticamente le verifiche del dimensionamento del passaggio adottato. Le distanze medie tra i massi  $a_x$  e  $a_y$  sono state assunte

pari 1.8 m. Il presente passaggio deve rispettare i seguenti parametri progettuali.

N.B.	LIMITI DI FUNZIONAMENTO		
$a_x$	1.5 $d_s$	<>	3.5 $d_s$
$a_y$	1.5 $d_s$	<>	3.5 $d_s$
$a_y-d_s$	>	0.3	m
$h_m/h_s$	<	1.5	
$i_f$	$\leq$	0.05	

Tab. 3.4 Limiti di funzionamento passaggio di rimonta ittiofauna

VERIFICHE GEOMETRICHE		
$\Delta H$	$\approx 5$	m
$i_f$	0.025	OK
$a_y-d_s$	0.9	OK
$a_x$	1.8	OK
$a_y$	1.8	OK
$h_m/h_s$	1.20	OK

VERIFICHE		
$v_m$	0.57716	m/s
$Q$	1.81261	m <sup>3</sup> /s
$v_{max}$	1.06588	OK
$Fr$	0.24481	Corrente lenta
VERIFICA SEZIONI RISTRETTE		
$b_{rist}$	3.74286	m
$b_{rist}/b$	1.33673	-
$A_{rist}$	1.41257	m <sup>2</sup>
$Fr_{ristr}$	0.55395	Corrente lenta

Tab. 3.5 Verifiche funzionamento passaggio di rimonta ittiofauna

Come emerge dalla tabella le velocità all'interno del passaggio rimangono sempre ridotte, inferiori a 1.1 m/s, mantenendo velocità medie inferiori a 0.6 m/s, pertanto l'acqua defluisce in condizioni di corrente lenta, ciò consente il suo utilizzo dalla gran parte delle specie migratorie presenti nel Tanaro. La presenza dei massi permette di avere zone di calma durante la risalita.

### **3.8 - Dispositivi di controllo delle portate rilasciate**

Per garantire il controllo delle portate rilasciate verrà installata un'asta idrometrica a monte della traversa ed un misuratore ad ultrasuoni del livello dell'acqua. In fase di collaudo dell'impianto verrà valutata la scala delle portate per la conversione livelli-portate rilasciate, tramite misure locali e dirette di velocità con un mulinello idraulico.

### **3.9 - Dispositivo di limitazione della portata massima**

Con questa configurazione dell'impianto, la limitazione della portata massima derivata non può essere realizzata mediante dispositivi fissi ed inamovibili (accoppiamento stramazzo trasversale/stramazzo laterale, luci sotto battente, ecc), a meno di non incidere in modo significativo sul salto motore dell'impianto e quindi anche sulla producibilità dello stesso. Sia nel caso di luci sotto battente che nel caso di accoppiamento stramazzo trasversale/stramazzo laterale, per un loro corretto funzionamento si andrebbe a perdere una porzione di salto utile dello stesso ordine di grandezza del battente della corrente; data l'esiguità del salto dell'impianto, perdere anche solo mezzo metro sul dispositivo di limitazione della portata corrisponde a perdere un'aliquota significativa della produzione di energia. Per questo motivo si valuta la possibilità di utilizzare le paratoie di macchina e la regolazione delle pale della girante come dispositivo di limitazione della portata massima. Nel caso in cui il misuratore di portata misuri un valore superiore alla portata massima concessa in automatico verranno parzialmente chiuse le paratoie fino al raggiungimento di una portata inferiore.

Le turbine verranno comunque dimensionate in modo da poter turbinare al massimo la portata di concessione pari a 100 m<sup>3</sup>/s.

### **3.10 - Dispositivi di regolazione e misura delle portate derivate**

La regolazione delle portate derivate avverrà in maniera automatica al variare della portata naturale considerando prioritario il rilascio del DMV.

Allo scopo di misurare la portata derivata è prevista l'installazione di misuratori a corde foniche da installarsi immediatamente a valle del diffusore della turbina.

Per mezzo di sensori di livello e di velocità, si calcola la portata Q utilizzando la formula

$$Q=A \times V$$

- per A *si intende l'area bagnata del canale che viene calcolata automaticamente dallo strumento*
- per V *si intende la velocità media dei filetti idraulici della sezione, anch'essa determinata dal sensore ad effetto Doppler inserito nella sonda.*

La velocità può essere determinata anche quando sia negativa, in modo tale da poter individuare eventuali rigurgiti.

Sulla sponda sinistra, in prossimità del locale di accesso alla centrale, verrà installato un display con l'indicazione della portata istantanea derivata.

Si riporta la documentazione tecnica dei misuratori a corde foniche della Terri Ferraris & C. che si prevede di installare.

# MPCF

Misura di portata  
a corde foniche in condotte,  
canali aperti e fiumi



05/2010



Il continuo sviluppo del prodotto può comportare la variazione dei dati esposti.

  
**Terry Ferraris & C.**  
Misure per l'automazione





La misura di portata a corde foniche

## MPCF Corde foniche: teoria e utilizzi



La misura di portata nei fiumi o nei canali diventa problematica quando non si possono impiegare sistemi idraulici tipo Venturi o sbarramenti. In questi casi normalmente la misura della portata si ottiene calcolando la quantità d'acqua che transita in una sezione del fiume o del canale nell'unità di tempo; cioè, in altre parole, l'area bagnata per la velocità media. L'area si può calcolare in modo preciso su una sezione del canale o del fiume con un profilo noto utilizzando un misuratore di livello che può essere immerso o non a contatto con il liquido da misurare. Il calcolo preciso della velocità media risulta invece più problematico, perché la velocità dell'acqua varia da punto a punto e anche la direzione dello spostamento è soggetta a variazioni notevoli in funzione delle condizioni di esercizio. Il sistema a corde foniche per la misura della portata della Terry Ferraris si basa su rilevazioni di velocità del flusso dell'acqua utilizzando sensori a ultrasuoni che lavorano a profondità diverse e con sensori di livello multipli, che, dove necessario, possono essere sia a contatto che non a contatto con il liquido da misurare. Un'unità di calcolo gestisce il flusso di dati, li converte in portata, e registra le misure su un data logger a intervalli di tempo programmabili, ritrasmettendoli via modem o ponte radio. Il sistema funziona su canali con larghezza da 0,5 a 200 metri e profondità compresa tra 0,1 e 20m. Può essere impiegato anche in condotte di grandi dimensioni, piene o parzialmente piene, con qualsiasi tipo di liquido che non abbia troppe particelle in sospensione. Le misure ottenute hanno una precisione compresa tra il 2 e il 5% (in funzione delle condizioni del punto di misura e del numero di corde foniche utilizzate). Il sistema è certificato Atex e può essere utilizzato, in ambienti con temperature comprese tra -20 e 40°C, anche in zone con pericolo di esplosione.



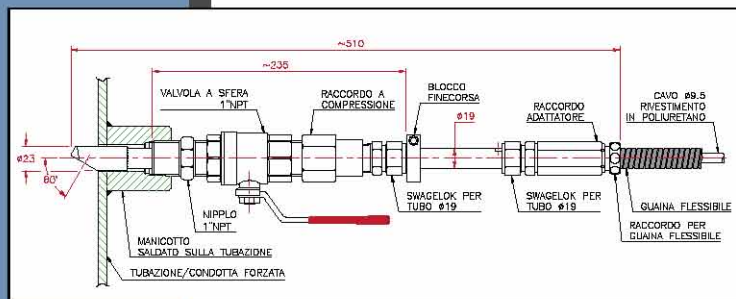
### Campi di impiego

L'utilizzo del sistema a corde foniche risulta particolarmente vantaggioso per gestire le risorse idriche, l'acquedottistica, la previsione dei flussi, la gestione e controllo dei prelievi, i prelievi per l'agricoltura, il controllo dei deflussi, il controllo delle alluvioni, il controllo degli scarichi, la misura nei canali d'irrigazione, gli impianti di trattamento acque, le centrali idroelettriche, la misura di portata differenziale nelle condotte forzate e la portata negli oleodotti. Utilizzando quattro apparecchi è possibile gestire la portata differenziale derivante da tre canali che possono essere sia immissari o emissari in tutte le combinazioni possibili. I sistemi di misura di portata della Terry Ferraris sono conformi alle norme ISO6416 (equivalente a BS3680 pt 3E) per i canali e alle norme IEC 41/CEI EN60041:1977- II per le tubazioni.

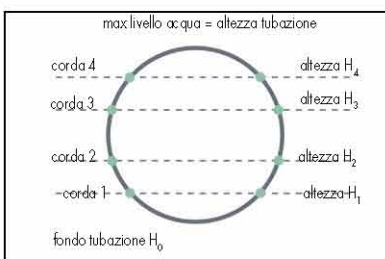
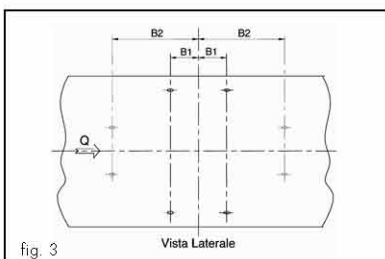
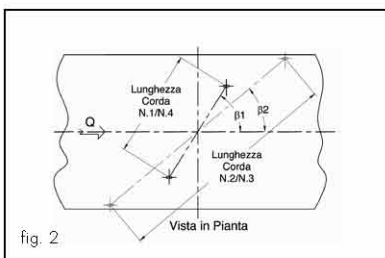
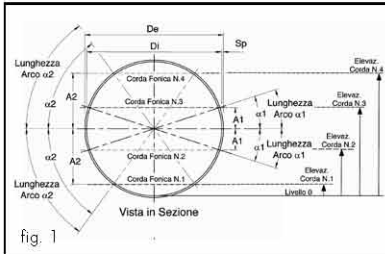
## La protezione delle condotte forzate



La precisione delle misure di portata a corde foniche consente di individuare anche piccole differenze nella velocità dell'acqua all'ingresso e alla fine della condotta forzata. Se si verifica una differenza nella misura significa che c'è una perdita che deve essere individuata ed eliminata. Una piccola perdita può mettere a rischio la condotta, provocare nel tempo movimenti franosi del terreno e/o alterare l'assetto della condotta con il rischio di rotture della condotta stessa. Il sistema è sicuro e affidabile e consente di effettuare le ispezioni o di intervenire prima che si verificano danni importanti. Per la misura di velocità/portata nelle condotte forzate si utilizzano trasduttori a inserzione che possono essere ispezionati senza sospendere il flusso dell'acqua. La precisione della misura dipende dal numero di corde foniche impiegate.



## Installazione in condotta forzata



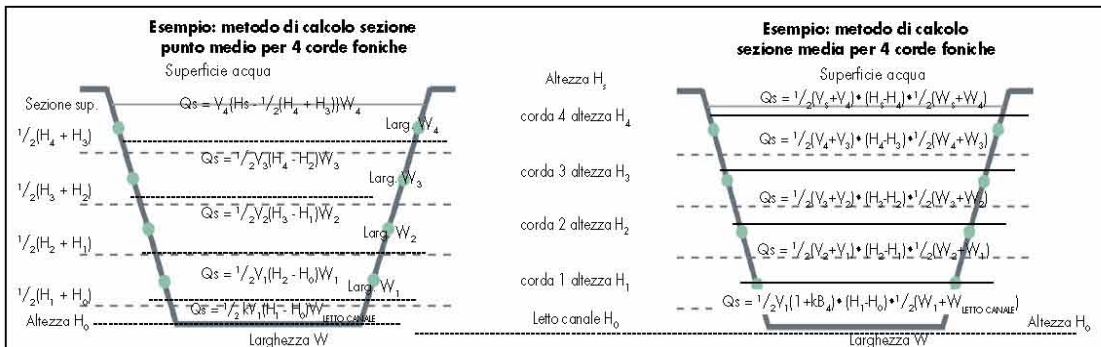
Per ottenere dati precisi è necessario che i trasduttori siano inseriti in modo che i segnali attraversino la condotta passando dal centro e ogni trasduttore sia a valle del suo corrispondente, secondo gli schemi delle figure 1, 2 e 3 conformi alla norme IEC 41/CEI EN60041:1977-II. La precisione della misura dipende dal numero di corde installate. Le migliori prestazioni si hanno con solidi sospesi fino a 2000ppm con basso contenuto di flora, di bolle d'aria e di limitate variazioni di salinità. Utilizzando quattro apparecchi è possibile gestire la portata differenziale derivante da tre condotte che possono essere sia immissari o emissari in tutte le combinazioni possibili.



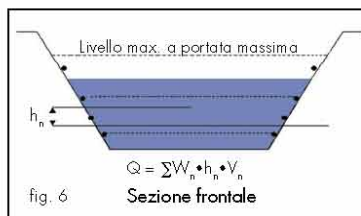
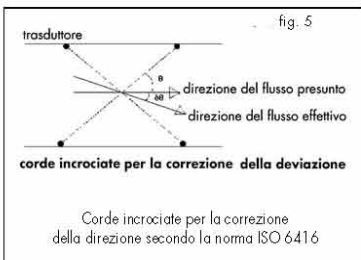
## I vantaggi dell'utilizzo delle corde foniche



- Misura di portata senza perdite di carico in condotte, canali e fiumi fino a 200m di larghezza e campi di velocità da 1mm/s a 10 m/s per condotte norme CEI EN600041e alle norme ISO6416 per i canali
- Possibilità di impiego nei tubi pieni/parzialmente pieni
- Max flessibilità di calcolo  $[(A \pm B) \pm C] \pm D$  allacciando più centraline possibilità di interfacciare fino a 4 centraline per ottenere la risultante portata algebrica MPCF (max 4)
- Adattabilità a qualsiasi tipo di geometria della di sezione e facilità di installazione
- Vari tipi di trasduttori elettronici di velocità, a inserzione, a fungo per alta pressione, a parete, a basso profilo con frequenze da 1MHz, 500KHz e 250KHz
- Misura di livello attraverso sensori a ultrasuoni immersi oppure con ingressi analogici da altri misuratori di livello (max2)
- Misura della portata bidirezionale con precisione in funzione delle corde bagnate 1 oppure 2 punti indipendenti di misura, max 8 piani di corde (16 trasduttori)
- Calcolo della velocità media totale e di ogni piano di corde
- Controllo remoto via GSM
- SW dedicato con menù a tendine di facile ed immediata consultazione
- Max insensibilità a variazioni di condizioni di misura di monte e di valle
- Calcolo della portata per sezione media o per punto medio
- Su richiesta apparecchiature certificate ATEX per installazioni in zone con pericolo di esplosione



## Installazioni



**Terry Ferraris & C.**  
Misure per l'automazione

e-se IQNet ATEX notified  
9160.TERR IT - 17998 Certi03 Abex 119 Q

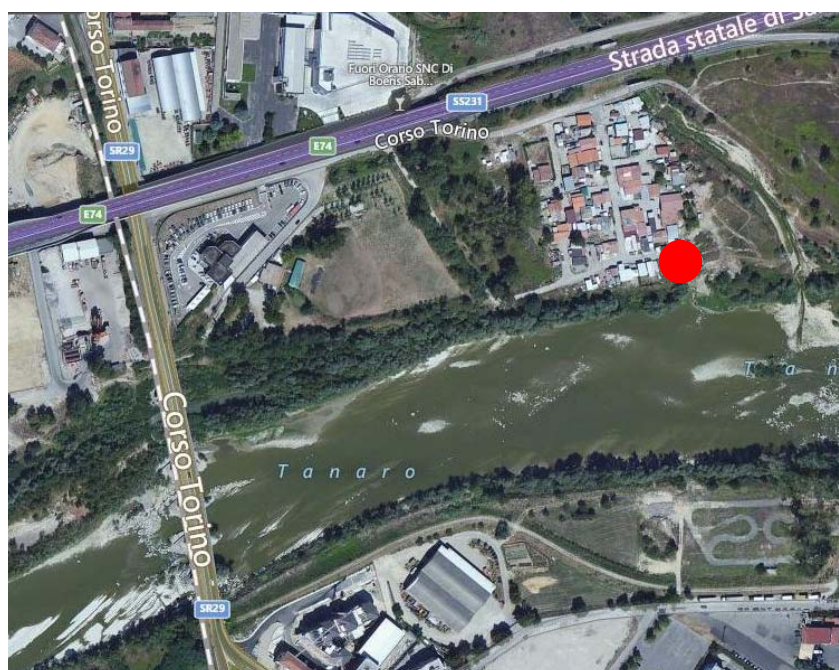
Viale Ortles, 10 - 20139 Milano - Tel. 02/5391005 - Fax 02/5692864  
www.terryferraris.it - www.netaqua.it - E-mail: info@terryferraris.it



### 3.11 - Elettrodotti

Il progetto comprende la realizzazione di un elettrodotto interrato nelle strade interpoderali a fondo sterrato esistenti, per il collegamento tra la centrale e la cabina elettrica che sarà ubicata in sponda sinistra del F. Tanaro, circa 380 m a valle del ponte della S.R. 29 (Fig. 3.8).

L'elettrodotto interrato avrà una lunghezza complessiva di circa 1250 m.



**Fig. 3.8: Foto aerea con localizzazione della cabina di consegna (Fonte: Google Earth, 2013).**

## **4 - VALUTAZIONE DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE (D.P.G.R. n. 8/R del 17.07.2007)**

### **4.1 - DMV di base**

Il Regolamento regionale 17 luglio 2007, n. 8/R nell'Allegato A impone, per il tratto del F. Tanaro compreso tra la confluenza del Fiume Stura di Demonte e la confluenza con il Torrente Bobore, un valore di DMV di base pari a 8.5 m<sup>3</sup>/s.

In accordo con quanto previsto dal Regolamento 17 luglio 2007 n. 8/R verrà quindi rilasciata una portata minima a valle della traversa pari a 8.5 m<sup>3</sup>/s nell'alveo del Fiume Tanaro. Di questa portata 1,8 m<sup>3</sup>/s verranno impiegati per l'alimentazione della scala di rimonta della fauna ittica; come precedentemente illustrato tale valore è stato individuato come ottimale al fine di garantire le migliori condizioni per il transito dei pesci. Portate maggiori, infatti, implicano la realizzazione di una scala di dimensioni decisamente maggiori a quella progettata per mantenere i parametri fondamentali idonei al transito e al temporaneo stazionamento della fauna ittica (dissipazione energetica per unità di volume, rapporto fra le dimensioni dei bacini, ecc.).

La restante quota di DMV verrà lasciata sfiorare lungo il ciglio della traversa per il "mascheramento" della traversa stessa avente una larghezza di 73 m; l'altezza della lama d'acqua di tracimazione minima sarà quindi pari a 14 cm. A tali dimensioni corrisponde, infatti, una portata di 6.8 m<sup>3</sup>/s che sommata agli 1,8 m<sup>3</sup>/s defluenti nella scala di risalita è leggermente superiore al DMV di base.

### **4.2 - DMV modulato**

Il rilascio effettivo dovrà tenere conto delle indicazioni presenti nel Regolamento regionale 17 luglio 2007, n. 8/R -Allegato C "Modulazione del rilascio".

Pertanto il DMV calcolato al paragrafo precedente costituisce il rilascio minimo, mentre la portata rilasciata  $Q_r$  vale in generale:

$$Q_r = DMV + 10\%(Q_t - DMV)$$

dove  $Q_t$  rappresenta la portata transitante nel corso d'acqua immediatamente a monte dell'opera di derivazione.

## **5 - VALUTAZIONE DELLE PORTATE CARATTERISTICHE DEL REGIME IDROLOGICO DEL CORSO D'ACQUA**

La determinazione delle portate caratteristiche di un corso d'acqua per valutare l'attitudine all'utilizzazione dell'acqua viene di norma eseguita con riferimento alla curva di durata delle portate che indica sull'asse delle ascisse il numero di giorni nell'anno per cui la portata del corso d'acqua è uguale o maggiore del valore corrispondente alle ordinate e dalla quale è possibile ricavare le portate caratteristiche del regime idrologico del corso d'acqua.

Potendo disporre dei valori giornalieri di portata, misurati per un periodo abbastanza lungo nella sezione in cui si intende fare la derivazione si può costruire la curva di durata delle portate riscontrate nella sezione.

Tale curva, secondo la convenzione del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, riporta sull'asse delle ordinate le portate ed sull'asse delle ascisse le durate in giorni. L'asse delle ascisse va da 0 a 365, in quanto il periodo preso come di riferimento è il singolo anno.

Il poter disporre di un numero significativo di dati permette di fare riferimento alla frequenza degli eventi passati come se coincidesse le probabilità di eventi futuri.

Tale assunzione trova fondamento nella legge empirica del caso che afferma che in una serie di prove ripetute, la probabilità che un evento si manifesti con una frequenza alla sua probabilità teorica tende ad uno (cioè alla certezza) con l'aumentare indefinito del numero di prove.

Si tratta di "una probabilità nella probabilità": non si può escludere che un ciclo di prove possa presentare scarti comunque elevati fra la frequenza di un evento

e la sua probabilità teorica; si afferma soltanto che, se le prove sono numerose, gli scarti elevati sono poco probabili.

In sostanza l'attendibilità di una curva di frequenza è definita in termini probabilistici, ma il fatto che, per una serie storica abbastanza prolungata, è estremamente improbabile che la frequenza abbia valori sensibilmente diversi dalla probabilità permette di essere fiduciosi sulle previsioni effettuate.

Dalla curva di durata delle portate è possibile ricavare i valori di portata caratteristici del regime idrologico del corso d'acqua.

Essi sono:

- **Portata ( $Q_{10}$ )** = portata superata mediamente 10 giorni in un anno
- **Portata ( $Q_{91}$ ) o di piena ordinaria:** portata superata mediamente 25 giorni su 100 in un anno (ascissa  $\frac{1}{4}$  365)
- **Portata ( $Q_{182}$ ) o semipermanente:** portata eguagliata o superata mediamente per metà anno
- **Portata di magra ordinaria ( $Q_{274}$ ):** portata superata mediamente 75 giorni su 100 in un anno (ascissa  $\frac{3}{4}$  365)
- **Portata  $Q_{355}$**  = portata superata mediamente 355 giorni in un anno

Quanto affermato fino ad ora si applica quando si dispone di un numero di dati di portata rappresentativo del regime idrologico misurato nella sezione in cui si intende effettuare la derivazione.

Nel caso specifico si hanno a disposizione i dati di portata media giornaliera rilevati alla stazione idrometrica di Alba, ubicata poche centinaia di metri a monte del sito in esame, e relativi al periodo di osservazione che va dal 1995 al 2013. Tali dati sono disponibili sul sito internet di Arpa Piemonte nella sezione "*Banca dati idrologica*".

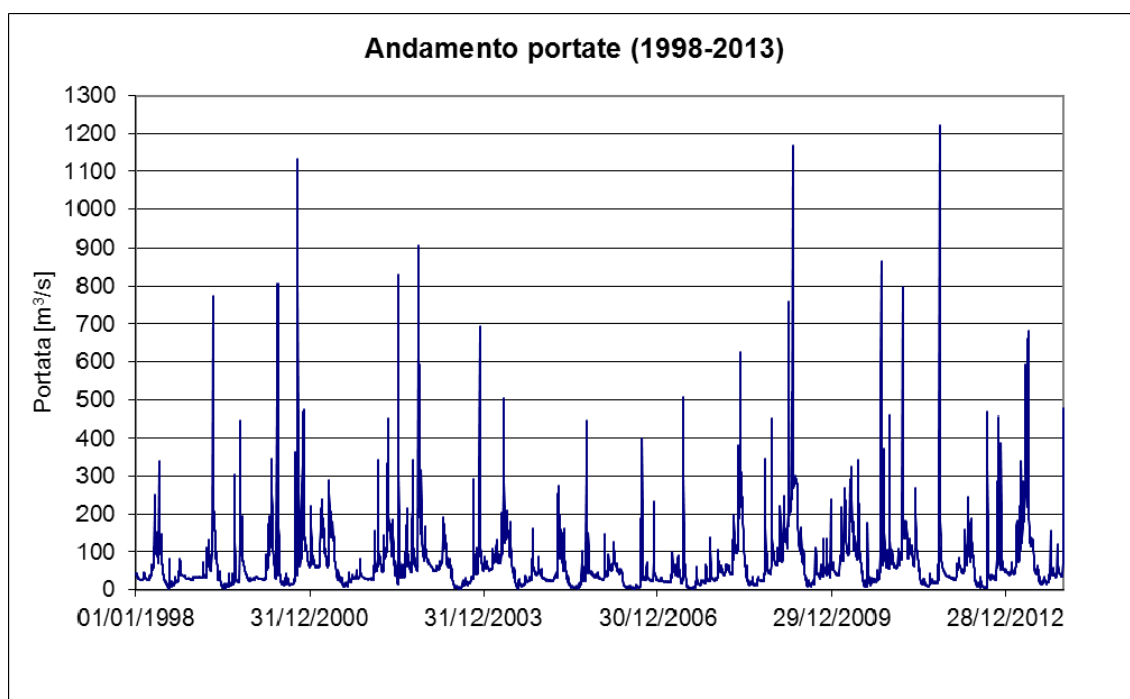
I valori di portata media giornaliera utilizzati per la costruzione della curva di durata delle portate sono relativi all'arco temporale 1998+2013 in quanto negli



anni 1995, 1996 e 1997 sono numerosi i dati mancanti nelle registrazioni; è bene pertanto non considerare tali anni nella costruzione della curva di durata.

In Fig. 8.1 si riporta l'andamento delle portate medie giornaliere del F. Tanaro registrate dalla stazione idrometrica di Alba, relative all'arco temporale 1998÷2013.

In Tab. 5.1 e in Fig. 5.2 sono riportate le portate medie mensili naturali del F. Tanaro, sempre con riferimento all'arco temporale 1998÷2013.

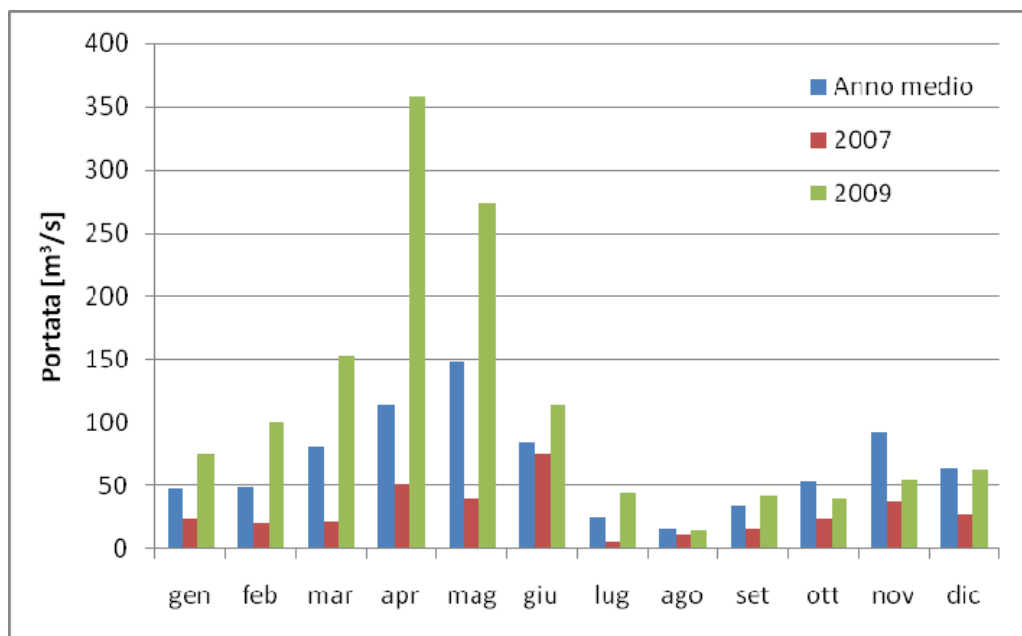


**Fig 5.1 Andamento delle portate medie giornaliere del Fiume Tanaro nel periodo 1998÷2013 (Fonte: Banca dati idrologica Arpa Piemonte).**

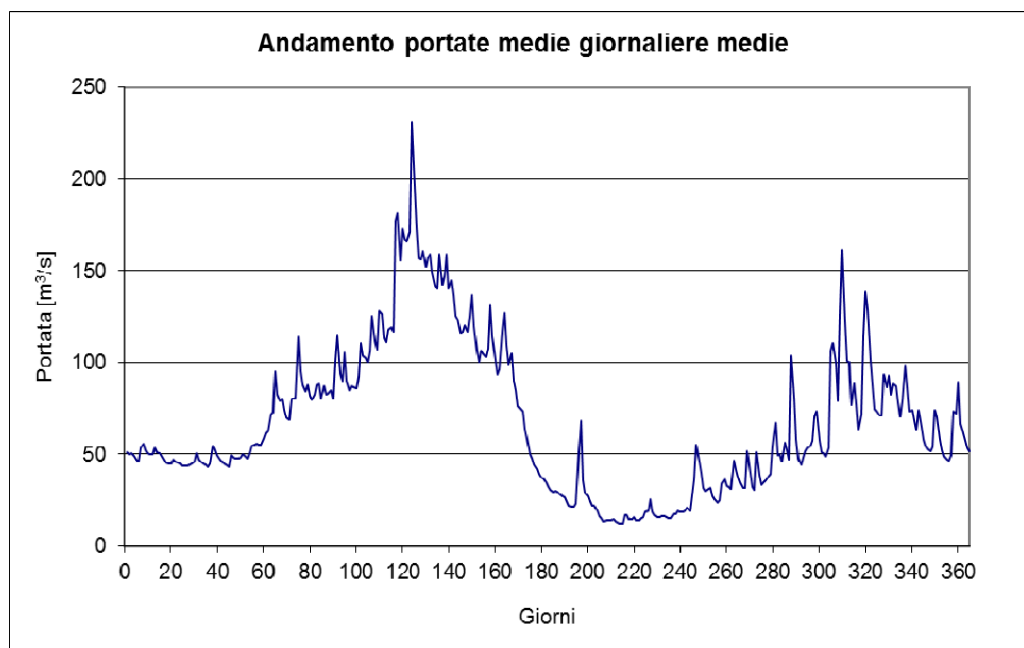
Nel periodo di osservazione (1998÷2013) l'anno idrologicamente più povero è il 2007 (portata media di 30.04 m<sup>3</sup>/s), mentre quello più abbondante è il 2009 (portata media di 111.09 m<sup>3</sup>/s). La portata media annua relativa all'anno medio è pari a 67.70 m<sup>3</sup>/s.

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media annua
1998	34.77	29.55	30.03	59.89	126.91	81.33	15.37	18.46	22.68	45.66	32.03	28.05	<b>43.73</b>
1999	32.57	31.88	45.46	79.72	182.91	30.39	9.13	14.18	46.41	91.98	78.66	29.75	<b>56.09</b>
2000	28.13	30.83	27.23	89.36	132.55	131.59	18.42	19.04	29.51	166.21	187.77	89.58	<b>79.19</b>
2001	92.59	60.23	149.51	80.32	166.52	59.14	24.83	11.56	29.17	32.97	39.47	29.86	<b>64.68</b>
2002	28.21	55.52	90.01	82.26	191.96	90.76	103.32	49.51	88.53	92.29	231.85	127.86	<b>102.67</b>
2003	80.65	56.65	55.73	91.68	101.93	43.34	7.33	8.83	16.99	23.9	79.45	128.4	<b>57.91</b>
2004	63.27	61.95	90.88	103.96	187.23	98.67	24.63	14.35	20.58	30.41	58.45	47.78	<b>66.85</b>
2005	28.83	24.29	29.9	106.97	85.35	25.37	6.2	7.95	33.15	96.28	40.82	35.93	<b>43.42</b>
2006	33.19	52.31	65.24	66.9	40.24	8.41	5.73	6.68	54.92	36.48	26.12	44.32	<b>36.71</b>
2007	24.50	21.63	22.78	51.09	40.45	75.07	5.54	12.13	17.04	24.51	38.28	27.43	<b>30.04</b>
2008	50.62	45.22	55.34	95.13	192.66	192.57	30.48	16.86	20.06	25.66	41.91	107.56	<b>72.84</b>
2009	75.36	101.44	152.81	357.63	273.45	113.95	44.00	15.04	41.84	39.76	54.13	63.71	<b>111.09</b>
2010	50.84	56.73	134.82	138.39	160.94	123.20	34.99	31.45	22.25	38.39	195.92	96.91	<b>90.40</b>
2011	70.86	69.96	174.65	129.55	90.93	126.20	23.69	13.18	21.44	23.25	189.47	40.11	<b>81.11</b>
2012	31.57	33.80	57.66	75.94	116.95	44.16	11.69	6.87	72.47	34.46	136.81	64.70	<b>57.26</b>
2013	44.15	49.59	109.52	214.53	292.16	108.69	45.13	20.72	21.16	49.18	48.32	68.42	<b>89.30</b>
<b>medio</b>	<b>48.13</b>	<b>48.85</b>	<b>80.72</b>	<b>113.96</b>	<b>148.95</b>	<b>84.55</b>	<b>25.65</b>	<b>16.68</b>	<b>34.89</b>	<b>53.21</b>	<b>92.47</b>	<b>64.40</b>	<b>67.70</b>
<b>scarso</b>	<b>29.38</b>	<b>31.04</b>	<b>33.12</b>	<b>76.69</b>	<b>93.13</b>	<b>43.50</b>	<b>7.69</b>	<b>9.38</b>	<b>20.70</b>	<b>26.61</b>	<b>39.74</b>	<b>31.07</b>	<b>36.84</b>

**Tab. 5.1 Portate medie mensili del Fiume Tanaro nel periodo 1998÷2013 relative alla stazione idrometrica di Alba.**



**Fig 5.2 Andamento delle portate medie mensili del Fiume Tanaro nel periodo 1998÷2013 relative alla stazione di misura di Alba.**



**Fig. 5.3 Andamento delle portate giornaliere medie sul periodo di osservazione (1998-2013).**

La Tab. 5.1 e la Fig. 5.2 evidenziano che la portata media mensile, relativa all'anno medio, varia sensibilmente passando da un minimo di 16.68 m<sup>3</sup>/s nel mese di agosto ad un massimo di 148.95 m<sup>3</sup>/s nel mese di maggio.

Confrontando i valori di portata media mensile relativi ad anni differenti si evidenzia come anche essi siano fortemente variabili; conseguentemente le portate dell'anno scarso, definito come quello caratterizzato da portate medie con frequenza di superamento dell'80%, si scostano in maniera sensibile da quelle dell'anno medio. Infatti, la portata media annuale dell'anno scarso vale 36.84 m<sup>3</sup>/s, mentre quella dell'anno medio è di 67.70 m<sup>3</sup>/s.

Analizzando la Fig. 5.2 e la Fig. 5.3, ed in particolare i valori di portata media mensile dell'anno medio, è possibile definire il regime idrologico del F. Tanaro nella zona di interesse; esso è di tipo nivo-pluviale alpino, con un periodo di piena principale che va da marzo a giugno (con picco nel mese di maggio) ed uno secondario con colmo a novembre; i periodi di magra sono due: quello estivo che va da luglio a settembre (minimo assoluto nel mese di agosto), mentre quello invernale interessa i mesi di gennaio e febbraio.

Le curve di durata delle portate sono state ricavate ordinando i dati a disposizione in ordine decrescente e, successivamente, riportandoli in un grafico nel quale si riporta sull'asse delle ascisse si riporta il numero di volte per le quali la portata riportata nelle ordinate viene superata nel periodo di osservazione, normalizzando a 365 il valore massimo sull'asse delle ascisse.

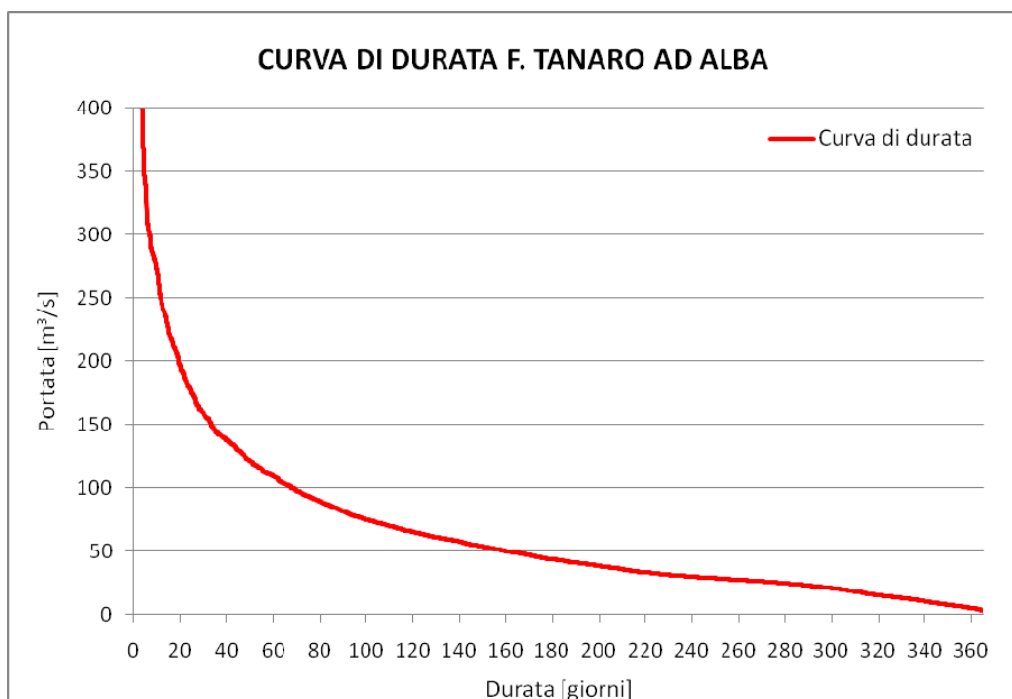
Dalla serie storica dei valori giornalieri di portata è possibile anche ricavare la portata media del corso d'acqua come semplice media aritmetica dei singoli valori misurati.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nella seguente tabella.

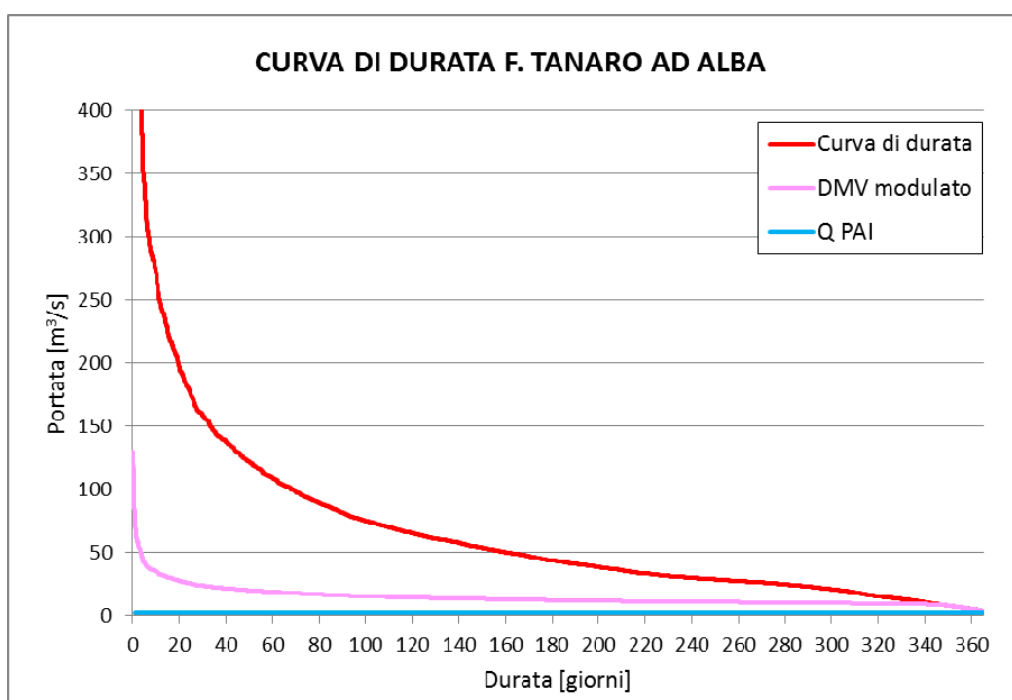
<b>Valore caratteristico</b>	<b>Q Tanaro ad Alba [m<sup>3</sup>/s]</b>
<b>Media Anno</b>	<b>67.91</b>
Q <sub>10</sub>	272.00
Q <sub>91</sub>	80.80
Q <sub>182</sub>	43.10
Q <sub>274</sub>	25.50
Q <sub>355</sub>	6.34

**Tab 5.2 Portate caratteristiche del Fiume Tanaro riferite all'anno idrologico medio senza derivazione.**

In Fig. 5.4 si riporta la curva di durata delle portate costruita a partire dai dati registrati dalla stazione idrometrica di Alba, mentre in Fig. 5.5 si riportano la curva di durata delle portate, il DMV modulato calcolato con la metodologia precedentemente illustrata e la portata Q<sub>PAI</sub> (pari a 1.8 m<sup>3</sup>/s) che viene rilasciata in corrispondenza della scala di rimonta della fauna ittica.



**Fig 5.4** Curva di durata delle portate del Fiume Tanaro riferita all'anno idrologico medio senza derivazione



**Fig 5.5** Curva di durata delle portate del Fiume Tanaro, DMV modulato e  $Q_{PAI}$  (portata per il passaggio artificiale dell'ittiofauna) rilasciata nella scala di rimonta della fauna ittica.

Da tale curva si possono ricavare, in funzione della portata di dimensionamento dell'impianto, altre due curve caratteristiche del regime idrologico del corso d'acqua e della derivazione: la *curva di utilizzazione del corso d'acqua* e la *curva di utilizzazione dell'impianto*.

La *curva di utilizzazione del corso d'acqua* è una funzione della portata derivabile e rappresenta il rapporto tra il volume derivato ed il volume disponibile del corso d'acqua (Fig. 5.7).

La *curva di utilizzazione dell'impianto* è sempre una funzione della portata derivabile e rappresenta il rapporto tra il volume derivato e quello che si deriverebbe se la portata derivabile si mantenesse costante tutto l'anno (Fig. 5.7).

Si riporta inoltre un grafico con la curva dell'energia annua prodotta in funzione della portata di dimensionamento dell'impianto (Fig. 5.6), tenendo in considerazione i rendimenti stimati dell'intero impianto alle varie percentuali di funzionamento ed il salto disponibile. Il calcolo è stato condotto facendo variare la portata di dimensionamento dell'impianto tra 25 e 250 m<sup>3</sup>/s, utilizzando un intervallo di discretizzazione di 25 m<sup>3</sup>/s.

I rendimenti delle turbine e dei generatori sono indicati in Tab. 5.3.

Il salto geodetico sfruttato dall'impianto è variabile al variare della portata naturale in quanto i livelli di monte e di valle crescono al crescere della portata defluente, ma in maniera diversa, con quello di valle che cresce più di quello di monte. Pertanto, il salto geodetico diminuisce al crescere della portata, come indicato in Tab. 5.4.

Per la valutazione delle perdite di carico nel canale di scarico e conseguentemente per conoscere i valori del salto disponibile da utilizzare nel calcolo dell'energia annua producibile dall'impianto, è stato implementato un modello idraulico numerico del canale di restituzione utilizzando il software HEC-RAS.

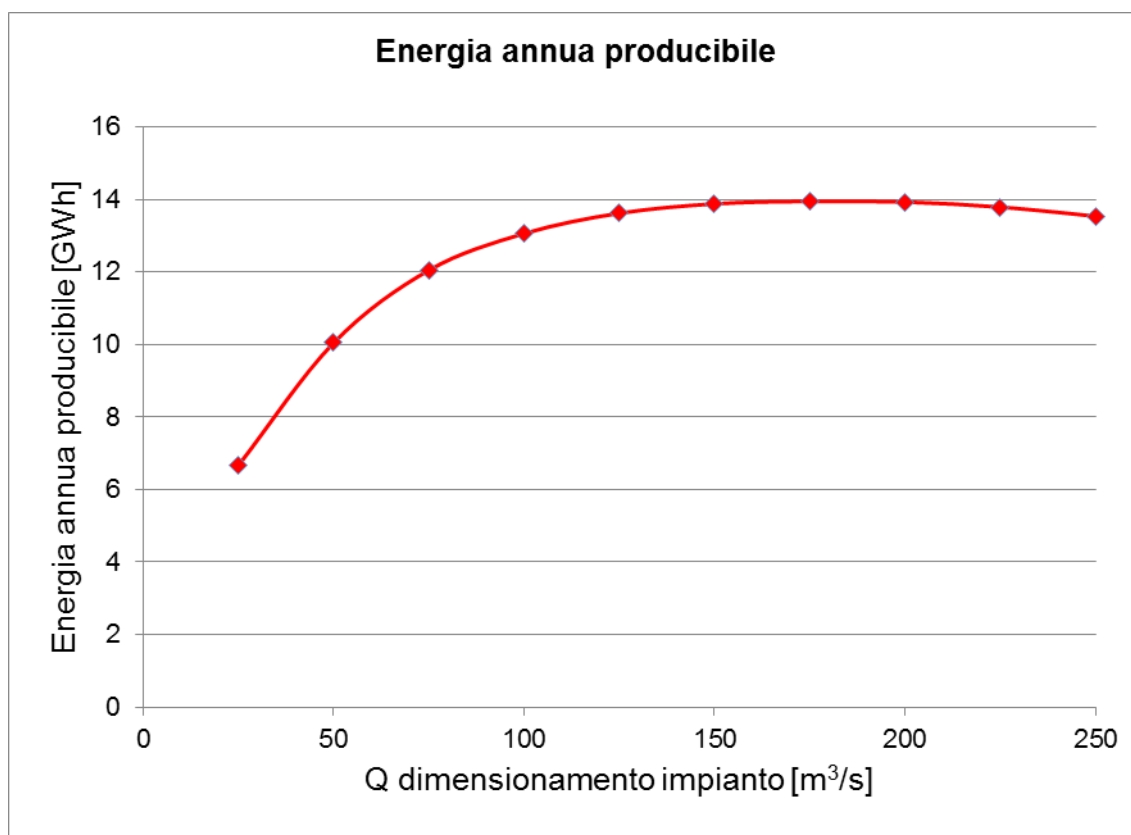
In Tab. 5.3 si riportano sia il salto geodetico che quello disponibile

<b>Percentuale di utilizzo</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>	<b>20%</b>
rendimento turbina	89.2	91.1	91.0	88.0	66.1
rendimento generatore	95.6	96.1	96.3	95.9	92.1

**Tab 5.3 Rendimenti turbine e generatori**

<b>Portata naturale [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Salto geodetico [m]</b>	<b>Salto disponibile [m]</b>
15.9	6.04	5.97
20	5.92	5.84
40	5.47	5.30
60	5.13	4.91
80	4.86	4.60
100	4.62	4.34
120	4.40	4.12
140	4.20	3.97
160	4.01	3.82
180	3.83	3.66
200	3.66	3.50
220	3.51	3.35
240	3.33	3.20
260	3.21	3.07
280	3.08	2.94
300	2.97	2.83

**Tab 5.4 Salto geodetico e disponibile**



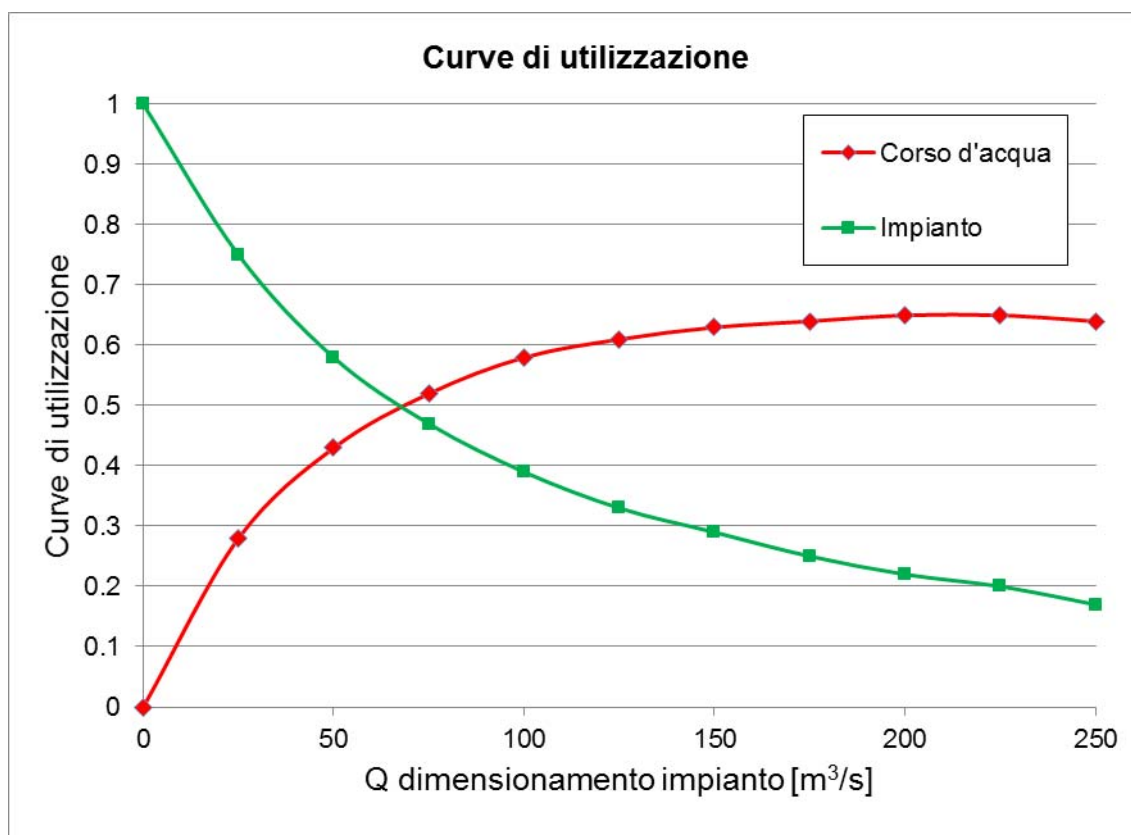
**Fig 5.6 Energia annua producibile**

L'energia annua massima viene prodotta con una portata di dimensionamento dell'impianto pari a 175 m<sup>3</sup>/s (13.95 GWh).

Si nota però che con una portata di dimensionamento dell'impianto di 100 m<sup>3</sup>/s (quindi pari al 57.1% della portata di massima produzione), si ha una produzione annua inferiore solo del 6% circa, a fronte di costi di realizzazione e manutenzione e di ingombri decisamente più contenuti.

Si adotta pertanto come  $Q_{max}$  di dimensionamento dell'impianto idroelettrico  $Q=100$  m<sup>3</sup>/s.





**Fig 5.7** Curve di utilizzazione del corso d'acqua e dell'impianto

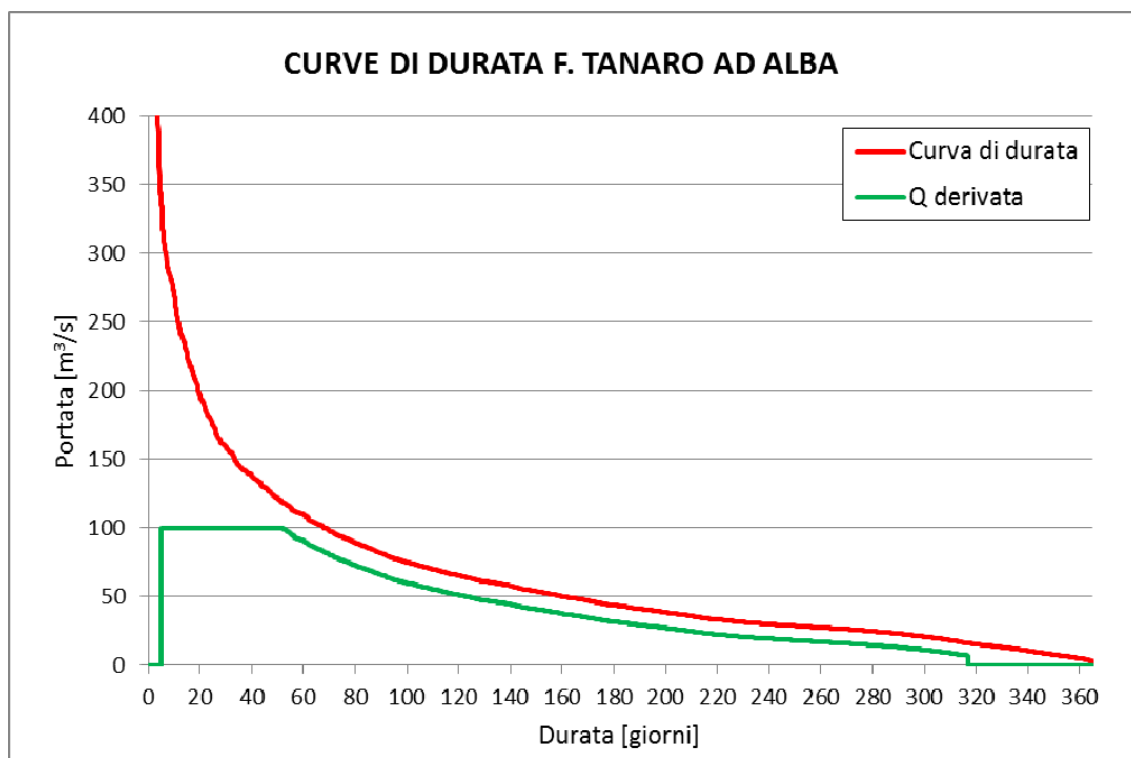
Alla portata massima di dimensionamento pari a 100 m<sup>3</sup>/s corrisponde un coefficiente di utilizzo dell'impianto pari a 0.39 e un coefficiente di utilizzo del corso d'acqua pari a 0.58 (Fig 5.7).

## **6 - CARATTERISTICHE DELLA DERIVAZIONE**

Noto il dimensionamento dell'impianto è possibile ricavare le portate effettivamente utilizzate che si discostano dalle portate derivabili per due ragioni:

- non viene effettuata alcuna derivazione in presenza di una portata in arrivo inferiore alla somma di: a) minima portata turbinabile (6.66 m<sup>3</sup>/s al di sotto della quale il rendimento della turbina è troppo basso), b) DMV modulato corrispondente (9.24 m<sup>3</sup>/s rilasciato in parte nella scala di risalita della fauna ittica ed in parte sfiorato sopra la traversa);
- la portata massima derivata è limitata alla portata massima di dimensionamento dell'impianto (100 m<sup>3</sup>/s);
- non viene effettuata alcuna derivazione in presenza di una portata naturale superiore a 300 m<sup>3</sup>/s in quanto in tali condizioni si ha un salto troppo basso ed è presente un significativo trasporto solido; per portate maggiori di 300 m<sup>3</sup>/s lo sbarramento mobile viene infatti abbattuto in modo da ridurre al minimo i fenomeni di rigurgito.

Il Fiume Tanaro presenta condizioni di deflusso per cui l'impianto è in funzione circa 310 giorni l'anno (Fig. 6.1).



**Fig 6.1** Curve di durata della portata naturale del F. Tanaro e della portata derivata

## 7 - INTERAZIONE CON L'ASSETTO FLUVIALE E LE OPERE ESISTENTI

Quando l'impianto è in funzione la presenza della traversa fissa sormontata dallo sbarramento mobile determina un rigurgito verso monte per una estensione pari a circa 1480 m.

I livelli di rigurgito corrispondenti al range di operatività dell'impianto idroelettrico, sono sempre ampiamente contenuti all'interno dell'alveo inciso del Fiume Tanaro.

Quando in alveo la portata è superiore a 300 m<sup>3</sup>/s la derivazione viene interrotta e lo sbarramento mobile viene abbattuto; in questo modo è possibile ridurre l'estensione verso monte del rigurgito.

L'opera in progetto non interferisce in modo significativo nè con il ponte della S.R. 29 (ubicato circa a 1350 m monte dell'area in oggetto), nè con la traversa di derivazione della Ferrero S.p.A. (sita circa 1480 m a monte), nè con il terzo ponte in progetto sul Fiume Tanaro (Tav. A3-10).

Il Sito di Importanza Regionale "SIR Stagni di Mogliasso" è ubicato circa 1700 m a valle dell'opera di restituzione delle portate derivate dalla traversa in progetto e pertanto non viene influenzato dalla presenza della nuova derivazione.

Il canale di adduzione dell'impianto in progetto interferisce con il collettore esistente del SISI (Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l.). A tal proposito si prevede la realizzazione di un secondo pozzetto ad una distanza di circa 70 m dal pozzetto esistente e la sostituzione, nel tratto compreso tra i due pozzetti, della tubazione esistente con un nuovo collettore installato ad una profondità maggiore.

In sponda sinistra si prevede la costruzione di una nuova pista d'accesso avente una lunghezza di circa 200 m, in quanto le opere da realizzare nell'ambito dell'impianto in progetto sono situate in terreni non raggiungibili mediante la viabilità esistente.

Gli impatti negativi sulle infrastrutture saranno concentrati soprattutto in fase di cantiere, mentre quelli favorevoli inizieranno ad impianto realizzato.

## **8 - DESCRIZIONE DEI RILIEVI TOPOGRAFICI UTILIZZATI**

Si è utilizzato un rilievo di dettaglio dell'alveo, delle sponde e delle golene del tratto in cui verrà eseguito l'impianto. Inoltre, è stato utilizzato il DTM ICE, disponibile sul sito internet della Regione Piemonte, che è stato realizzato nel 2012 con volo laser scanner LIDAR. Tale DTM presenta una risoluzione di 5 m e una precisione sulle quote di  $\pm 30$  cm.

## 9 - CALCOLO DELLA POTENZA FISCALE

La potenza fiscale è data dalla formula:

$$P = 9.81 Q_{med} H_{nom}$$

Dove:

- $P$  = potenza fiscale in kW
- $Q_{med}$  = portata media annua derivata in m<sup>3</sup>/s
- $H_{nom}$  = salto idraulico nominale disponibile in m

La portata mediamente derivata nel corso dell'anno è pari a 39.20 m<sup>3</sup>/s

Il salto da considerarsi per la determinazione della potenza nominale, data la variabilità del salto geodetico reale al variare della portata del Fiume Tanaro, è stato calcolato nel modo seguente:

- si determina una "potenza nominale" con la relazione seguente:

$$P_{nom} = 9.81 \cdot \frac{1}{T} \int Q \cdot H dt$$

$$T = 24 \cdot 365$$

valutata sulla produzione teorica dell'impianto considerando un rendimento unitario, e ricavando il dato di potenza nominale dividendo la produzione per le ore dell'anno:

- nota la potenza nominale si ricava il salto nominale con l'espressione

$$H_{nom} = \frac{P_{nom}}{Q_{med} \cdot 9.81}$$

Il valore della "produzione nominale" calcolato sulla base delle portate derivate medie giornaliere vale 15.91 GWh, pertanto il salto nominale vale 4.72 m.

La potenza fiscale risulta quindi essere:

$$P = 9.81 Q_{med} H_{nom} = 9.81 \times 39.2 \times 4.72 = 1815.1 \text{ kW}$$

## 10 - STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA NELL'ANNO MEDIO

La stima della produzione di energia nell'anno medio viene effettuata considerando:

- la curva di durata delle portate utilizzabili;
- il salto idraulico disponibile;
- le perdite di carico nella condotta;
- i rendimenti delle turbine e dei generatori elettrici in funzione delle portate derivate.

Per la valutazione del salto disponibile è necessario conoscere le perdite di carico. A tal proposito è stato implementato un modello idraulico numerico del canale di restituzione della centrale. Il salto disponibile è variabile con il variare della portata in arrivo.

Alla portata minima di funzionamento, 15.90 m<sup>3</sup>/s in arrivo (portata turbinata di 6.66 m<sup>3</sup>/s), il salto disponibile è pari a 5.97 m, mentre quando la portata in arrivo è di 300 m<sup>3</sup>/s (portata turbinata di 100 m<sup>3</sup>/s) il salto residuo disponibile è pari a 2.83 m. Per portate in arrivo maggiori lo sbarramento mobile viene abbattuto completamente e la derivazione viene interrotta.

La potenza effettiva  $W_e$  disponibile in relazione ad una portata derivabile  $Q_d$  e ad un salto idraulico netto  $H_m$  (depurato delle perdite di carico) risulta dalla formula:

$$W_e = 9.81 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \gamma \cdot Q_d \cdot H_m$$

dove  $\eta_t, \eta_g$  rappresentano rispettivamente il rendimento della turbina e il rendimento del generatore. I valori assegnati ai rendimenti delle turbine e dei generatori sono indicati in Tab. 10.1.

<b>Percentuale di utilizzo</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>	<b>20%</b>
rendimento turbina	89.2	91.1	91.0	88.0	66.1
rendimento generatore	95.6	96.1	96.3	95.9	92.1

**Tab 10.1 Rendimenti turbine e generatori**

L'energia producibile dall'impianto idroelettrico in esame nell'anno medio si ottiene dalla sommatoria delle potenze medie giornaliere, ottenibili tramite le portate della curva di durata delle portate derivabili, moltiplicate per 24 ore.

Considerando la curva di durata delle portate derivabili e le caratteristiche dell'impianto sopra descritte si ottiene una produzione di energia nell'anno medio pari a 13.06 GWh.

## **11 - ANALISI SOLUZIONI ALTERNATIVE**

Le caratteristiche specifiche del Fiume Tanaro, la cui asta ha una pendenza media compresa tra 1‰ e 2‰, presenta la possibilità di realizzare un impianto idroelettrico soltanto in rari punti in cui, per puntuali situazioni geo-morfologiche, il corso d'acqua presenta naturali dislivelli concentrati o in corrispondenza di manufatti, solitamente soglie di protezione e consolidamento delle fondazioni dei pilastri in alveo dei ponti, che in modo artificiale creano dei salti idraulici.

Negli studi per la realizzazione del progetto sono state analizzate le diverse ipotesi alternative di seguito riportate:

- Ipotesi di non realizzazione del progetto;
- Ipotesi con traversa in calcestruzzo;
- Ipotesi progettuale traversa di derivazione mobile.

### **11.1 - Ipotesi di non realizzazione del progetto**

L'interesse pubblico ad una iniziativa di questo tipo, è dichiarato in modo implicito dalle vigenti normative comunitarie, nazionali e regionali in materia di produzione di energia rinnovabile, con particolare riferimento ai noti obiettivi del protocollo di Kyoto e al risparmio di emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Fermo restando il doveroso rispetto di tutte le componenti ambientali nell'inserimento di nuove opere sul territorio la cui compatibilità deve essere accertata caso per caso, in linea di principio, la non realizzazione di un progetto per la produzione di energia da fonti rinnovabili equivale ad una mancata attenuazione del problema ambientale globale legato all'eccessiva produzione di CO<sub>2</sub>. Gli ostacoli da superare per condurre in porto l'iniziativa di derivazione idroelettrica sono sostanzialmente di natura economica, dal momento che è necessario un investimento di alcuni milioni di euro, oltre che di natura ambientale, per cui è necessario verificare che il progetto sia compatibile con l'ambiente e con il territorio coinvolto. Dal momento che la questione economica legata all'investimento iniziale può essere risolta dal proponente, e che l'ipotesi di non realizzazione dell'opera non porterebbe alcun vantaggio economico né all'Amministrazione del Comune interessato, né all'Ente concessionario, l'unica reale motivazione per la non realizzazione dell'opera sarebbe l'inadeguatezza ambientale dell'opera stessa. Anticipando le conclusioni del presente studio, si ritiene che l'impianto di derivazione idroelettrica sul Fiume Tanaro in Comune di Alba sia compatibile con l'ambiente, in tal caso la non realizzazione del progetto recherebbe pochi vantaggi al territorio, lasciando improduttiva una risorsa naturale utile per la collettività.

### **11.2 - Ipotesi con traversa in calcestruzzo**

Lo studio idrologico e idraulico preliminare alla progettazione ha permesso di mettere in evidenza che, al fine di rendere economico l'impianto idroelettrico in progetto, è necessario creare una traversa di derivazione che modifichi il battente idraulico alzandolo di almeno 4 metri rispetto allo stato attuale al fine di



creare un salto idraulico sufficiente al funzionamento e all'efficienza produttiva delle turbine.

L'impianto idroelettrico richiede quindi una traversa di derivazione che modifica la sezione innalzando in modo significativo il pelo libero dell'acqua; per fare questo si è valutato di ricorrere ad una traversa fluviale in calcestruzzo, ma ciò implica una modifica permanente della sezione trasversale con conseguenti fenomeni di rigurgito dei flussi idraulici verso monte.

Questa situazione, anche se è sostenibile dal punto di vista ambientale e idraulico in condizioni di magra e di morbida, non lo è in condizioni di piena, perché il rischio idraulico di esondazione verrebbe accentuato in modo non proponibile e andrebbe a mettere in crisi le opere idrauliche di contenimento delle piene e di salvaguardia del territorio e dei centri abitati.

Le verifiche effettuate fanno quindi escludere tassativamente questa ipotesi.

### **11.3 - Ipotesi progettuale con traversa di derivazione fissa sormontata da sbarramento mobile completamente abbattibile**

Tenuto conto delle considerazioni tecniche sopra esposte e avvalorate dallo studio idrologico e idraulico allegato al progetto, la scelta progettuale è caduta sulla realizzazione di una traversa fluviale fissa sormontata da un sistema di ritenuta mobile a doppia falda.

Le scelte progettuali hanno riguardato i seguenti temi:

- Scelta del punto di derivazione idrica;
- Scelta della posizione dell'impianto di produzione;
- Scelta della tipologia di impianto.

## SCELTA DEL PUNTO DI DERIVAZIONE IDRICA

### Scenario 1 (soluzione progettuale adottata)

Il punto di derivazione idrica individuato è localizzato circa 200 m a monte dell'immissione in Tanaro del Torrente Cherasca, mentre la restituzione delle portate derivate avviene circa 800 m a valle della presa.

La soluzione progettuale proposta prevede la realizzazione di un canale di adduzione in c.a. a sezione rettangolare, avente una lunghezza di circa 270 m, e di un canale di scarico a sezione trapezia con sponde rivestite in massi, avente una lunghezza complessiva pari a circa 430 m.

Come precedentemente illustrato un impianto di questo tipo è caratterizzato da un valore di produzione di energia nell'anno medio pari a 13.06 GWh.



**Fig. 11.1: Fotografia aerea con localizzazione dell'impianto in progetto.**

### Scenario 2 (soluzione progettuale alternativa)

In questa ipotesi progettuale alternativa il punto individuato per la realizzazione dell'opera in progetto è situato circa 300 m a monte rispetto a quello dello

scenario 1, in un tratto in cui le pendenze del fondo alveo sono superiori alla media.

Con tale configurazione di impianto la lunghezza del canale di adduzione e del canale di scarico è più contenuta rispetto allo scenario 1 mentre, a parità di valori di portata minima/massima derivata, la produzione di energia nell'anno medio della centrale idroelettrica è pari a 8.88 GWh.

Da un'analisi costi-benefici appare evidente come tale soluzione progettuale sia da scartare in quanto, anche se i costi di realizzazione dell'impianto sono minori, la produzione media annua è inferiore di oltre il 30% rispetto allo scenario 1.



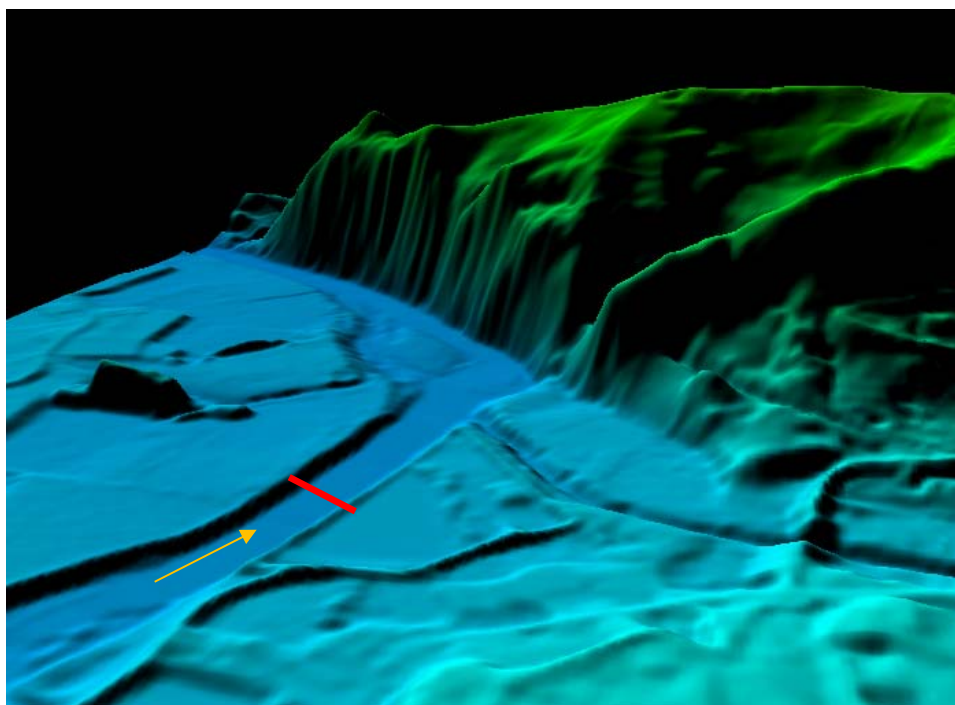
**Fig. 11.2: ipotesi progettuale alternativa che prevede la realizzazione dell'impianto circa 300 m a monte rispetto alla soluzione adottata.**

### SCELTA DELLA POSIZIONE DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE

Le indagini preliminari hanno subito evidenziato che, a causa della presenza in sponda destra del Torrente Cherasca (che si immette in Tanaro poco a valle della sezione in cui si prevede di realizzare la traversa) e delle arginature a

protezione dell'abitato di Alba, il lato maggiormente idoneo alla localizzazione delle strutture tecniche (canale di adduzione, vasca di carico, locale centrale e canale di restituzione) è quello posto in sinistra orografica.

Si tratta di un sito pianeggiante e sopraelevato rispetto al fondo alveo, sito al margine di un'ampia zona pianeggiante a destinazione agricola priva di arginature; non vi sono inoltre interferenze con infrastrutture viarie e ferroviarie. In tale area quindi si riscontrano le condizioni ottimali per l'organizzazione del cantiere e per la mitigazione ambientale e paesaggistica delle opere in progetto.



**Fig. 11.3: Immagine tridimensionale della zona di intervento con ubicazione dello sbarramento in progetto (Fonte DTM ICE Regione Piemonte).**

### SCELTA DEL TIPOLOGIA DI IMPIANTO

La scelta tipologica è ricaduta su un impianto ad acqua fluente. La soluzione progettuale proposta ha cercato di soddisfare tutte le esigenze prefissate ed in primis la possibilità di realizzare le opere in corrispondenza di luoghi facilmente accessibili, la cui messa in sicurezza sotto l'aspetto idrogeologico non presenta particolari difficoltà. Il sito prescelto, pur trovandosi in Fascia A del Piano per

l'Assetto Idrogeologico, presenta caratteristiche tali da essere compatibile con le opere in progetto che sono sommergibili da un eventuale piena straordinaria.

Le simulazioni idraulico-numeriche effettuate evidenziano come la realizzazione dell'opera in progetto non modifichi in modo apprezzabile l'area di esondazione del Fiume Tanaro; ciò è imputabile sia all'ampia zona di espansione presente in sponda sinistra, sia alle ridotte dimensioni dei manufatti emergenti rispetto al piano di campagna.

## **12 - DESCRIZIONE DELLE FASI LAVORATIVE IN ALVEO**

L'esecuzione dei lavori in alveo avverrà per fasi costruttive.

Si evidenzia innanzitutto che per le lavorazioni in alveo verrà scelto un periodo dell'anno idrologico particolarmente favorevole in cui i deflussi sono ridotti, ovvero d'estate o d'inverno. Sarà comunque garantita sempre la funzionalità di almeno il 40% della sezione idraulica originaria al fine di non perturbare in maniera particolarmente significativa i deflussi e la fauna ittica.

Le lavorazioni a contatto con l'acqua in alveo o lungo le sponde del F. Tanaro che comportano la movimentazione di materiali inerti e la circolazione dei mezzi di cantiere in alveo, determinano inevitabilmente fenomeni di intorbidimento delle acque e deposito di materiale sul fondo. Tali effetti si ripercuotono a valle, per un tratto di ampiezza variabile, in relazione alle caratteristiche del corso d'acqua ed alla granulometria del materiale movimentato; ciò determina un impatto sulla fauna ittica e sulla comunità macrobentonica.

Nelle fasi di progettazione e di realizzazione dell'intervento, verrà posta particolare attenzione al rispetto del periodo di riproduzione della fauna ittica, evitando lavori o interventi negli ambienti acquatici in particolare nelle fasi di deposizione e incubazione.

Al fine di ridurre al minimo gli impatti ambientali sugli habitat e sulla fauna acquatica, durante l'esecuzione degli interventi in alveo, verrà garantito il

deflusso delle acque del fiume attraverso la realizzazione di idonee opere provvisorie (es. ture, savanelle). In ogni caso l'organizzazione del cantiere sarà effettuata in modo tale da ridurre allo stretto indispensabile la tempistica delle operazioni in alveo e le deviazioni del corso d'acqua.

### 1a Fase

La successione delle fasi costruttive è la seguente:

Realizzazione della porzione destra della platea di fondazione in c.a. della traversa durante il periodo di magra del corso d'acqua; in tali condizioni, infatti, le portate liquide sono naturalmente contenute nella pozione sinistra dell'alveo del Fiume Tanaro (dove è più approfondito).

Contestualmente verrà realizzato il canale della centrale che interferisce nell'imbocco e nello sbocco con l'alveo con la seguente successione delle fasi costruttive:

- 1) Scavo all'interno della sponda sinistra;
- 2) Realizzazione del fondo del canale di adduzione mediante sistemazione dell'armatura metallica e getto del calcestruzzo;
- 3) Realizzazione dei muri laterali del canale di adduzione mediante sistemazione dell'armatura metallica, sistemazione dei casseri e getto del calcestruzzo;
- 4) Realizzazione delle opere civili costituenti il locale della centrale
- 5) Realizzazione del rivestimento in massi del fondo e delle sponde del canale di scarico a sezione trapezia;
- 6) Scavo dello sbocco in alveo a monte e a valle della traversa;
- 7) Raccordo con massi di montagna;

## 2a Fase

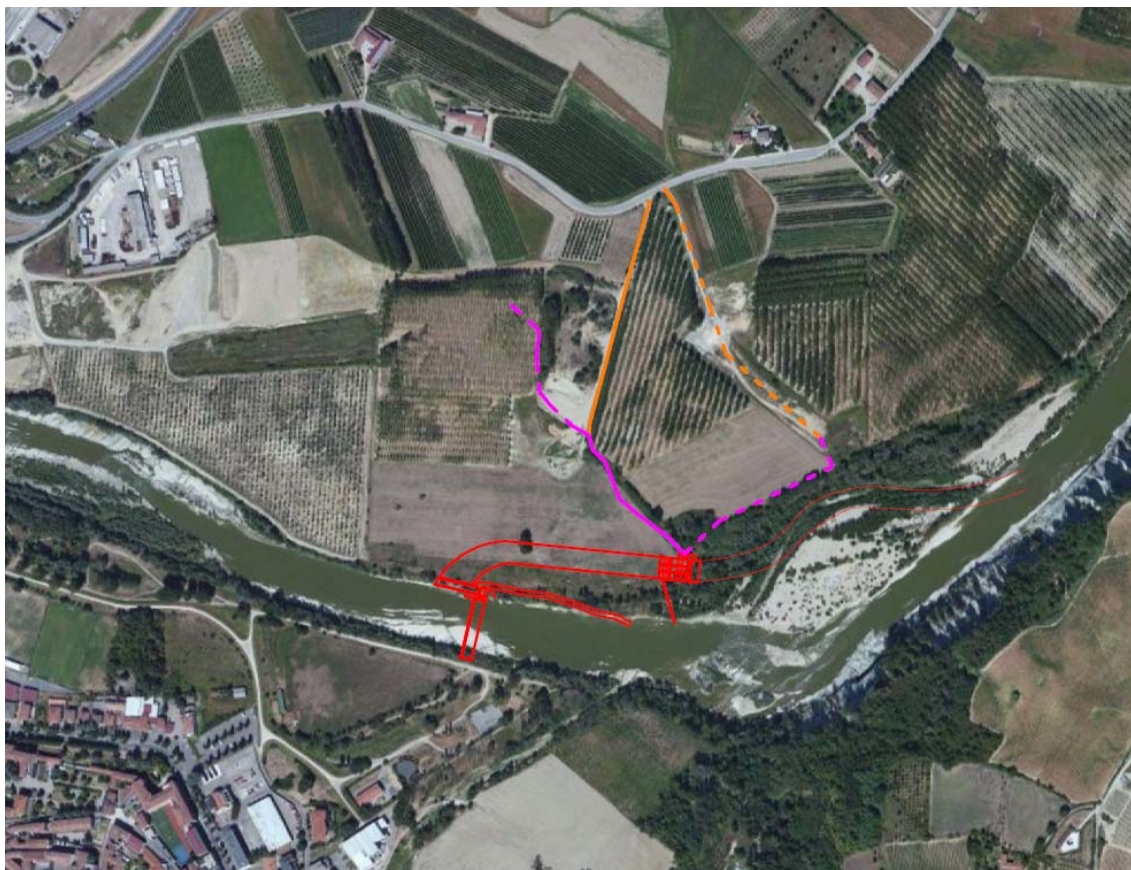
In questa fase verrà realizzata la porzione restante della platea di fondazione in c.a. con la seguente successione delle fasi costruttive:

- 1) Realizzazione di una tura in materiale incoerente in modo da deviare la corrente idraulica verso la sponda sinistra (attraverso il canale della centrale precedentemente realizzato) per ultimare la restante parte dei lavori della traversa;
- 2) Realizzazione della porzione restante di platea di fondazione in c.a. (quota in sommità di 152.00 m s.l.m.);
- 3) Ultimata la realizzazione della traversa in c.a. e massi cementati si procederà all'installazione dello sbarramento mobile completamente abbattibile costituito da paratoie.

### **Accessibilità delle aree d'intervento**

È previsto l'accesso dalla sponda sinistra del Fiume Tanaro utilizzando quasi esclusivamente la viabilità esistente (Fig. 12.1); è prevista la costruzione di una nuova pista di accesso avente una lunghezza di circa 200 m in quanto le opere da realizzare sono situate in terreni non raggiungibili mediante la viabilità esistente.

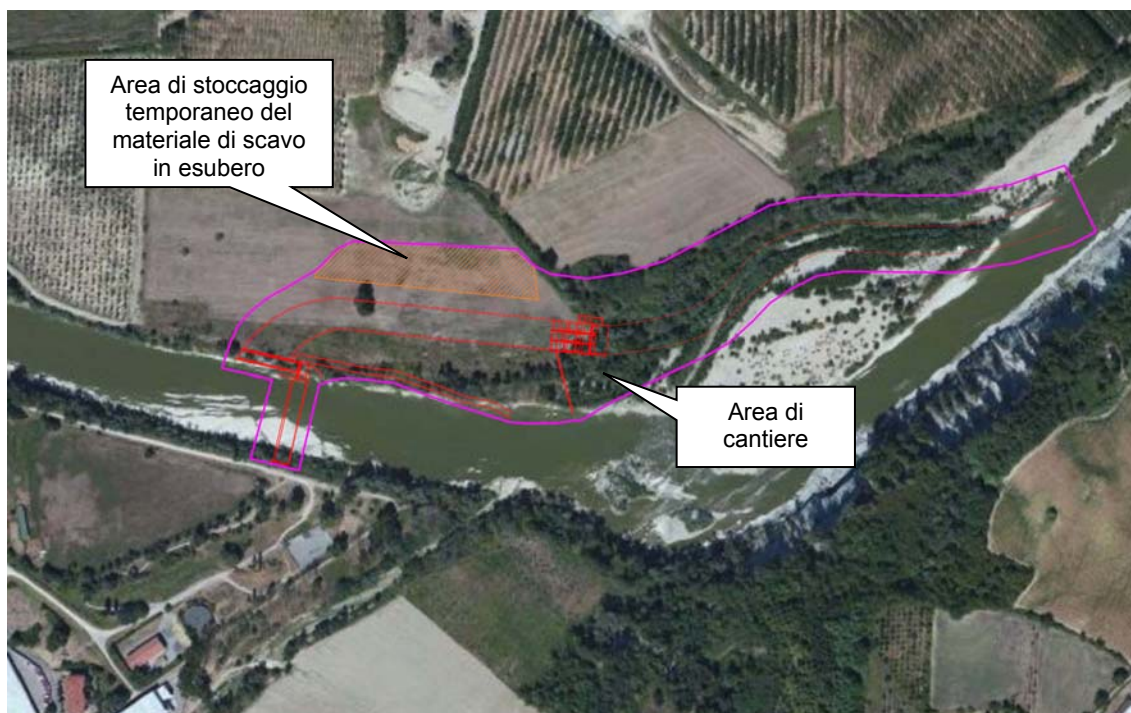
L'accesso alla sponda destra non è necessario per la realizzazione dell'opera. In fase di cantiere tale sponda sarà raggiunta con un guado in alveo.



**Fig. 12.1** Individuazione della porzione di pista di accesso esistente (linea continua arancione) e del tratto di pista di accesso in progetto avente una lunghezza di circa 200 m (linea continua magenta). Le linee tratteggiate individuano piste di accesso alternative esistenti (in arancione) e in progetto (in magenta).

L'area di cantiere, indicata in Fig. 12.2 in magenta, avrà un'estensione di circa 75650 m<sup>2</sup>. All'interno del cantiere è stata individuata un'area di circa 7000 m<sup>2</sup> (Fig. 12.2 in arancione) che sarà destinata allo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo destinato alle successive operazioni di rinterro.





**Fig. 12.1** Individuazione dell'area di cantiere (in magenta) e della zona destinata allo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo in esubero (in arancione).

### 13 - MOVIMENTI TERRA E VALUTAZIONE DEGLI SCAVI

La realizzazione dell'impianto idroelettrico in progetto prevede movimenti terra per un volume complessivo di scavo pari a 144'020 m<sup>3</sup> così suddiviso:

- Traversa: 3'630 m<sup>3</sup>;
- Canale di adduzione: 55'770 m<sup>3</sup>;
- Centrale: 16'570 m<sup>3</sup>;
- Canale di scarico: 65'940 m<sup>3</sup>;
- Scala risalita pesci: 2'110 m<sup>3</sup>.

I volumi di scavo previsti relativi all'alveo del Fiume Tanaro sono 71'680 m<sup>3</sup> (di cui 36280 appartenenti al complesso ghiaioso-sabbioso e 35'400 m<sup>3</sup> appartenenti al complesso marnoso), mentre quelli fuori alveo sono 72'340 m<sup>3</sup> (di cui 42570 appartenenti al complesso ghiaioso sabbioso e 29770 m<sup>3</sup> appartenenti al complesso marnoso).

I volumi di riporto, complessivamente pari a circa 13'750 m<sup>3</sup>, sono così suddivisi:

- Traversa: 310 m<sup>3</sup>;
- Canale di adduzione: 8'050 m<sup>3</sup>;
- Centrale: 4'100 m<sup>3</sup>;
- Canale di scarico: 1'140 m<sup>3</sup>;
- Scala risalita pesci: 150 m<sup>3</sup>.

Conseguentemente, i volumi in esubero previsti sono circa 130'270 m<sup>3</sup>.

Per quanto concerne le fasi lavorative, le frazioni del volume di scavo destinate alle successive operazioni di rinterro (pari a 13'750 m<sup>3</sup>) appartenenti al complesso ghiaioso-sabbioso verranno temporaneamente stoccati all'interno dell'area di cantiere in una zona appositamente dedicata (Fig. 12.1).

Il volume in esubero verrà invece allontanato appena possibile.

## **14 - OPERE DI RIPRISTINO AMBIENTALE E VEGETAZIONALE**

Le opere di ripristino ambientale e vegetazionale, in linea di massima, prevederanno: il recupero della terra vegetale esistente, l'inerbimento e l'impianto di vegetazione arborea e arbustiva.

Prima della realizzazione degli scavi si procederà al recupero della parte superficiale del suolo in modo da accantonare la maggiore quantità possibile di componenti organiche del terreno, separandole da quelle minerali. La porzione organica del terreno sarà ammassata nelle vicinanze degli scavi e riutilizzata la formazione del letto di semina.

Per favorire l'attecchimento del manto erboso nei punti maggiormente acclivi ed esposti al rischio di erosione si prevede la posa, prima di effettuare la semina, di georeti in juta; esse proteggeranno il terreno dall'azione della pioggia e dai fenomeni di erosione superficiale. Affinchè siano efficaci è necessario che le georeti siano stese a contatto con il terreno e siano rese solidali con quest'ultimo attraverso talee (o in alternativa picchetti).

Le superfici scoticate saranno oggetto di un intervento di inerbimento che sarà effettuato in prevalenza con la tecnica della semina a spaglio e localmente con idrosemina, al fine di garantire una celere ricostruzione del manto erboso.

L'obiettivo principale dell'intervento di ripristino è l'immediata creazione di una copertura vegetale con caratteristiche simili alla fitocenosi presente in zona.

La realizzazione della copertura vegetale forestale delle sponde sarà realizzata utilizzando le specie autoctone presenti in sito, con particolare riferimento all'impianto diffuso di talee di salice. Si ritiene che l'infissione di talee di salice sia la migliore azione di ricostruzione della copertura vegetale che permette un risultato rapido sia in termine di consolidamento delle sponde, sia in termini naturalistici e di formazione di una quinta verde di mascheramento delle opere in progetto.