

IMPIANTO IDROELETTRICO “OFFICINE LORENZINA” SUL RIO ARSA (PIEVE VERGONTE, VB)



Integrazioni post CdS del 26/01/2022



Dott. Forestale Enrico Pozzi

Enrico Pozzi

dottore forestale

Via Verdi 101 Gemonio (VA) Tel. 320 2715820

e_mail: ambiente@edfpozzi.it

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Enrico Pozzi", written over the professional stamp.

Indice

1	PREMESSA.....	4
2	AREA DI STUDIO.....	5
3	SINTESI DELL'INTERVENTO	7
3.1	Localizzazione	7
3.2	Interventi ed aree di cantiere	8
3.3	Necessità della realizzazione di una scala di risalita per pesci	13
4	INDAGINE CONOSCITIVA	14
4.1	Inquadramento vegetazionale	14
4.2	Distribuzione specie alloctone	15
4.3	Caratteristiche delle specie da contenere	15
4.3.1	Robinia (Robinia pseudoacacia)	16
4.4	Ailanto	16
4.5	Buddleja davidii.....	17
5	GESTIONE DELLE SPECIE ESOTICHE.....	18
5.1	Fase realizzativa	18
5.1.1	Gestione dei residui vegetali	18
5.1.2	Gestione delle terre	20
5.2	Ripristini e sistemazioni finali	20
5.2.1	Inerbimenti.....	20
5.2.2	Ripristino di scarpate e sponde fluviali.....	20
5.2.3	Rimboschimenti.....	20
5.3	Manutenzioni impianti	21
5.4	Contenimento delle specie invasive	22
5.4.1	Interventi di contenimento delle specie esotiche	22
5.4.2	Piano di monitoraggio.....	22
6	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE <i>POST OPERAM</i>	23
7	METODOLOGIE DI INDAGINE.....	25
7.1	Indice di Funzionalità Fluviale – IFF	25
7.2	Indice di Qualità Morfologica di Monitoraggio (IQM)	27
7.3	Misure di portata mediante metodo correntometrico	29
7.4	Monitoraggio della qualità chimico-fisica delle acque.....	32
7.4.1	Misurazioni in campo.....	32
7.4.2	Prelievo del campione di acqua e analisi chimico-fisiche e microbiologiche delle acque	33
7.5	Monitoraggio della qualità biologica mediante i macroinvertebrati	35
8	BIBLIOGRAFIA.....	40

Officine Lorenzina S.r.l.	Impianto Idroelettrico "Officine Lorenzina" sul rio Arsa (Pieve Vergone – VB)	Integrazioni post CdS del 26/01/2022	pag. 4 (Set-22)
------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------

1 PREMESSA

Il rio Arsa, in comune di Pieve Vergonte (VB), è interessato da un progetto di derivazione ad uso idroelettrico da parte della ditta Officine Lorenzina Srl. L'impianto che si intende realizzare è del tipo ad acqua fluente, senza capacità di accumulo e interesserà la porzione terminale del torrente tra la quota 256 m s.l.m., dove è previsto il punto di presa e la quota 215 m s.l.m. dove è prevista la restituzione, che avverrà direttamente nel Fiume Toce, in adiacenza alla foce del Rio Arsa.

Nell'ambito della seconda conferenza di servizi del 26/01/2022 sono state richieste le seguenti integrazioni:

- Predisporre un piano di contenimento per la gestione e rimozione delle essenze alloctone invasive tenendo conto in particolare delle "Linee Guida per la gestione e controllo delle specie esotiche vegetali nell'ambito di cantieri con movimenti terra e interventi di recupero e ripristino ambientale", approvate con D.G.R. 33-5174 del 12/06/2017;
- Predisporre una proposta di piano di monitoraggio *post operam* le cui modalità di intervento dovranno essere definite in base a quanto riportato nelle schede monografiche regionali in cui sono descritte le più idonee modalità d'intervento per le diverse specie (D.G.R. n. 23-2975 del 29 febbraio 2016);
- Predisporre un monitoraggio ambientale *post operam* degli effetti della derivazione secondo quanto previsto dalle Linee Guida cui la D.G.R. n. 28-1194 del 16/03/2015;
- Giustificare l'assenza della scala di risalita per i pesci.

Il presente documento ricomprende quanto sopra richiesto e risulta così strutturato:

- Inquadramento area di studio;
 - Sintesi dell'intervento;
 - Indagine conoscitiva;
 - Gestione delle specie esotiche;
 - Piano di monitoraggio ambientale *post operam*;
 - Metodologie.
-

2 AREA DI STUDIO

Il Rio Arsa è un affluente di destra del F. Toce, che scorre interamente nel Comune di Pieve Vergonte; nasce a circa 1700 m s.l.m. di quota e confluisce nel F. Toce a circa 200 m s.l.m., dopo un percorso piuttosto scosceso lungo 7 km. Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po, come rappresentato nella mappa riportata di seguito, individua un solo corpo idrico sul Rio Arsa.

Il tratto interessato dal presente progetto di derivazione è situato nella porzione terminale del torrente e costituisce il 16,8% dell'intera asta.

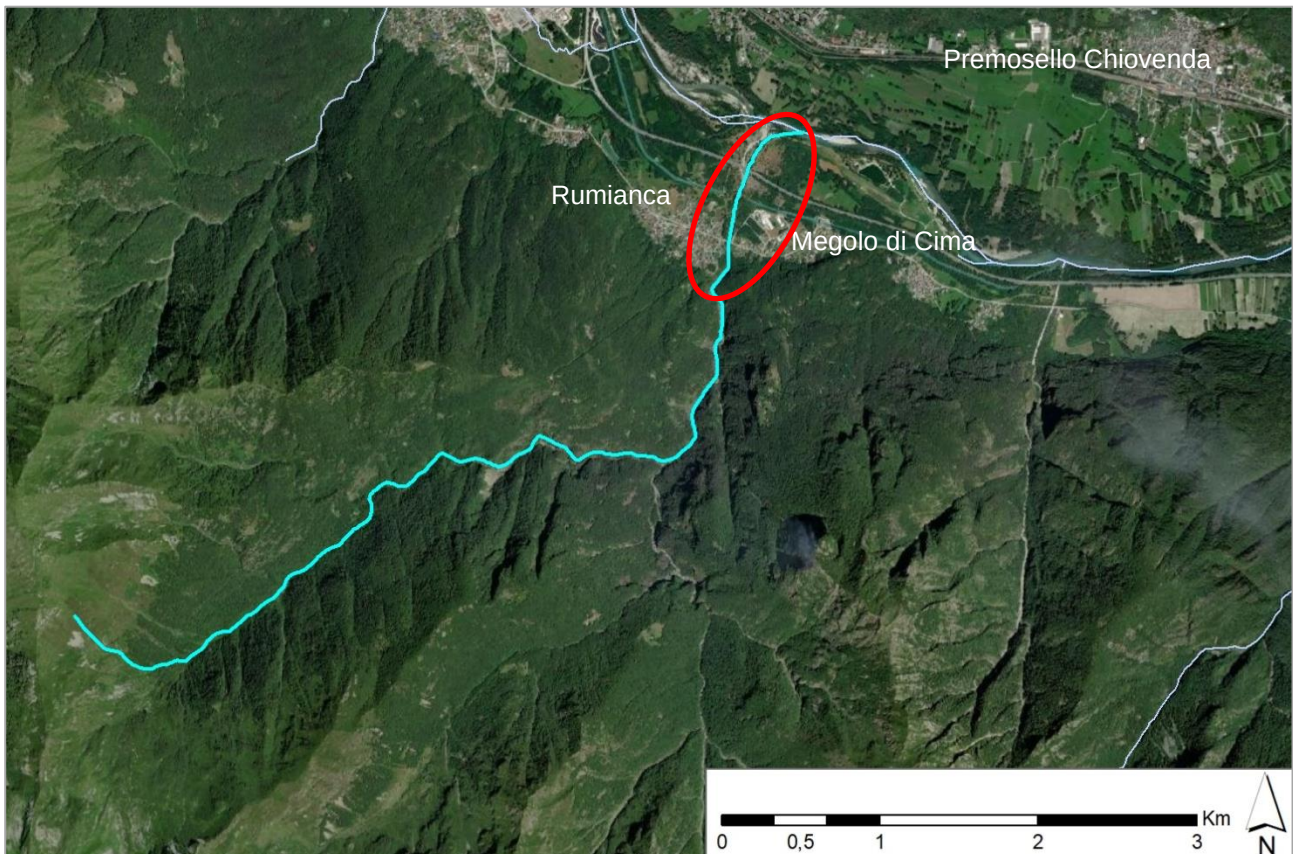


Figura 2.1: Rio Arsa, in rosso il tratto interessato dall'impianto

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche, aggiornate in base alla versione 2021 del citato PdG, del corpo idrico sopra indicato.

Tabella 2-1. identificazione corpi idrici

Nome PdG	Rio Arsa
ID corpo idrico	IT0101SS1N025PI
Descrizione	Dalle sorgenti alla confluenza con il F. Toce
Lunghezza (km)	7,0
Tipologia associata	01SS1N
Natura corpo idrico	Naturale
Stato ecologico	Buono
Stato chimico	Buono
Obiettivo chimico	Buono al 2015
Obiettivo ecologico	Buono al 2015

Emerge quindi che il corpo idrico è classificato come BUONO.

Il punto di presa è previsto a quota 256 m s.l.m., mentre la restituzione avverrà direttamente nel Fiume Toce, in adiacenza alla foce del Rio Arsa, a quota 215 m s.l.m.



Figura 2.2: localizzazione impianto

Nel tratto derivato il torrente attraversa l'abitato di Rumianca, viene attraversato dalla Strada Provinciale n°161 e dalla SS n°33 del Sempione, viene inoltre sottopassato dal canale idroelettrico della società Tessenderlo (mediante galleria).

Il tratto sotteso all'opera in progetto è inoltre caratterizzato da diverse forme di alterazione morfologica, con presenza diffusa di opere trasversali (briglie) e massicciate di contenimento longitudinali, anche cementate.

Il bacino imbrifero del Rio Arsa sotteso dall'opera di presa si trova invece in condizioni di elevata naturalità, con copertura forestale di latifoglie, conifere e prateria alpina; la presenza antropica è molto modesta, con rari alpeggi e baite. Su questo bacino insistono altri impianti idroelettrici.

Tabella 2.2: caratteristiche del Rio Arsa e del tratto oggetto di derivazione

Parametro	Rio Arsa	Tratto derivato
Lunghezza (m)	7186	1210
Quota iniziale (m s.l.m.)	1750	256
Quota finale (m s.l.m.)	215	215
Dislivello (m)	1540	41
Pendenza (%)	21.4	3.38

3 SINTESI DELL'INTERVENTO

3.1 Localizzazione

L'area di intervento si colloca in comune di Pieve Vergonte (VB), località Rumianca, lungo tratto finale del torrente Arsa. Gli interventi sono compresi tra una quota di 256 m s.l.m., in corrispondenza dell'opera di presa in apice di conoide, e 214 m s.l.m. nel punto di restituzione all'interno del fiume Toce.

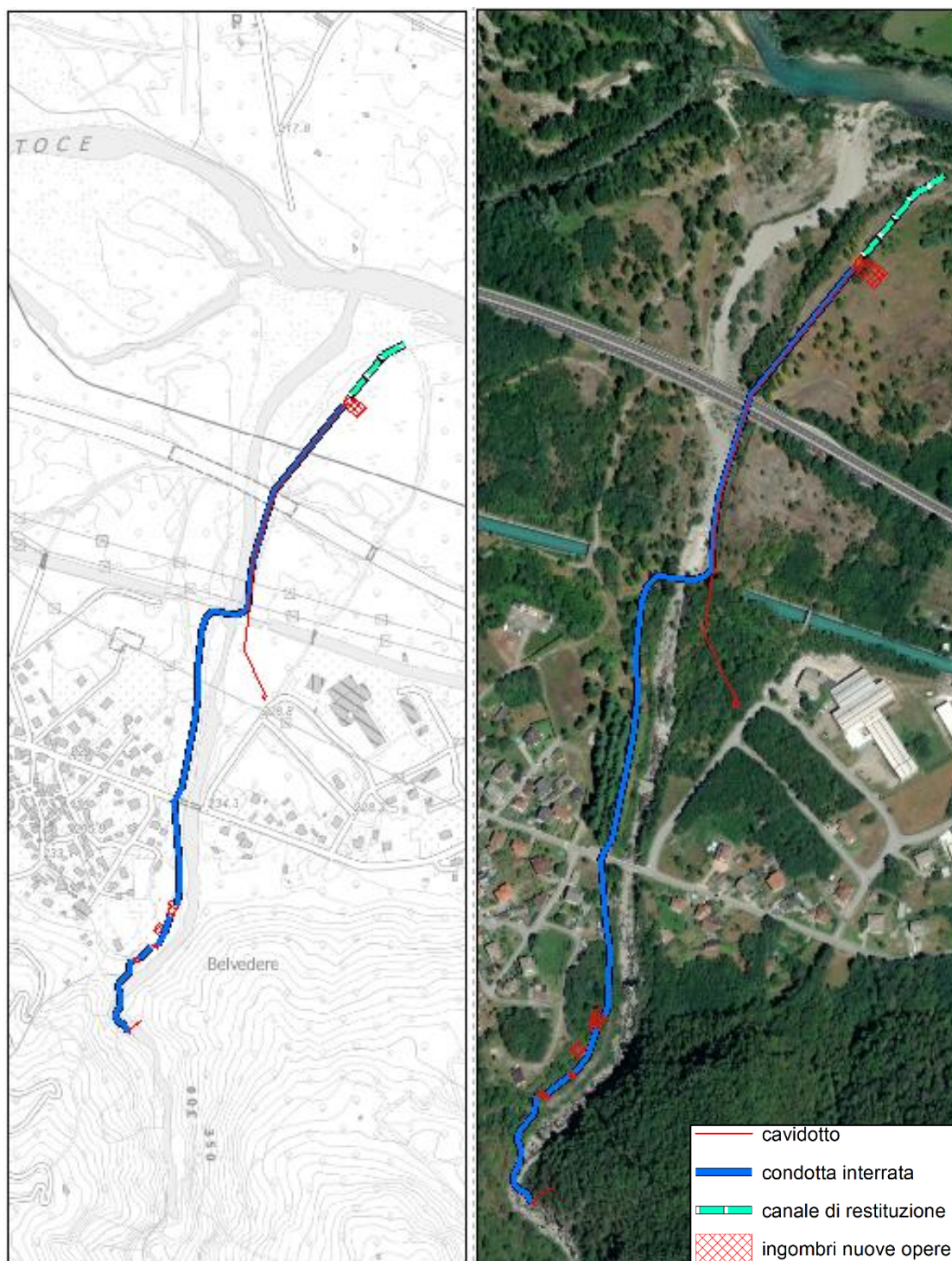


Figura 3.1: estratto CTR e foto aerea delle aree di intervento

3.2 Interventi ed aree di cantiere

Gli interventi sono così sintetizzabili:

- Aree a monte dell'attraversamento di via Roma: in questo settore è prevista la realizzazione dell'opera di presa, poco a monte dell'apice di conoide, e la posa di una condotta forzata di diametro DN 900 mm. La condotta sarà posizionata in sinistra idrografica, a tergo delle difese spondali esistenti, ad una profondità variabile mediamente compresa tra 1,3m ed 1,5m di profondità da piano campagna. In generale per il posizionamento della condotta non sarà necessario intervenire sulle difese spondali esistenti.
In questo verranno realizzate anche alcune opere di intercettazione di due canali di restituzione esistenti derivanti da due centrali in esercizio.

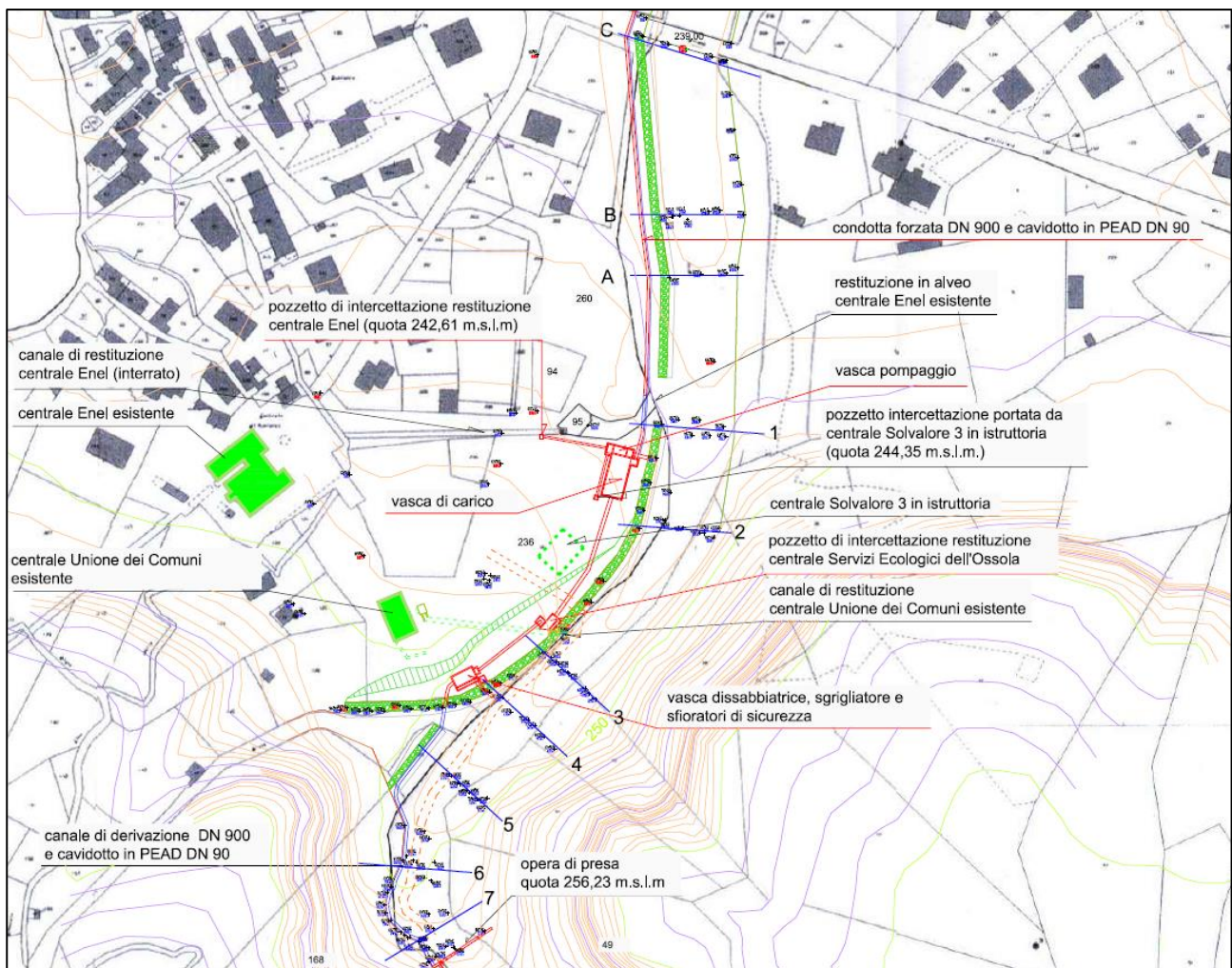


Figura 3.2: estratto della planimetria di progetto dell'area a monte dell'attraversamento di via Roma

-

Figura 3.3: estratto della planimetria di progetto dell'area compresa tra l'attraversamento di via Roma ed il canale artificiale del Fiume Toce

- Aree tra il canale artificiale del Fiume Toce e la SS 33: in questo settore la condotta si mantiene in destra idrografica alle spalle delle difese spondali esistenti. Il fondo di scorrimento è posto ad una quota variabile tra 1,4 e 1,9 m da piano campagna. Anche in questo caso la posa non comporterà interessamento delle difese spondali.

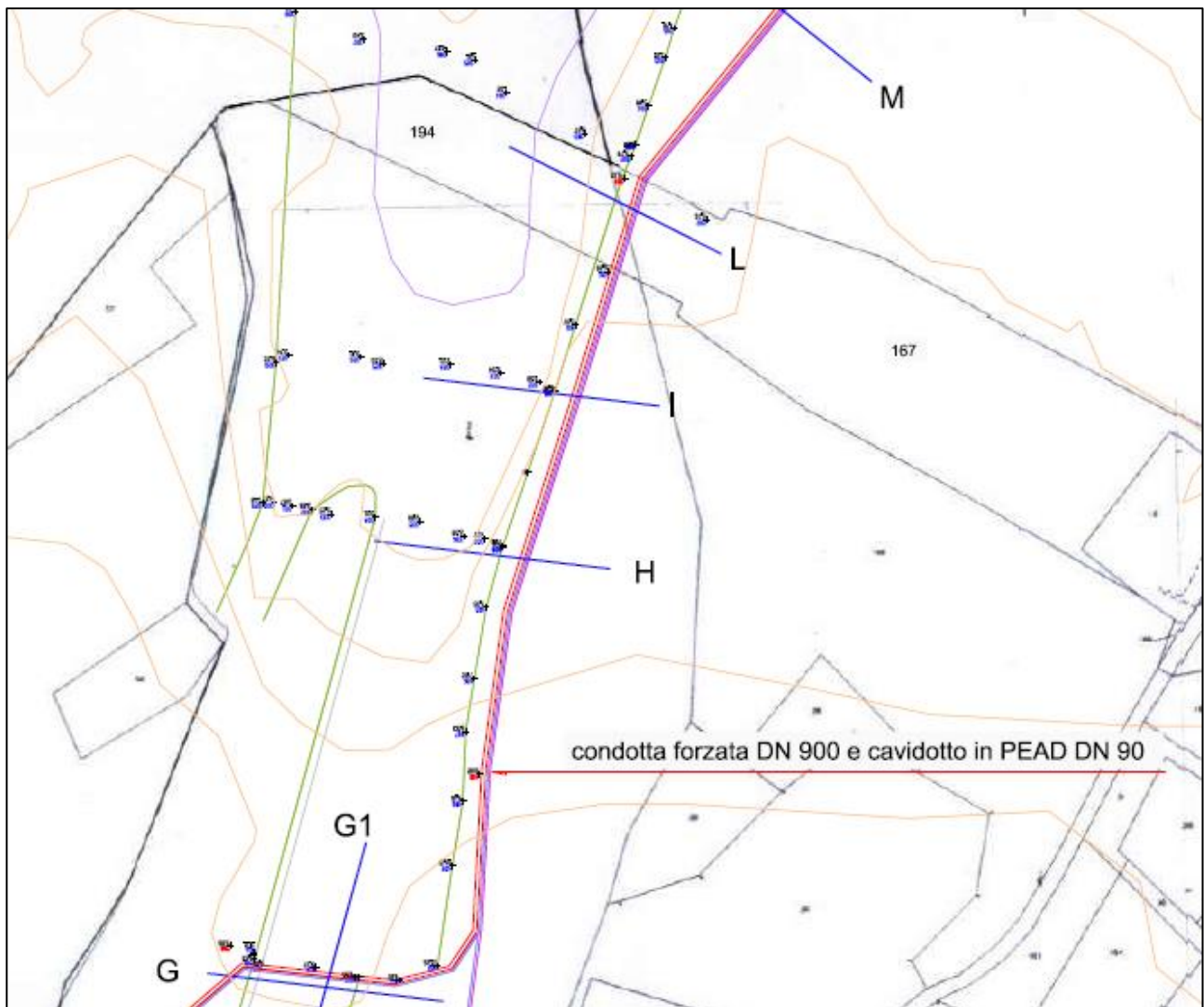


Figura 3.4: estratto della planimetria di progetto dell'area compresa tra l'attraversamento di via Roma e la S.S. 33

- Aree a valle della S.S.33: in questo settore la condotta si distacca dall'alveo del torrente Arsa fino a raggiungere l'edificio della nuova centrale elettrica. Lo scorrimento rimane abbastanza superficiale con una profondità attorno a 1,4 m da piano campagna. A valle della centrale verrà realizzato il canale di restituzione che riporterà le acque all'interno del fiume Toce.

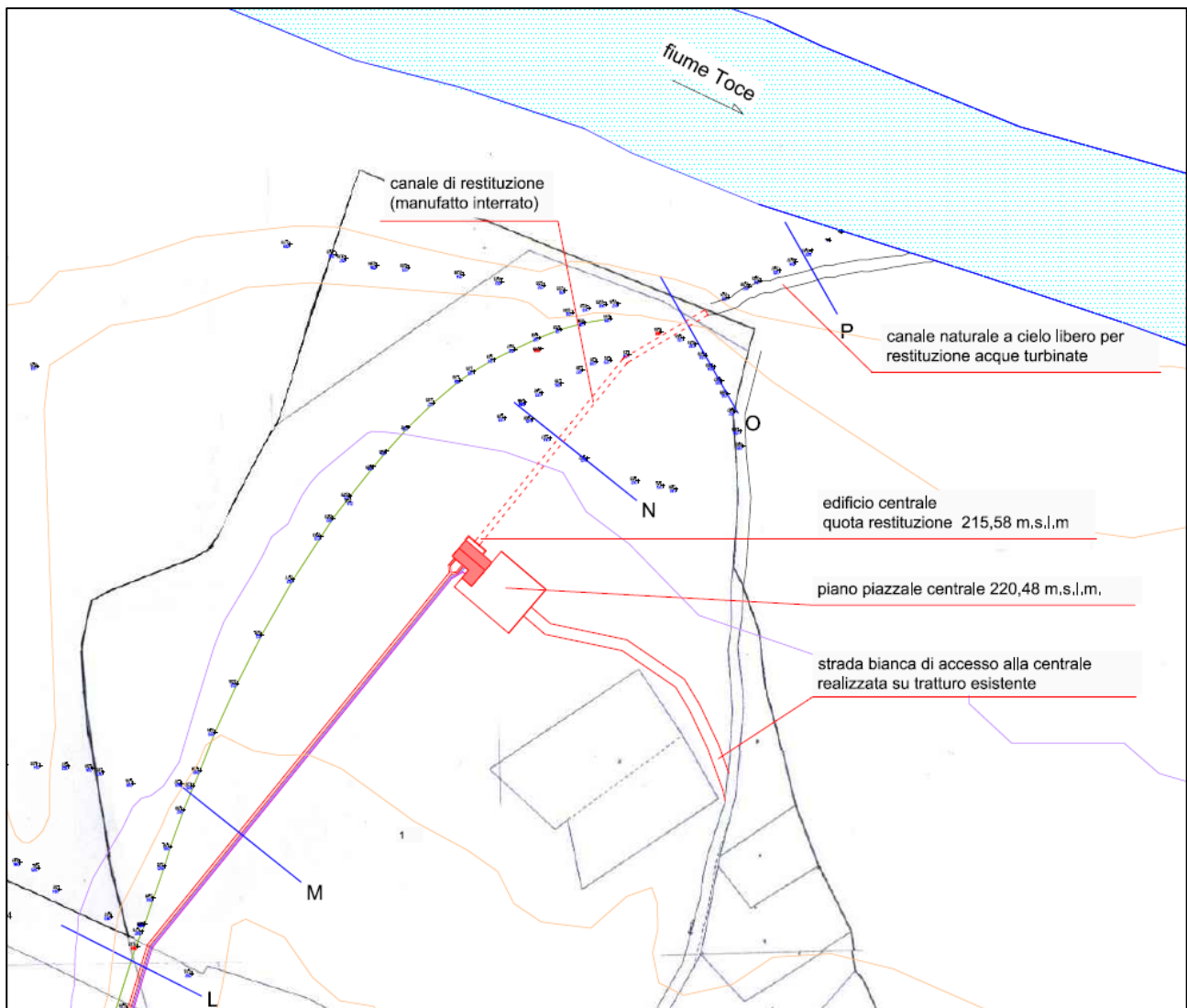


Figura 3.5: estratto della planimetria di progetto dell'area a valle della S.S. 33

- Aree di cantiere: le piste e gli accessi di cantiere coincideranno in buona parte con il percorso per la posa della condotta. Si prevede inoltre di utilizzare alcune percorrenze a fondo naturale esistenti. Come aree di cantiere vere e proprie sono previsti quattro settori:
 - uno in corrispondenza dell'opera di presa;
 - uno in corrispondenza delle intersezioni dei canali di restituzione delle centrali esistenti;
 - uno in corrispondenza della nuova centrale;
 - uno lungo la strada di accesso alla Mectoce S.r.l.

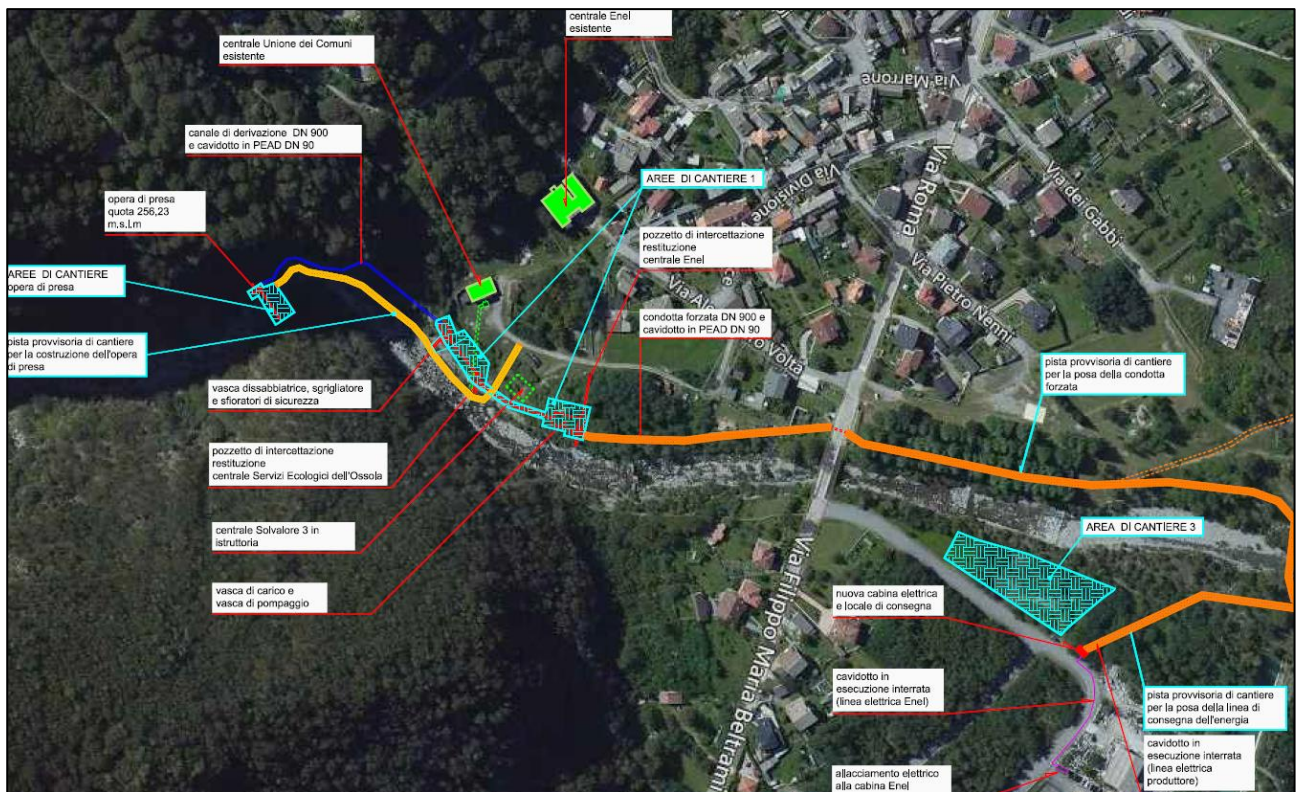


Figura 3.6: estratto planimetria di cantiere parte di monte

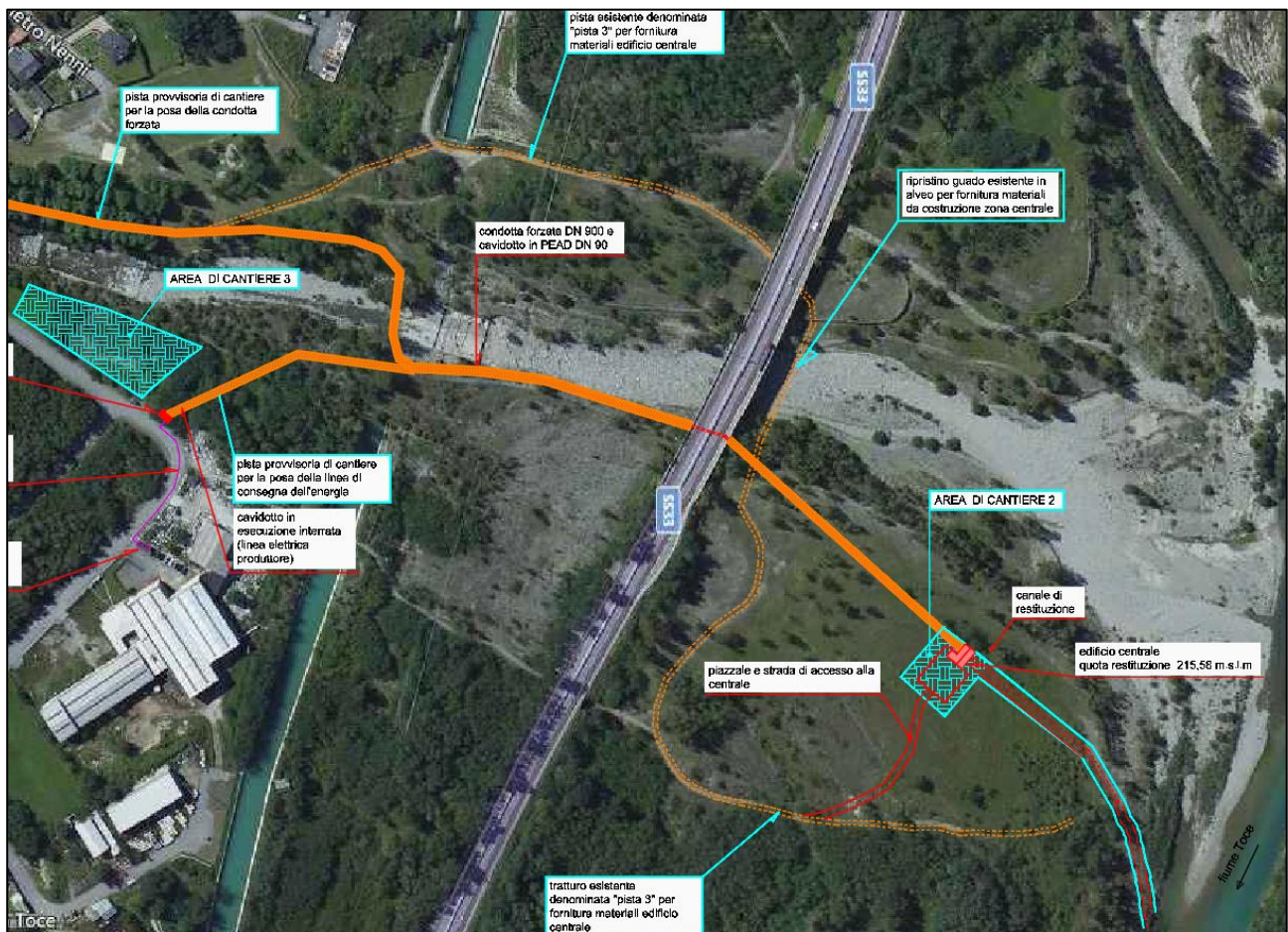


Figura 3.7: estratto planimetria di cantiere parte di valle

3.3 Necessità della realizzazione di una scala di risalita per pesci

Il progetto non prevede la realizzazione di una scala di risalita in quanto, considerando le caratteristiche del corso d'acqua, non si ritiene che tale soluzione possa garantire la percorribilità del Rio Arsa e il collegamento con il F. Toce.

Il tratto a monte della presa è caratterizzato da tratti ad elevata pendenza e affioramenti rocciosi che rendono particolarmente difficoltosa la risalita della fauna ittica. Il tratto poco a valle dell'opera di presa, di cui si riportano di seguito alcune immagini, è caratterizzato da fenomeni di infiltrazione che portano secca totale del tratto terminale; inoltre la risalita della fauna ittica dal Fiume Toce è impedita dalla discontinuità invalicabile costituita dal sottopasso del Canale Tessenderlo.



Figura 3.8: tratto terminale del Rio Arsa in asciutta (sopra) e sottopasso del Canale Tessenderlo (sotto)

4 INDAGINE CONOSCITIVA

4.1 Inquadramento vegetazionale

L'area dal punto di vista vegetazionale si colloca in un contesto fortemente antropizzato. Ampiamente prevalenti nel fondovalle sono infatti i Robinieti che son andati a colonizzare nel tempo buona parte delle aree agricole abbandonate. Si tratta di formazioni gestite a ceduo oppure non gestite, in cui la specie principale risulta essere nettamente prevalente.

Lungo i versanti montuosi dominano invece i castagneti, rappresentati da cedui invecchiati. Anche in questo caso la specie principale risulta essere ampiamente dominante.

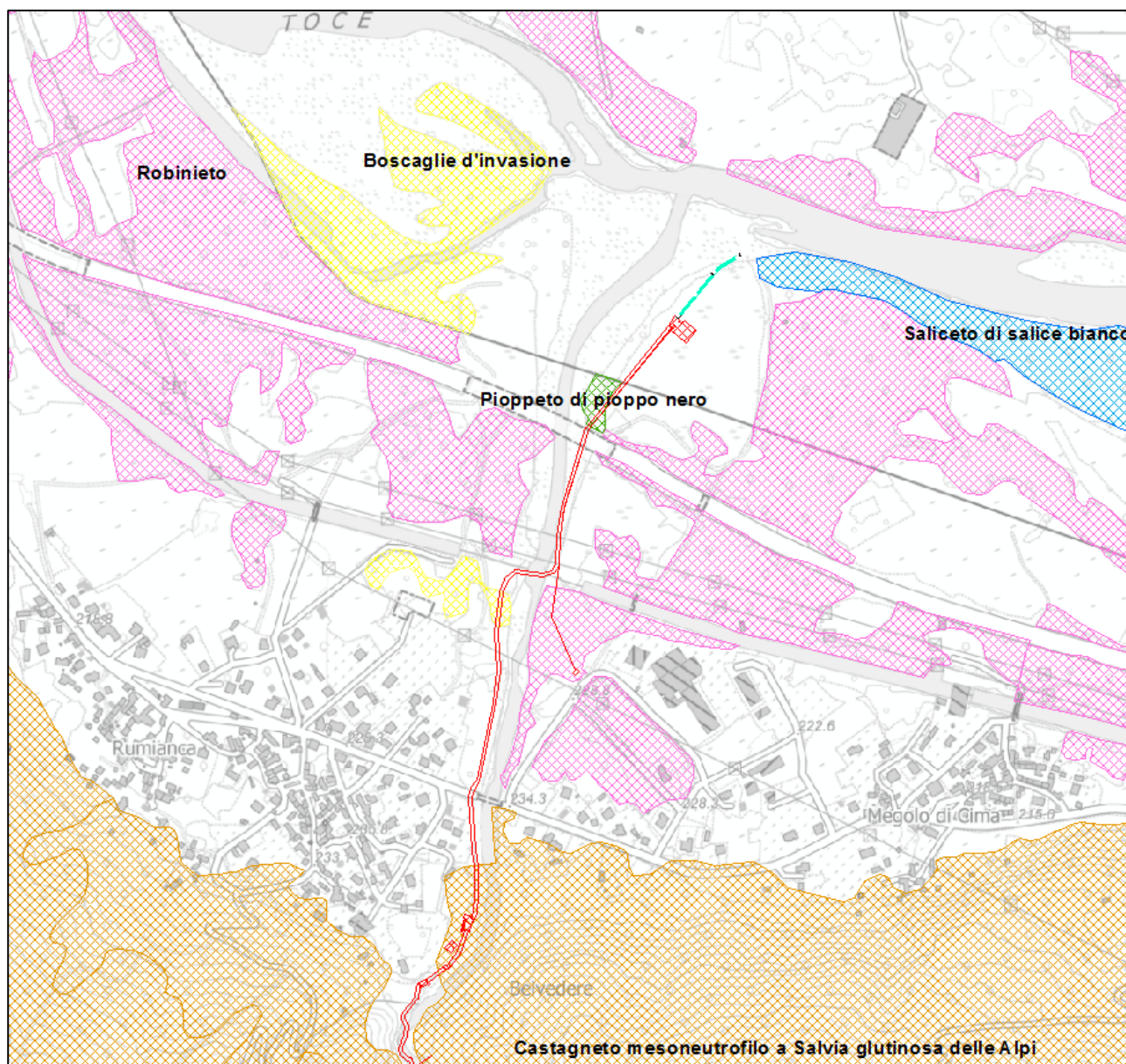


Figura 4.1: rappresentazione cartografica dei tipi forestali come derivanti dagli shapefile del Piano Forestale Territoriale (PFT)

4.2 Distribuzione specie alloctone

Con riferimento all'allegato A della Deliberazione della Giunta Regionale 12 giugno 2017, n. 33-5174, oltre alla già citata Robinia (*Robinia pseudoacacia*) si è riscontrata la presenza di altre specie esotiche invasive. I tratti maggiormente interessati dalla presenza di specie alloctone sono quello centrale e superiore mentre il tratto terminale del torrente vede la prevalenza di specie autoctone quali Pioppo tremolo, Pioppo nero e Salice bianco.

In particolare rilevante e diffusa è la presenza di *Buddleja davidii*, presente sia all'interno dei popolamenti arborei che lungo le sponde del corso d'acqua. Significativa anche se più localizzata è invece la presenza di *Ailantus* altissima rinvenibile sia come pianta adulta che in rinnovazione nel settore di imbocco del canale artificiale del fiume Toce.

In sinistra idrografica è poi presente un impianto artificiale adulto di Pino strobo. Tale specie risulta anche sporadicamente in rinnovazione lungo le sponde fluviali prossime all'impianto.

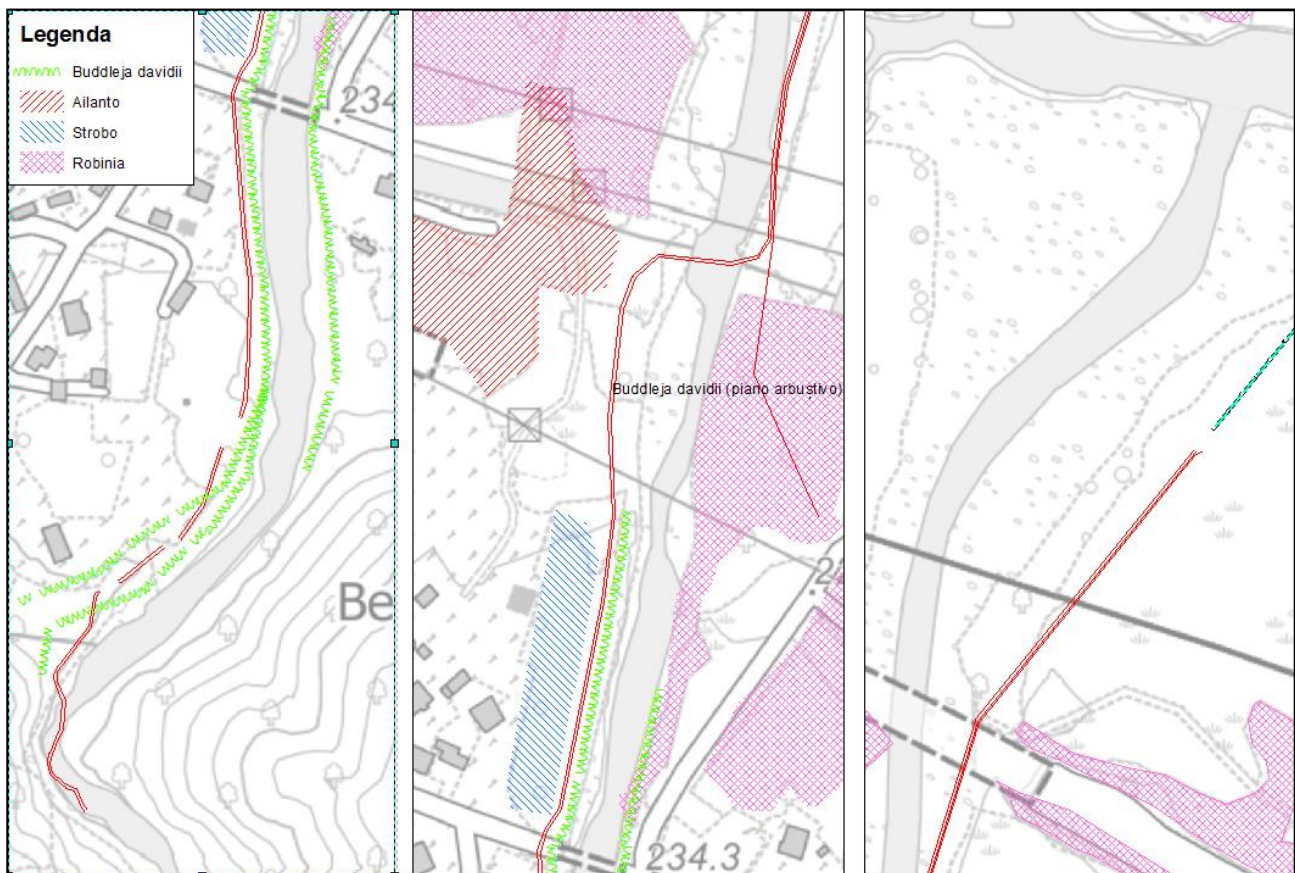


Figura 4.2: distribuzione delle specie esotiche nell'intorno dell'area di intervento

4.3 Caratteristiche delle specie da contenere

Di seguito si riporta una breve sintesi delle principali caratteristiche ecologiche delle specie oggetto di contenimento, soprattutto in funzione degli interventi manutentivi da attuarsi.

4.3.1 Robinia (*Robinia pseudoacacia*)



Specie arborea alloctona a rapido accrescimento ampiamente diffusa nella regione padana. Favorita da suoli ricchi e fertili, meno vigorosa su suoli poveri con elevata pietrosità. Soffre la copertura soprattutto in fase di rinnovazione.

Capacità pollonifera molto elevata sia per polloni da ceppaia che radicali.

Invecchiamento precoce soprattutto in condizioni di elevata densità.

Per il contenimento è preferibile fare morire le piante in piedi, anche naturalmente. Nel medio periodo nel Robinieto, se non trattato a ceduo, subentrano specie diverse. Risulta importante quindi favorire un processo naturale di sostituzione evitando la ceduazione di soggetti vitali o la creazione di spazi aperti in aree con presenza di Robinia.

Per accelerare il deperimento naturale è possibile ricorrere alla cercinatura con asportazione di una fascia corticale e sottocorticale di circa 15 cm e asportando periodicamente le gemme avventizie.

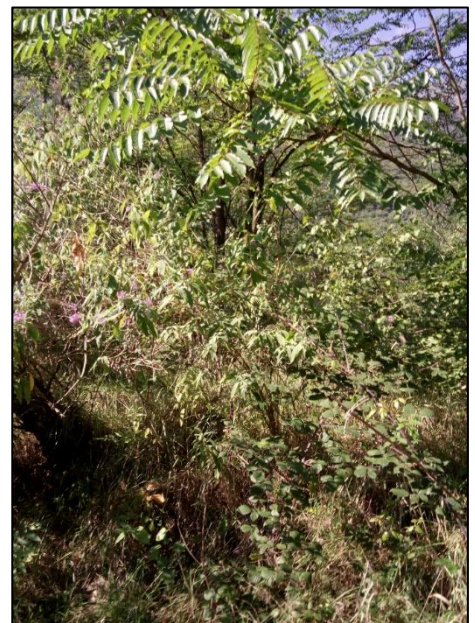
La presenza nell'area di cantiere e nell'immediato intorno è piuttosto marginale con individui stentati. Presumibilmente la specie si trova in difficoltà nello specifico ambiente locale.

4.4 Ailanto

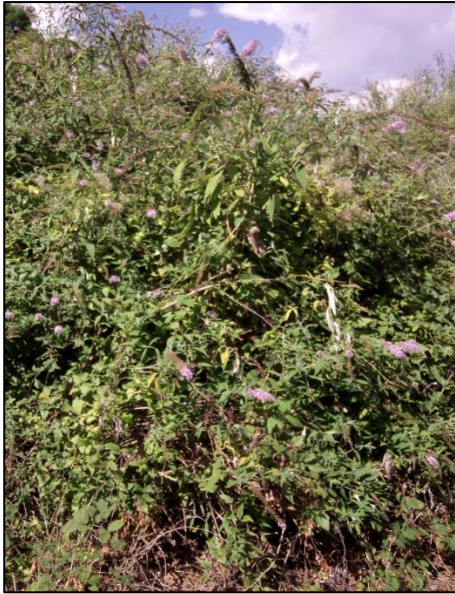
Presente soprattutto in habitat ruderali e incolti, in boscaglie, lungo gli argini e alvei fluviali, sui margini stradali e ferroviari, interspazi urbani, muri, cortili e sugli edifici abbandonati. La fioritura avviene tra giugno e luglio. I frutti vengono dispersi dal vento anche a lunga distanza. Si rigenera vegetativamente mediante la produzione di polloni. Albero legato soprattutto a formazioni arbustive degradate e più in generale alle formazioni forestali, non necessariamente su suoli ben drenati, ma comunque non asfittici.

Il contenimento è soprattutto preventivo cercando di limitare le situazioni favorevoli all'insediamento della specie ed estirpando le giovani piantine. Una volta insediatosi è possibile procedere con cercinatura. Essendo più longevo della Robinia e con tendenza a formare popolamenti oligospecifici duraturi la sostituzione naturale diventa una pratica poco percorribile.

La presenza nell'area di cantiere e nell'immediato intorno è attualmente limitata. L'intervento di movimentazione del terreno può favorire una maggiore diffusione della specie.



4.5 Buddleja davidii



Pianta pioniera, rustica, che si adatta molto bene a ogni tipo di suolo, anche se preferisce quelli calcarei; non teme il gelo. Ha un accrescimento rapido e produce un'abbondante quantità di semi (fino a 3 milioni per pianta) che vengono trasportati dal vento per lunghe distanze.

A livello preventivo è opportuno favorire la copertura del suolo sia con specie competitive sia con specie arboree. Quando presente procedere con estirpazione e/o decespugliamento frequente che ne impedisca la disseminazione.

5 GESTIONE DELLE SPECIE ESOTICHE

Di seguito si riportano le indicazioni operative per le diverse fasi di realizzazione dell'opera in accordo con quanto contenuto nell'allegato B della Deliberazione della Giunta Regionale 12 giugno 2017, n. 33-5174.

5.1 Fase realizzativa

5.1.1 Gestione dei residui vegetali

I residui vegetali conseguenti al taglio ed alla ripulitura delle aree necessari per l'impianto del cantiere. In particolare saranno interessate le aree per l'apertura della sezione di scavo della condotta, per la predisposizione delle aree di cantiere e le aree prospicienti la viabilità di cantiere.

In fase realizzativa si dovrà provvedere oltre che al taglio della vegetazione strettamente ricadente sulle aree di intervento anche alla ripulitura della fascia più prossima qualora si riscontri la presenza di specie alloctone. Tale operazione, oltre a favorire l'esecuzione delle opere, rallenterà la ricolonizzazione delle aree al termine dei lavori favorendo le specie autoctone che verranno utilizzati per i ripristini.

Di seguito si riportano alcune situazioni esemplificative:



Figura 5.1: estirpazione dei soggetti di Ailanto bordo strada di cantiere (Foto 1)



Figura 5.2: esempio situazione tipo con scavi prossimi ad aree con esotiche invasive (Foto 2)



Figura 5.3: esempio situazione tipo con scavi prossimi ad aree con esotiche invasive (Foto 3)

I residui andranno in sintesi così gestiti:

- Materiale vegetale legnoso di diametro indicativamente superiore a 3 cm: il materiale andrà destinato alla filiera del legno in particolare a quella energetica con produzione di cippato o legna da ardere. Le operazioni di cippatura dovranno essere eseguite in aree ben delimitate non raggiungibili dalle acque del torrente che potrebbe trasportare più a valle parti di materiale vegetale.
- Materiale vegetale di piccolo diametro ed erbaceo: tale materiale andrà preferibilmente raccolto e conferito ad impianti di compostaggio industriali che garantiscano il rispetto dei parametri stabiliti dal Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998, che prevede che il processo di trasformazione biologica aerobica delle matrici debba passare attraverso uno stadio termofilo (temperatura del/dei cumulo/i mantenuta per almeno tre giorni oltre i 55°C), che porta alla stabilizzazione ed umificazione della sostanza organica e quindi alla completa decomposizione dei semi e di tutte le componenti vegetali.

Si dovrà in ogni caso evitare che residui vegetali vengano accumulati in aree dilavabili dalle acque del torrente Arsa.

5.1.2 Gestione delle terre

Si dovranno preferibilmente evitare accumuli di terreno o creazioni di cumuli di durata superiore al mese. Qualora per necessità operative la durata di permanenza del materiale si protraesse per tempi maggiori sarà necessario procedere ad inerbimento con miscugli composti da specie a rapido insediamento, in grado di coprire velocemente le superfici trattate (ad esempio *Lolium spp.*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*). Sarà quindi preferibili procedere per tratti omogenei da completare sequenzialmente e ripristinare nel più breve tempo possibile al termine delle operazioni.

Per quanto riguarda la possibilità di riutilizzo delle terre al di fuori delle aree di cantiere ciò potrà essere ammesso nel rispetto della normativa vigente tenendo in considerazione la possibilità di presenza di sementi o parti verdi di specie esotiche. Tale elemento è maggiormente significativo per gli strati superficiali, mediamente attorno ai 50 cm, mentre è meno rilevante per gli scavi profondi.

5.2 Ripristini e sistemazioni finali

5.2.1 Inerbimenti

Alla dismissione del cantiere, anche parziale, le aree dovranno nude e le aree oggetto di intervento con fondo naturale dovranno essere prontamente inerbite con una vegetazione erbacea costituita dal giusto equilibrio di graminoidi (Poaceae, Cyperaceae e Juncaceae) e dicotiledoni erbacee. Si dovrà provvedere a tutte le operazioni colturali pre e post semina per garantire la corretta ed omogenea affermazione del cotico erboso. In particolare si dovrà prevedere una lavorazione del terreno per rompere eventuali croste derivanti dal compattamento del terreno derivante dalla presenza del cantiere. Si dovrà procedere poi ad una regolarizzazione delle superfici con aggiunta di terreno organico superficiale. La semina dovrà essere eseguita con la tecnica dell'idrosemina con aggiunta di concimi e fitoregolatori. Successivamente alla posa, in caso di stagione secca, si procederà all'irrigazione delle aree nelle prime settimane dopo la semina.

Il miscuglio di specie da utilizzarsi per gli inerbimenti dovrà essere composto da specie autoctone locali precedentemente selezionate.

5.2.2 Ripristino di scarpate e sponde fluviali

Lungo le scarpate e le sponde fluviali oggetto di intervento, laddove non si costituisca ostacolo al deflusso delle acque o non venga impedito il passaggio per la manutenzione delle opere, si procederà alla posa di talee di Salice al fine di contrastare il reinsediamento delle specie esotiche invasive. Le specie di salice da utilizzarsi dovranno essere autoctone ed ecologicamente compatibili con l'ambiente locale.

5.2.3 Rimboschimenti

I rimboschimenti saranno localizzati nelle superfici forestali classificabili bosco ai sensi della normativa vigente di cui è previsto il disboscamento in fase realizzativa. Tali superfici ammontano a circa 3.680 m².

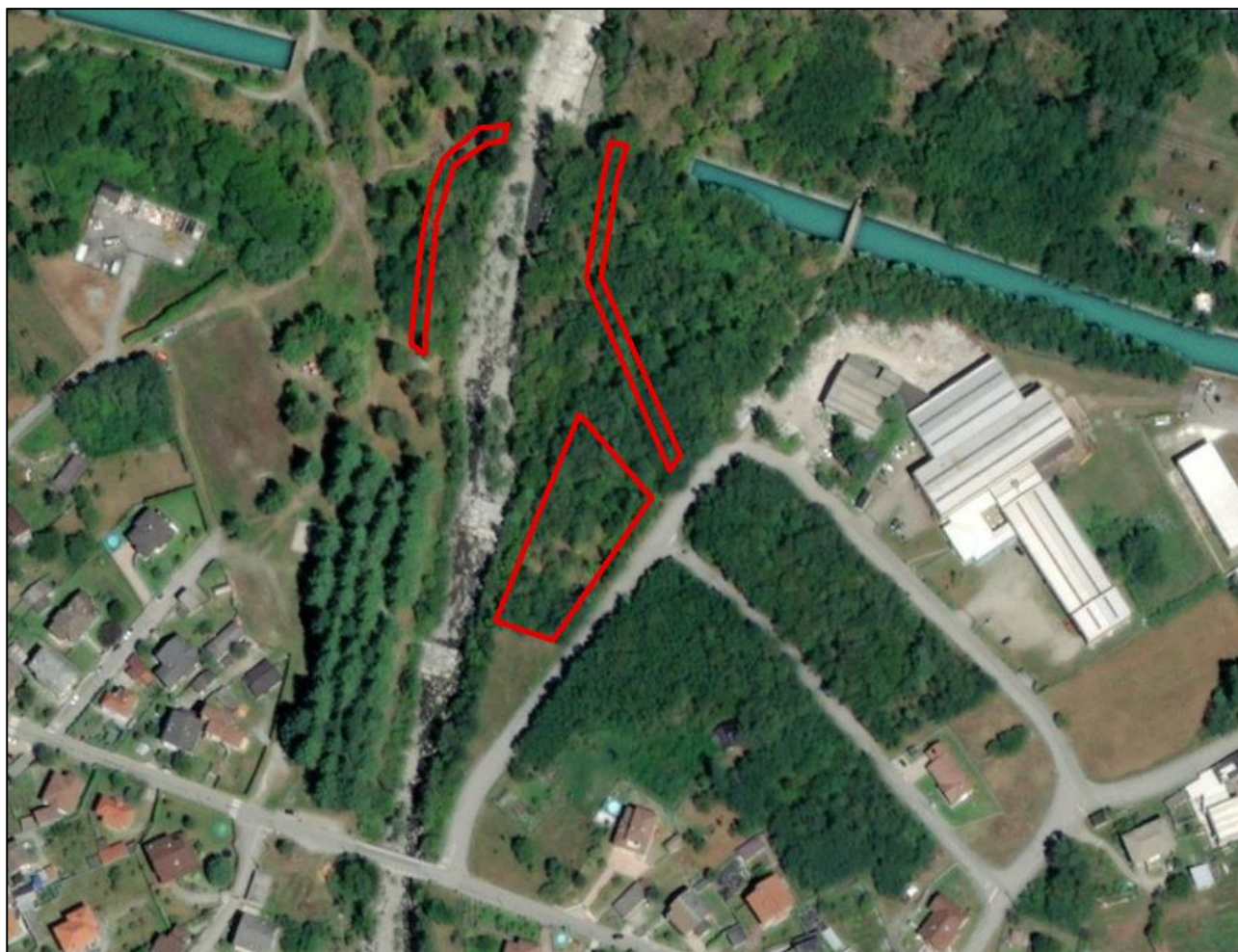


Figura 5.4: aree boscate interessate dagli interventi

Fatto salvo la stagione favorevole alla posa si dovrà inoltre porre a dimora nel più breve tempo possibile anche il materiale vegetale arboreo arbustivo previsto. Per l'esecuzione dei rimboschimenti si dovrà utilizzare un corredo floristico di specie autoctone ecologicamente compatibili con l'ambiente circostante. Tutto il materiale vegetale dovrà essere certificato ai sensi della normativa vigente.

5.3 Manutenzioni impianti

Sfalci: le aree prative, le bordure ed i margini stradali andranno sfalciati con una frequenza minima di 5 volte anno per un periodo di almeno xx anni dal termine delle lavorazioni.

Sostituzione delle fallanze: le piante arboreo arbustive deperienti o morte andranno sostituite alla prima stagione utile favorevole.

Trasemine: su porzioni di terreno inerbite con cotico erboso stentato, si dovrà procedere ad una trasemina con lavorazione superficiale localizzata e distribuzione di ulteriore semente di specie autoctone ecologicamente compatibili. Stessa operazione dovrà essere condotta laddove sarà necessario procedere ad estirpazione di specie alloctone insediatesi successivamente alla conclusione dei lavori.

5.4 Contenimento delle specie invasive

5.4.1 Interventi di contenimento delle specie esotiche

Gli interventi di contenimento delle specie es, da attuarsi per almeno un quinquennio, sono definiti secondo i successivi interventi:

- Estirpazioni manuali (E.M.): estirpazione con strumenti manuali di giovani soggetti preventivamente individuati.
- Cercinatura (C): rimozione della corteccia e dello strato cambiale per una fascia di 15-20 cm su soggetti arborei eventualmente identificati all'interno dell'area di diametro superiore agli 8 cm.

Tabella 5-1: ripartizione temporale degli interventi di contenimento

	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
Robinia	C	C		E.M.	E.M.	E.M.
Ailanto	C	C		E.M.	E.M.	E.M.
Buddelja		E.M.		E.M.		

Il materiale vegetale rimosso andrà allontanato e conferito, previa completa devitalizzazione, a sito idoneo.

5.4.2 Piano di monitoraggio

Preventivamente ad ogni intervento di manutenzione andrà effettuata una ricognizione delle aree per l'individuazione dei soggetti o delle zone oggetto di specifica attività di contenimento delle specie esotiche invasive. Di questi andrà effettuato un report numerale con identificazione sommaria dell'area di diffusione delle specie esotiche.

Di ogni intervento manutentivo andrà poi effettuata specifica documentazione fotografica del pre e post intervento.

6 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE *POST OPERAM*

Il PMA PO avrà una durata triennale e prevede le seguenti attività con le relative frequenze di indagine:

- Misure di portata da effettuarsi stagionalmente in 4 differenti campagne di monitoraggio per ogni anno di indagine.
- Prelievo e analisi di campioni di acqua con applicazione dell'indice LIMeco da effettuarsi stagionalmente in 4 differenti campagne di monitoraggio per ogni anno di indagine. Il set analitico prevede i seguenti parametri:
 - BOD₅;
 - COD;
 - Azoto nitrico;
 - Azoto ammoniacale;
 - Azoto totale;
 - Fosforo totale;
 - *E.coli*.
- Composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici con applicazione dell'indice STAR_ICMi stagionalmente in 3 differenti campagne di monitoraggio per ogni anno di indagine.
- Valutazione della funzionalità fluviale (indice IFF) da effettuarsi una sola volta nell'ultimo anno di indagine.
- Valutazione dello stato idromorfologico (indice IQMm) del corso d'acqua da effettuarsi una sola volta nell'ultimo anno di indagine.

Per quanto riguarda le componenti biotiche, le indagini di campo sono riferite alla sola fauna macrobentonica, considerando quanto già osservato in precedenza per le altre componenti previste dalle Linee Guida e così riassunto:

- l'interruzione dell'habitat fluviale poco a valle dell'opera di presa, a causa dei periodi di secca che caratterizzano questo torrente, rendono lo studio della fauna ittica, relativamente al tratto derivato, poco utile. Il popolamento ittico, probabilmente presente anche per risalita dal Fiume Toce nei periodi di piena, non è infatti stabile a causa delle caratteristiche estreme del regime idrologico del Rio Arsa. Inoltre la risalita dal F. Toce può avvenire al massimo fino al sottopasso del Canale Tessengerlo, che costituisce una discontinuità invalicabile.
 - l'ambiente in questione non si presta ad una colonizzazione significativa da parte delle macrofite acquatiche.
-



Figura 6.1: sottopasso del Canale Tessenderlo a sx e tratto derivato a dx

In relazione alle indagini pregresse effettuate le stazioni di monitoraggio saranno 2, posizionate come segue:

- Una poco a monte dell'opera di presa (ARS1).
- Una poco a valle dell'opera di presa, nel tratto derivato (ARS2).

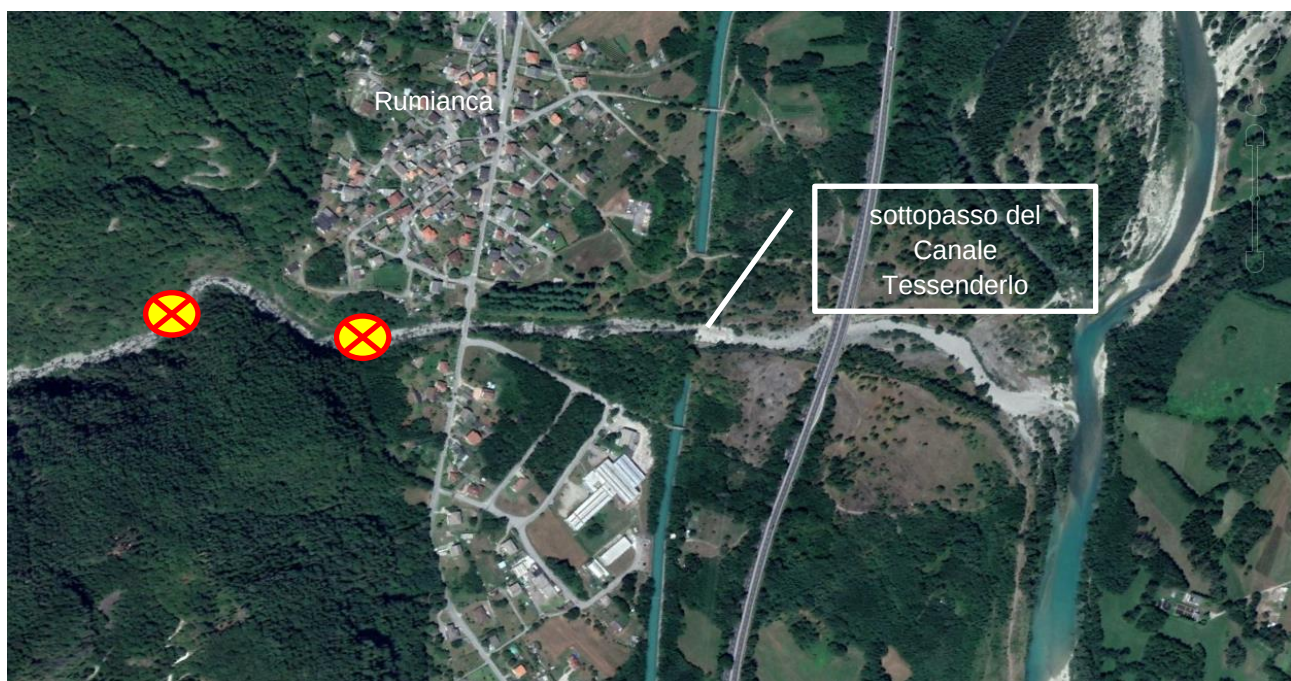


Figura 6.2: localizzazione impianto

L'applicazione dell'Indice IQMm comprenderà l'intero segmento compreso tra opera di presa e restituzione.

7 METODOLOGIE DI INDAGINE

In questo capitolo sono presentate in modo dettagliato le metodologie di indagine utilizzate.

7.1 Indice di Funzionalità Fluviale – IFF

L'Indice di Funzionalità Fluviale – IFF – (AA. VV., 2003; 2007) rappresenta un'evoluzione della scheda RCE-2 messa a punto da Siligardi & Maiolini (1993), rappresentante a sua volta un adattamento alla realtà dei corsi d'acqua alpini e prealpini dello RCE ("Riparian, Channel and Environmental Inventory"), elaborato da Petersen nel 1982.

Analogamente ai suoi "progenitori", valuta le caratteristiche dell'habitat fluviale e ripario attraverso un formulario con 14 parametri da classificare ed è stato concepito per esprimere la qualità dell'ecosistema fluviale in termini di livello di "funzionalità idrobiologica" del corso d'acqua.

La scheda di applicazione è composta da 14 domande, per ciascuna delle quali sono possibili 4 diverse risposte sulla base degli aspetti che prendono in esame. Nel loro complesso queste domande consentono di indagare tutte le principali componenti dell'ecosistema fluviale, sia abiotiche che biotiche, per ciascuna delle quali vengono fornite 4 possibili risposte cui sono associati altrettanti punteggi. Una volta risposto alle domande, dalla somma dei singoli punteggi attribuiti si otterrà il punteggio finale per ciascuna sponda, al quale corrisponderà una classe di funzionalità fluviale.

La compilazione della scheda deve essere riservata ad operatori di provata esperienza nel campo dell'ecologia fluviale: infatti, benché sia apparentemente di facile applicazione, il metodo presuppone adeguata preparazione scientifica, nonché capacità di osservazione e di ragionamento da parte del rilevatore.

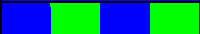
Tabella 7.1: scheda per l'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale

Domanda	Sponda		
	dx		sx
1- Stato del territorio circostante			
Assenza di antropizzazione	25		25
Compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20		20
Colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5		5
Aree urbanizzate	1		1
2- Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria			
Compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	40		40
Presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25		25
Assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1
2bis- Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria			
Compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20		20
Presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10		10
Assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1
3- Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale			
Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
Assenza di formazioni funzionali	1		1
4- Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale			
Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10

Domanda	Sponda		
	dx		sx
Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1
5- Condizioni idriche dell'alveo			
Regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
Fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico		10	
Disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte		5	
Disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	
6- Efficienza di esondazione			
Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2 – 3 volte)		5	
Tratti di valle a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	
7- Strutture di ritenzione degli apporti trofici			
Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
Massi e/o rami con depositi di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
8- Erosione delle rive			
Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
9- Sezione trasversale			
Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
Presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15	
Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
10- Idoneità ittica			
Elevata		25	
Buona o discreta		20	
Poco sufficiente		5	
Assente o scarsa		1	
11- Idromorfologia			
Elementi idromorfologici distinti con successione regolare		20	
Elementi idromorfologici distinti con successione irregolare		15	
Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
12- Componente vegetale in alveo bagnato			
Periphyton sottile scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
Periphyton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
13- Detrito			
Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
Frammenti polposi		5	

Domanda	Sponda		
	dx		sx
Detrito anaerobico		1	
14- Comunità macrobentonica			
Ben struttura e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso		10	
Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di <i>taxa</i> tolleranti all'inquinamento		5	
Assenza di una comunità strutturata; pochi <i>taxa</i> , tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento		1	

Tabella 7.2: livelli e relativi giudizi di funzionalità dell'IFF

Valore di IFF	Livello di funzionalità	Giudizio di funzionalità	Colore
261-300	I	Ottimo	
251-260	I-II	Ottimo - buono	
201-250	II	Buono	
181-200	II-III	Buono - mediocre	
121-180	III	Mediocre	
101-120	III-IV	Mediocre – scadente	
61-100	IV	Scadente	
51-60	IV-V	Scadente – pessimo	
14-50	V	Pessimo	

7.2 Indice di Qualità Morfologica di Monitoraggio (IQM)

L'Indice di Qualità Morfologica (IQM) (Rinaldi *et al*, 2016) rappresenta uno degli strumenti operativi della metodologia IDRAIM "Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua"; tale indice è stato adottato in Italia attraverso il Decreto del Ministro dell'Ambiente n. 260/2010. In particolare l'IQMm è un metodo specifico per il monitoraggio delle condizioni morfologiche nel breve periodo e, differenza dell'IQM i cui parametri sono valutati in classi discrete, i suoi punteggi assumono valori continui, ottenendo così una sensibilità maggiore.

L'applicazione dell'IQMm si effettua sia tramite analisi GIS da telerilevamento, facendo uso di foto aeree e database cartografici, sia su rilievi di campo di tipo topografico, granulometrico e morfologico. L'impiego dei due approcci è in genere complementare, con una proporzione che dipende dal parametro da valutare e dalle dimensioni del corso d'acqua da esaminare.

Tabella 7.3: valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie e aspetti trattati

Categorie morfologiche		Aspetti trattati: descrizione
(1) Continuità	A. Continuità longitudinale	Riguarda la capacità del corso d'acqua di garantire la continuità di portate solide anche attraverso la naturale occorrenza delle portate formative.
	B. Continuità laterale	Riguarda la continuità laterale dei processi fisici di esondazione (possibilità di esondare, presenza di piana inondabile) e di erosione (possibilità di muoversi lateralmente).
(2) Configurazione morfologica	Configurazione planimetrica e altimetrica longitudinale	Riguarda la morfologia planimetrica e l'assetto altimetrico (forma del profilo, pendenza). Comprende le variazioni del profilo (in termini di pendenza) in seguito a processi di incisione o sedimentazione.
(3) Configurazione della sezione	Configurazione della sezione (larghezza, profondità, ecc.)	Riguarda in maggior dettaglio la configurazione altimetrica in sezione trasversale. Comprende le variazioni di quota del fondo in seguito a processi di incisione o sedimentazione.
(4) Struttura e substrato alveo	Configurazione e struttura del letto	Riguarda la strutturazione del letto e le caratteristiche tessiturali, la continuità verticale tra flusso superficiale e iporreico.
(5) Vegetazione nella fascia perifluviale	Caratteristiche vegetazionali	Comprende gli aspetti legati all'ampiezza ed estensione lineare della vegetazione nella fascia perifluviale.

Ai fini dell'IQM, vengono inclusi solo gli aspetti idrologici connessi a quelli morfologici, vale a dire le eventuali alterazioni delle portate formative. La valutazione dello stato morfologico è organizzata attraverso l'analisi di tre componenti:

1. **Funzionalità geomorfologica:** si basa sull'osservazione delle forme e dei processi del corso d'acqua nelle condizioni attuali e sul confronto con le forme e i processi attesi per la tipologia fluviale presente nel tratto in esame. In altri termini si valuta la funzionalità del corso d'acqua relativamente ai processi geomorfologici (l'assenza di determinate forme e processi tipici per una data tipologia può essere sintomo di condizioni morfologiche alterate).
2. **Artificialità:** si valutano la presenza, frequenza e continuità delle opere o interventi antropici che possano avere effetti sui vari aspetti morfologici considerati. Alcuni elementi artificiali hanno effetti molteplici su diversi aspetti: essi verranno ovviamente rilevati una sola volta ma verranno valutati per ogni singolo aspetto.
3. **Variazioni morfologiche:** questa analisi riguarda soprattutto gli alvei non confinati e parzialmente confinati e solo alcuni aspetti (principalmente le variazioni di configurazione morfologica plano-altimetrica). Vengono valutate le variazioni morfologiche rispetto a una situazione relativamente recente (scala temporale degli ultimi 50-60 anni) in modo da verificare se il corso d'acqua abbia subito alterazioni fisiche (ad es., incisione, restringimento) e stia ancora modificandosi a causa di perturbazioni antropiche non necessariamente attuali.

Le fasi di analisi della funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche vengono effettuate attraverso l'ausilio di apposite schede di valutazione, ciascuna composta da più indicatori, che si differenziano in base al fatto che il corso d'acqua abbia un alveo confinato piuttosto che semiconfinato/non confinato e che sia grande (larghezza alveo > 30 m) o piccolo (< 30 m).

Nella tabella che segue sono riportati gli indicatori previsti per lo studio di alvei confinati.

Tabella 7.4: applicazione dell'Indice IQMm ad un tratto di torrente con alveo confinato

Parametro		Punteggio
F1m	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	0,00
F3m	Connessione tra versanti e corso d'acqua	6,00
F6m	Morfologia del fondo e pendenza della valle	0,00
F7m	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	0,00
F9m	Variabilità della sezione	0,00
F10m	Struttura del substrato	0,00
F11m	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	0,00
F12m	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	1,55
F13m	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde	2,45
A1m	Opere di alterazione delle portate liquide a monte	0,00
A2m	Opere di alterazione delle portate solide a monte	1,50
A3m	Opere di alterazione delle portate liquide nel tratto	0,00
A4m	Opere di alterazione delle portate solide nel tratto	4,34
A5m	Opere di attraversamento	2,50
A6m	Difese di sponda	3,38
A9m	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	3,00
A10m	Rimozione di sedimenti	0,00
A11m	Rimozione di materiale legnoso	0,00
A12m	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale (negli ultimi 10 anni)	NV

Tabella 7.5: riepilogo dei risultati dei sub-indici dell'IQMm

Sub-indice	
Verticali	Funzionalità
	Artificialità
Orizzontali	Continuità
	Longitudinale
	Laterale
	Morfologia
	Configurazione morfologica
	Configurazione sezione
	Substrato
	Vegetazione

L'indice IQMm è pari a 1 nel caso di un corso d'acqua completamente inalterato (coincidente con condizione di riferimento) e pari a 0 per un corso d'acqua completamente alterato. Sulla base dei valori dell'IQM, sono state definite le classi di qualità morfologica, di seguito riassunte in tabella.

Le schede in formato elettronico dell'IQM sono disponibili sul sito web di ISPRA e consentono il calcolo in maniera automatica dell'indice.

Tabella 7.6: livelli di funzionalità dell'Indice di Qualità Morfologica

Punteggio IQM	Classe di qualità
$\text{IQM} < 0,3$	Cattivo
$0,3 \leq \text{IQM} < 0,5$	Scarso
$0,5 \leq \text{IQM} < 0,7$	Sufficiente
$0,7 \leq \text{IQM} < 0,85$	Buono
$0,85 \leq \text{IQM} < 1$	Elevato

7.3 Misure di portata mediante metodo correntometrico

I dati di portata saranno ricavati sulla base del metodo correntometrico, che prevede la misurazione della velocità effettuata lungo le verticali all'interno dell'alveo bagnato mediante correntometro seguendo le indicazioni delle norme UNI EN ISO 748:2008.

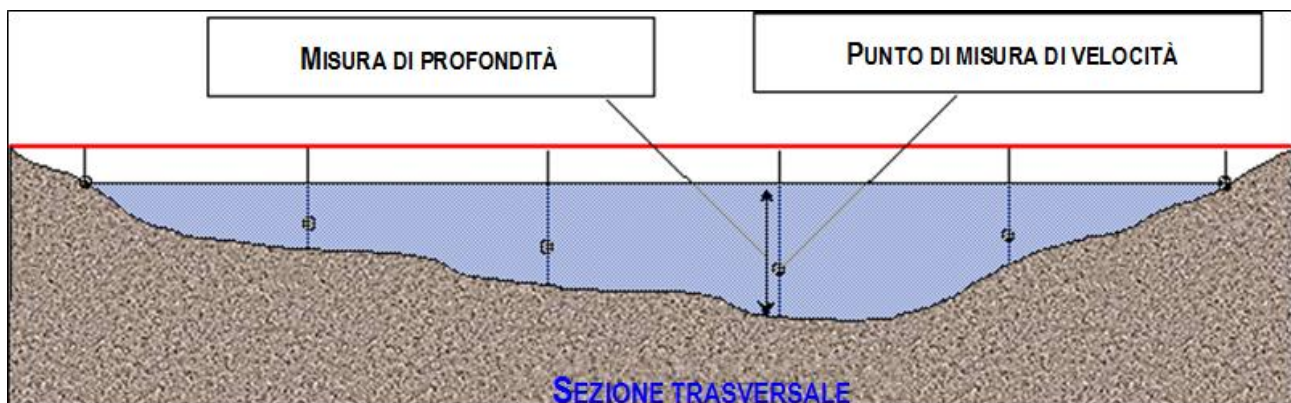


Figura 7.1: Punti di misurazione della velocità e profondità dell'acqua

In acque poco profonde è possibile stimare il valore della velocità media sulla colonna d'acqua con una singola misura fatta alla profondità del 60% rispetto alla profondità totale. In acque a maggiore profondità si eseguono in genere due misure (una al 20% e un'altra all'80% della totale), che vengono poi mediate; nel caso di acque

particolarmente turbolente e profonde è consigliabile fare tre misure (al 20%, al 60% e all'80% della profondità totale) e poi mediarle secondo la formula:

$$V_m = \frac{(v_{0.8} + 2v_{0.6} + v_{0.2})}{4}$$

dove V_m = velocità media;

- $v_{0.8}$ = velocità misurata all'80% della distanza dalla superficie;
- $v_{0.6}$ = velocità misurata al 60% della distanza dalla superficie;
- $v_{0.2}$ = velocità misurata al 20% della distanza dalla superficie.

La rilevazione della velocità di corrente sarà effettuata utilizzando un **correntometro "Sonteck/YSI FlowTracker"**

Lo strumento, che utilizza la tecnologia Acoustic Doppler Velocimeter (ADV), usa il principio Doppler, misurando lo spostamento di frequenza del suono riflesso dalle particelle in sospensione (sostanza in sospensione, piccoli organismi, bollicine). Nella figura che segue viene raffigurata l'unità portatile utilizzata.

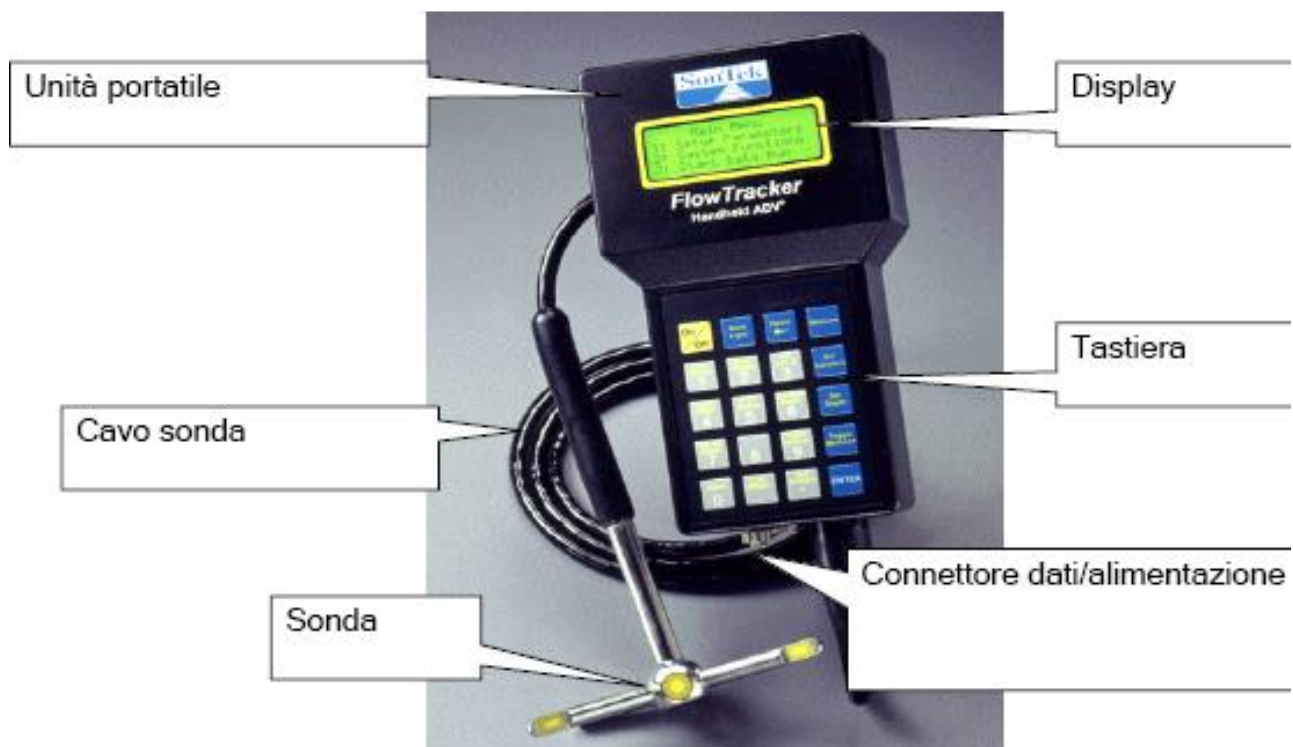


Figura 7.2: unità portatile del misuratore di portata Sonteck/YSI FlowTracker

La sonda 2D è composta da un trasmettitore acustico e da due ricevitori acustici e possiede un sensore di temperatura integrato.

Il trasmettitore genera un impulso sonoro breve a frequenza definita, che viene riflesso dalle particelle contenute nel volume di misura; i ricevitori acquisiscono il segnale riflesso e lo strumento misura, per ogni ricevente, il cambiamento di frequenza (effetto Doppler).

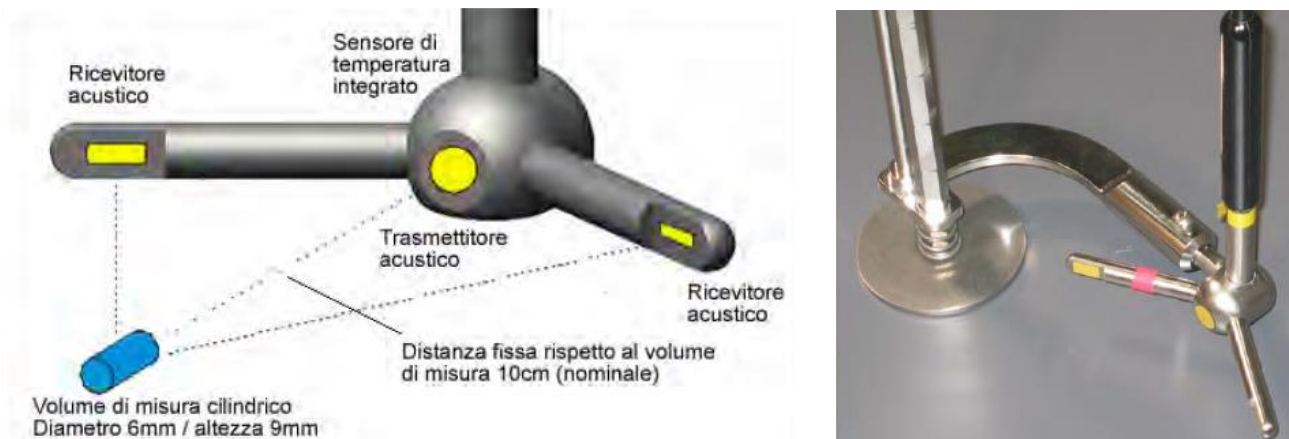


Figura 7.3: sonda ad ultrasuoni del misuratore di portata Sonteck/YSI FlowTracker

Per effettuare la misura la sonda deve essere posizionata in maniera corretta, come raffigurato di seguito.

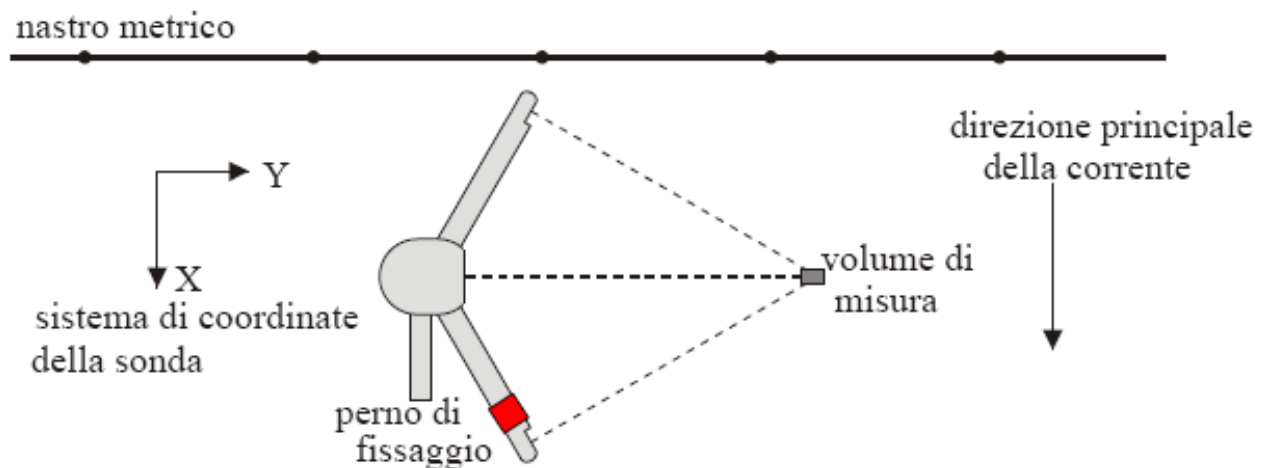


Figura 7.4: posizionamento dello strumento di misura lungo la sezione di misurazione

Lo strumento, per ogni punto di misura, acquisisce la progressione orizzontale utilizzata per spostarsi da una sponda all'altra, la velocità, la profondità e una serie di dati (errore standard della velocità, rapporto segnale-rumore SNR, filtro picchi, angolo di flusso e monitoraggio condizioni CQ) per valutare la qualità delle informazioni registrate.

Il metodo utilizzato per il calcolo della portata è quello della Sezione Centrale (Mid-section methods), utilizzato dal *United States Geological Survey (USGS)*, rappresentato schematicamente di seguito.

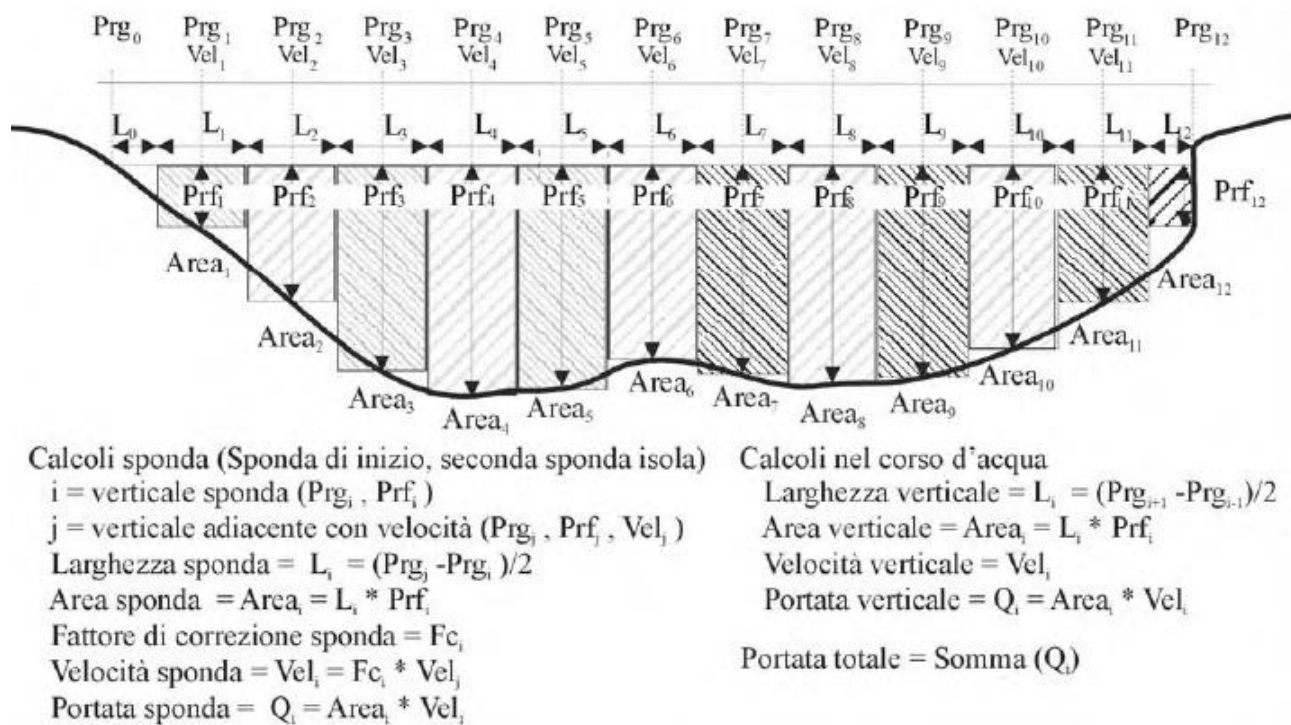


Figura 7.5: rappresentazione grafica del metodo della sezione centrale per il calcolo delle portate

Lo strumento registra in campo tutti i dati immessi e rilevati ed elabora i risultati in sede di rilievo. Non è possibile, anche a garanzia della veridicità delle misurazioni svolte, modificare i dati immessi e criteri di calcolo in una fase successiva.

Lo strumento restituisce all'utente finale i dati rilevati sotto forma di:

- tabella delle misurazioni svolte su ciascuna verticale;
- grafico della velocità di corrente su ciascuna verticale;
- grafico dell'andamento della profondità e posizione del punto di misura lungo la verticale;
- grafico del contributo percentuale di ciascuna sottosezione alla portata totale.

Il programma diagnostico per verificare la qualità del dato acquisito e, di conseguenza, il risultato finale è BeamCheck. Esso fornisce una tabella di sintesi degli errori e delle anomalie rilevate in ciascuna misurazione ed un grafico che riporta la distribuzione di frequenza del rumore durante le misurazioni.

7.4 Monitoraggio della qualità chimico-fisica delle acque

La qualità chimico-fisica delle acque è valutata sia mediante misurazione con sonde portatili da campo sia a seguito di analisi di laboratorio dei campioni di acqua prelevati presso le stazioni di indagine.

7.4.1 Misurazioni in campo

La misura dei principali parametri chimico-fisici viene rilevata mediante sonda multiparametrica portatile da campo modello "Hanna Instruments 9829", dotata di sensore per la torbidità.

I parametri rilevati in campo sono i seguenti:

- Temperatura (°C);
- pH;
- Ossigeno (% di saturazione e concentrazione espressa in mg/l);

- Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

7.4.2 Prelievo del campione di acqua e analisi chimico-fisiche e microbiologiche delle acque

In corrispondenza di ciascuna stazione di indagine, viene prelevato un campione di acqua mediante utilizzo di appositi contenitori per l'analisi dei seguenti parametri:

- BOD₅ (mg/l);
- COD (mg/l);
- Azoto nitrico (N - mg/l);
- Azoto ammoniacale (N - mg/l);
- Azoto totale (N - mg/l);
- Fosforo totale (P - mg/l);
- Ortofosfato (P - mg/l);
- *E. coli*.

Per il campionamento, il trasporto e la conservazione dei campioni di acqua, si osservano le indicazioni metodologiche presenti nei documenti APAT/IRSA-CNR, 2003 e APAT, 2007.

I campioni di acqua raccolti nelle bottiglie di polietilene, trattate con acido cloridrico, saranno conservati in frigorifero e sottoposti ad analisi entro 24 ore dal campionamento. In laboratorio, le metodiche analitiche utilizzate sono spettrofotometriche, mediante utilizzo di spettrofotometro marca HACH-LANGHE modello DR3900 con kit di analisi dedicati preconfezionati in cuvette "test in tube".

Le metodiche corrispondono a quelle previste dal manuale APAT-IRSA/CNR, del 2003.

Fosforo totale: *IRSA 4110 del 2004 (APAT-IRSA/CNR, 2003) metodo A2*. Principio: preliminarmente trasformazione di tutti i composti del fosforo, organici ed inorganici, a orto fosfati mediante idrolisi; successivamente gli ioni fosfati formano in soluzione acida con ioni molibdato e antimonio un complesso antimonil-fosfomolibdato che con acido ascorbico si riconduce in blu fosfomolibdato (limite strumentale 0,010 mg/l).

Fosforo ortofosfato: *IRSA 4110, metodo A1 (APAT-IRSA/CNR, 2003 Rapporti 29/2003)*. Principio: ioni fosfati formano in soluzione acida con ioni molibdato e antimonio un complesso antimonil-fosfomolibdato che con acido ascorbico si riconduce in blu fosfomolibdato (limite strumentale 0.010 mg/l).

Azoto ammoniacale: *IRSA 4030 del 2004 (APAT-IRSA/CNR, 2003) metodo A1*. Principio: gli ioni ammonio reagiscono a un pH 12,6 con ioni di ipoclorito e di salicilato, in presenza di nitrato prussiato sodico quale catalizzatore, dando il blu indo fenolo (limite strumentale 0,015 mg/l).

Azoto nitrico: principio: ioni nitrato reagiscono in soluzione di acido solforico-fosforico con 2.6-dimetilfenolo dando 4-nitro-2.6-dimetilfenolo (limite strumentale 0,23 mg/l).

Azoto totale: *IRSA 4060 del 2004 (APAT-IRSA/CNR, 2003)*. Principio: l'azoto in associazione organica ed inorganica viene ossidato in nitrato dissociandolo col perossido solfato. Gli ioni nitrato reagiscono in soluzione solforica e fosforica col 2.6-dimetilfenolo dando il nitro fenolo (limite strumentale 1,0 mg/l).

BOD₅. Principio: determinazione della domanda biochimica di ossigeno in 5 giorni con inibizione attraverso 5 mg/l di Alliltiurea. L'ossigeno disciolto forma in soluzione alcalina, con un derivato pirocatecolico e in presenza di Fe²⁺, un colorante rosso.

COD: *IRSA 5130 del 2004 (APAT-IRSA/CNR, 2003)*. Principio: reazione con soluzione di acido solforico e dicromato potassico più solfato di argento quale catalizzatore. I cloruri vengono mascherati col solfato di mercurio. La colorazione gialla del Cr⁶⁺ viene letta fotometricamente (limite strumentale 5 mg/l).

Coliformi totali e E.coli: Procedura d'analisi tramite impiego di Colilert®18/Quanti-Tray® per l'enumerazione in MPN. Principio: Colilert-18 rileva simultaneamente coliformi totali ed *E.coli* in acqua. Si basa su una

tecnologia di substrato definito brevettata IDEXX* (DST*). Quando i coliformi totali o fecali metabolizzano il nutriente indicatore ONPG di Colilert-18, il campione diventa giallo. Quando l'*E.coli* metabolizza il nutriente-indicatore MUG, il campione presenta anche fluorescenza. Il Colilert-18 è in grado di rilevare simultaneamente questi batteri in concentrazioni di 1 cfu/100ml entro 18 ore anche se sono presenti addirittura 2 milioni di batteri eterotrofi per 100 ml. La miscela reagente/campione viene inserita in una sacca Quanti-Tray, chiusa mediante sigillatore e messa in incubatrice. Il metodo Quanti-Tray® permette una conta batterica quantitativa: terminato il tempo di incubazione vengono contati i pozzetti positivi (di colore giallo e che mostrano fluorescenza ai raggi UV) e, con l'ausilio di un'apposita tabella, viene determinato l'MPN dei batteri coliformi e/o *E. coli*.

I parametri relativi all'ossigeno disciolto e ai nutrienti sono stati utilizzati per calcolare il LIMeco.

Ai sensi del DM 260/2010, sarà applicato l'Indice LIMeco (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori per lo Stato Ecologico), che classifica le acque fluviali sulla base dei valori riguardanti il grado di saturazione dell'ossigeno disciolto, l'azoto ammoniacale, l'azoto nitrico e il fosforo totale.

La procedura prevede che sia calcolato un punteggio sulla base della concentrazione, osservata nel sito in esame, dei macrodescrittori N-NH₄, N-NO₃, Fosforo totale e Ossigeno disciolto (100 - % di saturazione O₂). Il LIMeco di ciascun campionamento viene ottenuto come media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri secondo le soglie di concentrazione indicate nella seguente tabella (Tab. 4.1.2/a dell'Allegato 1 al DM 260/2012), in base alla concentrazione osservata.

Tabella 7.7: Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco (Tab. 4.1.2/a DM 260/2010-All 1)

		Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
Parametro	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
100-O ₂ % sat	Soglie**	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO ₃ (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	> 4,8
P _{tot} (lg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

* Punteggio da attribuire al singolo parametro

** Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH₄, N-NO₃, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA

I punteggi di riferimento utilizzati per la definizione dello stato di qualità secondo i valori di LIMeco sono i seguenti (Tab. 4.1.2/b dell'Allegato 1 al DM 260/2012).

Tabella 7.8: punteggi LIMeco

LIMeco	Stato
≥ 0,66	Elevato
≥ 0,50	Buono
≥ 0,33	Sufficiente
≥ 0,17	Scarso
< 0,17	Cattivo



Figura 7.6: Spettrofotometro Hach Lange DR3900

7.5 Monitoraggio della qualità biologica mediante i macroinvertebrati

I macroinvertebrati saranno campionati con la metodica multihabitat proporzionale

Per la raccolta degli organismi macrobentonici viene indicato l'utilizzo di un retino immanicato tipo Surber con dimensioni del telaio, generalmente quadrato, di 32 x 32 cm, pari ad un'area di campionamento di 0,1 m², con cono di rete lungo dai 60 agli 80 centimetri e con maglia di 500 μ m, dotata di borchiere di raccolta terminale. Trattandosi di un campionamento quantitativo, viene campionata una superficie massima complessiva per ogni indagine pari a 1 m², raggiunta compiendo in ogni stazione 10 repliche di prelievo.



Figura 7.7: retino immanicato tipo Surber da 32 x 32 cm

I periodi migliori in cui condurre il campionamento dipendono dalla tipologia del corso d'acqua in oggetto e sono indicati generalmente l'inverno (febbraio, inizio marzo), la tarda primavera (maggio) e la tarda estate (settembre); in ogni caso vengono fornite indicazioni accessorie riguardo a periodi o momenti in cui è meglio evitare di campionare, come durante o subito dopo eventi di piena, durante o subito dopo periodi di secca estrema, impedimenti a causa di fattori ambientali nella stima dell'estensione relativa degli habitat (elevata torbidità).

Preliminarmente al campionamento è necessario condurre una stima della composizione del substrato fluviale e della relativa presenza di diversi microhabitat, in cui successivamente allocare le 10 repliche. Si procede identificando una idonea sezione del corso d'acqua che sia rappresentativa del tratto fluviale da indagare, si riconosce la tipologia di mesohabitat prevalente e si distinguono i singoli microhabitat presenti, stimando le percentuali di superficie che occupano con intervalli del 10%; ad ogni intervallo corrisponde una replica. Il rilievo viene condotto osservando l'interezza dell'alveo di torrente, sia il centro sia le rive, compilando una apposita scheda di rilevamento. Nelle tabelle qui di seguito sono elencate e descritte le diverse tipologie di microhabitat e di flussi che si possono rinvenire in alveo.

Tabella 7.9: tipologia di microhabitat

Microhabitat	Codice	Definizione substrato
Igropetrico	IGR	Igropetrico strato d'acqua su roccia spesso ricoperta da muschi
Megalithal	MGL	Megalithal massi che superano i 40 cm*
Macrolithal	MAC	Macrolithal massi compresi tra 20 e 40 cm*
Mesolithal	MES	Mesolithal ciottoli compresi tra 6 e 20 cm*
Microlithal	MIC	Microlithal ghiaia compresa tra 2 e 6 cm*
Ghiaia	GHI	Ghiaia fine (tra 2 mm e 2 cm)
Sabbia	SAB	Sabbia (tra 6 μ e 2 mm)
Argilla	ARG	Argilla (minore di 6 μ m)
Artificiale	ART	Artificiale
Alghe	AL	Macro-micro alghe verdi visibili macroscopicamente
Macrofite sommerse	SO	Macrofite sommerse inclusi muschi e Characeae
Macrofite emergenti	EM	Macrofite emergenti (Thypha, Carex, Phragmites)
Terrestri	TP	Parti vive di piante terrestri radici fluitanti di vegetazione riparia
Xylal (legno)	XY	Xylal (legno) legno morto, rami, radici
CPOM	CP	CPOM depositi di materiale organico grossolano
FPOM	FP	FPOM depositi di materiale organico fine
Film Batterici	BA	Film batterici, funghi e sapropel

*: le dimensioni si riferiscono all'asse intermedio

Tabella 7.10: Tipologia di flussi (Padmore, 1998 e Buffagni et al., 2004)

Tipo	Codice	Definizione
Asciutto/No flow	DR	Assenza d'acqua. Ove si consideri un'intera sezione fluviale, (i.e. canale asciutto) essa può manifestarsi, ed è quindi da rilevare, sia in relazione a condizioni naturali sia in relazione all'intervento dell'uomo.
Non percettibile/ No perceptible flow	NP	É caratterizzato da assenza di movimento dell'acqua. É possibile osservarlo anche in fiumi con regime idrico regolamentato, a monte o valle di dighe, oppure in presenza di strutture naturali presenti in alveo, come grossi massi, in grado di rallentare l'acqua. In questi casi c'è il rischio di confondere questo flusso con il flow type "liscio". Se in dubbio, si può introdurre verticalmente un bastoncino in acqua ed osservare gli eventuali cambiamenti della superficie dell'acqua intorno al bastoncino stesso, che non devono manifestarsi se il flow type è "non percettibile".
Liscio/Smooth	SM	Si tratta di un flusso laminare, con superficie dell'acqua priva di turbolenze. Se in dubbio con "non percettibile", il riconoscimento può essere facilitato dall'uso di un bastoncino che, inserito verticalmente in acqua, determinerà, in presenza di questo tipo di flusso, la formazione di piccole onde ai suoi lati.
Increspato/Rippled	RP	La superficie dell'acqua mostra delle piccole increspature simmetriche, generalmente non più alte di un centimetro, che si muovono verso valle. Attenzione: in presenza di

Tipo	Codice	Definizione
		vento forte è possibile che i tipi di flusso "liscio" e talvolta anche "non percettibile" appaiano ad un'analisi superficiale come "increspato".
Unbroken standing Waves	UW	La superficie dell'acqua appare disturbata, con un tipico profilo a "schiena di drago". Il fronte dell'onda non è rotto, anche se a volte le creste mostrano la presenza di schiuma bianca.
Broken standing waves	BW	L'acqua sembra scorrere verso monte, contro corrente. Perché le onde possano essere definite "rotte" è necessario che ad esse siano associate creste bianche e disordinate.
Chute	CH	L'acqua scorre aderente al substrato, con una dolce curvatura
Flusso caotico/ Chaotic flow	CF	È un misto di tre tra i flussi più veloci (per esempio FF, CH, BW e UW), in cui nessuno sia predominante.
Upwelling	UP	Questo flow type è caratterizzato da acqua che sembra in ebollizione, con 'bolle' che arrivano in superficie da porzioni più profonde del fiume. Tale aspetto è dovuto spesso alla presenza di forti flussi che risalgono dal letto del fiume, disturbando la superficie dell'acqua. Si trova generalmente all'uscita di stretti meandri, dietro a strutture presenti nel canale (per esempio i piloni di sostegno dei ponti) o ai piedi di cascate, toboga, briglie o chiuse. Questo flow type è spesso associato alle "pool" presenti nel fiume; a volte, può determinare erosione laterale delle sponde e.g. in aree di meandro.
Cascata/Free fall	FF	L'acqua cade verticalmente, ed è visibilmente separata dal substrato sottostante o retrostante. Questo flow type è generalmente associato a cascate naturali.

I campionamenti quantitativi di macroinvertebrati si eseguono tramite retino Surber, che permette di raccogliere gli organismi presenti in un'area delimitata da una cornice metallica rettangolare e quindi di dimensioni note, in modo da poterne successivamente determinare la densità per unità di superficie. Per evitare disturbi nel substrato da campionare è necessario stare a valle del retino effettuando le repliche risalendo verso monte; la precisione del campione raccolto dipende inoltre da:

- aderenza della cornice al fondo per evitare la perdita di organismi;
- riflusso dell'acqua causato dalla resistenza della rete che può ostacolare la cattura degli organismi;
- accuratezza nel rimuovere gli organismi, che possono essere saldamente attaccati al substrato;
- profondità del substrato rimosso, in quanto gli organismi bentonici possono vivere anche diversi centimetri sotto la superficie (10-15 cm).

Come accennato, sono operate 10 repliche, utilizzando il retino Surber avente come area di prelievo 0,1 m², totalizzando una superficie complessiva di 1 m² per stazione. La metodica consente di riunire in un unico contenitore il risultato delle singole repliche, anche se, per semplificare le operazioni di smistamento degli organismi dalle parti vegetali e minerali più fini, è consentito trattare alcuni sub campioni raccolti (es. argilla sabbia, CPOM ecc.) separatamente.

Il campione viene sortato e riconosciuto in vivo; gli organismi che richiedono ausili ottici per la classificazione vengono fissati e portati in laboratorio.

Parallelamente al campionamento dei macroinvertebrati, al fine di una più precisa caratterizzazione della stazione, vengono annotati anche i principali parametri chimico-fisici, quali temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, dai quali possono dipendere direttamente la distribuzione e la composizione delle comunità di macroinvertebrati.

Per una rassegna fotografica delle tipologie di microhabitat, si rimanda al documento "Macroinvertebrati acquatici e direttiva 2000/60/EC (WFD) - Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico" A cura di: Buffagni A., Erba S., Aquilano G., Armanini D.G., Beccari C., Casalegno C., Cazzola M., Demartini D., Gavazzi N., Kemp J.L., Mirolo N., Rusconi M. *Notiziario dei Metodi Analitici n.1 (2007)* CNR-IRSA, Brugherio (MI).

Tabella 7.11: limiti per la definizione delle "Unità Sistematiche"

Gruppi tassonomici	Livelli di determinazione tassonomica a cui identificare le "Unità sistematiche"
Plecotteri	Genere

Gruppi tassonomici	Livelli di determinazione tassonomica a cui identificare le "Unità sistematiche"
Efemerotteri	Genere
Tricotteri	Genere
Coleotteri	Famiglia
Odonati	Genere
Ditteri	Famiglia
Eterotteri	Famiglia
Crostacei	Famiglia
Gasteropodi	Famiglia
Bivalvi	Famiglia
Tricladi	Genere
Irudinei	Genere
Oligocheti	Famiglia

Il sistema di classificazione utile per la definizione dello stato ecologico dei campioni prelevati secondo il protocollo A.P.A.T. è denominato MacrOPer e descritto da Buffagni *et al.*, 2008. Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/EC (WFD): il sistema di classificazione MacrOPer. *Notiziario dei Metodi Analitici numero speciale (2008)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

Tale sistema combina le informazioni relative ai seguenti elementi fondamentali:

- sistema tipologico nazionale;
- limiti di classe definiti all'interno del processo di intercalibrazione europeo;
- valori numerici di riferimento tipo specifici per sei metriche selezionate;
- calcolo dell'indice STAR_ICMi;

Il conteggio effettuato in campo e viene informatizzato esprimendo, per ogni famiglia, l'abbondanza in termini di densità/m².

È successivamente applicato a questi dati l'indice STAR_ICMi (Indice Multimetrico STAR di Intercalibrazione), che consente la classificazione dello stato di un corso d'acqua in base alla comunità macrobentonica rinvenuta. L'indice è composto di sei metriche che forniscono informazioni in merito ai principali aspetti che la Direttiva Quadro chiede di considerare per gli organismi macrobentonici.

L'indice ASPT (Armitage *et al.*, 1983) è stato sviluppato per monitorare gli effetti dell'inquinamento di natura organica su un corso d'acqua. Esso considera una lista di 85 famiglie di organismi macrobentonici, cui assegna un punteggio da 1 (per organismi tolleranti) a 10 (per organismi sensibili) in base al loro livello di sensibilità agli inquinanti organici. Il punteggio finale è dato dalla somma dei punteggi delle famiglie presenti, diviso il numero totale delle famiglie campionate: più alto è il punteggio, migliore è la qualità dell'acqua del fiume.

L'indice EPTD valuta invece l'abbondanza di alcuni *taxa* di Plecotteri, Efemerotteri, Tricotteri e Ditteri, la cui presenza e quantità sono considerate indici di buona qualità ambientale.

L'Indice GOLD si basa invece sull'abbondanza relativa di Gasteropodi, Oligocheti, Ditteri, che nel complesso sono ritenuti indicatori di scarsa qualità ambientale; maggiore è la loro proporzione nel campione e minore è il valore di questo indice.

Il numero di famiglie e il numero di famiglie EPT si riferiscono rispettivamente al numero di famiglie complessivo del campione e al numero di famiglie di Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri; il primo è pertanto indicatore della diversità complessiva della comunità macrobentonica, il secondo è riferito più nello specifico ai gruppi considerati più esigenti in termini di qualità ambientale. In entrambi i casi, maggiore è il valore e maggiore è la qualità del sito monitorato.

L'indice di diversità di Shannon-Wiener valuta la proporzione di organismi che appartengono a ciascuno dei *taxa* che costituiscono la comunità. Il risultato è tanto più elevato tanto più essa si presenta diversificata (numero elevato di *taxa*) e bilanciata (assenza di *taxa* numericamente dominanti sugli altri), con un valore che va da 0 a infinito (in genere si colloca tra 1,5 e 3,5). Si basa infatti sul presupposto che un sito integro ospita una elevata diversità faunistica, senza *taxa* numericamente dominanti.

I valori delle metriche, prima di essere combinati per il calcolo dell'Indice, devono essere normalizzati con i valori di riferimento specifici per ciascun tipo fluviale, riportati nel D.M. 206/2010 e ponderati; il punteggio ottenuto viene poi normalizzato con il valore di STAR_ICMi di riferimento per ottenere il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), che assume valori compresi tra 0 e 1.

Tabella 7.12: metriche che compongono lo STAR_ICMi e peso loro attribuito nel calcolo (da Buffagni, Erba e Pagnotta, 2008)

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Nome della Metrica	Taxa considerati nella metrica	Rif. Bibliografico	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	e.g. Armitage et al., 1983	0.333
Abbondanza/ Habitat	Abbondanza	$\text{Log}_{10}(\text{Sel_EPTD} + 1)$	Log_{10} (somma di Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae +1)	Buffagni et al., 2004; Buffagni & Erba, 2004	0.266
	Abbondanza	1-GOLD	1 - (Abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	Pinto et al., 2004	0.067
Ricchezza /Diversità	Numero taxa	Numero totale di Famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	e.g. Ofenböck et al., 2004	0.167
	Numero taxa	Numero di Famiglie di EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	e.g. Ofenböck et al., 2004; Böhmer et al., 2004.	0.083
	Indice Diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{S-W} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	e.g. Hering et al., 2004; Böhmer et al., 2004.	0.083

L'Indice STAR_ICMi viene calcolato tramite il software MacOper.ICM vers. 1.0.5.

8 BIBLIOGRAFIA

AA. VV., 2003. *I.F.F. Indice di Funzionalità Fluviale*. Manuale ANPA / seconda edizione, giugno 2003, 223 pp.

AA. VV., 2007. *I.F.F. 2007. Indice di Funzionalità Fluviale*. Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata. MANUALE APAT 2007, 336 pp.

APAT-IRSA/CNR, 2003. Metodologie analitiche per il controllo della qualità delle acque. *Manuali e linee guida* - 29/2003.

APAT, 2007. <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/metodi-biologici-acque/metodi-corsi-acqua.pdf>.

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983. The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.*, 17, 333–347.

Buffagni A., Erba S., Armanini D., Demartini D. & Somarè S., 2004. Aspetti idromorfologici e carattere lenticolo-lotico dei fiumi mediterranei: River Habitat Survey e descrittore LRD. Quad. Ist. Ric. Acque, Roma 122: 41-64.

Buffagni A., Erba S. & Pagnotta R., 2008. Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/EC (WFD): il sistema di classificazione MacrOper. *Notiziario dei Metodi Analitici numero speciale (2008)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

Buffagni A., Erba S., Aquilano G., Armanini D.G., Beccari di C., Casalegno C., Cazzola M., Demartini D., Gavazzi N., Kemp J.L., Mirolo N., Rusconi, 2007. Macroinvertebrati acquatici e direttiva 2000/60/EC (WFD) - Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico. *Notiziario dei Metodi Analitici n.1 (2007)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

Buffagni A., Erba S., Aste F., Mignuoli C., Scanu G., Sollazzo C. & Pagnotta R., 2008. Criteri per la selezione di siti di riferimento fluviali per la Direttiva 2000/60/EC. *Notiziario dei Metodi Analitici numero speciale (2008)*, CNR-IRSA, Brugherio (MI).

ISPRA, 2014. Metodi Biologici per le acque superficiali interne. *Manuali e Linee Guida* 111/2014.

ISPRA, 2016. IDRAIM Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Versione aggiornata 2016. *Manuali e Linee Guida* 131/2016.

Padmore C.L., 1998. The role of physical biotopes in determining the conservation status of flow requirements of British rivers. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1: 25-35.

Petersen R.C., 1982. The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology* 27: 295-306.

Siligardi M. & Maiolini B., 1993. L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini: guida all'uso della scheda RCE-2. *Biologia ambientale* VII, 30: 18-24.

UNI EN ISO 748:2008. Misurazione della portata di liquidi in canali aperti mediante correntometri o galleggianti.