

Approvazioni:

Regione: REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
Provincia: PROVINCIA DI UDINE
Comune: COMUNE DI TRASAGHIS

Titolo progetto:

Small Hydro Leale

Liv. Progetto: **PROGETTO DEFINITIVO**

Oggetto:

Progetto per la realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico ad acqua fluente e ad alta caduta sul

Riferimento:

Res.05 Leale

Scala:

Titolo elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA INTEGRATIVA

n. elaborato:

B.01.A

Soggetto richiedente:

RenoWa S.r.l.
Via Mazzini, 51
33070 – BRUGNERA (PN) Italy
e.mail: info@renowa.it – web: www.renowa.it



Progettazione:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Coordinatore S.I.A. | Dott. Walter Franzil |
| Progettazione | Ing. Giuseppe Carpenè |
| Aspetti biologici | Dott. Giorgio De Luise |
| Aspetti idro-geomorfologici | Dott. Geol. Gianni Lenarduzzi |
| Aspetti vegetazionali | Dott. For. Antonio De Mezzo |
| Aspetti paesaggistici | Dott. Walter Franzil |
| Aspetti acustici | Quorum srl |

Il progettista:



| revisione | Rev. | Data | Descrizione | Redatto | controllato | Approvato |
|-----------|------|-------------|-----------------|---------|-------------|-----------|
| | 00 | LUGLIO 2012 | Prima emissione | | | |
| | 01 | | | | | |
| | 02 | | | | | |
| | 03 | | | | | |

INDICE

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | PRECISAZIONI SULL'ANALISI IDROLOGICA | 3 |
| 1.1 | APPROCCIO METODOLOGICO ADOTTATO PER LA STIMA DELLE PORTATE | 3 |
| 1.2 | PORTATA MEDIA CORSO D'ACQUA | 5 |
| 1.2.1 | Portata media adottata | 5 |
| 1.2.2 | Piano Regionale di Tutela delle Acque | 5 |
| 1.2.2.1 | Componente precipitazione (P) | 7 |
| 1.2.2.2 | Componente evapotraspirazione (Et) | 8 |
| 1.2.2.3 | Componente di ruscellamento superficiale (R) | 9 |
| 1.2.2.4 | Deflusso idrico globale (D=R+I) | 10 |
| 1.2.3 | Metodo Tonini | 13 |
| 1.2.4 | Considerazioni | 14 |
| 1.3 | CURVA DI DURATA | 15 |
| 1.3.1 | Misure di portata | 17 |
| 1.3.2 | Conclusioni | 21 |
| 2 | ALTERNATIVA PROGETTUALE | 22 |
| 2.1 | DMV STABILITO DAL PIANO REGIONALE TUTELA ACQUE | 22 |
| 2.2 | ALTERNATIVA 1 | 24 |
| 2.3 | ALTERNATIVA 2 | 24 |
| 2.3.1 | Potenza e Produzione attese | 25 |
| 2.3.2 | Portate rilasciate | 26 |
| 3 | DIMENSIONAMENTO OPERE IDRAULICHE | 28 |
| 3.1 | DISPOSITIVO DMV | 28 |
| 3.2 | SCALA DI RISALITA | 29 |
| 3.2.1 | Criteri e vincoli di carattere ittologico | 30 |
| 3.2.2 | Descrizione delle opere in progetto e verifiche idrauliche | 31 |
| 3.2.3 | Considerazioni in merito alla funzionalità della scala | 35 |
| 3.3 | OPERA DI PRESA | 36 |

1 PRECISAZIONI SULL'ANALISI IDROLOGICA

1.1 APPROCCIO METODOLOGICO ADOTTATO PER LA STIMA DELLE PORTATE

Si conferma rapidamente quanto già indicato nel cap. 3.1 dell'elaborato "B.01 – Relazione idrologica" in merito all'approccio metodologico adottato per la stima della portate.

La portata media e la curva di durata di un corso d'acqua può essere ricavata nelle sezioni fluviali per le quali risultino disponibili serie storiche ufficiali sufficientemente estese (indicativamente almeno 5 anni) di misure di portata media giornaliera.

Una misura diretta delle portate in alveo non sempre è possibile, specialmente nei bacini montani, caratterizzati da una maggiore variabilità del regime dei deflussi e da un assetto geomorfologico degli alvei poco adatto alla realizzazione di manufatti per la misura delle portate e per questo motivo, di fatto, è oggi molto difficile disporre di misure dirette di portata e di conoscere il regime dei deflussi lungo il reticolo idrografico regionale.

Quindi per conoscere almeno i regimi dei deflussi ed i volumi disponibili con durata assegnata, si ricorre a metodi statistici di "regionalizzazione" delle portate che consentono di estendere i dati esistenti delle scarse misure dirette, spesso risalenti a periodi passati, anche a sezioni non strumentate¹ (Castellarin et al., 2003; Furey et al., 2000).

Le procedure di regionalizzazione consentono di trovare una funzione analitica ed i relativi parametri, validi per "zone omogenee" del territorio dette "regioni", utilizzando un numero minimo di relazioni ricavate da dati sperimentali¹.

Tali funzioni "regionalizzate" vengono ricercate per aree geo-morfo-climatiche omogenee in modo da riprodurre al meglio le curve sperimentali disponibili mediante l'applicazione di procedure di analisi statistica.

La disponibilità di tali relazioni di regionalizzazione consente quindi di poter ricavare una stima della curva di durata media delle portate medie giornaliere in una qualunque sezione fluviale non strumentata in una determinata "regione" per semplice trasferimento del dato².

In attesa di equazioni ufficiali per il calcolo della curva di durata, ad oggi si dispone per i principali corsi d'acqua del bacino montano del fiume Tagliamento di un'importante studio condotto dal Dott. Ing. Mario Tonini (Enel, Compartimento di Venezia – Centro P.C.I.E.C.) intitolato "Elaborazione dei dati idrologici del bacino del Tagliamento" e pubblicato alla fine degli anni sessanta sulla rivista L'Energia Elettrica - 1966 – fascicolo n. 3.

L'analisi, basata anche su studi e dati raccolti dalla ex *Società Adriatica di Elettricità*, era finalizzata alla determinazione della disponibilità idrica dei vari bacini idrografici con lo scopo di uno sfruttamento idroelettrico tramite la realizzazione di una serie di serbatoi, parte dei quali costruiti.

Oltre all'analisi delle caratteristiche climatiche, geologiche e morfologiche del territorio, l'autore raccolse una serie importante di dati idrologici desunti dalle stazioni idrometrografiche del Magistrato alle Acque di Venezia e dalle stazioni installate dalla ex *Società Adriatica di Elettricità*.

¹ XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006 - Regionalizzazione delle portate di magra e morbida nei bacini alpini – D. Bavera, R. Ranzi

² XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006 - Regionalizzazione della curva di durata delle portate nell'area "Adamello – Alpi Orobie" – J. Alterach, A. Cadore, P. De Lotto, G. Zaina

I principali bacini sono stati suddivisi in sottobacini caratterizzati da una omogeneità di coefficiente di deflusso e contraddistinti da una portata media specifica costante.

Nelle principali stazioni monitorate è stato condotto un approfondimento per la definizione della curva di durata annua, stagionale e mensile ed è stata determinata una curva di durata adimensionale delle portate disponibili in rapporto alla portata media (Q_d/Q_m per la durata di giorni 10,30, 60, 91, 121, 152, 182, 212, 243, 274, 304, 334, 355, 365).

Lo studio consente di determinare le caratteristiche idrologiche delle sezione prive di misura di portata, utilizzando una procedura di trasferimento delle informazioni idrologiche disponibili nelle sezioni studiate, il cui bacino presenta caratteristiche geo-morfologiche analoghe a quello di interesse (similitudine idrologica).

Per ogni sezione non monitorata individuata all'interno di ogni sottobacino contenuto nello studio è quindi possibile:

- quantificare la portata media con moltiplicazione degli afflussi per il coefficiente di deflusso caratteristico del sottobacino;
- calcolare la curva di durata moltiplicando la portata media sopra calcolata per i vari coefficienti di durata indicati nella curva adimensionale.

Di fatto l'elaborazione fatta dal Tonini assume carattere di analisi regionalizzata, in quanto i sottobacini ivi individuati sono delle "regioni" omogenee ed in cui è possibile trasferire, per similitudine idrologica, la curva di durata adimensionale calcolata nella stazione idrometrografica più prossima.

La validità dello studio è tuttora confermata dalle portate derivate dalle grandi derivazioni ad uso idroelettrico presenti in regione (vedi impianti idroelettrici di Edipower e Edison), i cui studi idrologici, fatti più 60 anni fa per la richiesta di concessione dell'acqua e per il dimensionamento degli impianti, erano basati appunto su analisi della Sade e su cui il Tonini ha basato lo studio in argomento.

Si fa presente inoltre che la competente Autorità di Bacino nella direttiva "ELEMENTI CONOSCITIVI DA FORNIRE CON LE DOMANDE DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE D'ACQUA DI CUI AL COMMA 1 DELL'ART. 7" indica che per i corsi d'acqua montani è sufficiente ricostruire l'andamento della curva di durata dei deflussi sulla base degli apporti pluviometrici sul bacino afferente, anche in analogia con bacini contigui.

1.2 PORTATA MEDIA CORSO D'ACQUA

1.2.1 Portata media adottata

Nel capitolo 3 del “Allegato B.1 - relazione idrologica” al progetto definitivo è stata stimata la portata media annua del torrente Leale alla sezione di presa

Di seguito si riportano i dati stimati:

$$Q_{\text{specifica}} = 45.47 \text{ l/s kmq}$$

La portata media alla sezione di presa

$$\begin{aligned} Q_{\text{media presa}} &= Q_{\text{specifica}} * A \\ &= 45.47 \text{ l/s kmq} * 11.04 \text{ kmq} \\ &= 502 \text{ l/s} \end{aligned}$$

1.2.2 Piano Regionale di Tutela delle Acque

La Giunta della Regione Friuli Venezia Giulia con delibera n. 588 del 13 aprile 2012 ha adottato in via preliminare, ai fini dell'acquisizione del parere del Consiglio delle Autonomie locali, il progetto di Piano regionale di tutela delle acque (PRTA) e si compone dei seguenti elaborati:

- Descrizione generale del territorio;
- Analisi conoscitiva;
- Indirizzi di Piano;
- Norme di attuazione;
- Sintesi dell'analisi economica;
- Cartografie;
- Rapporto ambientale;

Nell'allegato alla delibera “Analisi conoscitiva” è riportato uno stralcio del modello messo a punto per la quantificazione delle risorse idriche del Friuli Venezia Giulia e descritto al capitolo 5 della parte seconda del progetto di piano

In particolare nel citato lavoro sono state calcolate le componenti del bilancio idrologico P (precipitazione), Et (evapotraspirazione), R (ruscellamento) e I (infiltrazione) medie annue. La somma di ruscellamento ed infiltrazione rappresenta la potenzialità idrica totale del territorio che viene esaminato quindi, in assenza di scambi sotterranei significativi con altri bacini idrografici, costituisce la portata media massima raggiungibile dal corso d'acqua ad una determinata sezione.

Il ciclo è descritto dalla seguente espressione:

$$P = Et + R + I$$

dove:

P = quantitativo d'acqua di precipitazione

Et = quantitativo d'acqua di evapotraspirazione data dalla somma dell'evaporazione e della traspirazione delle piante

R = quantitativo d'acqua di ruscellamento superficiale

I = quantitativo d'acqua di infiltrazione efficace

In particolare si definisce:

$$P - Et = Peff$$

$$R + I = D$$

dove:

Peff = precipitazione efficace

D = deflusso idrico globale

La separazione del deflusso globale nelle due componenti superficiale e sotterranea dipende da numerosi fattori di tipo meteorologico (intensità della pioggia, precipitazioni nevose), morfologico (acclività dei versanti, presenza di zone pianeggianti), idrogeologico (permeabilità dei terreni e loro grado di saturazione) e biologico (azione delle piante e della vegetazione). A tali fattori si aggiunge l'azione antropica che, con le coperture nelle zone urbanizzate, determina un aumento del ruscellamento a svantaggio dell'infiltrazione.

Il parametro D (Deflusso idrico globale) rappresenta la potenzialità idrica totale del territorio che viene esaminato e pertanto è il massimo volume di acqua, sia superficiale che sotterranea, teoricamente utilizzabile. Dato che si tratta di risorse interdipendenti, la suddivisione a grande scala in due componenti è teorica: i corsi superficiali alimentano le falde e alcune falde alimentano corsi superficiali. Inoltre, le captazioni di acque sotterranee comportano spesso una diminuzione del deflusso superficiale e l'utilizzazione delle acque superficiali va talora a detrimento delle risorse sotterranee.

Allo scopo di risolvere l'equazione del ciclo dell'acqua si è suddiviso il territorio regionale in celle aventi una maglia 500 m x 500 m e per ogni cella sono state calcolate tutte le componenti sopra descritte. Per quanto attiene la scala temporale, il calcolo è stato sviluppato per l'anno medio sul periodo 1971-2008 e per l'anno scarso sui dati dell'anno idrologico 2003.

La soluzione dell'espressione è stata affidata ad un software appositamente sviluppato del quale si riporta di seguito il diagramma sintetico del flusso di calcolo. Sulla base dei dati giornalieri di pioggia, temperatura e del coefficiente colturale (K_c) forniti per ogni elemento della griglia che rappresenta il territorio regionale, il software modella il ciclo idrologico a passo giornaliero, fornendo come risultati finali le medie mensili sul periodo di osservazione dei parametri idrologici di studio. L'anno medio è dato quindi dalla somma dei mesi medi.

Nella parte di pianura il modello è stato calibrato e validato sulla base delle risultanze di studi precedenti; per la parte montana, in mancanza di dati adeguati, la calibrazione non è stata possibile e pertanto i risultati della modellazione sono stati utilizzati solo in forma aggregata (R+I).

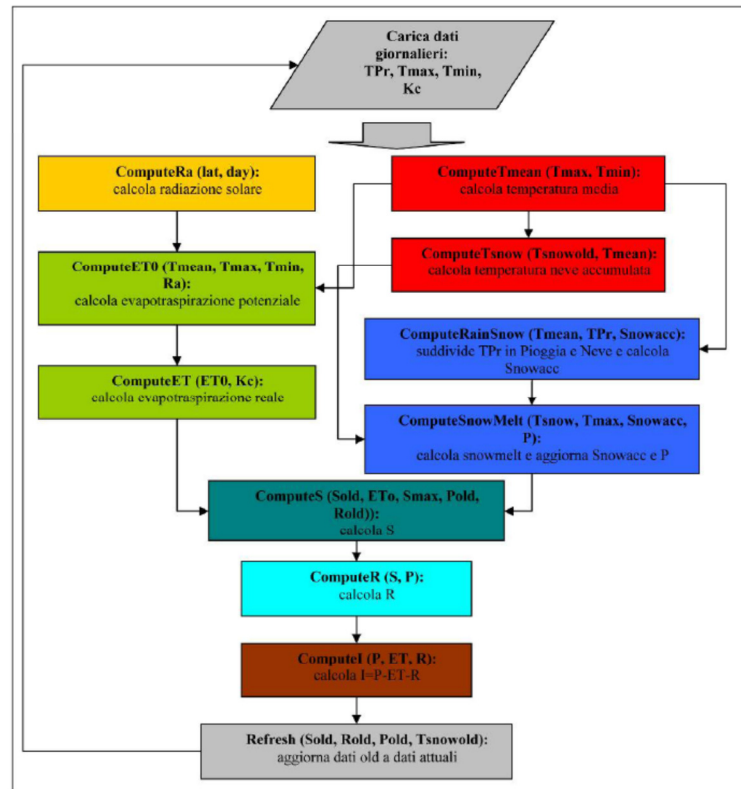


Figura 1 - Flusso di calcolo del modello

1.2.2.1 Componente precipitazione (P)

Per il calcolo di questa componente sono stati utilizzati i dati giornalieri registrati nel periodo 1971-2008 di 109 stazioni pluviometriche e di 46 stazioni termometriche regionali, gestite dall'Unità Idrografica Regionale e da Arpa Osmer. I dati mancanti sono stati ricostruiti con tecniche di regressione lineare (Stepwise o multiregressioni) già utilizzate nella compilazione dell'Atlante Climatico del Friuli Venezia Giulia. I dati pluviometrici e termometrici giornalieri sono stati spazializzati su una griglia di 500 m sovrapposta al modello digitale del terreno (DEM). Il DEM, di proprietà della Regione, è la rappresentazione della distribuzione delle quote in formato digitale raster le cui celle hanno il lato di 40 m. Per le precipitazioni sono stati utilizzati algoritmi interpolanti del tipo Natural Neighbor, per le temperature sono stati utilizzati i gradienti altimetrici sperimentali ottenuti dalla correlazione tra i dati termometrici giornalieri e la quota delle stazioni. Nei bacini montani si è descritto il processo di accumulo e scioglimento della neve classificando come neve tutta la precipitazione a bassa temperatura e, successivamente, sommando alle precipitazioni, all'aumentare della temperatura, il quantitativo di acqua equivalente alla precipitazione nevosa.

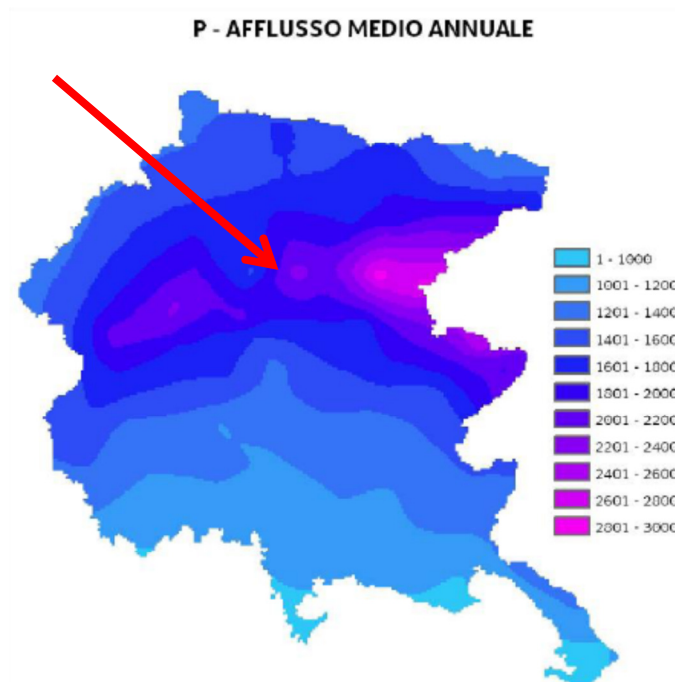


Figura 2 - Distribuzione areale dei valori di afflusso medio annuale (parametro P) espressi in mm/anno

1.2.2.2 Componente evapotraspirazione (Et)

Il parametro evapotraspirazione è stato quantificato come “evapotraspirazione colturale”, calcolata con l’approccio a “due fasi” (two-step approach) come prodotto tra l’evapotraspirazione di riferimento e un coefficiente colturale K_c che ingloba e sintetizza tutti gli effetti sull’evapotraspirazione legati alle caratteristiche morfofisiologiche delle diverse specie, alla fase fenologica, al grado di copertura del suolo. Il coefficiente K_c , funzione della tipologia della vegetazione e della fase di sviluppo delle piante, è stato valutato per ciascuna classe di uso del suolo di Moland e per ogni decade dell’anno ed è stato associato a ciascuna

cella della griglia. L’evapotraspirazione di riferimento è un parametro tipicamente climatico in quanto esprime la tendenza a traspirare di una determinata superficie vegetale in funzione dei soli parametri climatici. Per il calcolo dell’evapotraspirazione di riferimento è stata utilizzata la formula di Hargreaves, descritta nel quaderno 56 della FAO (Food and Agriculture Organization) “Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements”, nel caso in cui si abbia a disposizione il solo dato di temperatura.

ET - EVAPOTRASPIRAZIONE CULTURALE ANNUA

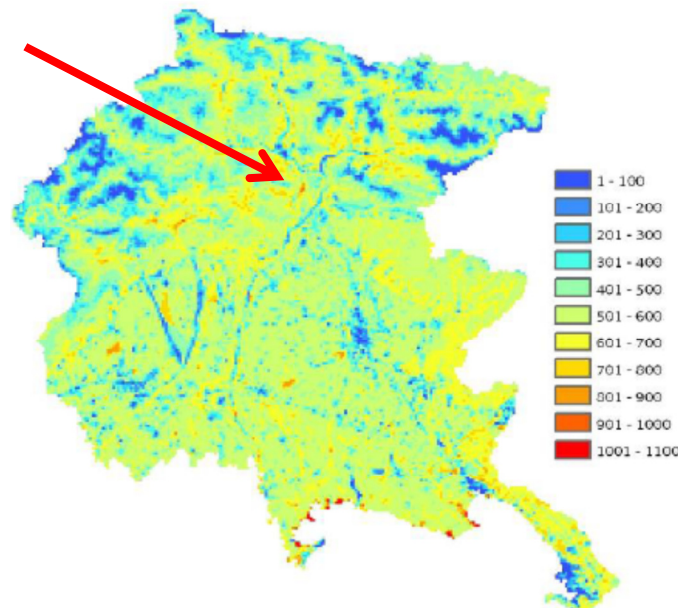


Figura 3 - Distribuzione areale dei valori di evapotraspirazione culturale media annua (parametro Et) espressi in mm/anno

1.2.2.3 Componente di ruscellamento superficiale (R)

La componente di ruscellamento superficiale è stata definita utilizzando la metodologia del Curve Number (CN method) modificata da Williams per adattarla alle analisi a lungo termine. Il CN (Curve Number) è un parametro che descrive l'attitudine di un territorio a produrre ruscellamento in base alla permeabilità, all'uso del suolo e all'acclività. Esso varia da 0 a 100: a parità di precipitazione, più alto è il suo valore maggiore è il ruscellamento. Il CN è stato determinato per tutto il territorio regionale, combinando sulla base di una griglia 50 x 50 m la carta dei gruppi idrologici, la carta di uso del suolo e la carta delle pendenze ricavata dal DEM.

Dal CN si è calcolato il parametro di ritenzione che nella metodologia modificata non è più fisso, ma è variabile tra un minimo corrispondente al terreno saturo e un massimo coincidente con il terreno secco ed è dipendente dall'evapotraspirazione potenziale del giorno di calcolo e dalla pioggia e dallo scorrimento superficiale del giorno precedente. La componente di ruscellamento è, in definitiva, funzione della precipitazione giornaliera e del coefficiente di ritenzione.

CURVE NUMBER

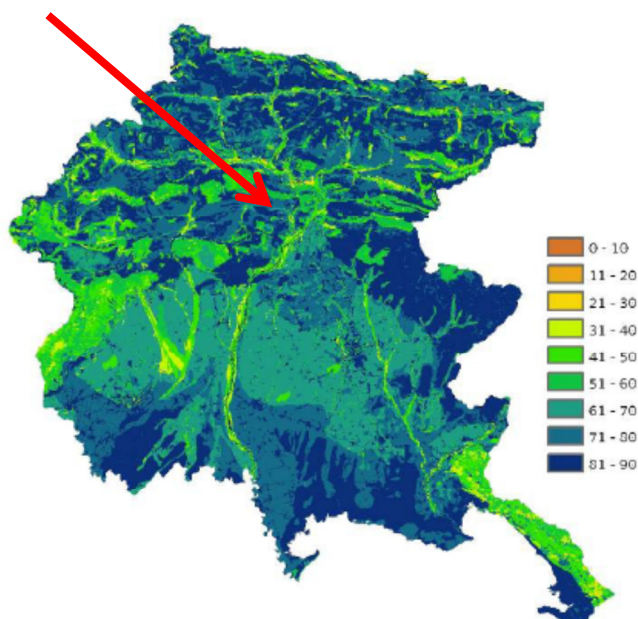


Figura 4 - Carta del parametro CN. Valori bassi di tale parametro si possono notare in corrispondenza delle aree carsiche della Regione dove è maggiore la componente di infiltrazione nel sottosuolo rispetto a quella di ruscellamento. Riportano viceversa una più marcata attitudine a generare ruscellamenti quei territori o molto urbanizzati.

1.2.2.4 Deflusso idrico globale (D=R+I)

Per quanto riguarda la parte montana, in mancanza di dati adeguati, la calibrazione non è stata possibile e pertanto i risultati della modellazione sono stati utilizzati solo in forma aggregata D, e non separatamente R+I.

D - DEFLUSSO IDRICO GLOBALE

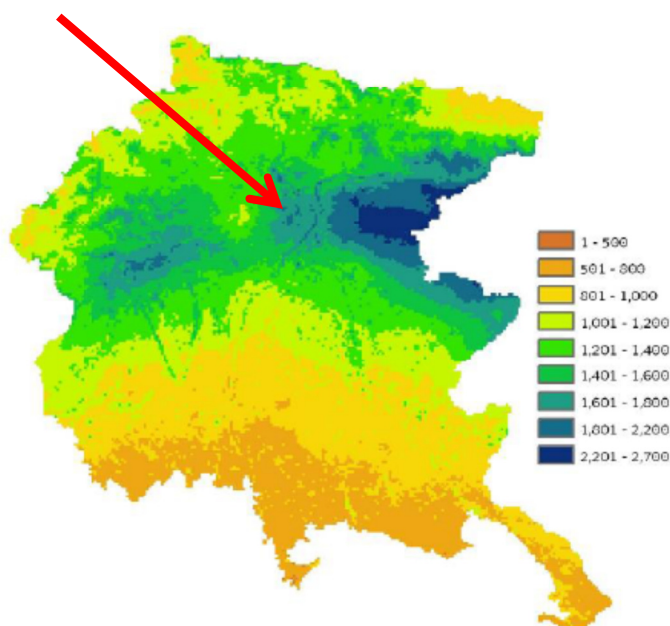


Figura 5 - Distribuzione areale dei valori del deflusso superficiale medio annuo (parametro D) espressi in mm/anno

La carta della potenzialità idrica ottenuta sommando i contributi di ruscellamento ed infiltrazione è stata spazializzata sulla base dei bacini idrografici elementari ricavando in questo modo il volume d'acqua defluito complessivamente su ciascun bacino in un anno.

Il risultato è stato poi trasformato nella portata specifica di ciascun bacino elementare.

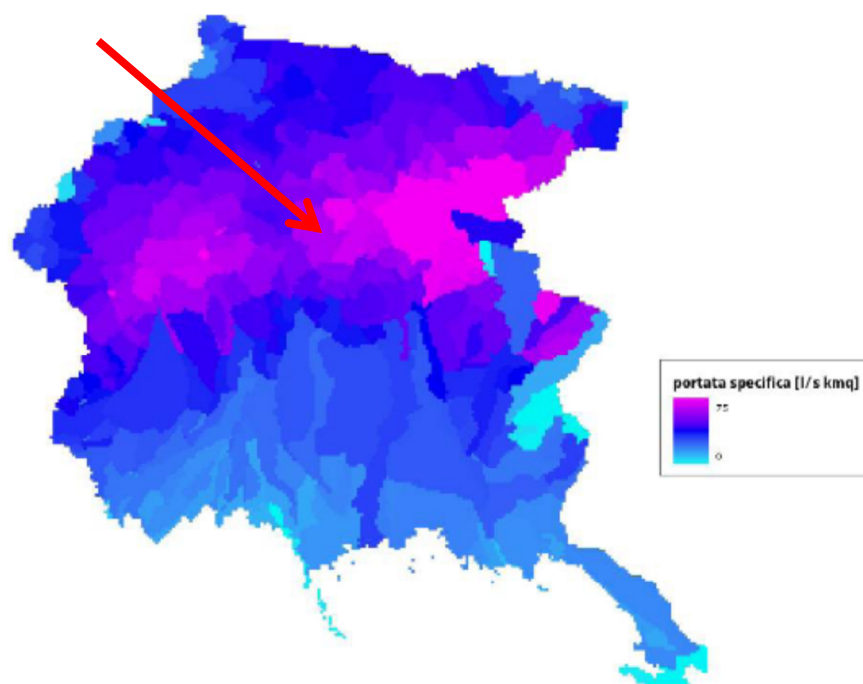


Figura 6 - Carta della portata specifica semplificata [l/s km²]

La carta della portata specifica è stata infine semplificata raggruppando i valori in 5 categorie in modo da renderla funzionale per la sua applicazione nell'algoritmo di calcolo del deflusso minimo vitale.

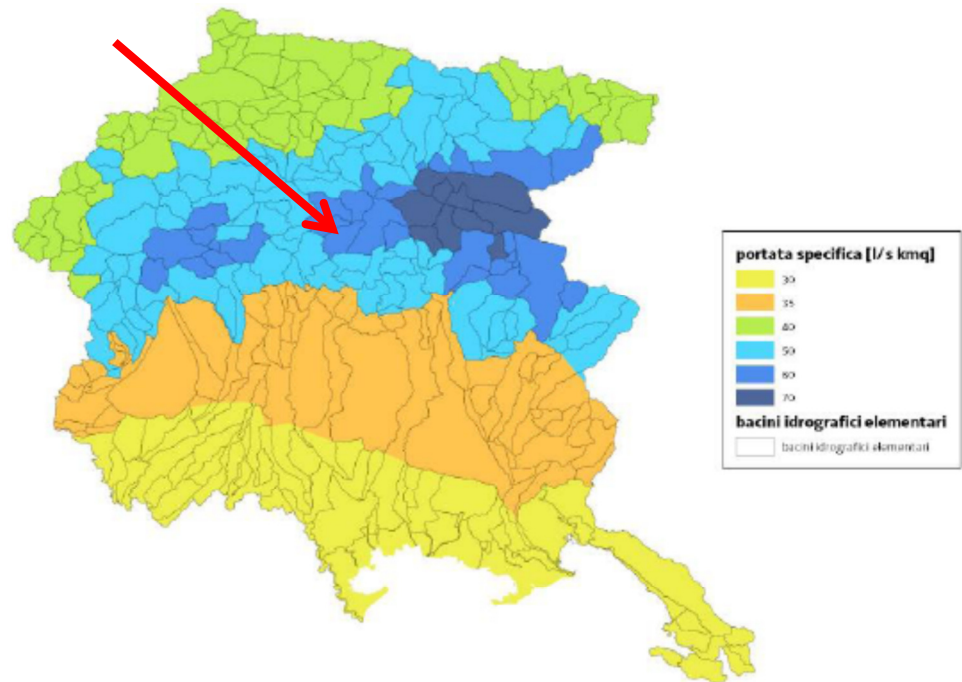


Figura 7 - Carta della portata specifica semplificata [l/s km²]

Pertanto sulla base della portata specifica così definita è possibile ricavare la portata media di ciascun corso d'acqua della Regione in qualsiasi sua sezione avendo a disposizione la sola area di bacino sottesa.

Nel caso del torrente Leale si ha:

$$Q_{\text{specifica}} = 60 \text{ l/s kmq}$$

La portata media alla sezione di presa

$$\begin{aligned} Q_{\text{media presa}} &= Q_{\text{specifica}} * A \\ &= 60 \text{ l/s kmq} * 11.04 \text{ kmq} \\ &= 662,4 \text{ l/s} \end{aligned}$$

1.2.3 Metodo Tonini

Lo studio “Elaborazione dei dati idrologici del bacino del Tagliamento” (“L’Energia Elettrica” fascicolo n. 3, 1966) in cui l’Ing. Mario Tonini dell’Enel, per il bacino parziale del torrente Leale, indicato con il numero 60, riportata i seguenti dati.

| N. | Altitudine | | Sup. | Pioggia | Portata | | C |
|----|------------|------|------|---------|---------|-----------|-------------|
| | media | Min. | | | Mc/s | l/s kmq | |
| 60 | 833 | 187 | 17,5 | 2448 | 1,02 | 58 | 0,75 |

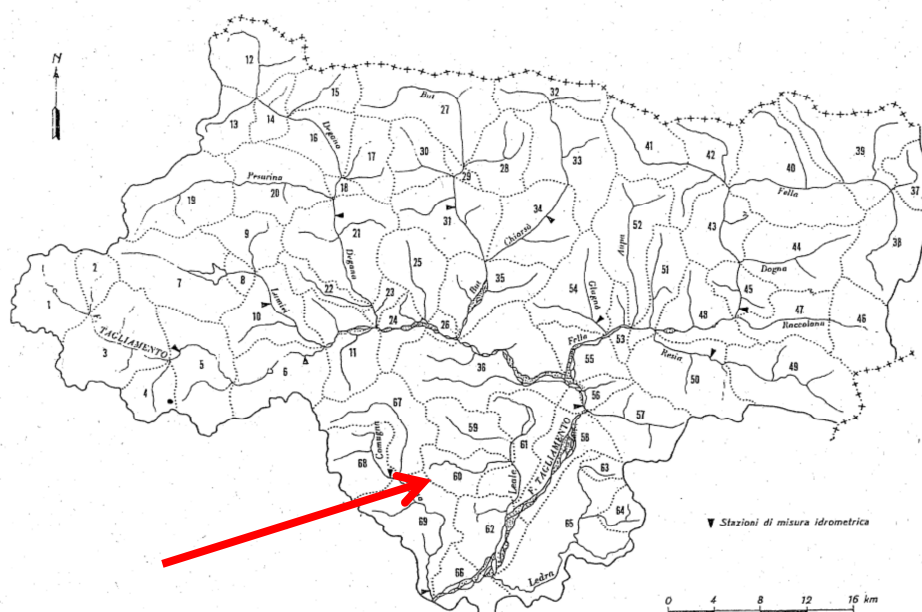


Fig. 1. *suddivisione del bacino del fiume Tagliamento in bacini parziali*

Quindi nel caso del torrente Leale si ha:

$$Q_{\text{specifica}} = 58 \text{ l/s kmq}$$

La portata media alla sezione di presa

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{media presa}} &= Q_{\text{specifica}} * A \\
 &= 58 \text{ l/s kmq} * 11.04 \text{ kmq} \\
 &= \mathbf{640.32 \text{ l/s}}
 \end{aligned}$$

1.2.4 **Considerazioni**

Nei capitoli precedenti è stato riportato per il bacino in esame la portata specifica e la media annua alla presa, quantificate nello studio idrologico di progetto, dallo studio del Tonini e dal più recente modello idrologico adottato dal PRTA.

Di seguito si riporta la sintesi:

| | PRTA | Tonini | Progetto |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Q_{specifica} | 60 l/s kmq | 58 l/s kmq | 45.47 l/s kmq |
| Q_{media presa} | 662.4 l/s | 640.32 l/s | 502 l/s |

Come risulta evidente dalla tabella la portata adottata nel progetto dell'impianto idroelettrico in argomento è significativamente inferiore rispetto allo studio condotto dal Tonino e dal recente modello idrologico del PRTA ed è importante notare come quest'ultimi due studi convergono sulle portate.

La portata media adottata alla presa è:

- **24.22% inferiore** alla portata media annua stimata nel PRTA
- **21.6 % inferiore** alla portata media annua stimata dal Tonini

La differenza tra il valore di portata media annua alla presa determinato con il metodo del Tonini e del PRTA rispetto all'elaborazione idrologica di progetto, evidenzia che non è stata fatta nessuna sovrastima delle portate in alveo.

La differenza di portata, pari a circa 160 l/s, tra l'elaborazione idrologica di progetto ed il PRTA deve essere attribuita al fatto che il modello adottato nel PRTA considera per i tratti di corsi d'acqua montani il deflusso idrico globale (D), ottenuto per somma dei contributi di ruscellamento (R) ed infiltrazione (I).

Viste alcune osservazioni poste da parte di alcuni enti nella procedura di VIA è utile evidenziare che lo studio idrologico di progetto indica un contributo specifico di **45.47 l/s kmq**, che comprende sia il deflusso superficiale, che parte delle infiltrazioni del bacino sotteso, restituite dalla sorgenti presenti nella zona di presa, che come detto in relazione, sono poste lungo importanti linee di fratturazione con direzione N-S e NO-SE.

Il solo deflusso superficiale del Torrente Leale è stimato pari a **34.33 l/s kmq** (379 l/s / 11.04 kmq).

Se rapportiamo il dato di deflusso superficiale all'afflusso del bacino indicato dal Tonini, pioggia 2448 mm pari a 77.72 l/s kmq, osserviamo che il coefficiente di deflusso superficiale è pari a **0.44** (34.33 l/s kmq / 77.72 l/s kmq), mentre quello relativo al deflusso complessivo (superficiale+sorgenti) è pari a **0.58** (45.47 l/s kmq / 77.72 l/s kmq), quindi valori inferiori al 0.75 indicato dal Tonini.

Come sarà dimostrato nei capitoli successivi, si conferma la buona corrispondenza tra la realtà dei luoghi ed i dati idrologici assunti nel modello come accertato in numerosi sopralluoghi fatti in sito.

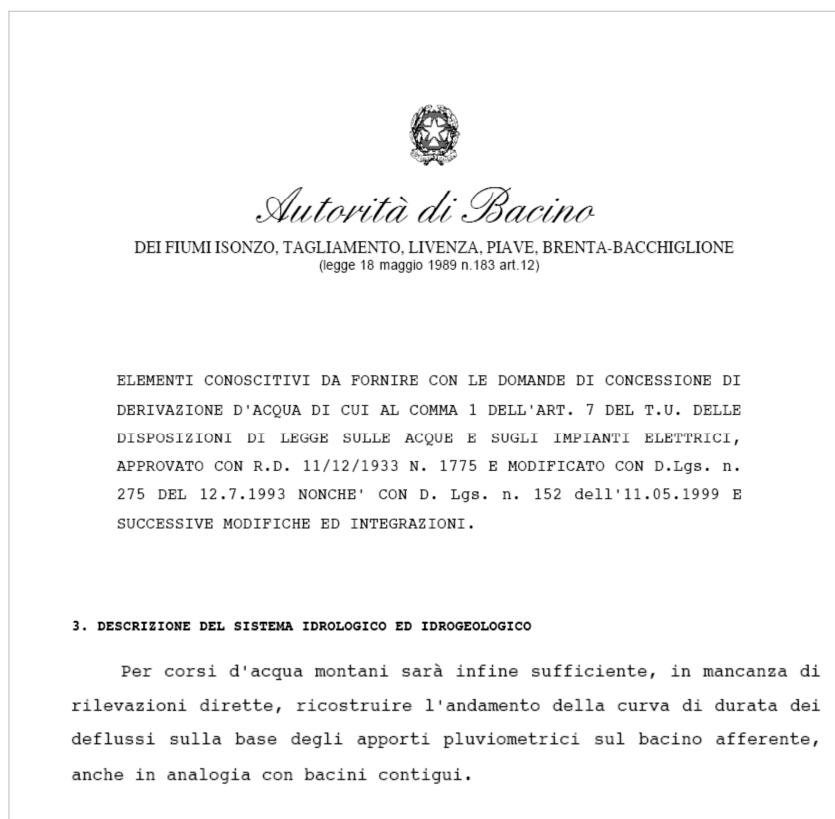
1.3 CURVA DI DURATA

Come già chiarito nel capitolo 1.1, l'approccio metodologico utilizzato per la stima della curva dei deflussi del t. Leale è un metodo normalmente utilizzato in moltissime elaborazioni idrologiche e più recentemente adottato anche da molte Regioni italiane nei vari Piani di Tutela delle Acque.

Il recente PRTA della Regione FVG ha introdotto un metodo "regionalizzato" per la quantificazione della portata media dei vari corsi d'acqua al fine della quantificazione del rilascio del DMV, ma risulta carente di criteri per il calcolo della curva di durata dei corsi d'acqua regionali.

In mancanza di dati di portata e/o criteri ufficiali, nella pratica idrologica per delineare le caratteristiche del regime dei deflussi ad una determinata sezione di un corso d'acqua, si utilizzano metodi statistici di stima indiretti basati sui dati disponibili di altre sezioni del medesimo corso d'acqua o bacino che appartengano alla stessa "regione idrologica".

L'utilizzo di metodi di stima delle portate indiretti, sono anche previsti dalla competente Autorità di Bacino, che nella propria direttiva sugli "ELEMENTI CONOSCITIVI DA FORNIRE CON LE DOMANDE DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE D'ACQUA DI CUI AL COMMA 1 DELL'ART. 7 " indica che per i corsi d'acqua montani è sufficiente ricostruire l'andamento della curva di durata dei deflussi sulla base degli apporti pluviometrici sul bacino afferente, anche in analogia con bacini contigui.



Nel caso specifico la curva di durata del t. Leale è stata calcolata mediante una procedura di "regionalizzazione", derivata dall'elaborazione di alcuni dati di portata a nostra disposizione attraverso una equazione logaritmica a due parametri (Mimikou e Kaemaki - 1985).

Il metodo utilizzato è confermato nella sua validità da molti studi, i quali hanno permesso di accertare come alcune espressioni rappresentino meglio di altre il regime idrologico di un corso d'acqua e soprattutto consentono di estendere le informazioni ricavate dalle scarse misure dirette,

spesso risalenti a periodi passati, anche a sezioni non strumentate³ (Castellarin et al., 2003; Furey et al., 2000, CESI⁴, 2005).

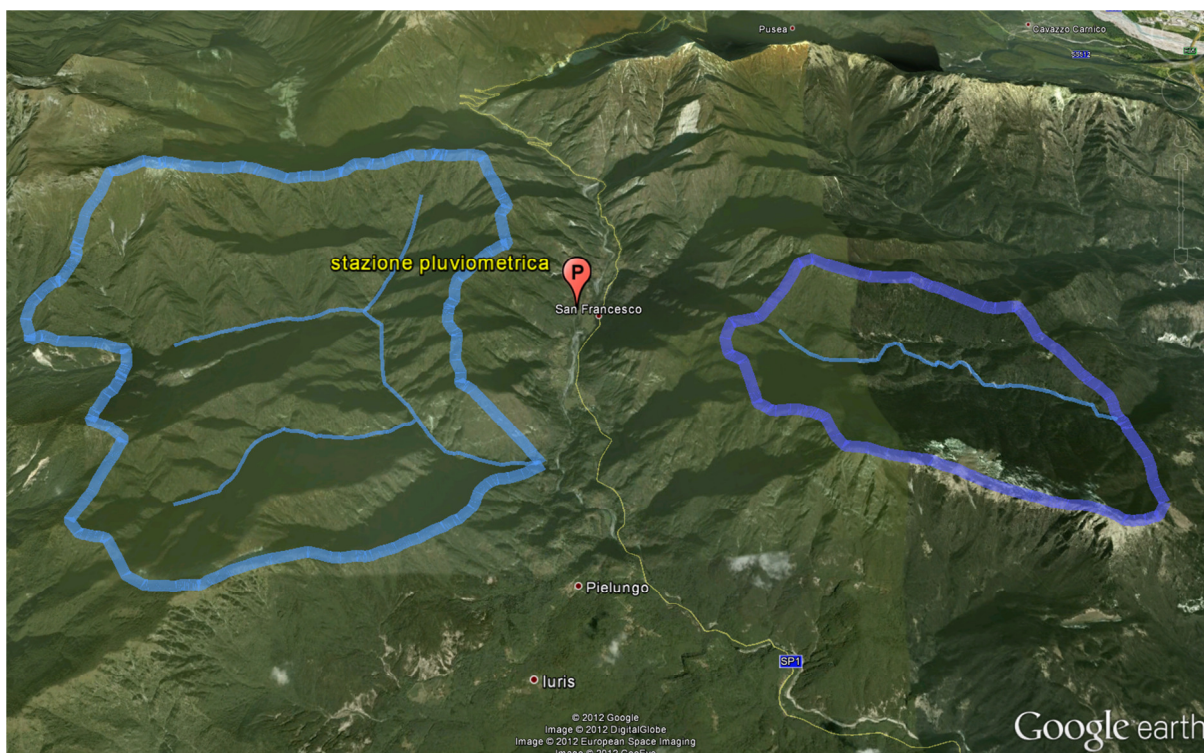
In particolare i predetti studi hanno constatato come tra le varie formulazioni reperite in letteratura, l'equazione logaritmica a due parametri proposta da Mimikou e Kaemaki (1985) è quella che meglio riproduce l'andamento delle curva di durata delle portate medie giornaliere.

Le conclusioni sono state che le formulazioni di regionalizzazione ottenute consentono di stimare in modo rapido un valore attendibile delle portate medie giornaliere attese in una sezione qualunque dell'area indagata per lo sviluppo di eventuali piani di utilizzo della risorsa idrica.

Per lo sviluppo dell'equazione "regionalizzata" è necessario utilizzare una base dati costituita da serie storiche significative di dati di portata, e come già detto, per il sottobacino del t. Leale non sono disponibili dati, quindi si è dovuto analizzare altri sottobacini simili che ricadono all'interno del bacino del f. Tagliamento, di cui il Leale fa parte.

Tra i vari bacini strumentati esaminati, è stato individuato il sottobacino del t. Comugna, facente parte del bacino del t. Arzino, il quale presenta condizioni simili al bacino del Leale; inoltre è contiguo, come indicato dalla direttiva dell'Autorità di Bacino sugli "ELEMENTI CONOSCITIVI DA FORNIRE CON LE DOMANDE DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE D'ACQUA DI CUI AL COMMA 1 DELL'ART. 7".

Dall'analisi fatta per il bacino del t. Comugna, si è accertato una buona rispondenza con il bacino di riferimento per ciò che concerne le condizioni climatica, l'acclività dei versanti, la copertura e l'uso del suolo.



³ XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006 - Regionalizzazione delle portate di magra e morbida nei bacini alpini – D. Bavera, R. Ranzi

⁴ Progetto GEN21 – Sottoprogetto IDRO - WP IDROUSI – Task 4.1.2 - Milestone 4.1.2.3 "Indagine sulle metodologie di regionalizzazione per la valutazione della disponibilità idrica, integrazione con i dati meteo-idrologici disponibili e applicazione ad un caso studio"


| | | |
|---|-------------------------------------|------------------|
|  | Impianto idroelettrico sul t. Leale | Res.05.H - Leale |
| | Progetto definitivo | |
| | Relazione idrologica integrativa | Pagina 17 di 38 |

Figura 8 - Vista 3d dei 2 bacini

La superficie del bacino del Comugna, 29 kmq alla confluenza, è nell'ordine di grandezza del bacino del Leale, 17.5 kmq allo sbocco.

Oltre a tutte le considerazioni fatte si è riscontrato che anche lo studio fatto dall'Ing. Tonini sui dati idrologici del bacino del Tagliamento ha indicato la risposta idrologica dei due bacini in esame molto simile, con un coefficiente di deflusso misurato di 0.74 per il Comugna e di 0.75 per il Leale, stimato sulla base delle caratteristiche climatiche, geologiche e morfologiche del territorio.

Quindi, in mancanza di dati ufficiali significativi di portata del t. Leale, si ritiene corretto l'adozione per similitudine dei dati disponibili del sottobacino contiguo del t. Comugna.

Per l'elaborazione della curva di durata del t. Leale con una equazione logaritmica a due parametri come sopra indicato è stata utilizzata la curva di durata adimensionale sviluppata dall'ing. Tonini sulla base di ben 17 anni di dati di portata giornaliera della stazione idrometrica sul t. Comugna.

La funzione analitica adottata per il bacino del t. Leale è:

$$y = - 0.86 \ln (x) + 5.2511$$

Con l'equazione "regionalizzata" ottenuta è possibile quindi stimare un valore attendibile delle portate medie giornaliere attese alla sezione di presa.

1.3.1 Misure di portata

Come già stabilito, sul torrente Leale non esistono attualmente, o in passato, stazioni "ufficiali" di misura della portata della Regione Friuli Venezia Giulia, a cui è demandato il compito del monitoraggio quantitativo dei corsi d'acqua (vedi PRTA rete di monitoraggio quantitativo - Descrizione generale del Territorio – cap. 6, adottato preliminarmente con delibera 588/2012).

Il proponente del progetto dell'impianto idroelettrico sul t. Leale ha effettuato di propria iniziativa una serie di misure di portata saltuarie al fine di verificare il modello idrologico assunto a tutela dell'iniziativa imprenditoriale.

Si ribadisce ancora che le misure fatte sono puramente **indicative e non** possono sicuramente essere ritenute **significative**⁵ e/o rappresentative dell'anno idrologico medio, in quanto **non continuative e fatte per breve periodo idrologico**.

Un approccio corretto alla stima della portate di un corso d'acqua, presuppone che le misure di portata nei diversi periodi idrologici in una determinata sezione fluviale sono utili solamente per la taratura della curva di deflusso da correlare alle misure di livello idrometrico, **registrate in continuo per un periodo idrologicamente significativo, almeno 4 o 5 anni**.

Diversamente fare considerazioni sulle portate medie del corso d'acqua o sviluppare curve di durata solo sulla base di una serie di campionamenti sporadici e di breve periodo, è del tutto inutile, nonché fuorviante per determinare le portate reali, che per lo studio idrologico è da intendersi come portate di lungo periodo (anno medio di concessione).

Per la calibrazione della curva di durata, lo studio idrologico ha messo in relazione la curva calcolata con le misure di portata eseguite in periodo di magra.

⁵ Il PTUA della Regione Lombardia, indica come significative misure continuative per almeno 5 anni

Questo è stato fatto in quanto solo con queste misure è possibile rappresentare correttamente la parte finale della curva di durata empirica e fare un confronto.

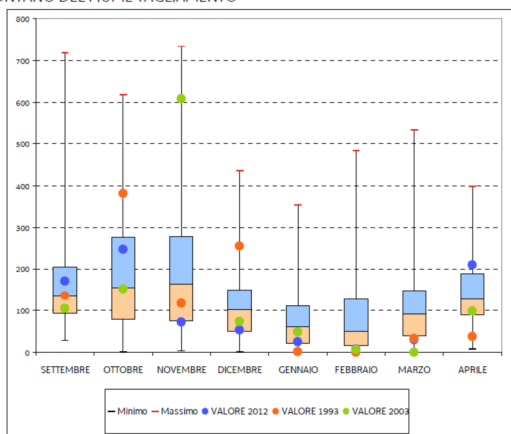
Sulla base dei risultati confronto, sono state fatte delle considerazioni ed adottato le opportune correzioni, come già spiegato nella relazione idrologica.

A conferma della bontà del modello idrologico assunto si riportata gli esiti di un sopralluogo presso il sito di presa, effettuato in data 29 marzo 2012 dopo un periodo di siccità marcata.

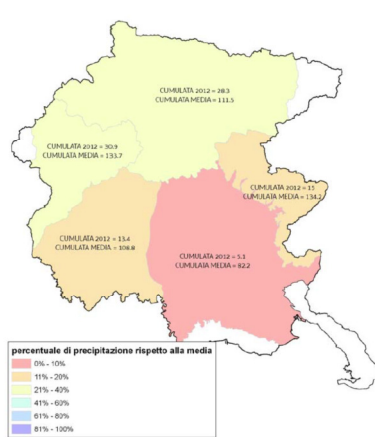
L'inverno 2011-2012 è stato particolarmente siccitoso tale da indurre la Regione FVG a pensare di attivare l'unità di crisi.

Si riporta di seguito uno stralcio del bollettino "Stato risorse idriche" emesso dalla Regione FVG relativamente al bacino del Tagliamento dove si evidenzia una carenza di precipitazioni

BACINO MONTANO DEL FIUME TAGLIAMENTO



PRECIPITAZIONE CUMULATA DEL MESE DI MARZO



La figura di lato illustra la precipitazione cumulata nel mese di marzo 2012 in confronto ai valori medi. La scala di colore mostra la percentuale di precipitazione rispetto appunto alla media del mese.

Figura 9 - Piogge cumulate mensili (fonte: bollettino stato risorse idriche Regione FVG)

Come si può vedere dal grafico sopra riportato, il sopralluogo è stato fatto dopo quasi 5 mesi di assenza di precipitazioni significative, come nel 2003.

Di seguito si riporta la documentazione fotografica delle varie sezioni del corso d'acqua



Figura 10 - **Sezione 1** - Torrente leale a monte delle prese acquedottistiche con scarse portate (10-15 l/s)



Sorgente subalvea

Figura 11 - Sorgenti nel tratto a monte della progettata presa



Figura 12 - scarico opera di presa acquedotto di Trasaghis



Figura 13 - **Sezione 2** – zona di imposta opera di presa con portata di 52 l/s



Figura 14 - **Sezione 3** - Sorgenti di valle con portata stimata di circa 15 l/s

La portata è stata misurata con un correntimetro costituito da una piccola elica che si adatta facilmente alla velocità dell'acqua e la cui rotazione genera un impulso in un sistema formato da una piccola massa magnetica ed un interruttore. Gli impulsi generati sono elaborati da un circuito digitale che trasforma la frequenza in velocità.

Le portate riscontrate il giorno 29.03.2012 sono

| Sezione | Portata giorno 29.03.2012 | Note |
|--|----------------------------------|---|
| T. Leale a monte prese acquedotto | Circa 10-15 l/s ⁶ | |
| T. Leale alla sezione di presa di progetto | 52 l/s⁷ | Q confermata anche da Alessandrini e altri (48 l/s) |
| Sorgenti a valle della presa | Circa 15 l/s ⁶ | |

⁶ Portata stimata

⁷ Portata misurata

Ora confrontiamo le portate rilevate il giorno 29.03.2012, che ricordiamo dopo un periodo invernale particolarmente siccitoso con la curva di durata elaborata nella relazione idrologica (calcolata sull'anno medio di durata della concessione).

| Durata | Q Leale | Q sorgenti di Monte | Prelievo acuedottistico | Q Disponibile (Q Leale + Q sorgenti - prelievo) |
|--------------|------------|---------------------|-------------------------|---|
| giorni | l/s | l/s | l/s | l/s |
| 1 | 2377 | 150 | 20 | 2507 |
| 10 | 1414 | 147 | 20 | 1541 |
| | | | | |
| 350 | 26 | 62 | 20 | 69 |
| 355 | 21 | 62 | 20 | 63 |
| 360 | 16 | 61 | 20 | 57 |
| 365 | 11 | 60 | 20 | 51 |
| MEDIA | 379 | 98 | 20 | 457 |

Sezione 1 - t. Leale a monte
 Data: 29.03.2012
Q = 10-15 l/s

Sezione 2 - opera di Presa
 Data: 29.03.2012
Q = 52 l/s

Dall'esame della tabella sopra riportata è evidente la buona corrispondenza tra le situazioni reali del corso d'acqua e la curva di durata stimata, che si ricorda è riferita all'anno medio di concessione.

1.3.2 Conclusioni

Si può concludere che le stime fatte ed il metodo utilizzato può ritenersi adeguatamente attendibile per le previsioni di progetto.

2 ALTERNATIVA PROGETTUALE

Il Servizio VIA ha richiesto di integrare la documentazione presentata con una alternativa progettuale (ovvero di una diversa modalità di derivazione delle acque del presente progetto) che preveda, al fine di limitare gli impatti indotti dall'attuazione del presente progetto, il massimo rilascio di deflusso minimo vitale che la ditta proponente può sostenere in termini di investimento progettuale.

2.1 DMV STABILITO DAL PIANO REGIONALE TUTELA ACQUE

L'art. 38 delle *Norme di Attuazione* del PRTA, che si ricorda essere adottato in via preliminare, ai fini dell'acquisizione del parere del Consiglio delle Autonomie locali, dalla Giunta della Regione Friuli Venezia Giulia con delibera n. 588 del 13 aprile 2012, dispone che il DMV deve essere calcolato secondo la seguente formula di tipo parametrico:

$$Q_{DMV} = K \cdot T \cdot P \cdot M \cdot Q_{MEDIA}$$

dove:

K: livello di protezione. Il valore del livello di protezione varia a seconda della tipologia del corso d'acqua, come riportato nella seguente tabella:

| TIPOLOGIA DI CORSO D'ACQUA | K |
|--------------------------------------|-----|
| Rii montani | 0,1 |
| Tratti montani | 0,1 |
| Tratto montano originato da sorgente | 0,1 |
| Tratti di fondovalle | 0,3 |
| Tratti di pianura | 0,7 |
| Tratti di risorgiva | 0,7 |
| Tratti di ricarica | 0,3 |
| Tratti temporanei | 0 |

T: coefficiente temporale.

| DURATA DEL PRELIEVO | T |
|---------------------------------------|-----|
| prelievo per più di 90 giorni l'anno | 1 |
| prelievo per meno di 90 giorni l'anno | 0,8 |

P: parametro che tiene conto delle esigenze naturalistiche e di fruizione turistico – sociale .

Il parametro P viene fissato pari a 1,5 qualora parte del tratto sotteso dalla derivazione ricada in aree naturali protette (ZPS, SIC, biotopi, parchi naturali regionali, riserve naturali, aree wilderness, ecc.) o nei tratti in cui sono in atto programmi di ricostituzione delle popolazioni ittiche autoctone.

M: coefficiente di modulazione stagionale.

Il parametro M viene fissato pari a 1

Q_{MEDIA}: portata media annua alla sezione interessata dall'opera di captazione calcolata come:

$$Q_{MEDI A} = (q \cdot A) + q P$$

dove

q: portata specifica [l/s km²] così come riportata nella cartografia allegato 5.3

A: area del bacino idrografico sotteso dall'opera di presa. Nel caso dei fiumi Meduna e Tagliamento e dei torrenti Corno e Cormor, il bacino idrografico sotteso dalle derivazioni ubicate sul tratto classificato come "tratto di pianura" o "tratto di risorgiva" si intende calcolato a valle della linea delle risorgive.

qP: apporto puntiforme [l/s] così come riportato nella cartografia allegato 5.3.

Qualora, per la sezione considerata, sia disponibile un'adeguata serie storica di portate misurate sarà possibile calcolare **Q_{MEDIA}** la a partire dalla serie stessa.

La determinazione del valore dei coefficienti K, P e M deve essere fatta sulla base dell'ubicazione dell'opera di presa.

Applicando i criteri indicati dall'art. 38 delle *Norme di Attuazione* del PR TA il DMV per l'impianto idroelettrico in esame risulta così determinato:

$$\begin{aligned} Q_{DMV} &= K * T * P * M * Q_{MEDI A} \\ &= 0.1 * 1 * 1 * 1 * (60 \text{ l/s} * 11.04 \text{ kmq}) \\ &= \mathbf{66.24 \text{ l/s}} \end{aligned}$$

2.2 ALTERNATIVA 1

E' la proposta progettuale attualmente in fase di valutazione

2.3 ALTERNATIVA 2

Per recepire le richieste del Servizio VIA e le future norme di attuazione del PRTA si prevede nell'alternativa 2 di elevare la portata rilasciata dall'impianto a **68 l/s minimi**, direttamente dalla traversa di presa. A queste portate vanno aggiunte le sorgenti di valle.

Dall'elaborazione i nuovi dati di derivazione sono:

| DATI CARATTERISTICI | | |
|--|--------------|----------------|
| Derivazione | | |
| Portata massima derivata | 800 | l/s |
| Portata media derivata | 316 | l/s |
| Portata minima derivata | 40 | l/s |
| DMV | | |
| DMV da rilasciare ai sensi L.R.28/2001 | 44,16 | l/s |
| DMV minimo rilasciato | 68 | l/s |
| Pari ad un contributo di | 6.15 | l/s*kmq |
| Portata media rilasciata a valle delle derivazione | 141 | l/s |
| Pari ad un contributo di | 12.77 | l/s*kmq |
| Impianto idroelettrico | | |
| Salto di concessione | 415,80 | m |
| Potenza nominale media di concessione | 1 289 | kW |
| Potenza massima impianto | 2 507 | kW |
| Rendimento complessivo impianto | 82% | % |
| Producibilità annua | 8 946 | MWh |
| Ore di funzionamento impianto | 7 584 | ore/anno |
| Diametro condotta - DN | 600/700 | mm |
| Lunghezza condotta | 3 200 | m |
| Scabrezza secondo Gauckler – Strickler | 90 | |

2.3.1 **Potenza e Produzione attese**

| Durata | Q derivata | Perdite di carico | Piezometrica | Potenza netta | Producibilità |
|--------------|------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|
| giorni | l/s | kW | kW | kW | MWh |
| 1 | 800 | 25,92 | 389,88 | 2507 | 60 |
| 10 | 800 | 25,92 | 389,88 | 2507 | 60 |
| 20 | 800 | 25,92 | 389,88 | 2507 | 60 |
| 30 | 800 | 25,92 | 389,88 | 2507 | 60 |
| 40 | 800 | 25,92 | 389,88 | 2507 | 60 |
| 50 | 742 | 22,28 | 393,52 | 2346 | 56 |
| 60 | 671 | 18,23 | 397,57 | 2144 | 51 |
| 70 | 611 | 15,13 | 400,67 | 1969 | 47 |
| 80 | 560 | 12,68 | 403,12 | 1814 | 44 |
| 90 | 514 | 10,71 | 405,09 | 1675 | 40 |
| 100 | 474 | 9,09 | 406,71 | 1549 | 37 |
| 110 | 437 | 7,74 | 408,06 | 1434 | 34 |
| 120 | 404 | 6,61 | 409,19 | 1329 | 32 |
| 130 | 373 | 5,65 | 410,15 | 1231 | 30 |
| 140 | 345 | 4,83 | 410,97 | 1140 | 27 |
| 150 | 319 | 4,12 | 411,68 | 1056 | 25 |
| 160 | 295 | 3,51 | 412,29 | 976 | 23 |
| 170 | 272 | 2,99 | 412,81 | 901 | 22 |
| 180 | 250 | 2,53 | 413,27 | 831 | 20 |
| 190 | 230 | 2,14 | 413,66 | 764 | 18 |
| 200 | 210 | 1,79 | 414,01 | 700 | 17 |
| 210 | 192 | 1,49 | 414,31 | 640 | 15 |
| 220 | 175 | 1,23 | 414,57 | 582 | 14 |
| 230 | 158 | 1,01 | 414,79 | 527 | 13 |
| 240 | 142 | 0,82 | 414,98 | 474 | 11 |
| 250 | 127 | 0,65 | 415,15 | 424 | 10 |
| 260 | 112 | 0,51 | 415,29 | 375 | 9 |
| 270 | 98 | 0,39 | 415,41 | 329 | 8 |
| 280 | 85 | 0,29 | 415,51 | 284 | 7 |
| 290 | 72 | 0,21 | 415,59 | 241 | 6 |
| 300 | 60 | 0,14 | 415,66 | 199 | 5 |
| 310 | 47 | 0,09 | 415,71 | 159 | 4 |
| 320 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 330 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 340 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 347 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 350 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 355 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 360 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| 365 | 0 | 0,00 | 415,80 | 0 | 0 |
| MEDIA | 316 | 0 | 0 | 1021 | 8946 |

2.3.2 **Portate rilasciate**

| Durata | Q LEALE monte | Q sorgenti | Q prelievo | Q PRESA | Q derivata | Q rilasciata presa | Contributo |
|--------------|---------------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------------------|-------------|
| giorni | | | | | l/s | l/s | l/s*kmq |
| 1 | 2377 | 150 | 20 | 2507 | 800 | 1707 | 154,6 |
| 10 | 1414 | 147 | 20 | 1541 | 800 | 741 | 67,1 |
| 20 | 1127 | 143 | 20 | 1250 | 800 | 450 | 40,8 |
| 30 | 962 | 139 | 20 | 1081 | 800 | 281 | 25,5 |
| 40 | 845 | 136 | 20 | 961 | 800 | 161 | 14,6 |
| 50 | 756 | 133 | 20 | 868 | 742 | 126 | 11,5 |
| 60 | 683 | 129 | 20 | 792 | 671 | 122 | 11,0 |
| 70 | 622 | 126 | 20 | 729 | 611 | 117 | 10,6 |
| 80 | 570 | 123 | 20 | 673 | 560 | 114 | 10,3 |
| 90 | 525 | 120 | 20 | 625 | 514 | 110 | 10,0 |
| 100 | 484 | 117 | 20 | 581 | 474 | 107 | 9,7 |
| 110 | 448 | 114 | 20 | 542 | 437 | 104 | 9,5 |
| 120 | 415 | 111 | 20 | 506 | 404 | 102 | 9,2 |
| 130 | 385 | 108 | 20 | 473 | 373 | 100 | 9,0 |
| 140 | 357 | 106 | 20 | 442 | 345 | 97 | 8,8 |
| 150 | 331 | 103 | 20 | 414 | 319 | 95 | 8,6 |
| 160 | 307 | 101 | 20 | 388 | 295 | 93 | 8,4 |
| 170 | 285 | 98 | 20 | 363 | 272 | 91 | 8,3 |
| 180 | 264 | 96 | 20 | 339 | 250 | 89 | 8,1 |
| 190 | 244 | 93 | 20 | 317 | 230 | 88 | 7,9 |
| 200 | 226 | 91 | 20 | 296 | 210 | 86 | 7,8 |
| 210 | 208 | 89 | 20 | 276 | 192 | 84 | 7,6 |
| 220 | 191 | 86 | 20 | 257 | 175 | 83 | 7,5 |
| 230 | 175 | 84 | 20 | 239 | 158 | 81 | 7,4 |
| 240 | 160 | 82 | 20 | 222 | 142 | 80 | 7,2 |
| 250 | 145 | 80 | 20 | 205 | 127 | 78 | 7,1 |
| 260 | 131 | 78 | 20 | 189 | 112 | 77 | 7,0 |
| 270 | 118 | 76 | 20 | 174 | 98 | 76 | 6,9 |
| 280 | 105 | 74 | 20 | 159 | 85 | 74 | 6,7 |
| 290 | 92 | 72 | 20 | 145 | 72 | 73 | 6,6 |
| 300 | 81 | 71 | 20 | 131 | 60 | 72 | 6,5 |
| 310 | 69 | 69 | 20 | 118 | 47 | 70 | 6,4 |
| 320 | 58 | 67 | 20 | 105 | 0 | 105 | 9,5 |
| 330 | 47 | 66 | 20 | 92 | 0 | 92 | 8,4 |
| 340 | 36 | 64 | 20 | 80 | 0 | 80 | 7,3 |
| 347 | 29 | 63 | 20 | 72 | 0 | 72 | 6,5 |
| 350 | 26 | 62 | 20 | 69 | 0 | 69 | 6,2 |
| 355 | 21 | 62 | 20 | 63 | 0 | 63 | 5,7 |
| 360 | 16 | 61 | 20 | 57 | 0 | 57 | 5,2 |
| 365 | 11 | 60 | 20 | 51 | 0 | 51 | 4,7 |
| MEDIA | 379 | 98 | 20 | 457 | 316 | 141 | 14,5 |

| | | |
|---|-------------------------------------|------------------|
|  | Impianto idroelettrico sul t. Leale | Res.05.H - Leale |
| | Progetto definitivo | |
| | Relazione idrologica integrativa | Pagina 27 di 38 |

A commento si riportano le seguenti considerazioni:

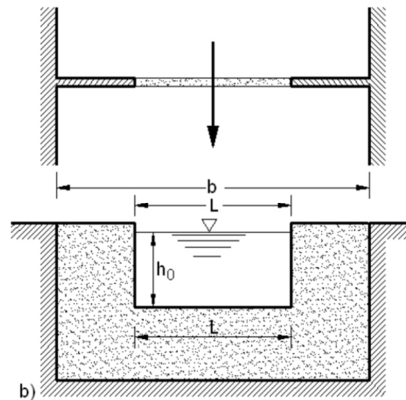
- Il rilascio minimo adottato nell'alternativa 2 (68 l/s) è **34% superiore rispetto all'alternativa 1** (50 l/s)
- In **condizioni di portata minima derivata** per il funzionamento dall'impianto (40 l/s) il rilascio al corso d'acqua direttamente dalla presa è di **68 l/s** , pari ad un contributo di **6,16 l/s x kmq**;
- La **portata media annuale rilasciata al corso d'acqua direttamente dalla presa è di 141 l/s**, pari ad un contributo di **14.5 l/s x kmq**;
- Nell'ambito dell'opera di presa sono presenti delle sorgenti (sorgenti di valle) che elevano il rilascio di ulteriori 25 l/s medi.
- La portata rilasciata è variabile in funzione delle portate in arrivo, come indicato dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio del 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"* sulla variabilità dei rilasci;

3 DIMENSIONAMENTO OPERE IDRAULICHE

3.1 DISPOSITIVO DMV

La portata di rispetto indicata nell'alternativa 2 è stata fissata in 68 l/s..

L'opera di rilascio è costituita da un setto in acciaio in cui è ricavata una luce di efflusso rettangolare.



Per il dimensionamento geometrico della luce si utilizza la classica formula dello stramazzo in parete sottile:

$$Q = \frac{2}{3} * Cq * L * h_0 * \sqrt{2 * g * h_0}$$

Dove:

- Q = portata di efflusso dello stramazzo
- Cq = coefficiente di contrazione pari a 0.61
- L = larghezza dello stramazzo
- h₀ = carico sullo stramazzo
- A = area della luce – L*h₀
- g = accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

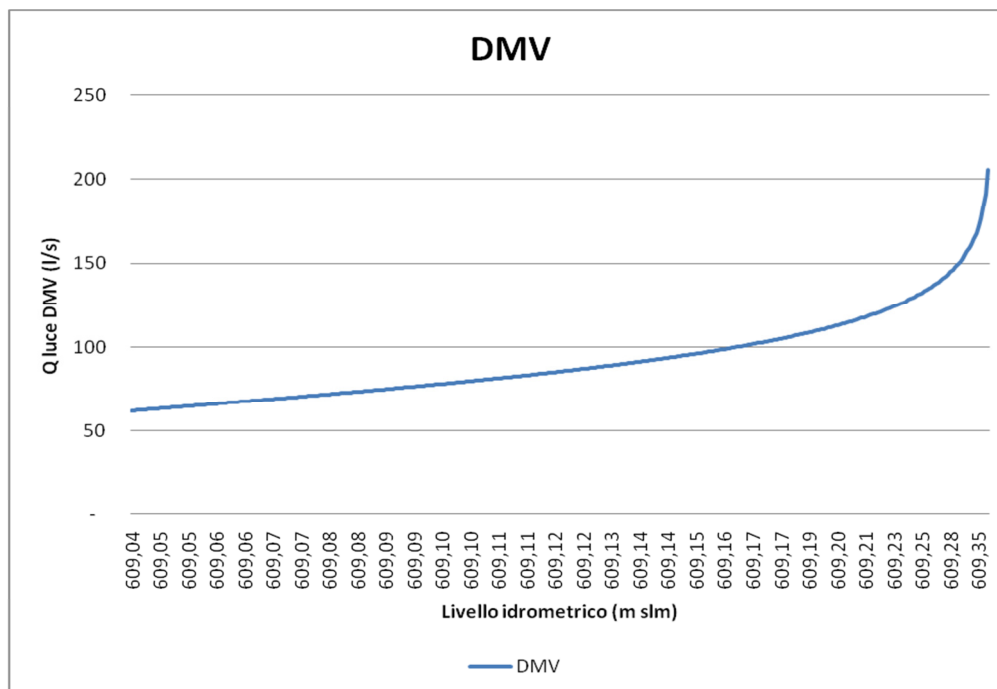
Impostando tutti i valori in foglio elettronico ed adottando una larghezza dello stramazzo pari a 0.20 m, abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

- L = 0.20 m
- h₀ = 0.33 m
- Q = 68 l/s

Il setto metallico, potrà in futuro essere “ridimensionato” per consentire il passaggio di una maggiore quantità d’acqua ed conseguentemente adeguarsi alle possibili variazioni normative.

La tipologia di opera di presa adottata modula i rilasci in funzione della portata in arrivo dal corso d’acqua (maggiore è la portata del corso d’acqua, maggiore sarà il battente che si crea sull’opera di presa e conseguentemente maggiore sarà il rilascio) così da mantenere le caratteristiche proprie di variabilità del regime idrologico del corso d’acqua.

Si riporta di seguito di seguito un grafico con indicato l’andamento della curva dei rilasci in funzione del battente che si crea sulla traversa di presa.



3.2 SCALA DI RISALITA

Il torrente Leale in questo tratto di alta valle è caratterizzato da un alveo marcatamente incassato e contraddistinto dal susseguirsi di *Rock step*, *Cascade* e *Step pool*; il tratto è caratterizzato da una corrente a velocità sostenuta in cui il flusso presenta un’alternanza di getti in caduta e risalti idraulici (*tumbling flow*) e separazione della corrente sopra o attorno ai grossi elementi lapidei, fortemente incastrati fra loro e posti di traverso rispetto alla corrente, la cui disposizione favorisce la formazione di una serie di gradini (*step*) e di *pool*, piuttosto frequenti.

L’indagine dello studio di impatto ambientale ha evidenziato situazione faunistica scarsamente strutturata e poco abbondante, prevalentemente di trote di piccola taglia.

La tipologia di scala che si ritiene più adatta al contesto analizzato appare quindi quella a bacini e traverse (*pool and traverse fish pass*), in ragione della dimensione longitudinale contenuta della traversa e della possibilità di realizzare sia passaggi superficiali che luci di deflusso sotto battente, garantendo la fruibilità per tutte le taglie presenti ed in generale un migliore funzionamento in termini di contenimento delle turbolenze.

La massima velocità u_{max} raggiungibile da un pesce può essere valutata secondo la formula [1] (Wardle, 1975), che la correla alla lunghezza L dell'esemplare ed al tempo t di contrazione del muscolo caudale:

$$u_{max} = 0,7 \cdot L / (2 \cdot t) \quad [1]$$

Il tempo di contrazione è funzione della dimensione del pesce e della temperatura T del muscolo (maggiore è la lunghezza e minore è la temperatura, più lento sarà il muscolo a contrarsi). Per una stima di t si può ricorrere ad una formula empirica (Zhon, 1982):

$$t = 0,1700 \cdot L^{0,4288} + 0,0028 \cdot \ln T - 0,0425 \cdot L^{0,4288} \cdot \ln T - 0,0077 \quad [2]$$

Considerando una temperatura delle acque pari a 10°C e una lunghezza dell'esemplare di 20 cm si ottiene una velocità massima di nuoto media di 2,0 m/s, valore che è stato considerato in progetto limitando le velocità della corrente in ogni punto del passaggio artificiale a valori medi compresi in ogni caso tra 1,00 e 1,50 m/s.

3.2.1 Criteri e vincoli di carattere ittiologico

Data la tipologia di pesci presenti nel torrente, si è ritenuto opportuno progettare l'opera in modo che la perdita di carico idraulico tra due bacini contigui sia dell'ordine di 0,30 m. Nonostante infatti le trote siano generalmente in grado di superare dislivelli anche superiori, salti maggiori generano più elevate turbolenze e velocità che potrebbero ostacolare la risalita degli individui più giovani e delle specie con minore capacità natatoria.

Per quanto riguarda invece la modalità di comunicazione tra i bacini si è ritenuto, come già detto, di abbinare una fessura laterale ad un foro di fondo. In questo modo è possibile consentire il deflusso di una portata di maggiore entità pur limitando le turbolenze a valori non eccessivi, grazie al contributo di una corrente sommersa che peraltro mitiga i fenomeni di deposito di materiale all'interno delle vasche. Il passaggio sul fondo inoltre può essere utilizzato dalle specie ittiche che prediligono il moto sul fondale.

La scala è stata studiata per garantire un deflusso in condizioni normali anche sul resto del setto, così da creare una sorta di "velo scenico" che mascheri la struttura a vasche della scala.

In merito alla turbolenza che viene a crearsi nelle vasche, nel caso di scale del tipo a bacini e traverse e in presenza di salmonidi si considera per un corretto dimensionamento che la potenza w dissipata dal salto per unità di volume risulti non superiore a circa 150/200 W/m³, secondo la formula [3] in cui ΔH è il salto tra due bacini, γ è il peso specifico dell'acqua, Q è la portata transitante e V è il volume d'acqua contenuto nella vasca:

$$w = \frac{\gamma * \Delta H * Q}{V} \leq 150 / 200 \text{ W} / \text{m}^3 \quad [3]$$

La turbolenza è generata principalmente dal fatto che la corrente di sfioro che transita da una vasca alla successiva dissipa nel salto, mediante l'urto con il "cuscino" d'acqua sottostante, la sua intera energia cinetica, ristabilendo teoricamente condizioni di sostanziale assenza di moto per poi "cadere" nuovamente attraverso lo stramazzo nella vasca seguente. L'andamento reale del flusso è schematizzato nella figura sottostante.

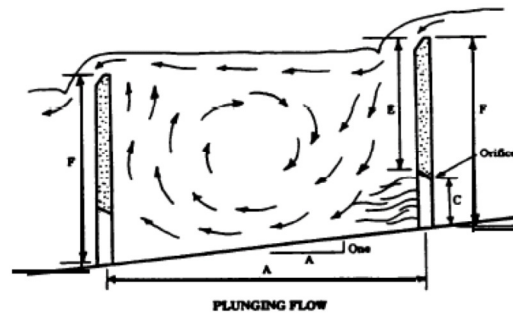


Figura 15 - Schema dei flussi idrici all'interno delle vasche (fonte: Powers, P. et al., 1984).

La presenza di luci di fondo provoca invece l'instaurarsi di una corrente continua più stabile: il flusso è soggetto a fenomeni dissipativi di diverso ordine di grandezza, in quanto la velocità subisce limitate variazioni.

L'alternarsi della posizione dei fori induce inoltre un tracciato della corrente di forma sinuosa, enfatizzando la presenza di zone laterali, esterne al deflusso principale, caratterizzate da valori assai ridotti del vettore velocità, le quali vanno a costituire delle zone di riposo per i pesci in transito all'interno della scala.

Per maggiori dettagli relativi all'idraulica dei flussi che si instaurano all'interno di una successione di vasche si rimanda agli studi empirici reperibili in letteratura, ad esempio al manuale *New Concept in Fish Ladders design*, volumi I - III (Powers, P. et al., 1984).

Per la definizione del valore di portata Q da inserire nella formula [3], alla luce delle considerazioni fatte e tenendo conto dell'assenza di specifiche indicazioni normative, appare sensato considerare la sola portata di sfioro tra due vasche consecutive (sia attraverso la fessura laterale che al di sopra della rimanente porzione del setto di separazione). Questa assunzione appare un buon compromesso tra il mantenimento della turbolenza su valori accettabili e l'adozione di una portata defluente complessiva che sia la maggiore possibile.

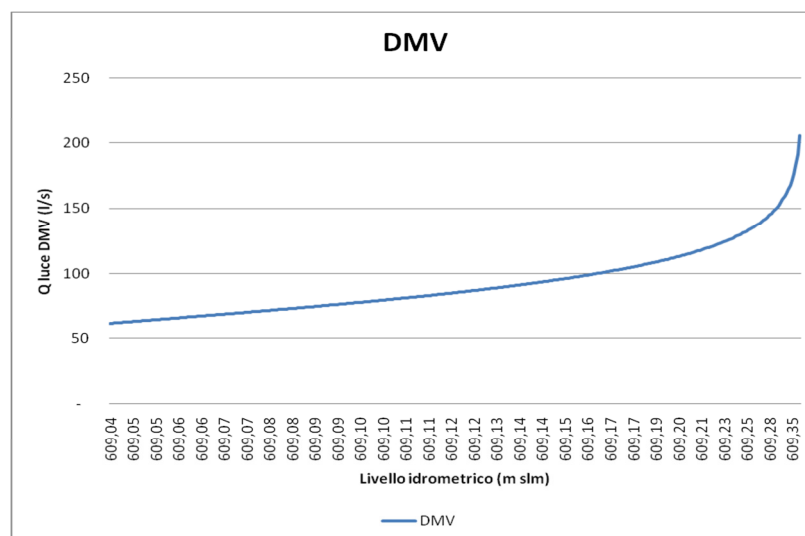
Esistono infine alcuni criteri generali, basati in parte su considerazioni relative alle caratteristiche dei pesci ed in parte sull'esperienza, relative alle dimensioni dei bacini e delle aperture che li collegano. Le misure da adottarsi dipendono, infatti, oltre che dalla disponibilità idrica, dal tipo di pesci e dalle dimensioni degli stessi; inoltre esistono dei parametri di controllo da rispettare per rendere più efficiente il passaggio. Alcune indicazioni di riferimento legate alla prassi progettuale sono le seguenti:

- la lunghezza del singolo bacino deve essere superiore a 3 volte la lunghezza dei pesci di maggiori dimensioni;
- la larghezza delle fessure deve consentire il transito anche dei pesci di taglia maggiore;
- il rapporto ottimale tra battente sullo stramazzo laterale e dislivello tra bacini è pari a circa 1,5 - 2,0 nel caso di funzionamento del collegamento tra bacini attraverso flusso rigurgitato.

3.2.2 Descrizione delle opere in progetto e verifiche idrauliche

Nel sito in esame lo spazio disponibile per l'ubicazione della scala non è molto ampio, essendo lo sbarramento compatto e non potendo realizzare opere molto estese verso valle.

Come indicato nei capitoli precedenti il deflusso di DMV rilasciato dall'opera di presa e che transita nella scala di risalita è variabile in funzione dell'idraulicità del corso d'acqua. La portata d'acqua garantita è di un minimo di 68 l/s a massimi di oltre 150 l/s.



L'Arpa del FVG ha rilevato una criticità dell'opera di presa (osservazioni ARPA - fauna ittica - pag. 7), immediatamente a valle della traversa dove viene a crearsi una zona asciutta e nel caso in cui un pesce dovesse scivolare oltre la griglia di presa si troverebbe a cadere in una zona priva d'acqua.

Per rimediare alla carenza segnalata da Arpa si prevede di realizzare un sistema che attraverso uno stramazzo posto nella prima vasca della scala di risalita, indirizzi una parte delle portate di DMV, circa 1/3, verso il paramento di valle della traversa, dove saranno realizzate delle pozze mediante la posa di massi di piccole dimensioni cementati, come meglio indicato negli elaborati grafici.

Le portate inviate alla base della traversa saranno successivamente convogliate verso l'imbocco della scala di risalita, garantendo un'idonea attrattività e la formazione in alveo di condizioni idrodinamiche (livello, velocità) compatibili con la presenza dell'ittiofauna.

Le portate di progetto sono state così ripartite:

| | DMV | scala per pesci | traversa |
|-----|---------|-----------------|----------|
| min | 68 l/s | 47 l/s | 21 l/s |
| max | 150 l/s | 95 l/s | 55 l/s |

La scala di risalita è costituita da bacini a geometria rettangolare, con lunghezza e larghezza nette interne rispettivamente di 1,00 m e 1.20 m, per un'altezza d'acqua dell'ordine di 1,00 m. I setti di separazione sono dotati di una fessura laterale di larghezza pari a 0,10 m e profondità di 0,30 m e di una luce di fondo rettangolare di larghezza pari a 0,10 m e altezza di 0,12 m. Con portate superiori al DMV minimo il battente idrico sul setto aumenterà, originando uno sfioro su tutto il setto che lo maschererà.

La fessura laterale della scala di risalita è stata dimensionata valutandone l'efflusso come luci a stramazzo in parete sottile, secondo la formula che fornisce la portata Q defluente attraverso una soglia di larghezza b:

$$Q = \frac{2}{3} * Cq * b * h * \sqrt{2 * g * h}$$

dove:

b è la larghezza della luce a stramazzo;

h è l'altezza della luce a stramazzo;

Cq è il coefficiente di deflusso che per il caso in esame è assunto pari a 0.61.

La parte sfiorante rialzata si comporta in generale come uno stramazzo semplice, per il quale si può valutare la portata defluente Q secondo la formula:

$$Q = Cq \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

La luce di fondo vede il deflusso di una portata Qf funzione dell'area di passaggio Af e del

$$Qf = Cq \cdot A_f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

dislivello h1 tra i peli liberi di monte e valle, secondo la formula:

dove Cq è assunto pari a 0,61.

La verifica idraulica ha comportato la simulazione del funzionamento della scala in condizioni di portata minima (68 l/s) e massima (150 l/s).

Si riporta di seguito i risultati di dettaglio delle due simulazioni:

Verifica idraulica con portata minima Q = 68 l/s

| stramazzo laterale | | | |
|--------------------|------------------------|------|--------------|
| Larghezza | l | m | 0,50 |
| Altezza | h | m | 0,08 |
| Cq | | | 0,61 |
| Portata Q | Q _{stramazzo} | mc/s | 0,021 |

SCALA DI RIMONTA PER PESCI

Dati generali

| | | | |
|-----------------------|-----------|------|--------------|
| Portata di progetto | Q ppp | mc/s | 0,047 |
| Dislivello | ΔH ppp | m | 2,10 |
| n bacini | n. bacini | n. | 7,00 |
| Dislivello tra vasche | Dh | | 0,30 |

Dimensioni vasche

| | | | |
|-------------|--------------------|------|--------------|
| Larghezza | L | m | 1,00 |
| Lunghezza | Lb | m | 1,20 |
| Altezza | H | m | 1,00 |
| Volume | V _{vasca} | mc | 1,20 |
| W dissipata | | W/mc | 72,59 |

< 150/200

stramazzo superficiale

| | | | |
|-----------|------------------------|------|------|
| Larghezza | L1 | m | - |
| Altezza | H1 | m | - |
| Cq | | | 0,61 |
| Portata Q | Q _{stramazzo} | mc/s | - |

| | Velocità | $V_{\text{stramazzo}}$ | m/s | - |
|----------------------|----------------------|------------------------|--------------|------------------|
| Luce laterale | | | | |
| Larghezza | L2 | m | 0,10 | |
| Altezza | H2 | m | 0,30 | |
| Cq | | | 0,61 | |
| Portata Q | Q_{fessura} | mc/s | 0,030 | |
| Velocità | V_{fessura} | m/s | 0,99 | < 1,50 |
| Luce di fondo | | | | |
| Larghezza | L3 | m | 0,10 | |
| Altezza | H3 | m | 0,12 | |
| ΔH | | m | 0,30 | |
| Cq | | | 0,60 | |
| Portata Q | $Q_{\text{l.fondo}}$ | mc/s | 0,017 | |
| Velocità V | $V_{\text{l.fondo}}$ | m/s | 1,45 | < 1,50 |

Verifica idraulica con portata massima $Q = 150 \text{ l/s}$

| stramazzo laterale | | | | |
|---------------------------|------------------------|------|--------------|--|
| Larghezza | l | m | 0,50 | |
| Altezza | h | m | 0,15 | |
| Cq | | | 0,61 | |
| Portata Q | $Q_{\text{stramazzo}}$ | mc/s | 0,055 | |

SCALA DI RIMONTA PER PESCI

Dati generali

| | | | |
|----------------------|------------------|------|-------|
| Portata di progetto | Q_{ppp} | mc/s | 0,095 |
| Dislivello tra vasce | D_h | | 0,30 |

Dimensioni vasche

| | | | |
|-------------|--------------------|------|---------------------|
| Larghezza | L | m | 1,00 |
| Lunghezza | L_b | m | 1,20 |
| Altezza | H | m | 1,00 |
| Volume | V_{vasca} | mc | 1,20 |
| W dissipata | | W/mc | 189,42 |
| | | | < 150/200 |

stramazzo superficiale

| | | | |
|-----------|------------------------|------|------------------|
| Larghezza | L2 | m | 1,10 |
| Altezza | N | m | 0,07 |
| Cq | | | 0,61 |
| Portata Q | $Q_{\text{stramazzo}}$ | mc/s | 0,037 |
| Velocità | $V_{\text{stramazzo}}$ | m/s | 1,10 |
| | | | < 1,50 |

Luce laterale

| | | | |
|-----------|----|---|------|
| Larghezza | L2 | m | 0,10 |
| Altezza | N | m | 0,37 |
| Cq | | | 0,61 |

| | | | | |
|----------------------|----------------------|------|--------------|------------------|
| Portata Q | Q _{fessura} | mc/s | 0,041 | |
| Velocità | V _{fessura} | m/s | 1,10 | < 1,50 |
| Luce di fondo | | | | |
| Larghezza | L1 | m | 0,10 | |
| Altezza | h1 | m | 0,12 | |
| ΔH | | m | 0,30 | |
| Cq | | | 0,60 | |
| Portata Q | Q _{l.fondo} | mc/s | 0,017 | |
| Velocità V | V _{l.fondo} | m/s | 1,45 | < 1,50 |

La simulazione ha permesso di verificare il soddisfacimento delle condizioni di vincolo descritte in precedenza, in particolare la potenza media dissipata per unità di volume inferiore a 150/200 W/m³.

3.2.3 Considerazioni in merito alla funzionalità della scala

L'impostazione progettuale della scala di risalita in oggetto ha privilegiato un più funzionale comportamento idraulico del passaggio sul mero rispetto di indicazioni legate alla prassi costruttiva o a valori dei parametri idraulici stabiliti a priori, mirando in ogni caso a garantire sia l'attrattività che il rispetto delle principali esigenze di carattere ittologico, in particolare relativamente a velocità massime, massimo valore di turbolenza e massima differenza di carico tra bacini contigui.

La geometria della scala rispetta in generale i criteri tipici della prassi costruttiva, con riferimento a quanto descritto nei paragrafi precedenti. Per quanto concerne le caratteristiche dei setti separatori, il principio utilizzato è quello della doppia apertura, una sul fondo funzionante a battente ed una in superficie funzionante a stramazzo, parzialmente rigurgitato.

Il foro di fondo è sufficientemente ampio da consentire la risalita delle specie che prediligono il movimento sul fondo. La profondità delle fessure di passaggio è tale per cui la portata di funzionamento sfiora parzialmente al di sopra di tutto il setto, non soltanto in corrispondenza della fessura laterale, creando così una migliore percezione visiva della scala stessa, mascherandone la struttura a vasche.

Il fondo delle vasche è ribassato di 5 cm rispetto alla soglia inferiore delle luci di fondo, creando un "volume morto" che sarà riempito di ghiaietto. Tale strato si intaserà naturalmente di frazioni sabbiose-limose, in ragione del trasporto solido naturale del torrente nelle fasi di morbida primaverile, ricreando un fondale di maggiore naturalità per i pesci, analogo a quello presente nell'alveo.

Per quanto riguarda infine i punti di collegamento tra il passaggio artificiale e l'alveo a monte ed a valle dello sbarramento:

- la quota dell'ultimo setto di valle è prossima a quella di fondo alveo; l'ultima vasca risulta rigurgitata, e riveste funzione di transito tra la scala e il torrente, "assorbendo" gli effetti dovuti a possibili escursioni di livello senza variare sensibilmente le condizioni generali di funzionamento;
- le condizioni di minore turbolenza (minore salto idraulico a causa di un assetto più rigurgitato) della prima vasca realizzano una zona di transizione e riparo prima dell'uscita

nel torrente, mitigando i disturbi indotti dalla presenza della presa e migliorando la fruibilità dell'opera.

3.3 OPERA DI PRESA

Si riporta la sintesi della relazione idraulica allegata al progetto depositato presso il Servizio Idraulica di Udine.

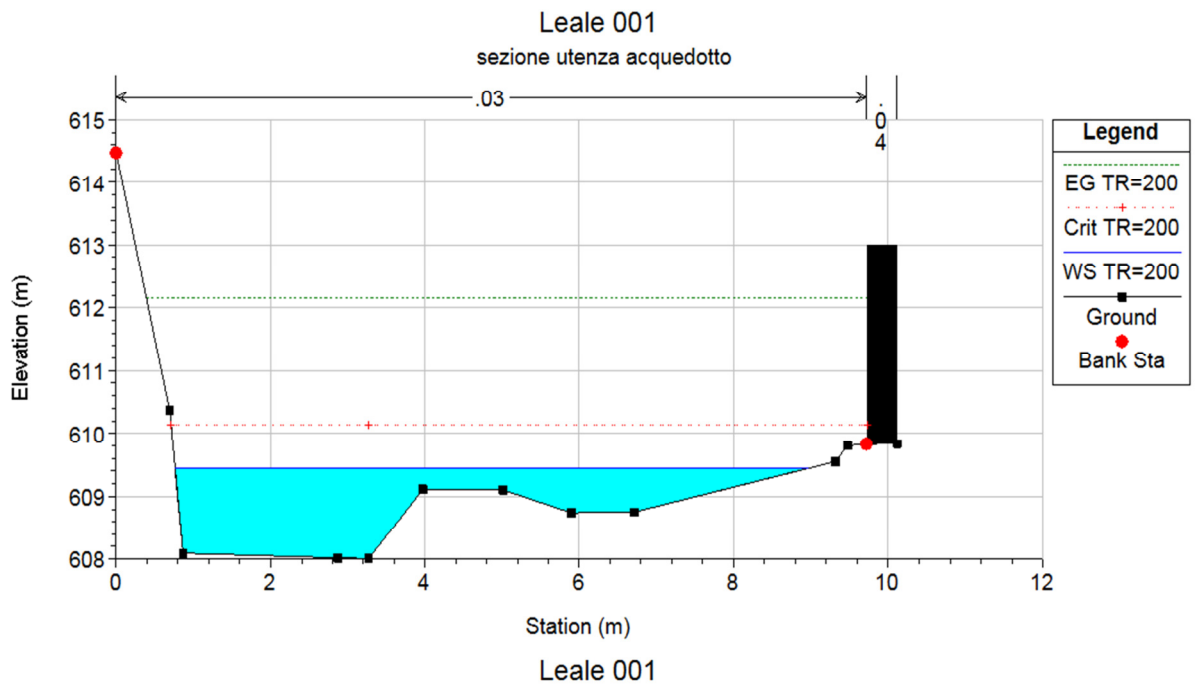
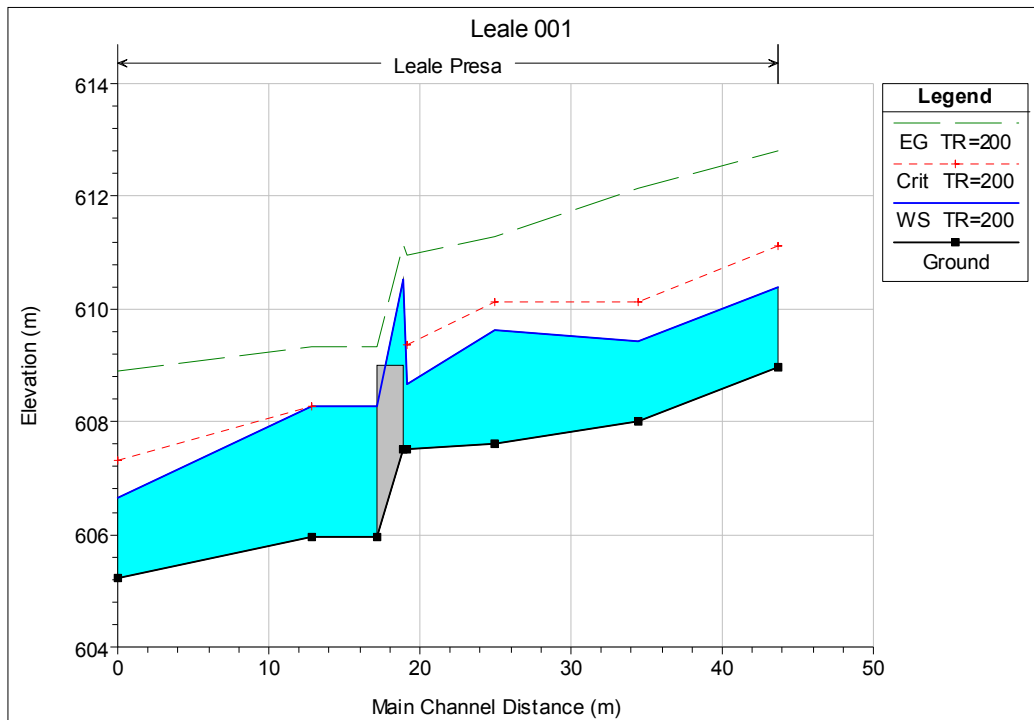
Per la determinazione dei profili in moto permanente si è fatto uso del programma HEC-RAS 3.1, River Analysis System del U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Centre, dell'Università di Houston in Texas.

Dell'elaborazione fatta vengono allegati profilo, sezioni e tabelle.

A commento dei risultati si evince che, per le portate stimate, le opere in progetto non interferiscono con il regime della corrente e con creano disturbo alle opere esistenti relative all'utenza acquedottistica del Comune di Trasaghis.

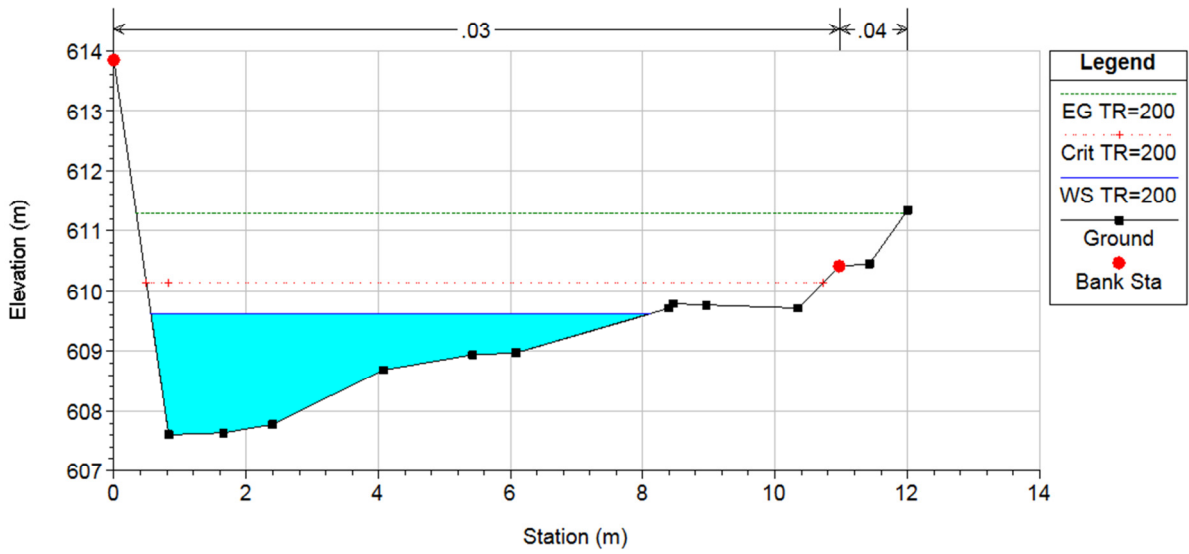
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (*) | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow |
|-------|-----------|---------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-------------------|
| | | | (m ³ /s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/m) | (m/s) | (m ²) |
| Presa | 6 | TR=200 | 45.00 | 608.97 | 610.40 | 611.12 | 612.80 | 0.050052 | 6.86 | 6.56 |
| Presa | 5 | TR=200 | 45.00 | 608.01 | 609.44 | 610.13 | 612.15 | 0.093529 | 7.29 | 6.18 |
| Presa | 4 | TR=200 | 45.00 | 607.60 | 609.62 | 610.14 | 611.29 | 0.038828 | 5.72 | 7.87 |
| Presa | 3 | TR=200 | 45.00 | 607.52 | 608.69 | 609.36 | 610.96 | 0.054864 | 6.68 | 6.73 |
| Presa | 2.1 | | traversa | | | | | | | |
| Presa | 2 | TR=200 | 45.00 | 605.94 | 608.26 | 608.26 | 609.32 | 0.015119 | 4.56 | 9.87 |
| Presa | 1 | TR=200 | 45.00 | 605.22 | 606.64 | 607.31 | 608.89 | 0.045192 | 6.64 | 6.78 |

(*) si è adottato un valore di portata di piena arrotondato superiormente a 45 mc/s



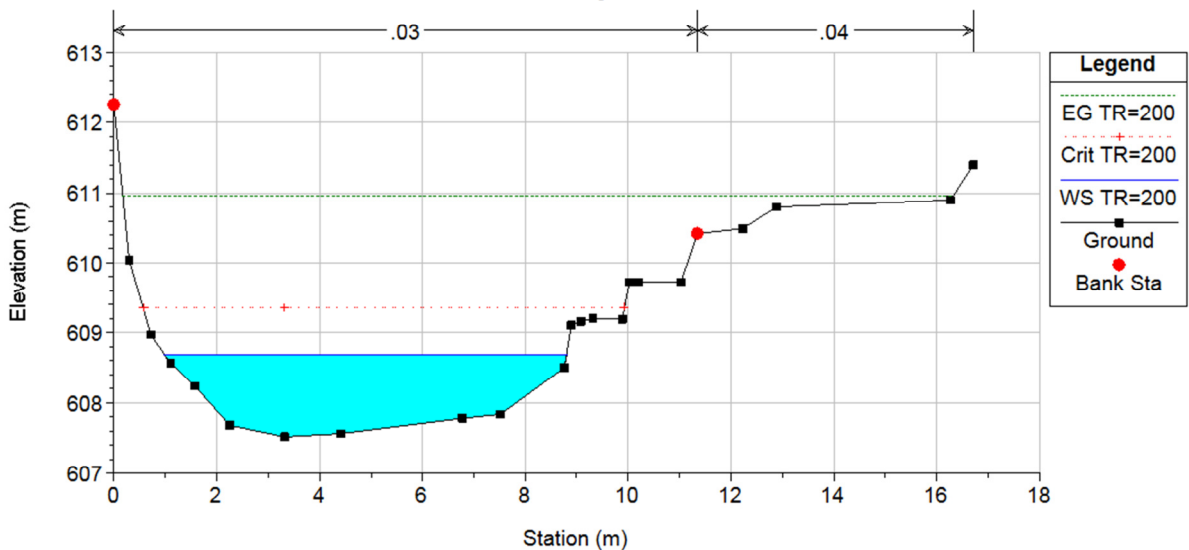
Leale 001

4



Leale 001

3



Leale 001

traversa

