

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 torrente Leale in Comune di Trasaghis (UD).

Riferimento:

Res.05.H - Leale

Scala:

Titolo elaborato:

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA**

n. elaborato:

**B.01**

Soggetto richiedente:

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



Progettazione:



Ing. Giuseppe Carpenè

Il progettista:

revisione	Rev.	Data	Descrizione	Redatto	controllato	Approvato
	00	APRILE 2011	Prima emissione			
	01					
	02					
	03					

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	IL BACINO DEL TORRENTE LEALE.....	3
2.1	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA .....	3
2.2	CARATTERIZZAZIONE PLUVIOMETRICA .....	5
2.3	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGIA .....	6
3	ANALISI IDROLOGICA .....	9
3.1	APPROCCIO METODOLOGICO PER LA STIMA DELLE PORTATE .....	9
3.2	BACINO SOTTESO ALLA PRESA .....	11
3.3	DATI A DISPOSIZIONE.....	12
3.4	STIMA DELLA PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA.....	13
3.4.1	Analisi dei dati storici	13
3.4.2	Valutazione dei cambiamenti climatici tramite analisi delle precipitazioni	16
3.5	CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA ALLA SEZIONE DI PRESA .....	18
3.5.1	Coefficiente di deflusso	18
3.5.2	Calcolo della portata media	19
3.6	CALCOLO DELLA CURVA DI DURATA TEORICA ALLA SEZIONE DI PRESA.....	19
3.7	VALIDAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI.....	21
3.7.1	Misure di portata	21
3.7.2	Apporti sorgentizi	22
3.8	CONSIDERAZIONI E TARATURA DEL MODELLO.....	22
3.8.1	Considerazioni sul modello	22
3.9	SVILUPPO E TARATURA DELLA CURVA DI DURATA .....	24
3.10	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO.....	27
3.10.1	Ante realizzazione centrale idroelettrica	27
3.10.2	Post realizzazione centrale idroelettrica	27
4	DEFLUSSO MINIMO VITALE .....	28
4.1	DEFINIZIONE DI DEFLUSSO MINIMO VITALE E RIFERIMENTI NORMATIVI .....	28
4.2	DMV STABILITO DALLA NORMATIVA VIGENTE IN FRIULI VENEZIA GIULIA .....	30
4.3	DMV APPROVATO ALL'INTERNO DELLA PROCEDURA DI CONCESSIONE DELL'ACQUA .....	31
4.4	DMV ADOTTATO .....	31
5	CALCOLO DELLE PORTATE DERIVATE .....	33
5.1	PORTATE DERIVATE.....	34
5.2	PORTATE RILASCIATE AL CORSO D'ACQUA .....	36

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 3 di 38

## 1 PREMESSA

La presente relazione fa parte del progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico del tipo "piccolo" ad acqua fluente ed ad alta caduta.

L'impianto è ubicato in località Avasinis del Comune di Trasaghis, ed utilizza le acque del torrente Leale, facente parte del bacino idrografico del fiume Tagliamento.

Il presente studio idrologico è mirato a fornire un quadro sintetico delle caratteristiche climatiche, pluviometriche, ed idrologiche del bacino del torrente Leale, al fine di quantificare la disponibilità idrica da utilizzarsi nell'impianto idroelettrico.

## 2 IL BACINO DEL TORRENTE LEALE

Il bacino del torrente Leale ha origine ai piedi del monte Mason (q. 1091 m. s.l.m.) ed è tributario di destra del fiume Tagliamento, con una estensione complessiva di circa 75 kmq.

Il corso del torrente è orientato ovest-est per un primo tratto (circa 7 km), e successivamente, in senso circa nord-sud (circa 5 km) fino alla sua immissione nel f. Tagliamento, che avviene poco a monte dell'abitato di Peonis (q 180 m s.l.m. circa).

Il torrente Leale è formato nel tratto iniziale, dall'unione del rio Tromba, Rio de Pinet, Rio da Cita e Rio Cuvii, mentre nel secondo raccoglie le acque del Rio Amula in sinistra, Rio Flagel, Rio della Cengia, Rio di M. di Cuar in destra e Rio Boscat in sinistra. Allo sbocco nella piana alluvionale riceve molti corsi d'acqua, tra cui si segnala per importanza il Rio Palar e scarico del Lago di Gavazzo in sinistra.

Le principali cime che delimitano il bacino, sono a nord il Monte Amula (q. 1220 m s.l.m.), a ovest il monte Mason ( q. 1091 m. s.l.m.), a sud il Mont Flagjel (q. 1467 m. s.l.m.) e Mont di Cuar (q. 1478 m. s.l.m.).

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA

Il bacino del Tagliamento, di cui il torrente Leale fa parte, appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime, di solito, di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm).

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno che registra uno dei due massimi annui di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi l'instabilità si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura, specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però, i temporali pomeridiani, specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere, in novembre, raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è tipicamente limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata ed alla felice esposizione a Sud della maggior parte delle vallate del bacino, che le massime risultino di qualche grado positive fino a quote relativamente alte; fa eccezione l'estremità nord-orientale del bacino;
- le precipitazioni, comunque, aumentano fortemente rispetto alla pianura e raggiungono valori fra i più elevati di tutto il continente europeo, con particolare riferimento all'estremità nord-orientale del bacino; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità elevatissima, possono verificarsi nevicate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto.

## 2.2 CARATTERIZZAZIONE PLUVIOMETRICA

Il tipo pluviometrico predominante è in quasi tutto il bacino del fiume Tagliamento quello sublitorale alpino, con punte massime in autunno e in primavera, e minime in estate ed in inverno.

Il regime pluviometrico del bacino del Tagliamento è molto elevato, sia in considerazione della media annuale delle precipitazioni, sia di quella su periodi molto più brevi (es. 24-48h).

Da un'analisi della carta delle isoiete si nota come le zone di piovosità più alta sono quelle pedemontane (al centro del bacino), e quelle dei colli orientali della Carnia.

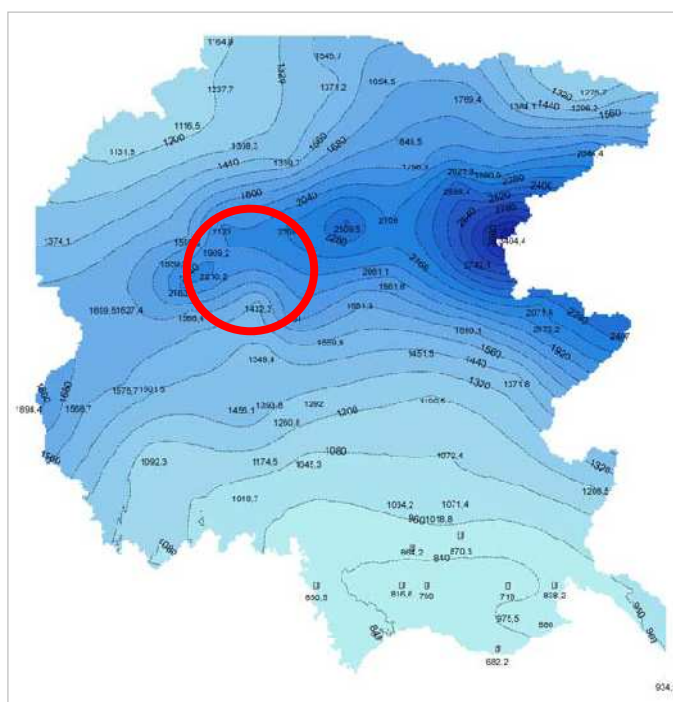


Fig. 1. Carta delle precipitazioni

Le precipitazioni raggiungono i 2000 mm annui nella zona centrale del bacino ed oltrepassano i 3000 mm sulle cime che ne formano il confine orientale. Le massime medie giornaliere raggiungono e superano i 400 mm..

La distribuzione delle precipitazioni durante l'anno è alquanto varia all'interno del bacino. Si passa da regimi pluviometrici sublitoranei, nelle zone di pianura e pedemontane, ad un regime alpino nella zona più settentrionale.

Dall'osservazione dei dati di pioggia relativi ai periodi in cui si sono verificate le piene di maggiore entità, è possibile notare che la distribuzione delle piogge sul bacino è abbastanza proporzionale a quella delle medie annuali.

La fascia alpina è la zona compresa tra l'estremità nord-orientale del bacino ed il passo Mauria, comprendente tutto il settore friulano del confine italo-austriaco.



E' una zona caratterizzata da precipitazioni elevate, anche se inferiori a quelle della fascia prealpina, e con andamento decrescente verso Nord e verso Ovest: si va dai 2000 mm della zona meridionale ai 1500 mm del passo Mauria.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 60-100 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 160-240 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 50-60 mm, che comunque non è un valore basso.

### 2.3 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGIA

Il bacino del torrente Leale alla sezione di presa ha un'estensione di 11.04 kmq.

La formazione rocciosa predominante del bacino sotteso è data dalla dolomia del trias, ed in parte minore da calcari, per lo più giurassici.

La dolomia è riscontrabile nel versante settentrionale ed occidentale, mentre i calcari sono presenti nell'area del Mont di Cuar e Forchia Amula (interessa solo marginalmente il bacino del Leale alla presa), dove affiorano i litotipi delle formazioni dei Calcari Grigi del Friuli, Calcarea del Vajont, F.ne di Fonzaso, del Rosso Ammonitico e del Biancone.

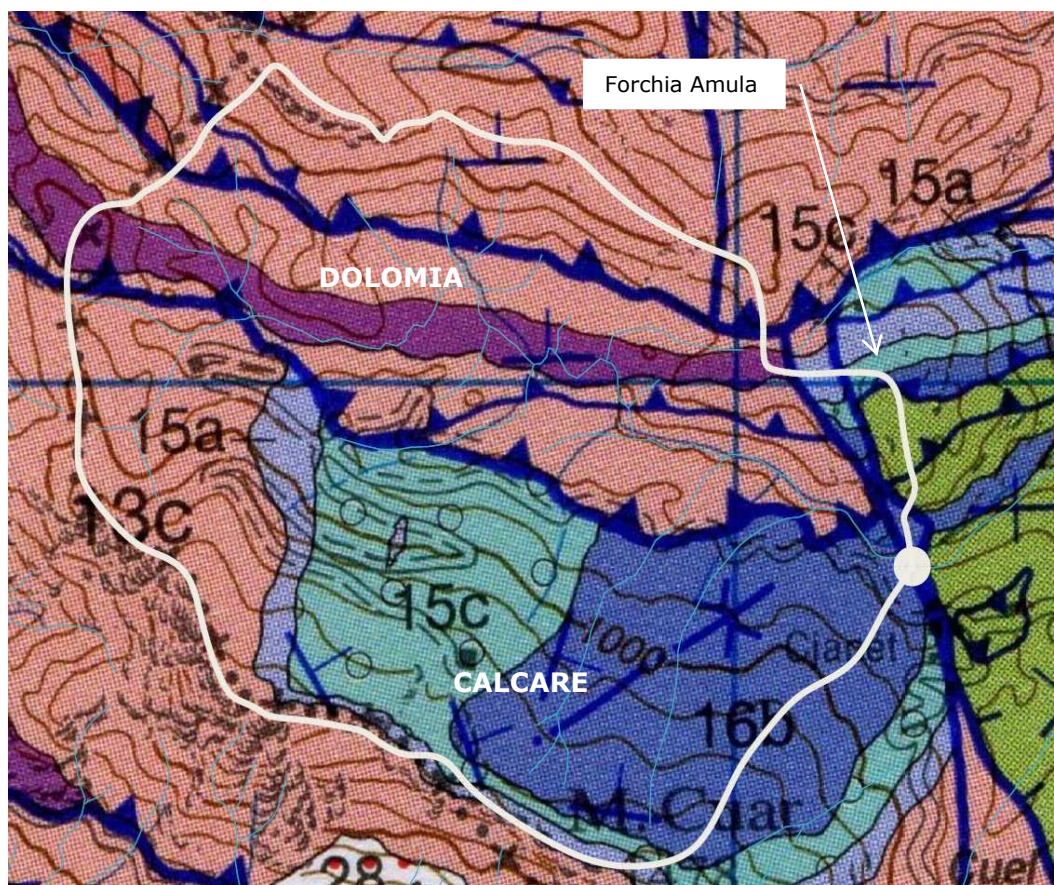


Fig. 2. carta geologica del bacino sotteso del t. Leale alla sezione di presa

Sulla base delle caratteristiche geologiche, dalle linee di fratturazione e dalla giacitura di stratificazione del substrato roccioso, si può affermare che c'è corrispondenza tra bacino idrogeologico e bacino idrografico.

Per la caratterizzazione idrogeologica del bacino del torrente Leale si sono schematizzati i terreni e le rocce, secondo delle classi di permeabilità che si riferiscono a valori medi, noti in letteratura (ricordando che la permeabilità primaria dipende dalla porosità del terreno, mentre per gli ammassi rocciosi carbonatici la permeabilità è sempre di tipo secondario).

Le perdite per infiltrazione del versante settentrionale è ridotta in quanto il substrato roccioso è caratterizzato da un complesso litologico a bassa permeabilità (dolomia) con una modesta copertura ed elevata acclività dei versanti che favorisce il ruscellamento a spese dell'infiltrazione.

Diversamente il versante meridionale (area di M. Cuar e M. Flagel) è caratterizzato da un'infiltrazione estremamente bassa e bassa nella dolomia e nei calcari meno carsificati (Biancone e Rosso Ammonitico), mentre si passa a valori medi e alti nelle formazioni maggiormente interessate da fenomeni carsici (Calcare del Vajont, F.ne di Fonzaso e Calcari Grigi del Friuli).

Le formazioni maggiori interessate da fenomeni carsici sono i Calcari Grigi del Friuli, il Calcare del Vajont e la F.ne di Fonzaso dove presentano per lo più un carsismo poco evoluto, con fenomeni prettamente superficiali.

La giacitura degli strati, unitamente alla presenza di un complesso litologico a bassa permeabilità (dolomia) sottostante un complesso a permeabilità medio-elevata (Calcare del Vajont, F.ne di Fonzaso e Calcari Grigi del Friuli) fa sì che le precipitazioni in grado di infiltrarsi nella parte alta del versante tendano ad essere indirizzate verso il torrente Leale.

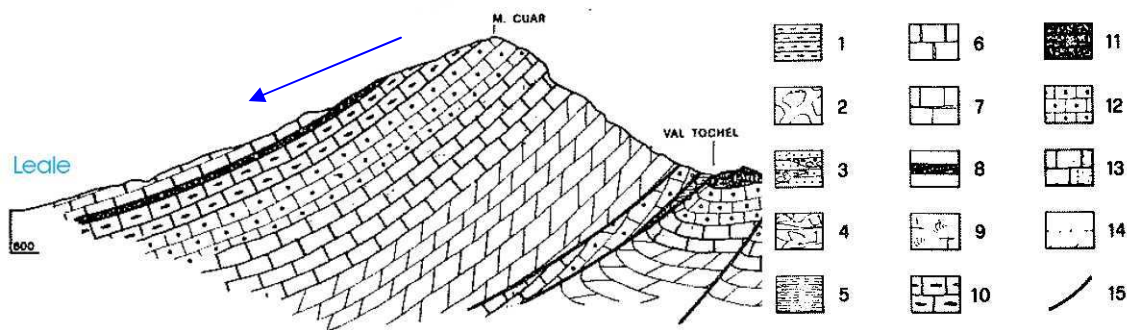


Fig. 3. Sezione geologica m.te Cuar. 1 – Formazione di val Tremugna, 2 – Breccie di Peonis, 3 – Flysch del Friuli, 4 – Breccie di grignes, 5 – Scaglia variegata, 6 – Maiolica (detritica), 7 – Calcari del Cellina, 8 – Ammonitico Rosso, 9 – Calcare ad Ellipsactinie, 10 – Formazione di Fonzano, 11 – Calcare del M. Cavallo, 12 – Calcare del Vajont, 13 – Calcari Grigi del Friuli, 14 Dolomia Principale, 15 – Faglie ed accavallamenti

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 8 di 38

Per quanto riguarda le sorgenti idriche presenti all'interno del bacino sotteso, nella zona di presa sono individuati dei significativi apporti sorgentizi, in parte captati dal Comune di Trasaghis.

Le suddette sorgenti, denominate "Fontanucis" sono poste lungo importanti linee di fratturazione con direzione N-S e NO-SE, ed è stato accertato (Mocchiutti) che presentano almeno 6 famiglie di fratturazioni che si sviluppano lungo un ampio ventaglio di direzioni, con un numero abbondante quelle poste in direzione N-S.

Si ritiene che le fratturazioni N-S, poste trasversalmente al corso d'acqua, drenino una porzione dei flussi sotterranei provenienti dagli assorbimenti delle aree laterali del Mont di Cuar e Forchia Amula, restituendo quindi al Leale parte delle infiltrazioni.

Per quanto riguarda il regime della circolazione idrica all'interno del bacino, si sottolinea che la mancanza di cospicua copertura quaternaria, non favorisce l'immagazzinamento idrico e il rilascio lento, ma continuo, della riserva idrica, cosa che consente di mantenere un minimo di portata anche nei periodi di magra.

Si può affermare in conclusione che, l'estensione totale del bacino idrogeologico del torrente Leale, chiuso alla sezione di presa, è praticamente pari a quella del bacino idrologico e pertanto le elaborazioni di precipitazioni e portata effettuate sono attendibili.



	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 9 di 38

### 3 ANALISI IDROLOGICA

#### 3.1 APPROCCIO METODOLOGICO PER LA STIMA DELLE PORTATE

Per la progettazione di un impianto idroelettrico ad acqua fluente è di fondamentale importanza la quantificazione della risorsa disponibile tramite la costruzione di una curva delle portate del corso d'acqua.

La curva di durata delle portate medie giornaliere costituisce il principale strumento operativo di riferimento per effettuare valutazioni sulla disponibilità della risorsa idrica superficiale.

Essa è infatti una funzione  $Q(t)$  che esprime il tempo  $t$  in un anno per cui la portata in alveo risulta superiore o uguale ad un certo valore di durata medie delle portate.

La curva di durata può essere ricavata nelle sezioni fluviali per le quali risultino disponibili serie storiche sufficientemente estese (*indicativamente almeno 5 anni*) di misure di portata media giornaliera<sup>1</sup>.

Purtroppo 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. Inoltre il costo di realizzazione di sezioni di misura e, più spesso, di manutenzione e gestione di queste opere, impedisce una diffusione capillare.

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.

Per conoscere almeno i regimi dei deflussi ed i volumi disponibili, statisticamente, con durata assegnata, si ricorre a metodi di "*regionalizzazione*" delle portate che consentono di estendere le informazioni ricavate dalle scarse misure dirette, spesso risalenti a periodi passati, anche a sezioni non strumentate<sup>2</sup> (*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 sperimentali<sup>1</sup>.

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

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006 - Regionalizzazione delle portate di magra e morbida nei bacini alpini – D. Bavera, R. Ranzi

qualunque sezione fluviale non strumentata in una determinata "regione" per semplice trasferimento del dato<sup>3</sup>.

Attualmente in regione Friuli Venezia Giulia non esistono ancora delle funzioni "regionalizzate" per il calcolo delle portate medie e relative curve di deflusso; carenza che dovrebbe essere colmata dal Piano di Tutela delle Acque in fase di stesura.

Ad ogni buon modo, in attesa di queste funzioni "regionalizzate", si dispone fortunatamente 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 (vedi grandi derivazioni idroelettriche dai bacini del Tagliamento, Meduna, Cellina).

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*.

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

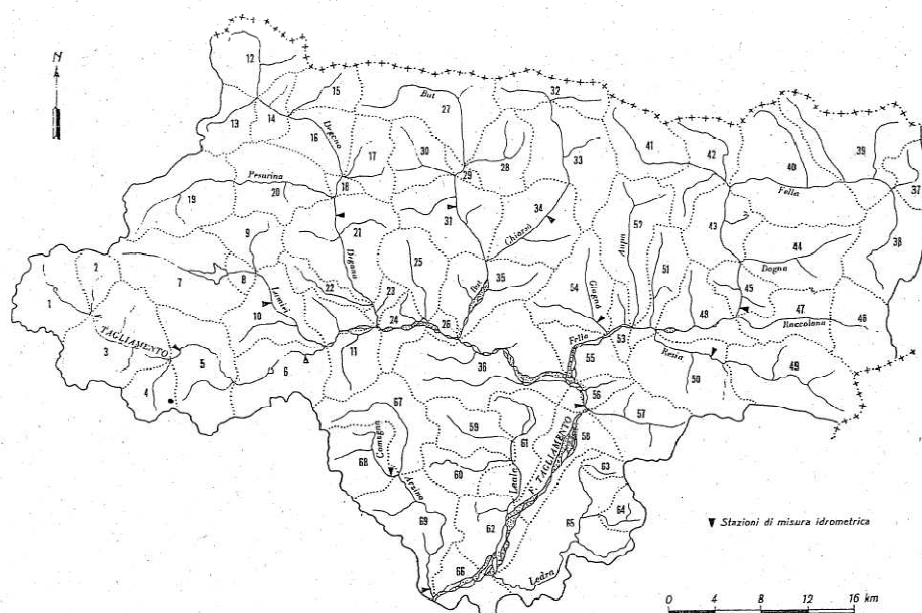


Fig. 4. suddivisione del bacino del fiume Tagliamento in bacini parziali

<sup>3</sup> 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

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 11 di 38

Nelle principali stazioni monitorate è stato condotto un approfondimento per la definizione della curva di durata annua, stagionale e mensile.

Per le suddette stazioni 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 sezioni 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.

Fatte queste premesse ed in attesa di funzioni "regionalizzate" per la stima delle portate, la metodologia che si intende utilizzare per l'elaborazione idrologica del t. Leale, si basa su criteri comuni e già adottati in altre regioni dell'arco alpino, opportunamente adattati alla realtà locale.

L'elaborazione idrologica è organizzata secondo la seguente successione di attività:

1. individuazione della sezione fluviale e calcolo del bacino sotteso alla presa;
2. raccolta ed organizzazione dei dati idrologici disponibili;
3. stima della precipitazioni;
4. calcolo della portata media annua alla sezione di derivazione;
5. calcolo della curva delle portate;
6. validazione della curva di durata attraverso riscontri in loco;

### 3.2 BACINO SOTTESO ALLA PRESA

L'opera di presa è ubicata a valle di tavoli Prà di Steppa, ed il bacino sotteso è pari a 11.04 kmq.

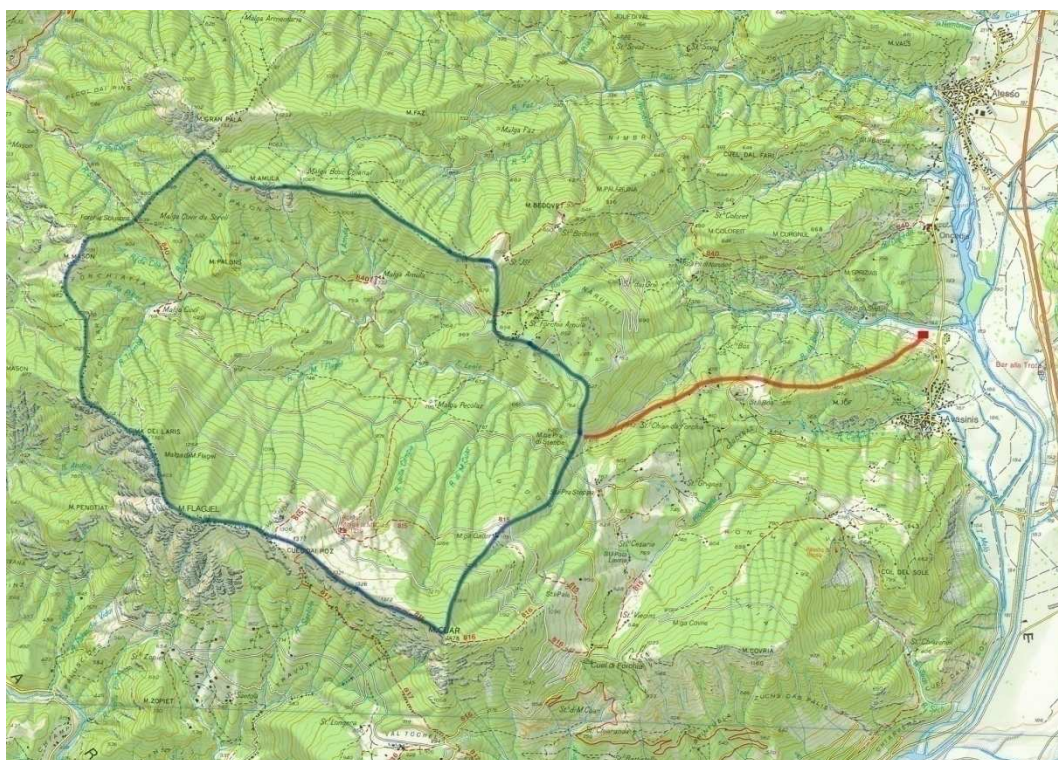


Fig. 5. Corografia del bacino del torrente Leale

### 3.3 DATI A DISPOSIZIONE

Sul torrente Leale NON esistono dati di misura dirette delle portate fluenti e non siamo in possesso di studi specifici che possono definire realmente il regime dei deflussi medi, che comunque può essere desunto con l'utilizzo dei mezzi propri dell'idrologia.

A nostra disposizione abbiamo dei dati:

- Regione Friuli Venezia Giulia – Unità Operativa Idrografica di Udine. Misure pluviometriche alla stazione di Clauzetto per l'arco temporale 1922-2003;
- Regione Friuli Venezia Giulia – Unità Operativa Idrografica di Udine. Misure pluviometriche alla stazione di San francesco per l'arco temporale 1922-2003;
- Regione Friuli Venezia Giulia – Unità Operativa Idrografica di Udine. Misure pluviometriche alla stazione di Alesso per l'arco temporale 1922-2003;
- Autorità di Bacino di Venezia. Progetto di Piano Stralcio per la sicurezza idraulica del bacino del Tagliamento.
- Autorità di Bacino di Venezia. Delibera n. 7 del 18.12.2001
- "Elaborazione dei dati idrologici del bacino del Tagliamento" ("L'Energia Elettrica" fascicolo n. 3, 1966) - Ing. Mario Tonini dell'Enel.

### 3.4 STIMA DELLA PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA

#### 3.4.1 ANALISI DEI DATI STORICI

Per il dimensionamento corretto di impianto idroelettrico è preliminarmente necessario valutare la precipitazione media annua P (mm/anno) che è ragionevole attendersi nell'area del bacino idrografico di interesse.

Per la stima della piovosità media ci si è avvalsi delle misure pluviometriche registrate alle stazioni di Clauzetto, San Francesco e Alesso per il periodo 1921-2003, e con il metodo dei topoieti, abbiamo quantificato la piovosità di un pluviografo virtuale, collocato al centro del bacino sotteso.

Pluviografo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale Anno
San Francesco	120.7	117.2	165.9	226.4	232.5	220.5	163.9	164.3	199.3	266.6	281.3	162.4	2321.0
Alesso	125.5	121.0	176.4	250.9	237.5	224.3	173.9	175.0	220.6	286.8	309.0	174.4	2475.2
Clauzetto	105.5	107.5	152.7	213.6	219.4	223.7	171.4	167.6	198.1	234.8	227.3	151.2	2172.7
Pluviografo virtuale	119.6	116.9	167.8	234.7	231.9	222.9	170.0	169.8	208.7	268.9	282.3	165.4	2358.9

Fig. 6. Piovosità media annua

I valori sopra indicati, sono stati riportati nel grafico sottostante:

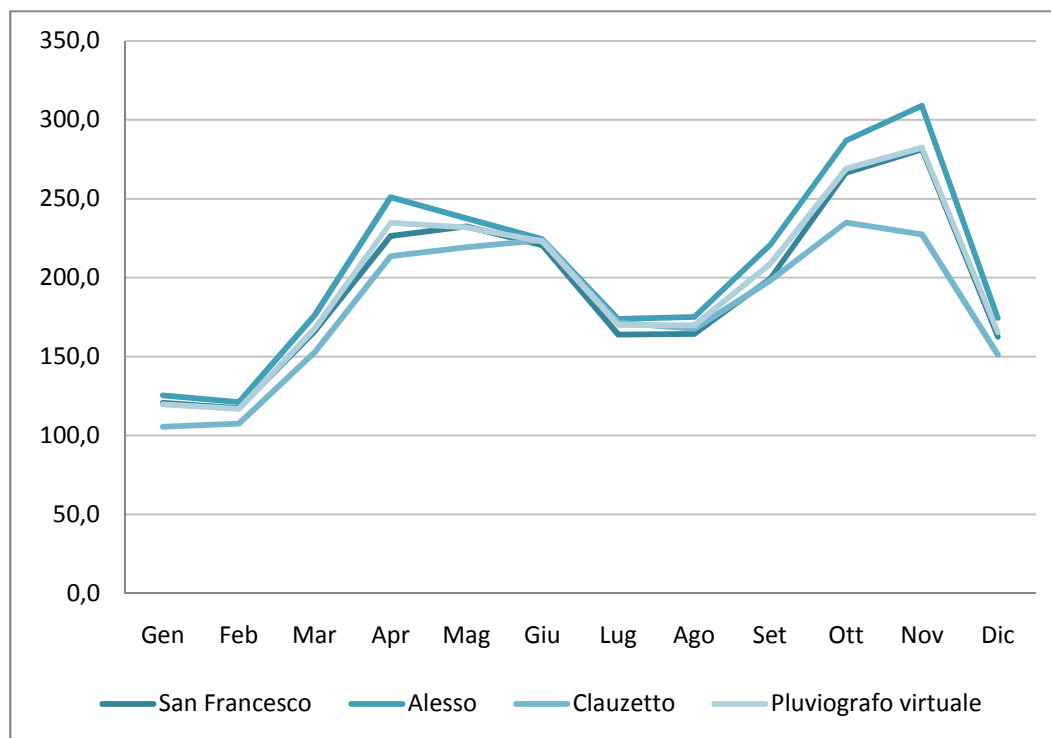


Fig. 7. Precipitazioni medie annue



La curva della stazione pluviometrica di San Francesco, si sovrappone in molti punti al pluviografo virtuale, calcolato con il metodo dei topoi, pertanto si adotta per il presente studio, i dati della suddetta stazione pluviometrica.

Si riporta di seguito i dati di piovosità media annua della stazione pluviometrica di San Francesco.

STAZIONE PLUVIOGRAFICA DI SAN FRANCESCO													Totale Anno
G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D		
1922	14.2	45.0	579.0	362.0	96.0	386.0	96.0	60.0	244.0	275.0	33.0	655.5	2845.7
1923	233.0	46.0	110.0	595.0	201.0	276.7	114.0	164.5	298.0	434.6	439.0	130.0	3041.8
1924	177.0	37.0	105.0	210.0	294.0	168.0	271.9	467.0	342.5	145.0	0.0	234.0	2451.4
1925	16.0	442.0	232.5	472.0	194.6	151.6	228.8	386.6	0.0	25.8	211.5	82.5	2443.9
1926	58.5	173.0	110.5	472.5	345.0	361.5	179.5	164.0	187.5	603.0	757.0	9.5	3421.5
1927	224.0	53.5	385.5	257.5	262.5	314.5	221.0	134.8	207.2	120.1	263.4	64.5	2508.5
1928	127.0	14.5	427.0	500.5	265.0	175.0	126.6	118.5	153.0	1002.5	337.5	83.5	3330.6
1929	122.5	0.0	2.5	203.5	251.5	229.7	77.8	220.6	35.0	588.4	166.8	287.3	2185.6
1930	41.5	42.7	323.6	354.1	213.8	164.8	222.6	237.2	341.8	181.2	163.2	43.0	2329.5
1931	100.2	364.2	203.0	186.4	260.8	217.6	179.0	162.4	162.2	386.4	530.2	22.6	2775.0
1932	23.6	10.0	73.4	215.0	379.0	248.0	262.2	70.2	135.6	231.8	151.2	178.0	1978.0
1933	25.6	16.4	108.4	68.2	306.6	420.1	107.5	127.0	297.6	723.4	317.9	113.3	2632.0
1934	75.2	103.6	439.2	367.6	236.2	193.2	131.6	287.2	157.2	139.6	625.7	357.8	3114.1
1935	68.0	327.6	50.1	258.8	529.6	77.6	67.6	161.8	85.0	740.8	549.6	458.6	3375.1
1936	250.6	269.4	180.8	332.0	290.1	208.7	268.8	115.8	165.0	37.0	213.6	62.4	2394.2
1937	73.6	114.4	765.5	161.6	229.2	264.2	183.0	250.0	554.2	419.0	68.0	235.8	3318.5
1938	15.3	12.2	32.6	68.7	355.9	118.8	140.6	182.7	111.4	169.8	380.0	172.1	1760.1
1939	306.8	53.4	43.0	191.4	274.1	280.7	126.8	166.4	172.8	213.0	201.5	141.6	2171.5
1940	30.2	32.5	229.2	63.4	318.2	306.2	280.1	64.0	256.8	307.5	455.6	0.0	2343.7
1941	264.4	183.3	215.0	263.1	525.6	295.8	294.5	196.4	41.4	95.0	244.8	48.0	2667.3
1942	4.0	80.2	40.6	141.2	279.7	158.2	162.0	34.4	371.8	194.2	392.7	237.3	2096.3
1943	19.8	55.6	28.6	33.4	303.4	278.8	221.3	96.0	261.2	136.2	100.0	124.7	1659.0
1944	14.6	76.0	27.4	53.2	286.6	260.4	196.8	61.0	110.2	357.1	190.4	178.3	1812.0
1945	89.1	0.0	130.7	93.2	193.5	75.7	87.1	430.8	279.7	67.5	54.0	485.8	1987.1
1946	91.0	6.9	310.9	0.0	220.9	528.7	231.4	126.5	186.4	100.5	164.9	64.1	2032.2
1947	25.7	369.0	471.2	87.1	166.8	135.0	259.5	113.3	124.9	15.4	233.3	236.1	2237.3
1948	519.7	46.1	0.6	235.3	536.4	326.3	302.9	255.3	133.1	282.3	67.9	18.9	2724.8
1949	242.1	0.0	8.4	218.9	191.5	163.5	112.6	128.1	77.9	151.5	652.4	72.3	2019.2
1950	28.0	263.9	3.4	495.2	205.1	140.0	107.9	148.4	190.1	84.8	458.3	266.0	2391.1
1951	493.8	735.8	339.4	294.0	209.0	176.0	144.9	70.9	115.3	46.6	1054.1	50.6	3730.4
1952	86.2	85.0	57.2	192.8	141.8	171.4	88.6	155.2	329.8	420.2	0.0	0.0	1728.2
1953	43.8	50.2	0.0	179.0	40.2	258.0	94.6	0.0	266.8	688.8	37.4	93.4	1752.2
1954	27.0	99.4	258.4	116.8	296.8	337.2	125.2	204.5	303.0	202.2	0.0	519.2	2489.7
1955	50.4	229.2	98.6	2.2	300.8	168.2	101.9	117.6	176.4	210.0	126.0	62.2	1643.5
1956	85.6	6.3	233.8	444.5	161.8	136.1	175.0	172.8	162.8	256.6	91.2	8.3	1934.8
1957	0.0	160.4	18.0	107.4	62.6	165.0	149.2	95.2	92.2	127.2	372.7	292.6	1642.5
1958	0.0	144.4	43.8	180.6	61.0	230.8	137.1	186.8	117.0	282.0	255.8	377.3	2016.6
1959	25.3	0.8	147.6	332.4	192.9	0.0	112.4	73.0	57.2	401.6	597.2	485.4	2425.8
1960	123.5	265.7	222.8	24.6	76.6	256.8	372.9	319.8	382.8	613.1	316.4	399.5	3374.5
1961	384.6	22.3	18.4	206.0	235.7	176.7	267.8	78.3	166.0	349.8	358.6	102.4	2366.6
1962	128.6	47.7	206.6	298.4	391.6	114.0	65.4	14.7	118.1	107.2	426.6	98.4	2017.3
1963	120.0	100.3	135.4	199.8	79.4	248.6	84.8	329.4	242.1	124.0	620.4	55.7	2339.9
1964	0.4	36.6	141.4	130.4	74.6	163.0	192.4	168.2	42.8	589.6	172.8	253.1	1965.3
1965	156.2	0.8	217.1	176.1	201.0	220.4	257.4	344.8	845.7	2.8	225.6	94.9	2742.8
1966	32.7	206.6	32.8	191.2	181.8	125.6	171.2	435.3	102.6	524.9	567.4	141.2	2713.3
1967	11.4	132.6	150.8	330.6	333.2	229.8	52.6	88.6	293.0	132.0	525.0	23.1	2302.7
1968	19.1	415.2	70.6	192.6	296.0	320.8	143.4	348.0	416.8	55.2	409.4	69.6	2756.7
1969	218.2	146.9	47.8	81.4	293.5	193.2	148.8	284.5	214.0	6.8	420.4	17.6	2073.1
1970	212.0	60.8	182.1	214.4	144.4	131.2	400.8	245.8	89.0	92.8	412.2	163.2	2348.7
1971	193.4	107.8	237.4	216.0	294.3	381.4	68.6	148.0	39.0	49.6	321.3	59.6	2116.4
1972	129.4	264.4	234.6	326.0	254.2	384.0	228.2	88.8	84.2	123.6	74.9	205.6	2397.9
1973	92.0	63.1	22.4	311.8	69.8	288.0	157.4	94.6	314.2	155.8	37.4	222.6	1829.1

1974	30.6	180.3	191.6	209.2	114.6	204.6	105.6	63.0	180.6	106.2	105.4	6.0	1497.7
1975	125.2	11.6	615.6	487.6	281.6	245.6	177.8	214.0	119.6	184.0	283.4	293.4	3039.4
1976	5.4	97.2	8.4	221.6	198.4	71.6	133.6	68.4	545.8	401.2	247.4	205.0	2204.0
1977	507.1	229.2	267.8	106.8	258.2	225.1	245.4	413.2	51.2	79.8	80.8	82.0	2546.6
1978	525.2	371.0	92.8	262.6	445.6	218.2	272.8	185.4	35.2	383.4	78.0	191.6	3061.8
1979	345.4	155.2	511.8	418.4	128.6	133.8	108.8	117.2	176.6	425.4	279.6	234.6	3035.4
1980	116.2	53.8	146.4	89.6	153.0	496.3	246.8	111.6	58.2	523.8	103.8	81.4	2180.9
1981	3.0	7.0	188.3	79.4	366.6	278.6	248.6	51.0	358.2	233.8	3.6	304.8	2122.9
1982	68.8	27.4	78.4	14.2	313.4	186.4	72.0	175.0	180.2	331.4	635.2	275.6	2358.0
1983	5.8	64.4	145.8	244.2	283.7	151.9	62.9	220.6	220.9	152.8	16.0	450.5	2019.5
1984	79.3	218.1	175.1	175.7	473.6	204.9	94.8	132.1	386.0	438.7	132.7	210.7	2721.7
1985	222.2	9.6	288.5	194.3	290.3	323.3	185.8	262.9	44.4	43.0	298.6	133.3	2296.2
1986	63.7	183.4	121.2	315.2	141.8	174.6	119.6	257.1	172.2	84.4	110.6	47.2	1791.0
1987	76.4	401.0	116.4	190.0	337.8	360.6	272.2	98.8	144.8	726.8	285.4	43.4	3053.6
1988	261.6	146.6	139.8	158.9	244.4	265.0	211.2	85.6	174.2	272.0	7.4	119.2	2085.9
1989	1.2	262.6	141.8	626.6	106.8	217.0	167.0	138.2	136.8	15.6	309.8	137.8	2261.2
1990	95.2	16.8	61.4	219.2	160.4	292.4	206.8	68.4	248.4	248.3	473.2	205.8	2296.3
1991	48.5	122.7	201.6	92.2	295.4	157.8	152.6	94.8	93.8	272.4	355.6	3.2	1890.6
1992	33.5	12.8	163.6	480.2	76.4	185.2	223.4	90.8	153.2	473.7	160.2	425.2	2478.2
1993	3.8	0.4	38.8	48.4	115.4	89.2	112.4	228.2	323.8	801.8	96.2	114.2	1972.6
1994	268.6	53.8	86.6	275.6	166.2	87.8	89.8	79.8	316.8	139.4	122.2	52.4	1739.0
1995	66.6	91.2	111.6	199.8	272.0	308.6	82.4	100.8	379.1	17.2	64.4	134.4	1828.1
1996	93.5	55.6	14.4	138.2	334.6	251.4	99.4	266.8	92.2	611.6	538.6	76.2	2572.5
1997	149.2	11.6	20.4	76.6	221.6	289.2	193.8	187.2	48.6	22.6	522.8	244.2	1987.8
1998	45.6	6.0	23.0	463.2	84.0	136.6	142.8	84.8	419.0	470.8	37.8	6.2	1919.8
1999	108.8	5.6	168.4	127.0	157.4	151.6	89.6	307.6	225.4	100.0	40.4	93.6	1575.4
2000	1.6	17.2	250.0	242.4	140.0	51.4	10.4	0.0	0.0	0.0	927.2	151.6	1791.8
2001	518.4	55.4	352.4	210.8	73.4	136.0	210.8	78.6	317.6	160.0	93.3	2.0	2208.7
2002	19.4	100.6	94.8	222.0	0.0	309.0	0.0	0.0	0.0	321.6	799.4	132.6	1999.4
<b>MEDIA</b>	<b>121.0</b>	<b>118.4</b>	<b>167.5</b>	<b>225.9</b>	<b>232.6</b>	<b>222.3</b>	<b>164.7</b>	<b>165.2</b>	<b>200.7</b>	<b>269.5</b>	<b>284.6</b>	<b>164.4</b>	<b>2336.9</b>
Afflussi l/kmq	46.7	45.7	64.6	87.2	89.7	85.8	63.5	63.7	77.4	104.0	109.8	63.4	74.1

La piovosità media annua per il periodo 1922-2002 è di 2.337 mm pari ad un afflusso di 74.1 l/s\*Kmq.

Nel grafico sottostante si riporta l'andamento delle piogge medie mensili:

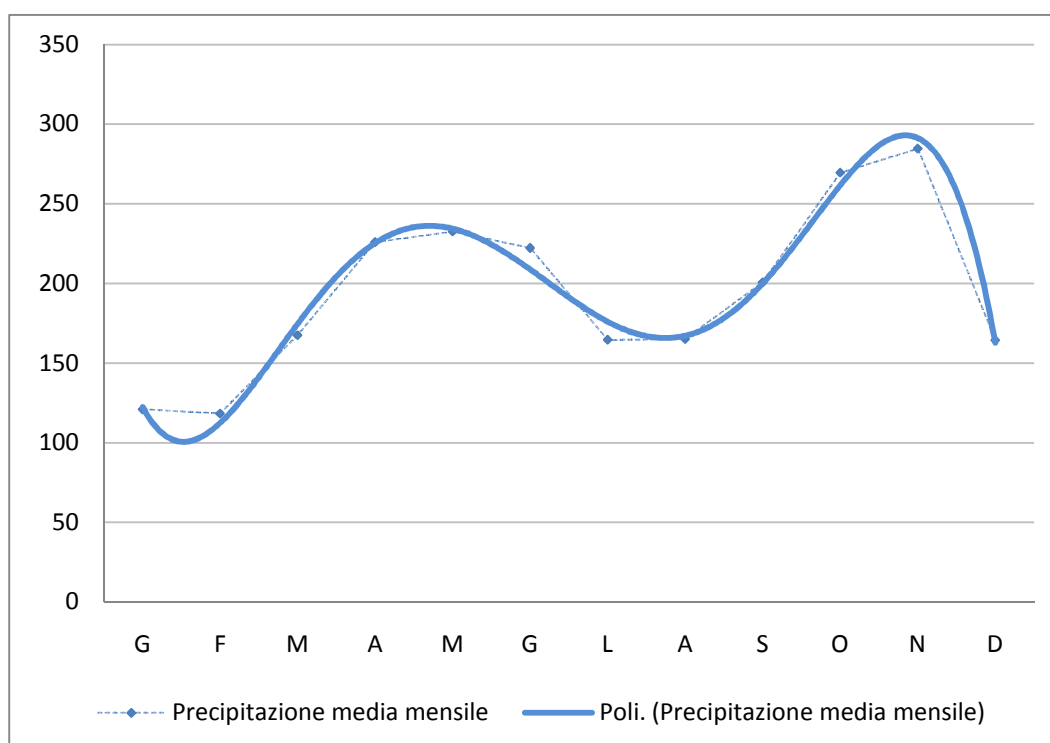


Fig. 8. piogge medie mensili

### 3.4.2 VALUTAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI TRAMITE ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

Come è stato accertato da numerosi idrologi, c'è una diminuzione delle precipitazioni, con aumento di eventi brevi ed intensi.

Si ritiene pertanto corretto analizzare l'evoluzione delle variazioni climatiche che potrebbero influenzare le portate del corso d'acqua e conseguentemente la producibilità attesa dell'impianto idroelettrico in progetto.

A tale scopo si analizzano le precipitazioni medie annue registrate alla stazione pluviometrica di San Francesco nel periodo 1922-2002.

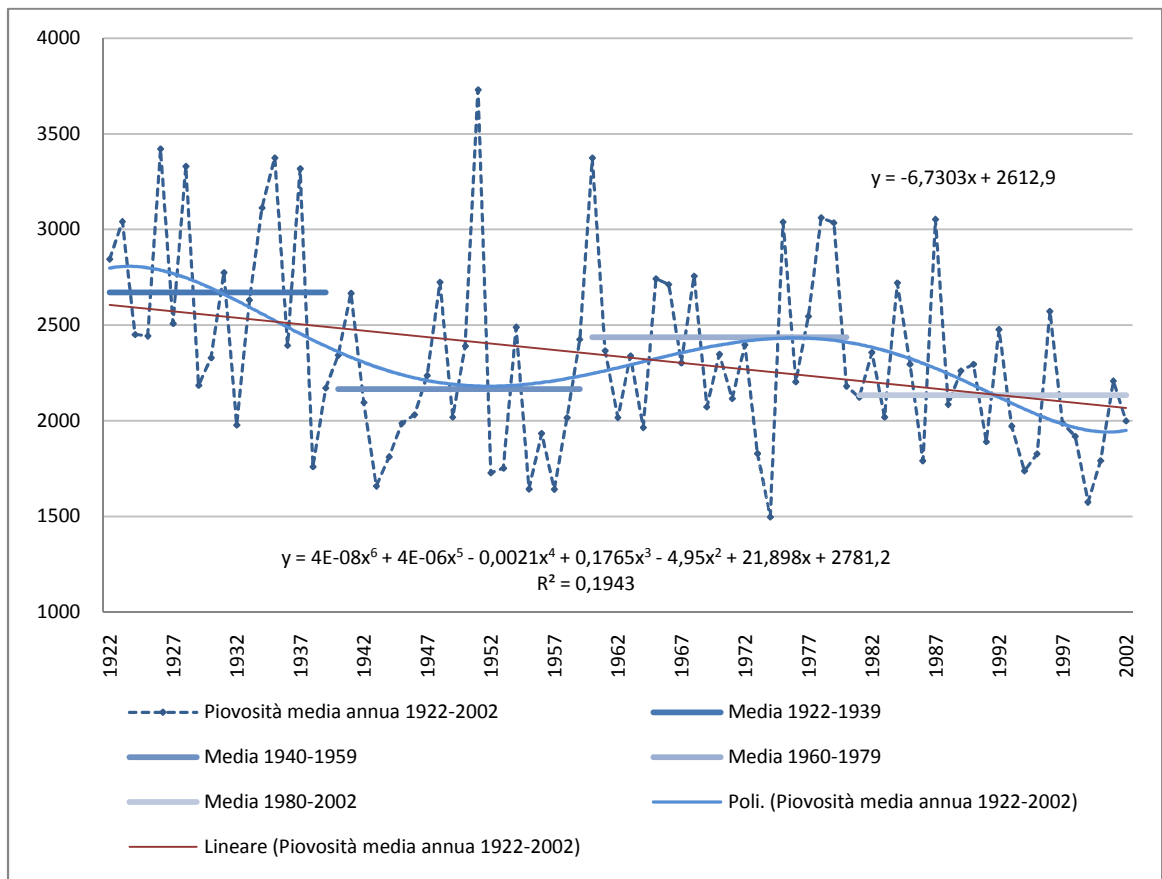


Fig. 9. Stazione di San Francesco – Analisi delle precipitazioni

Dall'analisi si può rilevare quanto segue:

- La precipitazione media annua per il periodo 1922-2002 è pari a 2.337 mm/anno;
- Dagli anni '20 ad oggi si rileva un calo tendenziale delle precipitazioni quantificabile in circa 400-500 mm;

Per la stazione in esame si è provveduto alla stima della tendenza delle precipitazioni con una formulazione lineare, che anche se non tiene conto della ciclicità delle precipitazioni, può ritenersi corretta visto il breve periodo idrologico in esame.

La formula è del tipo

$$h=a+b*T$$

dove

- h : precipitazione media annua
- T : anni

L'elaborazione è stata riportata nel grafico sottostante

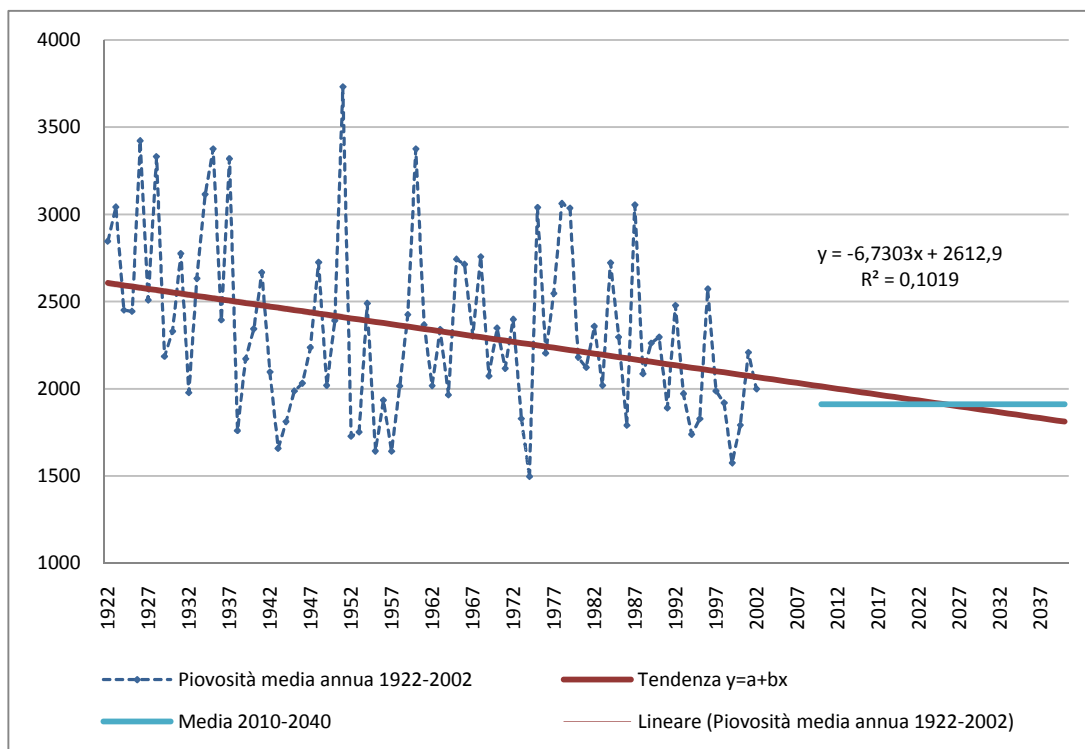


Fig. 10. Grafico della tendenza delle precipitazioni

Per il periodo di durata della concessione in progetto, che si ipotizza dal 2010 al 2040, abbiamo ottenuto i seguenti valori:

precipitazione																																
anno	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	media
mm	2,014	2,007	2,000	1,994	1,987	1,980	1,973	1,967	1,960	1,953	1,947	1,940	1,933	1,926	1,920	1,913	1,906	1,899	1,893	1,886	1,879	1,873	1,866	1,859	1,852	1,846	1,839	1,832	1,825	1,819	1,812	1,913

Fig. 11. Andamento tendenziale delle precipitazioni

Quindi l'afflusso medio previsto nel periodo di concessione della centrale in progetto è di 1913 mm., che corrisponde ad una diminuzione di circa il 18% rispetto al periodo 1922-2002, durante il quale è stato registrato un afflusso medio pari a 2337 mm.

La riduzione sopra quantificata si ritiene corretta, in quanto considera sia le minori precipitazioni dovute ai cambiamenti climatici, che l'aumento di eventi meteorici brevi ed intensi, sempre più frequenti negli ultimi anni, e che non possono essere utilizzati dagli impianti idroelettrici ad acqua fluente.

### 3.5 CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA ALLA SEZIONE DI PRESA

#### 3.5.1 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il bacino del torrente Leale alla sezione di presa ha una superficie coperta da rocce dolomitiche pari a circa 6.50 km<sup>2</sup> (59% della superficie), mentre quella da calcari è di circa 4.54 km<sup>2</sup> (pari al 41% della superficie).

La superficie coperta da Dolomia, che in parte si presenta fessurata, presenta un'infiltrazione da estremamente bassa a bassa; ciò è legato alla forte acclività e alla scarsa conducibilità idraulica tipica di queste formazioni, mentre l'area coperta da calcari presenta valori di infiltrazione variabile da estremamente bassa ad alta, legati alla carsificazione delle rocce affioranti: si riscontra un'infiltrazione estremamente Bassa e Bassa nelle rocce meno carsificate (Biancone e Rosso Ammonitico), e si passa a valori medi e alti nelle formazioni maggiormente interessate da fenomeni carsici (Calcare del Vajont, F.ne di Fonzaso e Calcari Grigi del Friuli).

Raffrontando il bacino del t. Leale con altri bacini idrografici regionali che presentino caratteristiche geologiche e morfologiche simili, si riscontra una similitudine con il bacino dell'Arzino e più a ovest, nel bacino del Cellina.

Nella tabella seguente si riportano alcuni dati caratteristici di stazioni di misura presenti nei bacini sopra indicati.

Denominazione	Anni osserv.	Sup.	Pioggia	Portata		C
				Mc/s	l/s kmq	
Cellina a Stich	23	40	1877	2.29	57.3	0,97
Cellina a Mezzocanale	8	288	1514	12.9	44.8	0.93
Cellina a Diga vecchia	58	428	1812	20.9	48.8	0.88
Comugna alla confluenza	17	29.2	2269	1.56	53.4	0.74
Arzino a p.te Armistizio	20	120.6	2208	6.1	50.6	0.73

Fig. 12. *Dati caratteristici bacini idrografici similari*

Il torrente Arzino (notoriamente carsico) ed il suo affluente Comugna sono contermini al bacino del torrente Leale e presentano caratteristiche simili, con un coefficiente di deflusso 0.73-0.74.



Dalla consultazione della bibliografia di particolare interesse è 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	<b>0,75</b>

Inoltre da un altro studi, fatto dal Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste, sulla vulnerabilità degli acquiferi dell'area del M.te Covria condotto con il metodo SINTACS, ha quantificato un'infiltrazione efficace superiore a 475 mm/anno, che rapportata agli afflussi del bacino (2000-2500 mm/anno) corrisponde ad una percentuale del 19-23%.

Da questa serie di considerazioni si ritiene corretto assumere inizialmente un coefficiente di deflusso pari a **0.75**.

### 3.5.2 CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA

La portata del corso d'acqua alla sezione di presa è calcolata sulla base dell'afflusso medio  $h_m$  registrato nel periodo 1922-2004 alla stazione pluviografica di San Francesco, ridotto di un valore cautelativo del 18%, e del coefficiente di deflusso di 0.75 sopra validato.

Quindi abbiamo:

$$Q \text{ (l/s} \cdot \text{Km}^2) = h_m \text{ (mm)} \cdot \varphi / 31,536$$

$$Q = 1.913 \cdot 0,75 / 31,536 = 45,47 \text{ l/s} \cdot \text{Km}^2$$

I deflussi medi del torrente Leale alla sezione di derivazione, con un bacino idrografico sotteso di 11.04 Km<sup>2</sup> risulta:

$$Q_m = 45,47 \text{ l/s} \cdot \text{Km}^2 \cdot 11.04 \text{ Km}^2 = 502 \text{ l/s}$$

### 3.6 CALCOLO DELLA CURVA DI DURATA TEORICA ALLA SEZIONE DI PRESA

Calcolata la portata media alla sezione di presa, attualizzata mediante una previsione di piovosità per il periodo di concessione, che tiene conto dei cambiamenti climatici in atto (diminuzioni delle precipitazioni, con l'aumento di eventi brevi ed intensi) si procede al calcolo della curva di durata per il bacino del torrente Leale.

Stabilita la validità dello studio condotto dall'ing. Tonini, come indicato in premessa, per il calcolo della curva di durata si utilizza la 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) alla stazione di misura "Comugna alla confluenza", tributario in sinistra del bacino del t. Arzino e prossimo e similare al bacino studiato.

Quest'ultima è stata ricavata a seguito di 17 anni di misure che vanno dal 1944 al 1960 e quindi significative per lo studio idrologico.

Di seguito si riporta la tabella contenute nello studio del Tonini.

Stazione di misura	Portate, in rapporto alla media, corrispondenti alla durata di giorni:													
	10	30	60	91	121	152	182	212	243	274	304	334	355	365
Tagliamento a P.te Sacrovit. . . . .	3,10	1,86	1,34	1,12	0,99	0,87	0,80	0,75	0,64	0,60	0,55	0,46	0,38	0,24
Tagliamento a Casali Davaris . . . . .	3,00	2,92	1,48	1,19	0,99	0,85	0,75	0,65	0,58	0,53	0,48	0,41	0,35	0,28
Lumiei a Plan del Sac. . . . .	3,40	2,22	1,55	1,27	1,03	0,86	0,71	0,62	0,56	0,51	0,46	0,41	0,33	0,24
Degano a S. Martino . . . . .	3,00	1,82	1,43	1,22	1,07	0,94	0,85	0,76	0,70	0,64	0,53	0,46	0,37	0,26
But a S. Nicolò . . . . .	3,22	1,84	1,49	1,27	1,06	0,90	0,80	0,70	0,61	0,56	0,50	0,37	0,27	0,21
Chiarsò a P.te Lovea. . . . .	3,32	2,24	1,66	1,26	1,08	0,91	0,77	0,66	0,56	0,46	0,39	0,34	0,28	0,14
Fella a Chiusaforte. . . . .	3,00	2,06	1,50	1,24	1,06	0,91	0,81	0,71	0,63	0,55	0,48	0,36	0,25	0,24
Resia a Potclamaz . . . . .	2,66	2,02	1,69	1,29	1,09	0,93	0,83	0,73	0,63	0,54	0,41	0,33	0,26	0,20
Glagnò a Pecol dei Stal . . . . .	3,32	2,30	1,67	1,28	1,02	0,84	0,70	0,59	0,53	0,48	0,42	0,38	0,31	0,19
Tagliamento a Pioverno . . . . .	2,76	1,92	1,56	1,27	1,06	0,93	0,79	0,68	0,56	0,45	0,38	0,31	0,23	0,17
<b>Comugna alla confluenza . . . . .</b>	<b>3,50</b>	<b>2,37</b>	<b>1,56</b>	<b>1,16</b>	<b>0,95</b>	<b>0,78</b>	<b>0,68</b>	<b>0,61</b>	<b>0,56</b>	<b>0,47</b>	<b>0,49</b>	<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	<b>0,26</b>
Arzino a P.te Armistizio . . . . .	3,40	2,24	1,60	1,15	0,96	0,80	0,71	0,63	0,57	0,50	0,45	0,39	0,33	0,23

Fig. 13. Portate, in rapporto alla media, corrispondenti alla durata in giorni

Per similitudine è possibile trasferire le informazioni idrologiche disponibili nella sezione studiata, il cui bacino presenta caratteristiche analoghe a quello di interesse. Quindi, moltiplicando i suddetti coefficienti per la portata media del torrente Leale, pari a 502 l/s, come quantificata nei paragrafi precedenti, si ottiene la curva di durata del corso d'acqua.

Stazione	Portate, in rapporto alla media, corrispondente alla durata di giorni													
	10	30	60	91	121	152	182	212	243	274	304	334	355	365
Leale alla presa	1757	1190	783	582	477	392	341	306	281	236	246	191	156	131

Fig. 14. Curva di durata del torrente Leale alla presa

### 3.7 VALIDAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

#### 3.7.1 MISURE DI PORTATA

Per conferma dell'elaborazione idrologica inizialmente fatta e per meglio tarare le macchine idrauliche, sono state eseguite nell'anno 2007 e 2008 una serie di verifiche delle portate fluenti nel corso d'acqua.

Negli anni 2009 e 2010 sono stati condotti solo alcuni sopralluoghi in loco, senza misure in quanto, causa l'elevata precipitazione del periodo (la stazione Osmer di Chievolis, posta sulla stessa linea delle prealpi, ha registrato nell'anno 2010 oltre 3700 mm/anno), si sono riscontrate, tranne in un caso, portate sempre molto abbondanti.

Si rimarca che le misure sono state condotte solo con lo scopo di approfondire la conoscenza del corso d'acqua al fine della verifica del modello idrologico assunto per una corretta taratura delle macchine idrauliche.

A ogni modo, i numerosi sopralluoghi fatti in sito hanno consentito di comprendere adeguatamente il regime del corso d'acqua nelle varie condizioni idrologiche, e quindi anche in condizioni medie e di magra.

Di seguito si riportano le portate rilevate alla sezione di presa, che includono gli apporti superficiali e le portate sorgentizie scaricate dalla presa acquedottistica del Comune di Trasaghis (quindi al netto prelievo acquedottistico e senza gli apporti delle sorgenti poste più a valle).

Data misura		portata
29/03/2007	circa	600 l/s
20/06/2007		335 l/s
16/08/2007		110 l/s
23/10/2007		260 l/s
13/12/2007		550 l/s
10/02/2008		700 l/s
27/04/2008		580 l/s
25/08/2008		230 l/s
26/09/2008		140 l/s
10/10/2008		90 l/s
23/11/2008		850 l/s
13/12/2008	Stimati oltre	3500 l/s
02/09/2009	Stimati	85 l/s

Si evidenzia che dai sopralluoghi, si è riscontrato il periodo di maggior magra coincidente con il periodo estivo, mentre nel periodo invernale il corso d'acqua ha sempre presentato una buona idraulicità.

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 22 di 38

### 3.7.2 APPORTI SORGENTIZI

Nella zona di presa sono presenti delle importanti sorgenti, denominate "Fontanucis" e captate dal Comune di Trasaghis.

Le suddette sorgenti sono poste lungo importanti linee di fratturazione con direzione N-S e NO-SE, ed è stato accertato (Mocchiutti) che presentano almeno 6 famiglie di fratturazioni che si sviluppano lungo un ampio ventaglio di direzioni, con un numero abbondante quelle poste in direzione N-S.

Si ritiene che le fratturazioni N-S, poste trasversalmente al bacino, drenino una porzione dei flussi sotterranei provenienti dagli assorbimenti delle aree laterali del Mont di Cuar e Forchia Amula, restituendo quindi al Leale parte delle infiltrazioni di monte.

Da una serie di riscontri diretti si è rilevato che le portate scaricate dall'opera di presa acquedottistica del Comune di Trasaghis variano da circa 40-60 l/s in magra, a oltre 100-130 l/s nei periodi di buona idraulicità (di seguito chiameremo "Sorgenti di Monte").

Circa 30-40 m a valle della sezione di presa sono presenti ulteriori manifestazioni sorgentizi che apportano al corso d'acqua una ulteriore portata di circa 15-20 l/s in magra e 35-40 l/s nei periodi di buona idraulicità (di seguito chiameremo "Sorgenti di Valle").

## 3.8 CONSIDERAZIONI E TARATURA DEL MODELLO

### 3.8.1 CONSIDERAZIONI SUL MODELLO

Premesso che le misure fatte sono puramente indicative e non possono sicuramente essere ritenute significative<sup>4</sup> in quanto non sono continuative e fatte per breve periodo idrologico.

Ad ogni modo le conoscenze maturate permettono di fare alcune considerazioni volte alla taratura e affinamento del modello idrologico assunto.

E' evidente che fare considerazioni sulle portate medie del corso d'acqua, solo sulla base di una serie di campionamenti sporadici e per un breve periodo, è del tutto inutile, nonché fuorviante per determinare la reale portata media, che per lo studio in oggetto è da intendersi come portata media di lungo periodo.

Diversamente è possibile confrontare le portate rilevate in condizioni di magra con quelle stimate.

<sup>4</sup> Il PTUA della Regione Lombardia, indica come significative misure continuative per almeno 5 anni

I riscontri in loco hanno consentito di accertare una carenza degli apporti superficiali del torrente Leale alla sezione posta a monte delle prese acquedottistiche (che chiameremo "sezione 1"), rispetto alle portate stimate nella curva di durata.

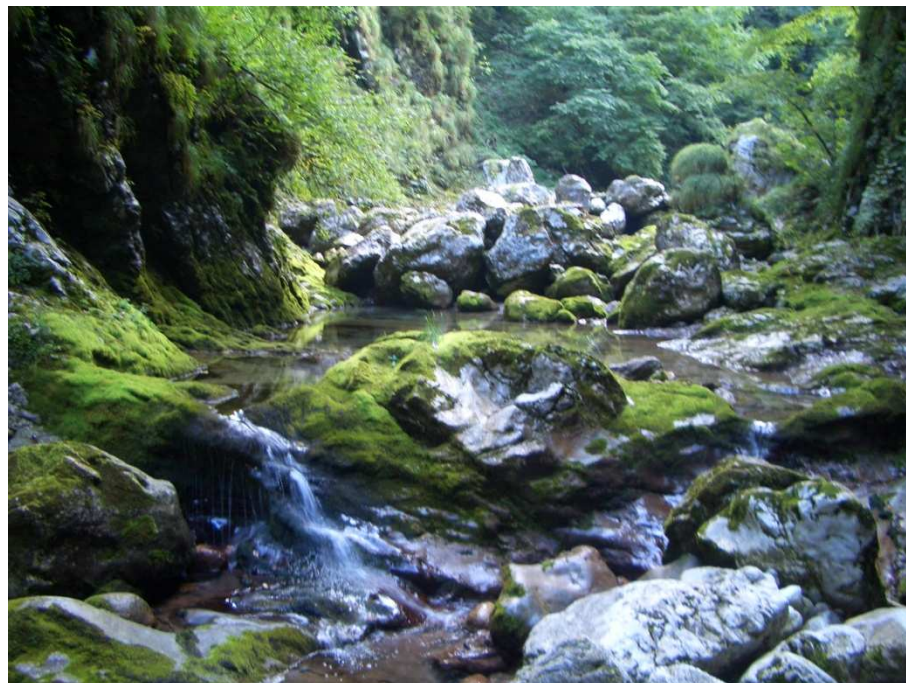


Fig. 15. t. Leale in magra a monte delle prese acquedottistiche (data 02.09.2009)

In condizioni di magra marcata il corso d'acqua, alla *sezione 1*, presenta portate nell'ordine dei 10-20 l/s

Di contro, la manifestata carenza di deflusso superficiale del t. Leale sono subito integrate dagli apporti sorgentizi delle sorgenti poste subito a valle.

Sempre nello stesso momento, si è riscontrato che i deflussi, a valle delle suddette sorgenti (sezione posta a valle delle "*sorgenti di Valle*"), si attestano sull'ordine dei 80-100 l/s, che incrementati dei prelievi acquedottistici (20 l/s), sono sostanzialmente in linea le portate di magra stimate.

Quanto riscontrato è una conferma di quanto affermato precedentemente e cioè che le numerose fratturazioni presenti nella zona di presa restituendo al corso d'acqua buona parte dei flussi sotterranei, infiltratasi nella parte alta del bacino.

Sulla scorta di tutte le considerazioni fin qui fatte si ritiene corretto confermare la curva di durata teorica, che però deve essere comprensiva anche gli apporti sorgentizi.



### 3.9 SVILUPPO E TARATURA DELLA CURVA DI DURATA

La curva adimensionale ( $Q_d/Q_m$ ) calcolata nel paragrafo 3.8, è stata approssimata con una equazione logaritmica a due parametri che meglio riproduce l'andamento della curva di durata delle portate medie giornaliere<sup>5</sup>.

$$Q_d/Q_m = -a * \ln(t) + b$$

Dove:

- $Q_d/Q_m$  portata in rapporto alla media annua
- $t$  durata in giorni
- $a, b$  costanti

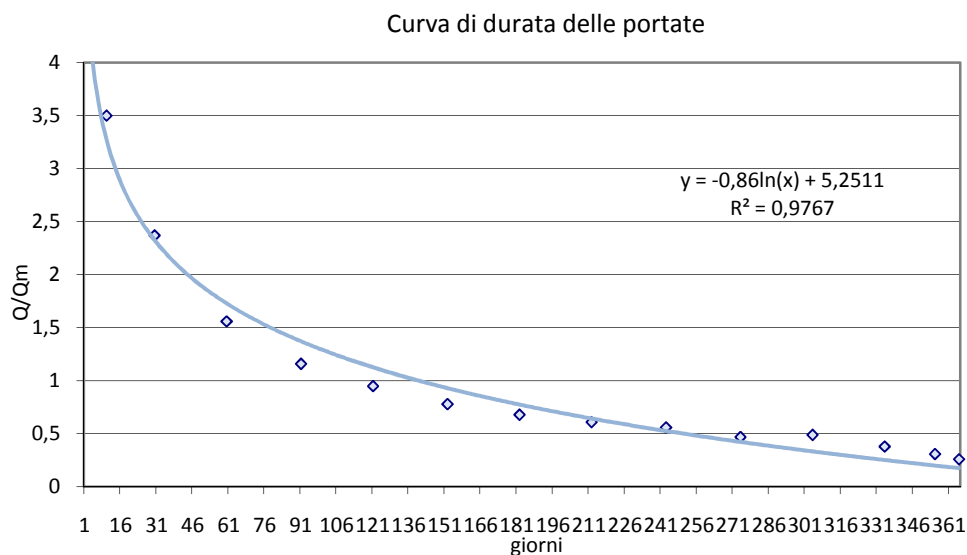


Fig. 16. Curva adimensionale espressa in rapporto  $Q_d/Q_m$

La curva adimensionale così ottenuta è stata normalizzata, moltiplicando i valori per un coefficiente correttivo, che nel caso specifico è pari a 1.028, per rispettare il vincolo di congruenza per il quale l'integrale dell'area sottesa della curva deve corrispondere al rapporto  $Q/Q_m$  iniziale.

Infine per calcolare la curva di durata in valore assoluto delle portate fluenti in alveo alla sezione di presa, basta moltiplicare i coefficienti della curva adimensionale normalizzata per la portata media del corso d'acqua quantificata nei paragrafi precedenti, pari a 502 l/s e si ottiene la curva di durata.

Nella tabella seguente si riportano i dati riassuntivi dell'elaborazione, per la corrispondente durata già indicata nei punti precedenti.

<sup>5</sup> 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

Curva Qd/Qm	3,50	2,37	1,56	1,16	0,95	0,78	0,68	0,61	0,56	0,47	0,49	0,38	0,31	0,26
.-a+LN(t)+b	3,27	2,33	1,73	1,37	1,13	0,93	0,78	0,64	0,53	0,42	0,33	0,25	0,20	0,18
Curva normalizzata	3,18	2,26	1,68	1,33	1,10	0,91	0,75	0,63	0,51	0,41	0,33	0,25	0,20	0,17
<b>Curva di durata in l/s</b>														
torrente Leale	1597	1136	845	670	550	454	379	315	257	207	163	124	98	86

Tabella 1 - Tabella riassuntiva dell'elaborazione idrologica

Per il calcolo della portata disponibile alla sezione di presa, la curva di durata delle portate giornaliere è stata integrata con gli apporti sorgentizi

Durata	Q Leale	Q sorgenti Monte	Q Sorgenti Valle	Q teorico (Q Leale+ Q sorg monte + Q sorg valle)
giorni	l/s	l/s	l/s	l/s
1	2377	150	37	2564
10	1414	147	37	1597
20	1127	143	36	1306
30	962	139	35	1136
40	845	136	34	1015
50	756	133	33	921
60	683	129	32	845
70	622	126	32	780
80	570	123	31	724
90	525	120	30	674
100	484	117	29	630
110	448	114	28	590
120	415	111	28	554
130	385	108	27	520
140	357	106	26	489
150	331	103	26	460
160	307	101	25	433
170	285	98	25	407
180	264	96	24	383
190	244	93	23	361
200	226	91	23	339
210	208	89	22	319
220	191	86	22	299
230	175	84	21	280
240	160	82	21	263
250	145	80	20	245
260	131	78	20	229
270	118	76	19	213
280	105	74	19	198
290	92	72	18	183
300	81	71	18	169
310	69	69	17	155
320	58	67	17	142

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 26 di 38

330	47	66	16	129
340	36	64	16	116
<b>347</b>	29	63	16	108
350	26	62	16	104
<b>355</b>	21	62	15	98
360	16	61	15	92
365	11	60	15	86
<b>MEDIA</b>	<b>379</b>	<b>98</b>	<b>25</b>	<b>502</b>

Dalla curva di durata sopra riportata, riferita a varie sezioni del corso d'acqua, si procede a calcolare la portata disponibile alla sezione di presa, posta subito a valle della sorgenti di monte intercettate dal Comune di Trasaghis, il quale deriva una portata d'acqua di 20 l/s ad uso potabile.

Durata	Q Leale	Q sorgenti di Monte	Prelievo acquedottistico	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
20	1127	143	20	1250
30	962	139	20	1081
40	845	136	20	961
50	756	133	20	868
60	683	129	20	792
70	622	126	20	729
80	570	123	20	673
90	525	120	20	625
100	484	117	20	581
110	448	114	20	542
120	415	111	20	506
130	385	108	20	473
140	357	106	20	442
150	331	103	20	414
160	307	101	20	388
170	285	98	20	363
180	264	96	20	339
190	244	93	20	317
200	226	91	20	296
210	208	89	20	276
220	191	86	20	257
230	175	84	20	239
240	160	82	20	222
250	145	80	20	205
260	131	78	20	189
270	118	76	20	174
280	105	74	20	159
290	92	72	20	145
300	81	71	20	131
310	69	69	20	118
320	58	67	20	105
330	47	66	20	92
340	36	64	20	80
347	29	63	20	72

350	26	62	20	69
355	21	62	20	63
360	16	61	20	57
365	11	60	20	51
<b>MEDIA</b>	<b>379</b>	<b>98</b>	<b>20</b>	<b>457</b>

A commento della curva di durata del torrente Leale alla sezione di presa e delle conoscenze maturate in loco in questi anni, si può affermare con ragionevole certezza una buona corrispondenza della curva calcolata alle condizioni idrologiche reali del corso d'acqua.

### 3.10 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

#### 3.10.1 ANTE REALIZZAZIONE CENTRALE IDROELETTRICA

Si prevede di continuare, fino alla realizzazione della centrale, ad effettuare dei sopralluoghi a cadenza almeno stagionale alla sezione di presa per verificare la rispondenza della curva di durata con le portate fluenti.

#### 3.10.2 POST REALIZZAZIONE CENTRALE IDROELETTRICA

Dopo la realizzazione della centrale idroelettrica e per un periodo significativo di 5 anni, si prevede un monitoraggio in continuo delle portate rilasciate in alveo al punto di presa e delle portate derivate, opportunamente relazionate alle precipitazioni registrate in zona, al fine di ulteriore verifica del modello idrologico assunto.

Presso l'opera di presa sono installati i seguenti dispositivi di misura:

- Sonda di livello idrometrico ad ultrasuoni a valle del dispositivo di rilascio del DMV;
- Sonda di livello idrometrico ad ultrasuoni in vasca di carico;
- Sonda di velocità ad ultrasuoni in condotta.

I suddetti dispositivi forniranno, ai sensi dell'art.22, comma 3 del D.Lgs.152/99 e s.m.i., le seguenti informazioni:

- portata massima, media, minima derivata e restituita durante l'anno solare;
- distribuzione delle portate massime, medie e minime mensili derivate nel corso dell'anno solare;
- distribuzione delle portate massime, medie e minime mensili restituite nel corso dell'anno solare dall'opera di presa in alveo;
- distribuzione temporale delle portate effettivamente prelevate e restituite.

Le informazioni così acquisite, per un periodo di almeno 5 anni, consentiranno una adeguata e significativa conoscenza del regime idrologico del torrente Leale.

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 28 di 38

## 4 DEFLUSSO MINIMO VITALE

### 4.1 DEFINIZIONE DI DEFLUSSO MINIMO VITALE E RIFERIMENTI NORMATIVI

Il concetto di "*portata minima vitale*" o "*deflusso minimo vitale*" di un corso d'acqua (di seguito DMV) è stato introdotto nel quadro legislativo italiano dalla legge 183/1989 (art. 3 comma 1) e poi successivamente ripreso dal D.Lgs. 275/1993, dalla Legge 36/1994, dal D.Lgs. 152/1999 ed infine dal D.Lgs. 152/2006 di recepimento della Direttiva Europea sulle Acque 2000/60.

Sebbene la definizione del DMV sia estremamente complessa, secondo le "*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*" (di seguito Linee Guida) di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio del 28 luglio 2004, può essere sinteticamente definita come "*la portata minima di acqua necessaria per ogni tratto omogeneo del corso d'acqua a garantire la salvaguardia delle caratteristiche fisiche e chimico-fisiche del corpo idrico, nonché per mantenere le biocenosi acquatiche tipiche delle condizioni naturali locali*", dove:

- per *salvaguardia delle caratteristiche del corso d'acqua* si intende il mantenimento delle sue tendenze evolutive naturali (morfologiche ed idrologiche), anche in presenza delle variazioni artificialmente indotte nel tirante idrico, nella portata e nel trasporto solido;
- per *salvaguardia delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque* deve intendersi il mantenimento, nel tempo, dello stato di qualità delle acque, in linea con il perseguimento degli obiettivi di qualità previsti dagli artt. 4, 5 e 6 del D.Lgs. 152/99 e s.m.i. e della naturale capacità di autodepurazione del corso d'acqua;
- per *salvaguardia delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali* è da intendersi il mantenimento, nel tempo, delle comunità caratteristiche dell'area di riferimento, prendendo in considerazione anche i diversi stadi vitali di ciascuna specie.

Attengono alla determinazione del DMV aspetti di tipo naturalistico e di tipo antropico caratteristici di ogni tronco di corso d'acqua di interesse:

#### aspetti naturalistici

- caratteristiche idrologiche e idrogeologiche
- caratteristiche geomorfologiche
- conservazione e recupero dell'ecosistema e dell'ambiente fluviale

#### aspetti antropici

- modificazioni dell'alveo



	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 29 di 38

- presenza di carichi inquinanti residui da fonti puntuali e diffuse (a valle delle migliori tecnologie di rimozione)

È da osservare che in base a soli elementi naturalistici, il DMV potrebbe assumere valori nulli in tronchi di corsi d'acqua a carattere intermittente durante periodi "naturali" di asciutta dovuti ad assenza di precipitazioni o a locali condizioni di rilevante permeabilità del letto del corso d'acqua stesso.

Diversamente con la determinazione degli aspetti di tipo antropico, anche in conseguenza delle differenti alternative di Piano, il DMV può differire da quello "naturale", in relazione alle esigenze di tutela che l'antropizzazione induce. Ad esempio, nel caso prima citato di corsi d'acqua soggetti ad asciutta naturale, il DMV potrà anche essere "innaturalmente" maggiore di zero per tener conto degli effetti delle attività umane ai fini degli obiettivi di qualità previsti dal Piano di tutela.

Sempre secondo le *Linee Guida*, può essere opportuno individuare valori del DMV differenti per ciascun mese o stagione dell'anno, anche allo scopo di impedire che i prelievi e le restituzioni siano effettuati in modo da lasciare in alveo una portata residua costante che elimini la variabilità del regime naturale dei deflussi in base alla quale si è formato l'equilibrio, sia fisico che biologico, del corso d'acqua.

Le stesse *Linee Guida* specificano che il DMV rappresenta una portata di stretta attinenza al *Piano di Tutela* di cui costituisce sia un indicatore utile per le esigenze di tutela, sia uno strumento fondamentale per la disciplina delle concessioni di derivazione e di scarico delle acque.

Per il calcolo del DMV ci sono decine di formule ed il loro numero tende a crescere col tempo, ciò dimostra che ad oggi non esiste una soluzione universalmente valida per la determinazione del DMV e probabilmente mai esisterà.

Fermo restando che i *Piani di tutela* devono stabilire il valore specifico del DMV per ogni tratto di corso d'acqua considerato secondo i criteri generali prima esposti, nelle more della predisposizione dei suddetti Piani, per una sua prima stima orientativa possono essere adottati *metodi regionali e metodi sperimentali*.

Nella prima categoria rientrano i metodi che esprimono il DMV in funzione di caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino o del sottobacino; essi si distinguono, a seconda delle grandezze assunte come variabili indipendenti, in:

- *metodi con variabili morfologiche*: questi metodi sono basati sulla definizione di un "contributo specifico" (portata per unità di superficie); la variabile indipendente è la sola superficie del bacino. Spesso, per la massima semplificazione, il valore del *contributo unitario* minimo è assunto costante in un ambito territoriale abbastanza esteso; data però l'impossibilità di rappresentare in tal modo talune situazioni particolari, sono stati introdotti vari fattori correttivi;
- *metodi con variabili idrologiche semplici*: in questi metodi la portata minima vitale è funzione - di solito mediante leggi di diretta proporzionalità - di alcuni valori caratteristici del deflusso nella sezione considerata (per esempio: della portata media mensile, portata media annua, ecc.);

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 30 di 38

- *metodi con variabili idrologiche e morfologiche:* questi metodi esprimono una equazione di regressione tra la portata minima vitale ed alcune variabili idrologiche e morfologiche del bacino, come ad esempio la portata media;
- *metodi con variabili statistiche:* sono i metodi basati sull'individuazione di particolari valori di frequenza o di durata dei deflussi. Un esempio semplice è quello basato sulla minima portata media di 7 giorni (media mobile) con tempo di ritorno 10 anni ( $Q_{7,10}$ ); altri sono basati sulla portata media giornaliera di durata 335 giorni in un anno ( $Q_{335}$ ) ovvero, come prevede la normativa svizzera, su una funzione della portata di durata 347 giorni ( $Q_{347}$ ).

I metodi appartenenti alla seconda categoria (sperimentali) sono basati su tecniche di rilevamento sperimentali finalizzate all'accertamento delle condizioni ambientali ottimali per un prefissata specie; sono caratterizzati dalla singolarità della stima della portata minima vitale, quindi hanno validità esclusivamente locale e limitata alle specie considerate. Essi possono distinguersi a loro volta in:

- *metodi sperimentali semplici*, in cui il DMV è correlato al contorno bagnato o alla larghezza della sezione utile per lo sviluppo della specie considerata, assumendo un criterio semplice per valutare l'idoneità di alcuni parametri ambientali;
- *metodi sperimentali complessi*, nei quali si utilizzano particolari curve continue per valutare gli ambiti di idoneità dei parametri ambientali; per esempio, con il modo dei "microhabitat", viene determinata una curva che correla l'*area disponibile ponderata* (funzione della portata media, della velocità media e della natura del substrato) alla portata del corso d'acqua; in corrispondenza del massimo di tale curva si può individuare il valore ottimale del DVM.

È infine da sottolineare come la mappatura del DMV ottenuta per i corsi d'acqua oggetto di pianificazione costituirà essa stessa la fonte conoscitiva essenziale per eventualmente aggiornare o ridefinire i citati metodi e i parametri in essi considerati.

Le correlazioni infatti tra i valori ottenuti del DMV per i diversi tronchi fluviali interessati dalle predette simulazioni e le corrispondenti caratteristiche ambientali, morfologiche, eco-idrauliche e di fruizione potranno fornire gli elementi essenziali per la natura e la regionalizzazione dei detti parametri.

#### 4.2 DMV STABILITO DALLA NORMATIVA VIGENTE IN FRIULI VENEZIA GIULIA

Come indicato nel paragrafo precedente la definizione di DMV è estremamente complessa e per il calcolo attualmente ci sono decine di formule e metodi, molto diversi tra loro, dimostrando ancor di più che ad oggi non esiste una soluzione universalmente valida.

Constatata la difficoltà nell'individuazione di un valore di DMV univoco, la normativa vigente, ha disciplinato che la quantificazione del DMV deve essere contenuta nel *Piano di Tutela delle Acque* che è un piano stralcio di settore dei *Piani di Bacino*, piano che deve essere redatto dalle Regioni, sulla base di obiettivi e priorità definite dalle Autorità di Bacino.

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 31 di 38

Nella Regione Friuli Venezia Giulia il Piano di Tutela delle Acque (di seguito PTA) è in fase di stesura e conseguentemente non è ancora stato adottato.

**In attesa del PTA, in via transitoria, vige la Legge Regionale 27 novembre 2001 n. 28.**

Il comma 4 dell'art. 1 della L.R. 28/2001 stabilisce che *" In via transitoria, in attesa delle determinazioni dell'Autorità di bacino competente, di cui all'articolo 3 della legge 36/1994, il deflusso minimo vitale e' definito provvisoriamente in misura pari a un contributo unitario di 4 litri al secondo per chilometro quadrato di bacino sotteso "*.

Per la determinazione del DMV bisogna anche tener conto del comma 5 dell'art. 1 della L.R. 28/2001 che stabilisce *" Deve comunque essere garantita la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate "*.

#### 4.3 DMV APPROVATO ALL'INTERNO DELLA PROCEDURA DI CONCESSIONE DELL'ACQUA

La derivazione dal t. Leale e relativo DMV contenuto nel progetto preliminare datato giugno 2007, presentato alla Direzione Provinciale Lavori Pubblici ha ottenuto il **PARERE FAVOREVOLE VINCOLANTE** dell'Autorità di Bacino **sulla compatibilità della utilizzazione con le previsioni del Piano di tutela, ai fini del controllo sull'equilibrio del bilancio idrico o idrologico**

#### 4.4 DMV ADOTTATO

Come è stato evidenziato nei punti precedenti la determinazione del DMV è una questione molto varia e complessa, con norme ed indicazioni a volte arbitrarie e contraddittorie.

Operare in questo contesto è estremamente difficoltoso e conseguentemente si ritiene corretto riferirsi ed applicare in modo oggettivo la sola norma vigente:

- **Legge Regionale 27 novembre 2001 n. 28** "Attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di deflusso minimo vitale delle derivazioni d'acqua";

Il progetto inoltre dovrà osservare anche le indicazioni fornite 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.

Quindi la derivazione deve rispettare i seguenti parametri normativi:

- Rilascio di un minimo di 4 l/s\*kmq di bacino sotteso;

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 32 di 38

- Garantire nel tratto di valle la capacità naturale di autodepurazione del corso d'acqua, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate;
- Prevedere una modulazione dei rilasci in funzione della portata in arrivo, così da mantenere le caratteristiche proprie di variabilità del regime idrologico del corso d'acqua, viceversa destinato al transito di una portata che, pur se entro i limiti di legge, livellerebbe le sue qualità idriche.

Per la derivazione in argomento si è previsto un **rilascio variabile** in funzione delle portate del corso d'acqua e che, ulteriormente incrementato dalle sorgenti presenti subito a valle, volutamente non intercettate, consente un **deflusso minimo di 67 l/s, pari a 6,1 l/s x kmq.**

Si consideri anche che il dispositivo di rilascio del DMV previsto sull'opera di presa è stato studiato per essere facilmente adattabile ai rilasci che saranno indicati dalle future norme e conseguentemente anche alle previsioni del redigendo PTA, mediante la semplice risagomatura della bocca tarata in acciaio corten.

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 33 di 38

## 5 CALCOLO DELLE PORTATE DERIVATE

Per un'esatta simulazione del funzionamento dell'impianto idroelettrico, con le portate utilizzate e rilasciate, è stato sviluppato un apposito software basato su foglio elettronico che inserendo i principali dati idrologici (bacino sotteso, portata media e curva adimensionale) ed idroelettrici (portata massima, salto, rendimento, quota di ritenuta, larghezza griglia presa, dimensione luce DMV, lunghezza e materiale tubazione) sviluppa la curva di durata delle portate a cadenza giornaliera e consente di calcolare, per ogni giorno dell'anno, i seguenti parametri:

- Portata fluente giornaliera alla sezione di presa;
- Battente alla traversa;
- Portate intercettate dalla griglia di presa e rilasciate dalla luce DMV;
- Portata derivata e portate sfiorate al dissabbiatore;
- Ore funzionamento impianto;
- Diametro ottimale condotta secondo Marzolo;
- Velocità e perdite di carico in condotta;
- Potenza e producibilità giornaliera impianto.

## 5.1 PORTATE DERIVATE

Le portate derivabili per l'impianto in progetto, sono state dedotte dalla curva di durata del torrente Leale, come calcolata nei punti precedenti, opportunamente ridotte della portata di DMV e limitate superiormente dalla portata massima derivabile ed inferiormente dalla portata minima derivabile che è in funzione della macchina idraulica prevista.

Di seguito si riportano i dati di sintesi dell'elaborazione.

<b>DATI CARATTERISTICI</b>		
<b>Corso d'acqua</b>		
Portata media complessiva del corso d'acqua	<b>502</b>	<b>l/s</b>
<b>Derivazione</b>		
Portata massima derivata	800	l/s
Portata media derivata	<b>348</b>	<b>l/s</b>
Portata minima derivata	40	l/s
<b>DMV</b>		
DMV da rilasciare ai sensi L.R.28/2001	44,16	l/s
DMV minimo rilasciato	<b>67</b>	<b>l/s</b>
Pari ad un contributo di	<b>6.1</b>	<b>l/s*kmq</b>
<b>Impianto idroelettrico</b>		
Salto di concessione	415.80	m
Potenza nominale media di concessione	<b>1.423</b>	<b>kW</b>
Potenza massima impianto	2.458	kW
Rendimento complessivo impianto	82%	%
Producibilità annua	<b>9.775</b>	<b>MWh</b>
Ore di funzionamento impianto	8.256	ore/anno
Diametro condotta - DN	700-600	mm
Lunghezza condotta	3.200	m
Scabrezza secondo Gauckler – Strickler	80	



Durata	Q disponibile	Quota	DMV	Q derivabile	Q derivata	Potenza netta	Producibilità
giorni			l/s	l/s	l/s	kW	MWh
1	2507	609,42	225,5	2319	800	2489	60
10	1541	609,31	163,2	1414	800	2489	60
20	1250	609,27	143,7	1142	800	2489	60
30	1081	609,25	132,0	984	800	2489	60
40	961	609,23	123,6	871	800	2489	60
50	868	609,21	117,0	784	784	2447	59
60	792	609,20	111,5	713	713	2250	54
70	729	609,19	106,8	653	653	2078	50
80	673	609,18	102,7	601	601	1926	46
90	625	609,17	99,0	555	555	1789	43
100	581	609,17	95,7	515	515	1664	40
110	542	609,16	92,6	478	478	1550	37
120	506	609,15	89,8	444	444	1445	35
130	473	609,15	87,2	413	413	1348	32
140	442	609,14	84,7	384	384	1257	30
150	414	609,13	82,4	357	357	1172	28
160	388	609,13	80,3	333	333	1092	26
170	363	609,12	78,2	309	309	1017	24
180	339	609,12	76,2	287	287	946	23
190	317	609,11	74,3	266	266	878	21
200	296	609,11	72,5	247	247	814	20
210	276	609,11	70,8	228	228	753	18
220	257	609,10	69,1	210	210	694	17
230	239	609,10	67,4	193	193	638	15
240	222	609,09	65,9	177	177	585	14
250	205	609,09	64,3	161	161	534	13
260	189	609,08	62,8	146	146	484	12
270	174	609,08	61,3	132	132	437	10
280	159	609,08	59,9	118	118	391	9
290	145	609,07	58,5	105	105	347	8
300	131	609,07	57,1	92	92	304	7
310	118	609,07	55,7	79	79	263	6
320	105	609,06	54,4	67	67	224	5
330	92	609,06	53,0	56	56	185	4
340	80	609,05	51,7	45	45	148	4
<b>347</b>	72	609,05	50,7	37	0	0	0
350	69	609,05	50,3	34	0	0	0
<b>355</b>	63	609,05	49,7	28	0	0	0
360	57	609,05	49,0	23,3	0	0	0
365	51	609,04	48,3	18	0	0	0
<b>MEDIA</b>	<b>457</b>	<b>609,13</b>	<b>84</b>	<b>398</b>	<b>348</b>	<b>1116</b>	<b>9775</b>

## 5.2 PORTATE RILASCIATE AL CORSO D'ACQUA

Si riporta di seguito la simulazione delle portate rilasciate al corso d'acqua comprensive degli apporti sorgentizi posti poco a valle dell'opera di presa.

Durata	Q LEALE monte	Q sorgenti	Q prelievo	Q disponibile	Q derivata	Q rilasciata presa	Q sorgenti valle	Q rilasciata	Contributo
giorni					l/s	l/s	l/s	l/s	l/s*kmq
1	2377	150	20	2507	800	1744	37	1782	161,4
10	1414	147	20	1541	800	777	37	814	73,7
20	1127	143	20	1250	800	486	36	522	47,3
30	962	139	20	1081	800	316	35	351	31,8
40	845	136	20	961	800	195	34	229	20,7
50	756	133	20	868	784	117	33	150	13,6
60	683	129	20	792	713	111	32	144	13,0
70	622	126	20	729	653	107	32	138	12,5
80	570	123	20	673	601	103	31	133	12,1
90	525	120	20	625	555	99	30	129	11,7
100	484	117	20	581	515	96	29	125	11,3
110	448	114	20	542	478	93	28	121	11,0
120	415	111	20	506	444	90	28	118	10,7
130	385	108	20	473	413	87	27	114	10,4
140	357	106	20	442	384	85	26	111	10,1
150	331	103	20	414	357	82	26	108	9,8
160	307	101	20	388	333	80	25	105	9,5
170	285	98	20	363	309	78	25	103	9,3
180	264	96	20	339	287	76	24	100	9,1
190	244	93	20	317	266	74	23	98	8,8
200	226	91	20	296	247	73	23	95	8,6
210	208	89	20	276	228	71	22	93	8,4
220	191	86	20	257	210	69	22	91	8,2
230	175	84	20	239	193	67	21	89	8,0
240	160	82	20	222	177	66	21	86	7,8
250	145	80	20	205	161	64	20	84	7,6
260	131	78	20	189	146	63	20	82	7,5
270	118	76	20	174	132	61	19	80	7,3
280	105	74	20	159	118	60	19	78	7,1
290	92	72	20	145	105	58	18	77	6,9
300	81	71	20	131	92	57	18	75	6,8
310	69	69	20	118	79	56	17	73	6,6
320	58	67	20	105	67	54	17	71	6,4
330	47	66	20	92	56	53	16	69	6,3
340	36	64	20	80	45	52	16	68	6,1
<b>347</b>	29	63	20	72	0	88	16	103	9,4
350	26	62	20	69	0	84	16	100	9,0
355	21	62	20	63	0	78	15	94	8,5
360	16	61	20	57	0	72	15	87	7,9
365	11	60	20	51	0	66	15	81	7,4
<b>MEDIA</b>	<b>379</b>	<b>98</b>	<b>20</b>	<b>457</b>	<b>348</b>	<b>134</b>	<b>25</b>	<b>159</b>	<b>16,2</b>

	Impianto idroelettrico "LEALE"	Res.05.H - Leale
	Progetto definitivo	
	Relazione idrogeologica	Pagina 37 di 38

A commento dell'analisi fatta si riportano le seguenti considerazioni:

- La **portata media annuale rilasciata al corso d'acqua è di 159 l/s**, pari ad un contributo di **16.20 l/s x kmq**; rispetto alla portata di 44.16 l/s normata dalla LR 28/2001 è **360% superiore**;
- La portata media annuale rilasciata al corso d'acqua è di 159 l/s, circa il 42 % della portata media superficiale del torrente Leale a monte delle prese acquedottistiche, pari a 379 l/s;
- 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;
- In **condizioni di portata minima derivata** per il funzionamento dall'impianto (40 l/s) il rilascio al corso d'acqua è di **67 l/s** , pari ad un contributo di **6,1 l/s x kmq**; rispetto alla portata di 44.16 l/s normata dalla LR 28/2001 è **152% superiore**;
- In condizioni di portata minima derivata per il funzionamento dall'impianto (40 l/s) il rilascio al corso d'acqua è di 67 l/s che è circa il 231 % superiore alla portata superficiale del torrente Leale, a monte delle prese acquedottistiche, presente per 347 giorni l'anno (Q347);
- In **condizioni di portata media derivata** annua dell'impianto (348 l/s) il rilascio al corso d'acqua è di **107 l/s** , pari ad un contributo di **9,7 l/s x kmq**; rispetto alla portata di 44.16 l/s normata dalla LR 28/2001 è **242% superiore**;
- In condizioni di portata media derivata dall'impianto (348 l/s) il rilascio al corso d'acqua è di 107 l/s che è circa il 369 % superiore alla portata superficiale del torrente Leale, a monte delle prese acquedottistiche, presente per 347 giorni l'anno (Q347);

Al fine di una completa rappresentazione idrologica del corso d'acqua a seguito della realizzazione dell'impianto in progetto, si è analizzato l'andamento temporale dei rilasci dall'opera di presa, che sono modulati in funzione delle portate in arrivo, così da mantenere le caratteristiche proprie di variabilità del regime idrologico del corso d'acqua.

Il grafico seguente sintetizza l'andamento dei rilasci dall'opera di presa.

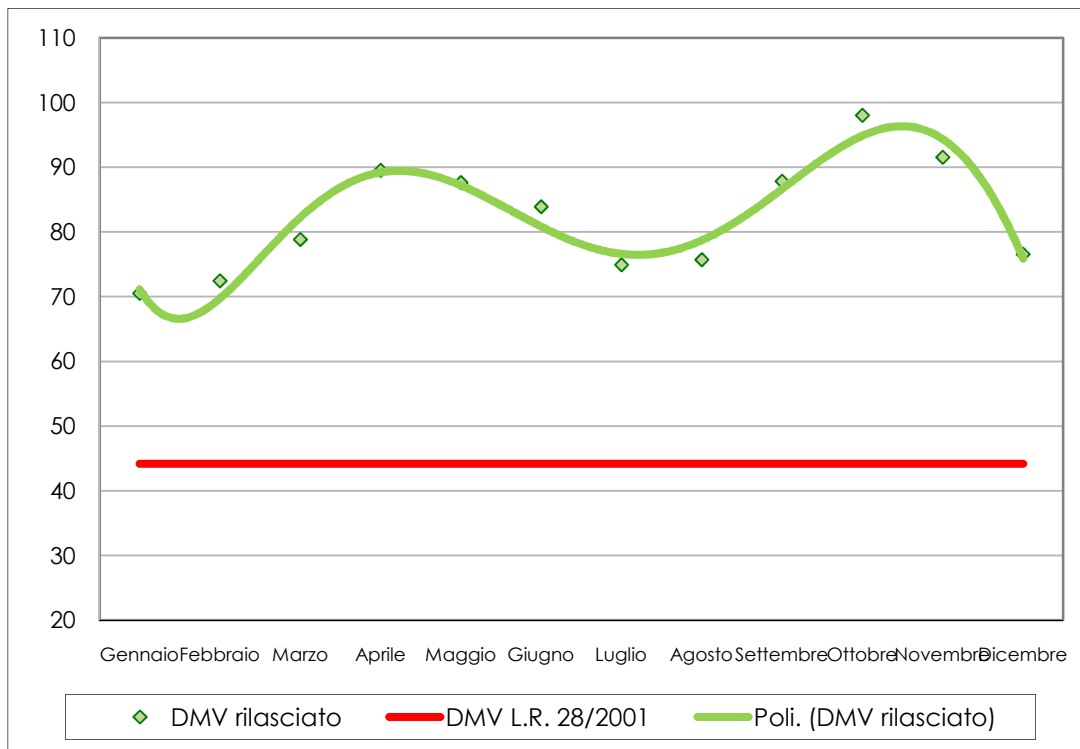


Figura 1 - Andamento DMV rilasciato

Dal grafico si evince molto chiaramente come il DMV rilasciato, seppur in misura ridotta, rispecchia il "comportamento naturale" del corso d'acqua dove all'alternanza di morbida e di magra coincide il susseguirsi di fasi particolari del ciclo vitale delle specie acquatiche.

Ulteriormente ad incrementare la portata fluente in alveo, nel tratto sotteso, contribuiscono gli apporti laterali e gli apporti sorgentizi.