

PROVINCIA DI IMPERIA
SETTORE VIABILITA', TRASPORTI
LAVORI PUBBLICI E GRANDI INFRASTRUTTURE

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI INNEVAMENTO ARTIFICIALE NEL COMPRENSORIO SCIISTICO DI MONESI

Comune: Triora

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA

Imperia luglio 2013

PROGETTISTA:

ing. Michele RUSSO

INDICE

STUDIO IDROLOGICO

INDICE 1

1. PREMESSA 2

2. INQUADRAMENTO FISICO E IDROGRAFICO DEL TANARELLO 3

3. REGIME PLUVIOMETRICO MEDIO 5

4. ANALISI STATISTICA DEI PARAMETRI CLIMATICI DEL P.T.A. 14

4.1. *Pluviometria* 14

4.1.1. Le curve isoiete del lungo periodo 14

4.1.2. Le curve isoiete del periodo recente 15

5. REGIME IDROLOGICO MEDIO – misure dirette della stazione idrometrica di Ponte di Nava 18

6. REGIME IDROLOGICO MEDIO – dati regionalizzati estratti dal P.T.A. 22

7. CURVA DI DURATA DELLE PORTATE 27

8. PORTATA DI MAGRA 29

9. ANNO IDROLOGICO SCARSO 31

10. CALCOLO DEL D.M.V. (Deflusso Minimo Vitale) 34

11. CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA DERIVATA 38

STUDIO IDROLOGICO

1. PREMESSA

La conoscenza degli aspetti che caratterizzano l'idrologia superficiale di un bacino è di fondamentale importanza nell'ambito di qualsiasi tipologia di derivazione,ed in particolare, quando si debba affrontare la progettazione di un impianto idroelettrico ad acqua fluente.

La portata liquida è l'elemento caratterizzante dell'ambiente idrico di un corso d'acqua. L'entità della portata dipende in primo luogo dall'entità e dalla distribuzione degli afflussi (pioggia – neve) e dai fattori climatici, che ne determinano, in ultima analisi, il regime, ossia l'andamento medio del deflusso nel corso dell'anno. L'ambiente idrico, a parità di portata, può assumere aspetti differenti a seconda della morfologia dell'alveo, della litologia dei versanti e delle caratteristiche topografiche.

La qualità ambientale dei corsi d'acqua naturali dipende anche dalla portata defluente in alveo e dalle relative fluttuazioni stagionali. Il regime dei deflussi, influisce su tutte le principali caratteristiche di un corpo idrico ad acque correnti; natura e dislocazione dei substrati di erosione e deposito, vegetazione di riva, termodinamica, qualità dell'acqua, etc…L'impianto in progetto, cercherà di rispettare tutte le condizioni affinché si mantengano la funzionalità e la qualità dell'ecosistema fluviale.

Sono stati effettuati i calcoli relativi alla portata media annua, al regime idrologico medio e al deflusso minimo vitale (DMV) applicando le direttive regionali.

L'analisi delle portate naturali in un corso d'acqua dipende strettamente dalla disponibilità di misurazioni di portata in sezioni rappresentative.

Nel presente studio, non avendo a disposizione tali misurazioni dirette sull'alveo di interesse, le informazioni necessarie ai fini della definizione del regime idrologico medio e delle portate naturali presenti in alveo in corrispondenza della sezione di presa, (coincidente con la sezione di chiusura del bacino idrografico in esame), sono state desunte utilizzando i dati di misura delle portate del Fiume Tanaro (sezione di Ponte di Nava), riferite alle annate 1931-1943; 1946-1960; 1962-1968 (dati storici tratti dagli annali idrologici) e alle annate 2003, 2004 e 2006 (dati recenti reperiti dal CD dell'A.R.P.A. "Banca dati idrologica e di qualità delle acque superficiali 1995-2004" e dal sito della Regione Piemonte, servizio a cura della (Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche) in quanto il bacino del torrente Tanarello fa parte di quello del Fiume Tanaro, di cui, peraltro, è uno dei due torrenti padri (insieme con il torrente Negrone), e si possono quindi ritenere ideologicamente simili; si specifica che l'anno 2005 non è stato preso in

considerazione in quanto mancante dei dati di misurazione del mese di Agosto e di parte del mese di Luglio, per cui la media annua non risulterebbe corretta.

Inoltre, al fine di conoscere in maniera maggiormente approfondita e specifica le caratteristiche idrauliche del bacino idrografico sotteso dalla sezione di prelievo in progetto, è in previsione l'installazione di una strumentazione di monitoraggio ed acquisizione di dati sulle portate giornaliere e sulle temperature dell'acqua defluente alla sezione di presa stessa. La stazione di acquisizione farà capo ad un piccolo bacino artificiale realizzato in alveo attraverso la costruzione di uno stramazzo (Thompson o Bazin) in cui poter rilevare livelli idrici e, di conseguenza, le portate defluenti. La strumentazione sarà composta da un datalogger multicanale cui saranno collegati un sensore di temperatura del fluido ed un sensore di livello piezoresistivo. Gli intervalli di acquisizione dei dati saranno impostati al momento della posa in opera della strumentazione e saranno comunque inferiori alle 24 ore.

2. INQUADRAMENTO FISICO E IDROGRAFICO DEL TORRENTE TANARELLO

Il Torrente Tanarello nasce nel Comune di Triora (IM) ad una quota compresa tra i 1850 e i 1900 m s.l.m. sul versante che si sviluppa tra la Cima Punta della Valletta e Cima Garlenda. Il torrente, dopo aver percorso circa 10 km in direzione Nord/ Nord-Ovest, confluisce con il Rio Negrone a formare il Fiume Tanaro, in prossimità della località chiamata Pian Laiardo, in Comune di Ormea.

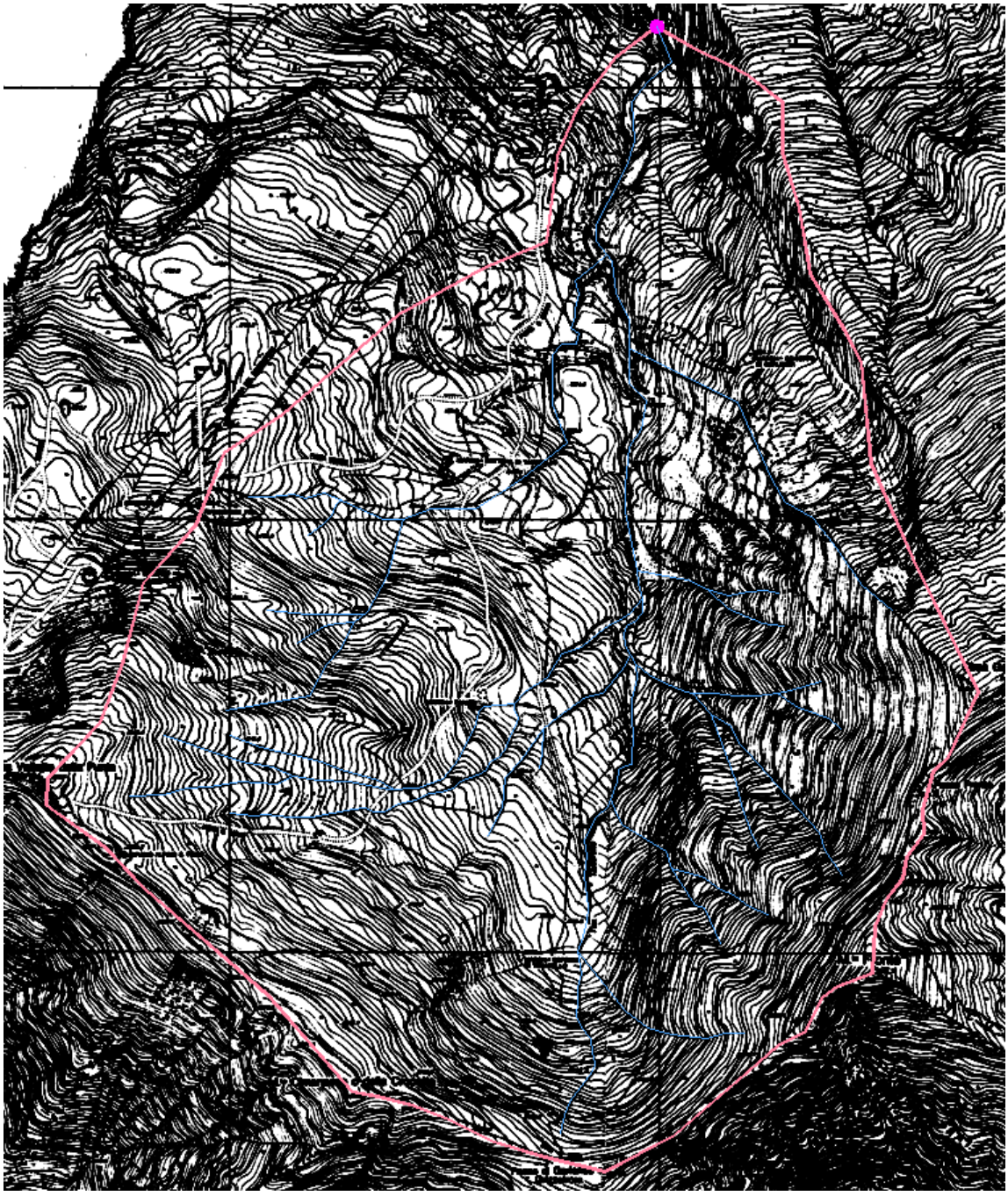


Figura 2.1: *Bacino alla sezione di chiusura*



Figura 2.2: *Monte Frontè*



Figura 2.3: vista da Cima Garlenda. *Da sx: Monte Crocetta m.2088, Cima della Valletta m.2093 e Monte Saccarello m.2200*

Il bacino imbrifero sotteso dalla sezione di presa in progetto presenta le seguenti caratteristiche:

Quota massima (H_{max})	*2.153,00 m.s.l.m.*	*cima del Monte Frontè*
Quota minima (H_{min})	*1.335,70 m.s.l.m.*	*sezione di presa*
Quota media (H_{med})	*1.636,70 m.s.l.m.*	*= $(0,9xH_{max}+H_{min})/2$*
Superficie bacino imbrifero	*3,43 km^2*	
Perimetro bacino imbrifero	*7,43 km*	
Asta principale	*2,77 km*	
Pendenza media bacino	*37% circa*	

3. REGIME PLUVIOMETRICO MEDIO

Le successive considerazioni relative ad afflussi sul bacino di interesse partono dal presupposto, viste le caratteristiche territoriali, di assimilare il territorio dello stesso a quello di gran parte dei bacini imbriferi montani piemontesi. La distribuzione annuale delle precipitazioni in Piemonte presenta un andamento bimodale, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno invernale ed uno estivo. In base alla collocazione nell'arco temporale annuale del minimo principale e del massimo principale e di quello secondario, si possono distinguere, sul territorio piemontese, quattro diverse tipologie di regime pluviometrico; di questi, tre sono di tipo continentale (con il minimo principale in inverno), mentre il quarto è un regime di tipo mediterraneo (con il minimo principale in estate):

- *pre-alpino*: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera e secondario in autunno;
- *sub-litoraneo*: con il minimo principale nel periodo estivo, il massimo principale in autunno e quello secondario in primavera;
- *sub-alpino*: con il minimo principale in inverno, il massimo principale in autunno e secondario in primavera;
- *sub-continentale*: con il minimo principale in inverno, il massimo principale in autunno e secondario in primavera.

Il regime pluviometrico più frequente in Piemonte, esteso sul 60% circa della regione, in particolare sul bacino direttamente interessato dal presente studio, è il regime *pre-alpino*. Esso comprende le aree di pianura ad esclusione della pianura alessandrina, buona parte del Monferrato, la pianura cuneese e tutte le Alpi Cozie, con l'esclusione della valle di Susa. Il mese più piovoso è Maggio, in cui cade il 12-13% delle precipitazioni annue, a cui seguono ottobre (11%), novembre, aprile, giugno (10%). Il mese meno piovoso è gennaio (4%), seguito da dicembre (5%), febbraio e luglio (6%). I restanti mesi, marzo, agosto e settembre, completano la somma con un residuo totale medio pari all'8% delle precipitazioni annue.

All'interno del bacino idrografico sotteso dalla sezione di presa in progetto, non sono presenti stazioni pluviometriche, ma una è in posizione limitrofa e più precisamente in località Pian del Guso ad Est dell'abitato di Piaggia. Di tale stazione, però, sono stati acquisiti esclusivamente i dati registrati tra gli anni 1999 e 2012. Tuttavia, nel Comune di Ormea, è presente una stazione pluviometrica in località Viozene, i cui dati di pioggia raccolti nel periodo compreso tra il 1919 ed il 1982 sono stati ricavati dal CD della Regione Piemonte "*Precipitazioni e Temperature*" – banca dati climatologica del Piemonte – dati tratti dagli Annali Idrologici del Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali "Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale" –

Ufficio di Parma, mentre i dati di pioggia del periodo 1990-1995 sono sati tratti dal CD "*Banca Dati Meteorologica*" che raccoglie i dati dal 1990 al 2002, rilevati dalla rete regionale gestita dal settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio.

I dati di precipitazioni storiche dal 1999 al 2012 della stazione di Pian del Guso in località Piaggia, dal 1919 al 1982 della stazione di Viozene, alla quota di 1.248 m s.l.m. ed i dati recenti dal 1990 al 1995 rilevati sempre alla stazione di Viozene , ma alla quota di 1.360 m s.l.m., sono riassunti nelle seguenti tabelle.

Tabella 3.1: *Precipitazioni medie mensili rilevate, nel periodo 1999-2012, nella stazione di Piaggia-Pina del Guso posta a 1.645 m s.l.m. coordinate UTM32: 398488 N; 4880823 E*

Mesi	***mm***	***gg. Piovosi***
gen	51.2	6.38
feb	32.7	4.92
mar	74.4	7.62
apr	96.7	9.46
mag	107.5	10.08
giu	93.8	6.69
lug	78.1	6.38
ago	61.8	5.85
set	76.6	6.08
ott	210.3	6.31
nov	134.5	5.08
dic	81.3	5.15
Totale medio annuo	***1098.54****	***80****

*nel calcolo del totale medio annuo sono stati escluse le annate con valori mancanti

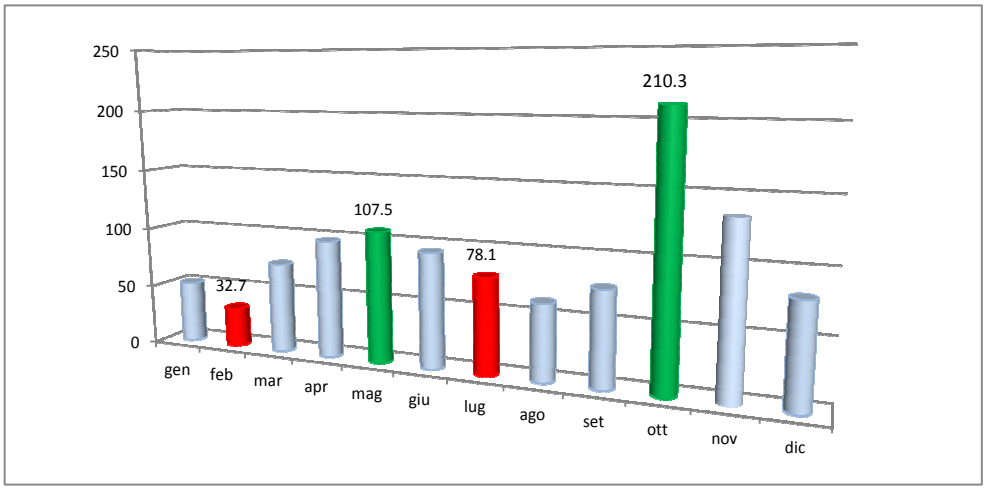


Figura 3.2: *Precipitazioni medie mensili [mm] rilevate, nella stazione di Piaggia-Pina del Guso 1.645 m, nel periodo 1999-2012*

Analizzando i dati dei valori medi delle precipitazioni medie mensili nel periodo di osservazione 1999-2012, riportati in tabella 3.1, si può osservare (vd.grafico) che gli afflussi

meteorici presentano due minimi annuali, uno in inverno (febbraio) ed uno in estate (luglio), e due massimi: quello principale nel mese primaverile di Maggio ed il secondario in autunno (ottobre). Da quanto detto introducendo le precedenti valutazioni, quindi, un tale andamento degli afflussi viene comunemente chiamato "*sub-litoraneo alpino*". I dati significativi che concorrono a definire il clima dell'area in oggetto di studio sono i seguenti:

- precipitazione media annua = 1.098,54 mm
- precipitazione media mensile massima (ottobre) = 210,25 mm
- precipitazione media mensile minima (febbraio) = 32,69 mm

Tabella 3.3: *Precipitazioni medie mensili rilevate, nel periodo 1919-1982, nella stazione di Viozene posta a 1.248 m s.l.m. coordinate UTM32: 402256 N; 488860 E*

Mesi	*mm*	*gg. Piovosi*
gen	71,94	4,92
feb	71,56	5,10
mar	104,35	6,90
apr	110,04	8,72
mag	116,25	9,76
giu	94,76	8,92
lug	61,07	5,73
ago	65,57	5,60
set	93,39	5,92
ott	136,02	6,87
nov	163,49	7,24
dic	84,76	5,31
Totale	***1.185,15****	***81,60****

*nel calcolo del totale medio annuo sono stati escluse le annate con valori mancanti

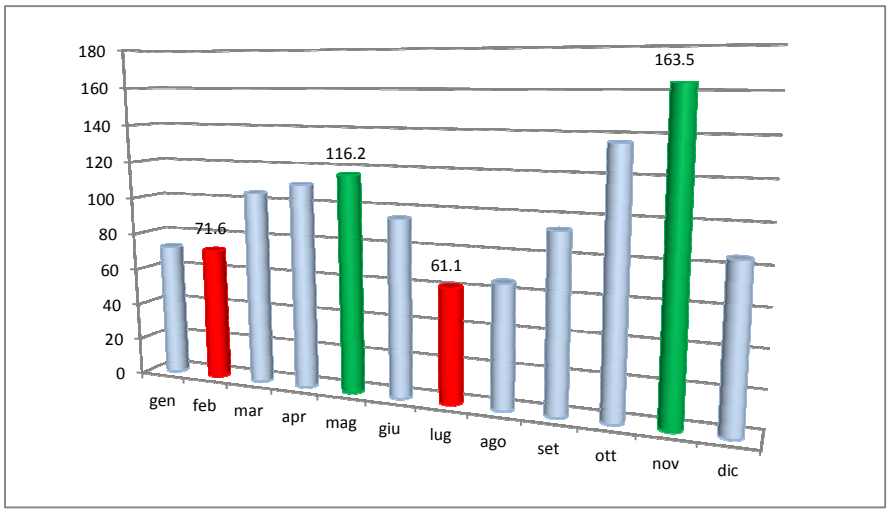


Figura 3.4: *Precipitazioni medie mensili [mm] rilevate nella stazione di Viozene a quota1.248 m s.l.m. nel periodo 1919-1982*

Analizzando i dati dei valori medi delle precipitazioni medie mensili nel periodo di osservazione 1919-1982, riportati in tabella 3.3, si può osservare (vd.grafico) che gli afflussi meteorici presentano due minimi annuali, uno in inverno (febbraio) ed uno in estate (luglio), e due massimi: quello principale nel mese primaverile di Maggio ed il secondario in autunno (novembre). Da quanto detto introducendo le precedenti valutazioni, quindi, un tale andamento degli afflussi viene comunemente chiamato "*sub-litoraneo alpino*". I dati significativi che concorrono a definire il clima dell'area in oggetto di studio sono i seguenti:

- precipitazione media annua = 1.185,15 mm
- precipitazione media mensile massima (novembre) = 163,49 mm
- precipitazione media mensile minima (luglio) = 61,07 mm

Tabella 3.5: *Precipitazioni medie mensili rilevate, nel periodo 1990-1995, dal pluviometro della stazione di Viozene posta a 1.360 m s.l.m. in località Pianche, coordinate UTM32: 400830 N; 4888852E*

Mesi	*mm*	*gg. Piovosi*
gen	17,90	4,67
feb	34,13	3,67
mar	64,53	6,20
apr	39,90	10,20
mag	88,63	10,40
giu	115,43	10,40
lug	67,13	8,50
ago	69,41	5,75
set	161,67	6,00
ott	132,80	14,25
nov	106,33	5,80
dic	35,17	5,00
Totale medio annuo	***987,04****	***91,50****

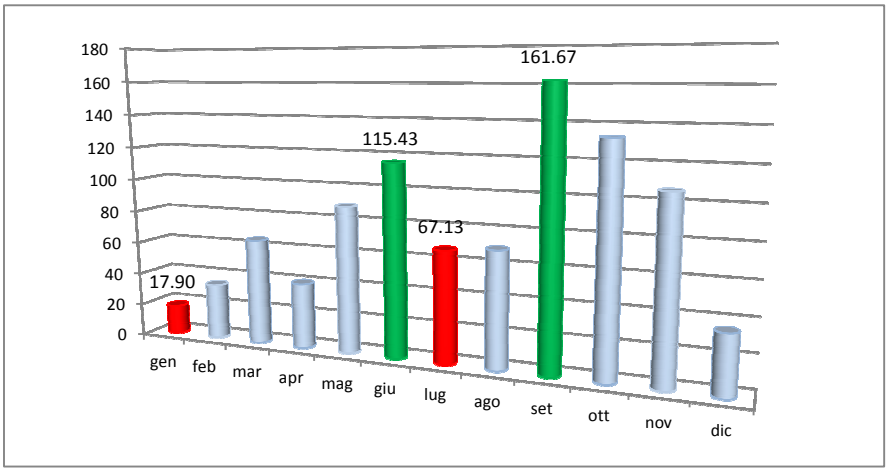


Figura 3.6: *Precipitazioni [mm] rilevate, nel periodo 1990-1995, dal pluviometro della stazione di Viozene posta a 1.360 m s.l.m. in località Pianche*

Analizzando i dati dei valori medi delle precipitazioni medie mensili del periodo di osservazione 1990-1995, riportati nella precedente tabella, si può osservare (vd.grafico) che, anche in questo caso, gli afflussi meteorici presentano due minimi (gennaio e luglio) e due massimi (giugno e settembre). Anche quest'analisi definisce il regime pluviometrico come "*sub-litoraneo alpino*".

I dati significativi che concorrono a definire il clima dell'area in oggetto sono:

- precipitazione media annua = 987,04 mm
- precipitazione media mensile massima (settembre) = 161,67 mm
- precipitazione media mensile minima (gennaio) = 17,90 mm

Vista l'estensione del bacino imbrifero in esame e considerato che la stazione pluviometriche di Piaggia-Pian del Guso e Viozene sono site in prossimità del bacino stesso, si può ritenere che i dati raccolti possano descrivere con buona approssimazione le condizioni pluviometriche dell'area oggetto di studio.

Applicando l'ipotesi precedente e ponendo a confronto i valori misurati nel periodo "storico" 1919-1982 e in quello "recente" 1990-1995 per la stazione di Viozene e 1999-2012 per la stazione di Piaggia, si ottiene un quadro generale delle precipitazioni medie mensili della zona, con copertura di un arco temporale pari a 78 anni.

Tabella 3.7: *Confronto tra le precipitazioni rilevate, nel periodo 1919-1982 e nel periodo 1990-1995, in fraz. Viozene nel Comune di Ormea e nel periodo 1999-2012 in fraz. Piaggia nel Comune di Briga Alta*

Viozene 1919-1982			***Viozene-Pianche 1990-1995***			***Piaggia-Pian del Guso 1999-2012***		
Mesi	***mm***	***gg. Piovosi***	***Mesi***	***mm***	***gg. Piovosi***	***Mesi***	***mm***	***gg. Piovosi***
gen	71.94	4.92	gen	17.90	4.67	gen	51.2	6.38
feb	71.56	5.10	feb	34.13	3.67	feb	32.7	4.92
mar	104.35	6.90	mar	64.53	6.20	mar	74.4	7.62
apr	110.04	8.72	apr	39.90	10.20	apr	96.7	9.46
mag	116.25	9.76	mag	88.63	10.40	mag	107.5	10.08
giu	94.76	8.92	giu	115.43	10.40	giu	93.8	6.69
lug	61.07	5.73	lug	67.13	8.50	lug	78.1	6.38
ago	65.57	5.60	ago	69.41	5.75	ago	61.8	5.85
set	93.39	5.92	set	161.67	6.00	set	76.6	6.08
ott	136.02	6.87	ott	132.80	14.25	ott	210.3	6.31
nov	163.49	7.24	nov	106.33	5.80	nov	134.5	5.08
dic	84.76	5.31	dic	35.17	5.00	dic	81.3	5.15
Totale	***1.185,15****	***81,60****	***Totale***	***987,04****	***91,50****	***Totale medio annuo***	***1098.54****	***80****

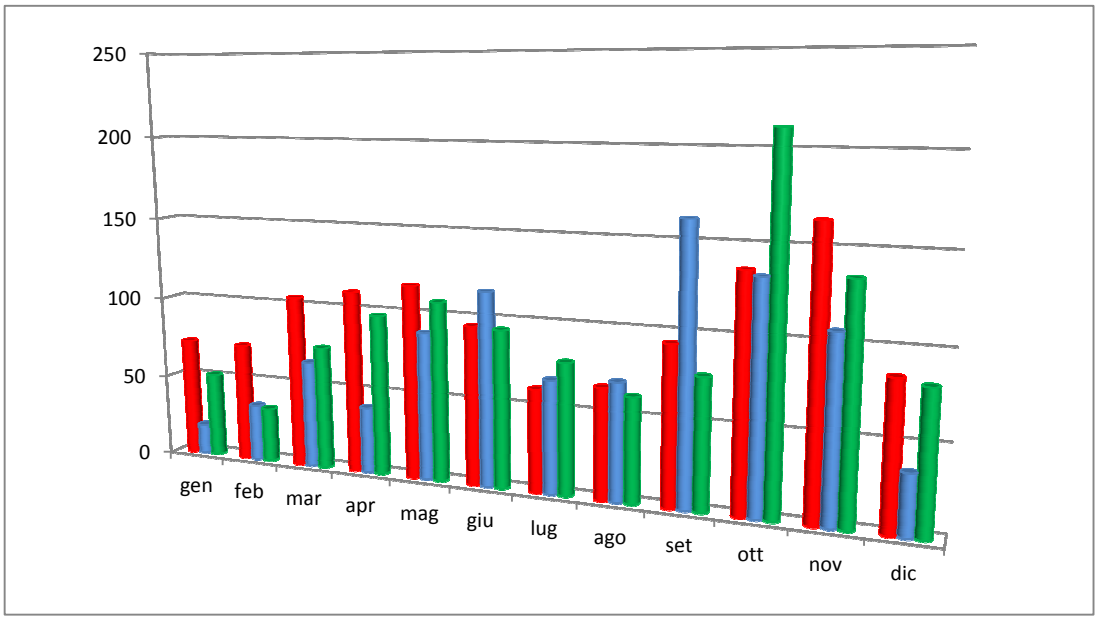


Figura 3.8: *Confronto tra le precipitazioni medie mensili alla stazione di Viozene, "storiche"1919-1982 (in rosso), alla stazione di Viozene-Pianche "recenti" 1990-1995 (in azzurro) ed alla stazione di Piaggia-Pian del Guso "recenti" 1999-2012 (in verde)*

Dal grafico si osserva che il totale delle precipitazioni medie annue del periodo 1990-1995, registrate dal pluviometro in località Pianche a Viozene, differisce di circa il 17% da quelle misurate nel periodo 1919-1982. Sul periodo recente, tra le stazioni di Piaggia e Viozene, si può notare una differenza di circa il 10%.

Nelle immagini che seguiranno, tratte dal volume I della collana Studi climatologici in Piemonte "Distribuzione regionale di piogge e temperature", curato dalla Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte e dal dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino, si evidenzia la variazione spaziale della piovosità all'interno della regione.

Il primo cartogramma (realizzato dal CSI Piemonte sulla base dei dati pluviometrici contenuti nel volume sopra citato) riporta le precipitazioni medie annue in Piemonte. Le zone di maggiore piovosità sono quattro: la principale, per entità di apporti ed estensione spaziale, si distende con asse NE-SO dal lago Maggiore alle valli di Lanzo, raggiungendo il massimo assoluto di 2.350 mm annui in località Cicogna nel Verbano-Cusio-Ossola. Le altri tre zone sono nell'Appennino all'estremità sudorientale della regione, nelle Alpi Marittime e sulle Prealpi fra val Chisone e val Pellice. Le aree meno piovose coincidono con la pianura alessandrina (< 700 mm/anno) e, in montagna, con le aree più interne delle valli alpine occidentali (valli Susa, Maira e Varaita). Il bacino del Torrente Tanarello si trova collocato all'interno dell'area delimitata dalle isoiete 11000-1200, all'interno di una delle zone più piovose del Piemonte.

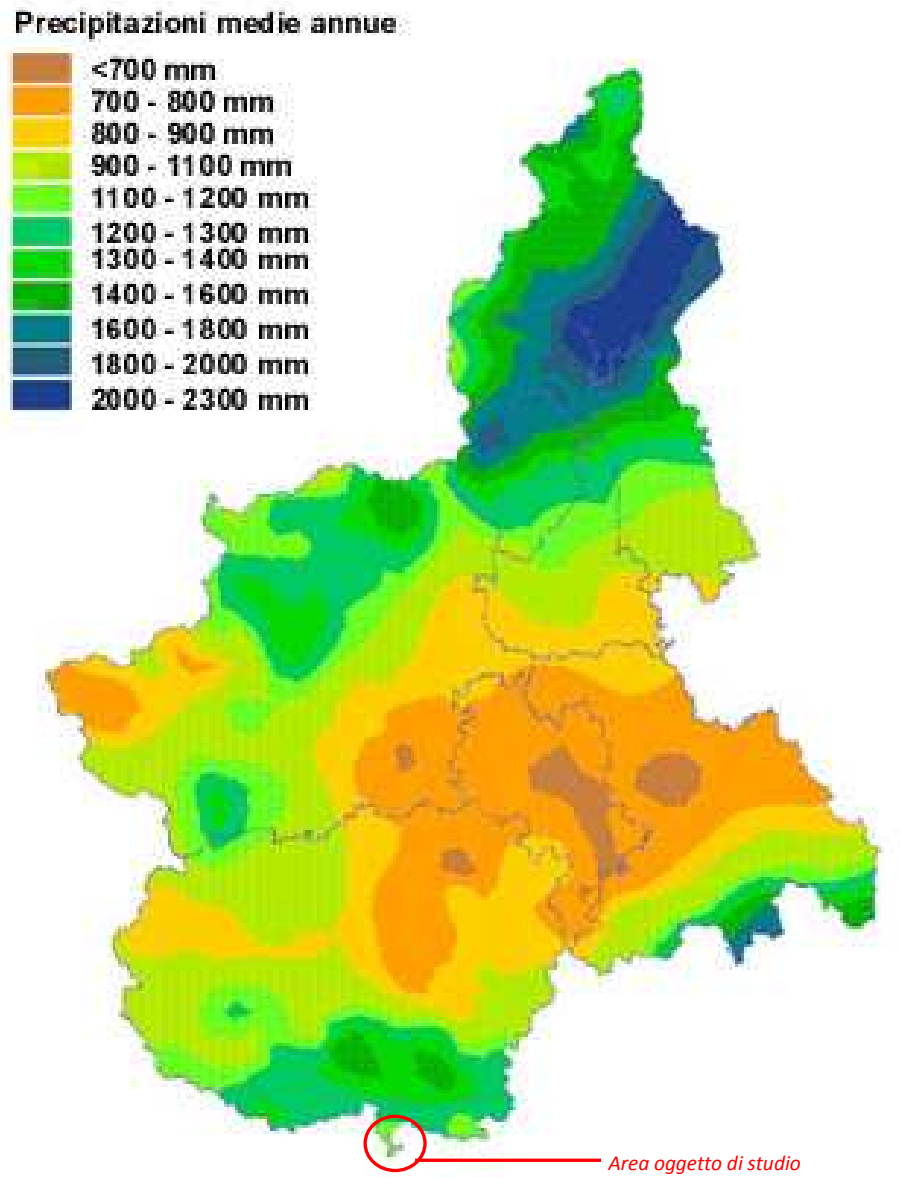


Figura 3.9: *Cartogramma dell'altezza di precipitazione media annua*

Il secondo cartogramma illustra il numero medio annuo di giorni di pioggia (isolinee) e le intensità medie giornaliere di pioggia. I valori estremi dei giorni di pioggia variano da un minimo di tipo mediterraneo (circa 50) a un massimo di tipo più continentale (140). Gli estremi sono nel Monferrato (minimo) e nel bacino del Toce (massimo). Le intensità medie giornaliere di pioggia (ottenute dal rapporto fra valore medio annuo e numero annuo di giorni piovosi) variano da 8 a 24 mm/giorno; nella maggior parte del territorio regionale i valori si situano in un intervallo compreso fra 10 e 15 mm/giorno. Nel caso oggetto di studio, l'intensità di precipitazione pari a circa 14-16 mm/giorno, quindi una piovosità che si attesta nell'intervallo regionale appena definito.

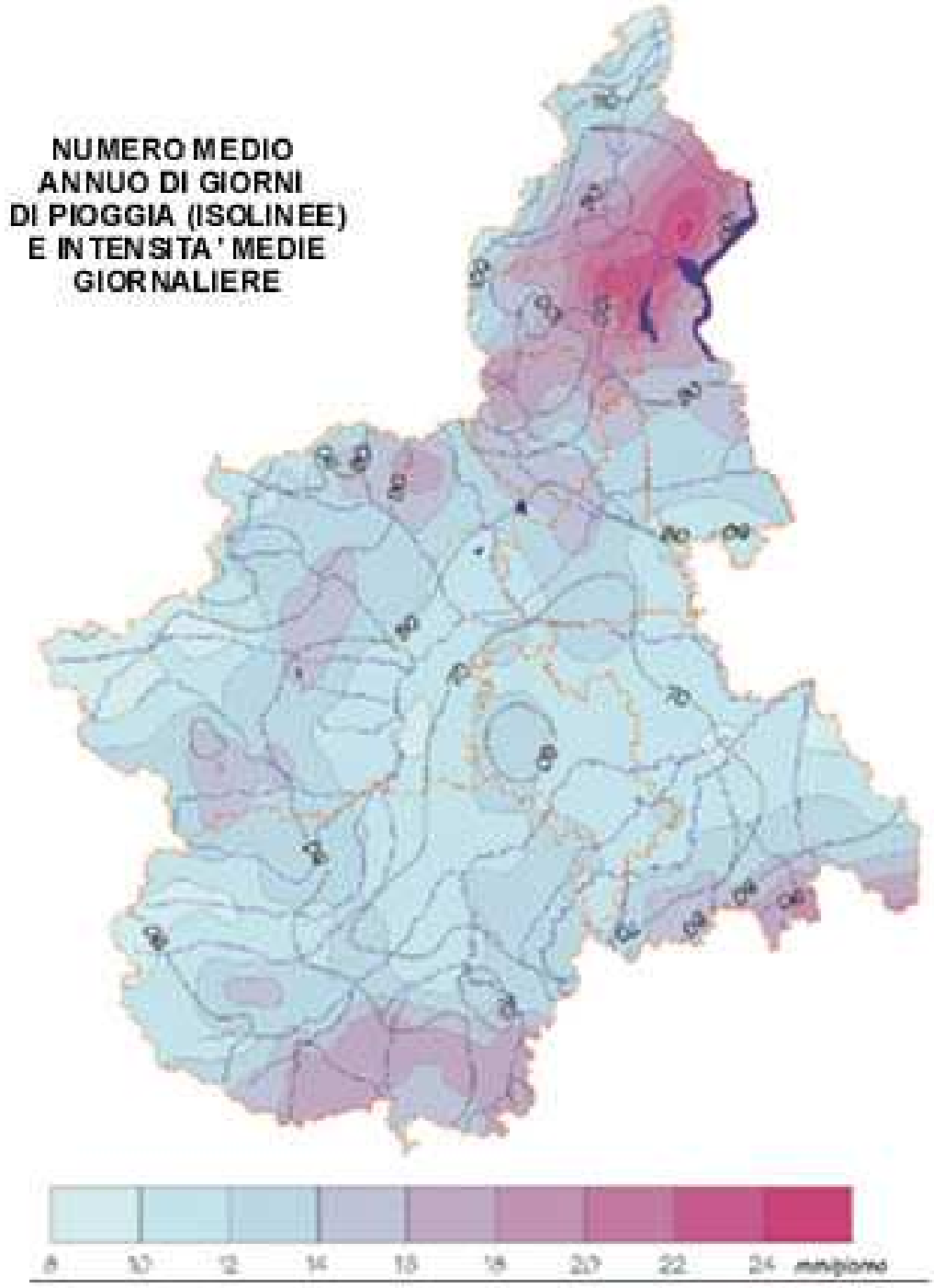


***Figura 3.10**: Cartogramma rappresentante il numero medio annuo di giorni piovosi e delle intensità medie giornaliere*

Il terzo cartogramma sintetizza i rapporti fra precipitazioni e rilievo in Piemonte attraverso profili pluviometrici e altimetrici lungo due sezioni (N-S ed E-O): i profili delle piogge medie annue presentano valori minimi sulle aree di pianura e massimi sulle Alpi e sugli Appennini. Inoltre, i valori massimi assoluti si verificano in corrispondenza dell'interfaccia con la zona pianeggiante; man mano che ci si addentra nelle aree montane, i valori diminuiscono.

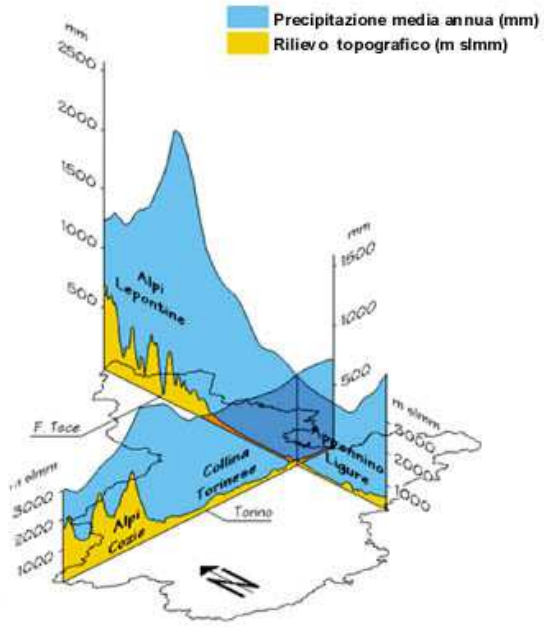


Figura 3.11: *Cartogramma dei profili pluviometrici e altimetrici lungo le due sezioni principali*

Oltre a quanto finora detto, il Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.) della Regione Piemonte, all'allegato tecnico 1_b.4 riconosce la presenza di una stazione pluviometrica sita in fraz. Piaggia. L'allegato tecnico 1_b.4 del P.T.A. riporta per la suddetta stazione una piovosità media annua di 1077 mm d'acqua valutata sugli anni compresi tra il 1951 ed il 1970.

A fini cautelativi, nel successivo calcolo del DMV, viene assunto un valore di precipitazione media annua sul bacino pari a 1250 mm, dato confermato anche dall'andamento desumibile dalla carta delle isoiete di precipitazione media annua.

4. ANALISI STATISTICA DEL PARAMETRI CLIMATICI

4.1 Pluviometria

4.1.1 Le curve isoiete di lungo periodo

Lo studio delle precipitazioni medie annue eseguito dal P.T.A. si è fondato sull'analisi dei dati raccolti presso le stazioni del Servizio Idrografico nel dopoguerra, e, più precisamente, nel periodo tra il 1951 ed il 1991.

I valori sono stati estratti, per ciò che riguarda l'arco temporale '51-'86, dallo studio "Distribuzione regionale di piogge e temperature" e successivamente integrati con quelli relativi al triennio '89-'91, sulla base di dati pubblicati dall'Ufficio Idrografico stesso.

Di seguito, si riporta la carta delle isoiete totali annue su lungo periodo dell'area oggetto del presente studio (fig. 4.1)[1].

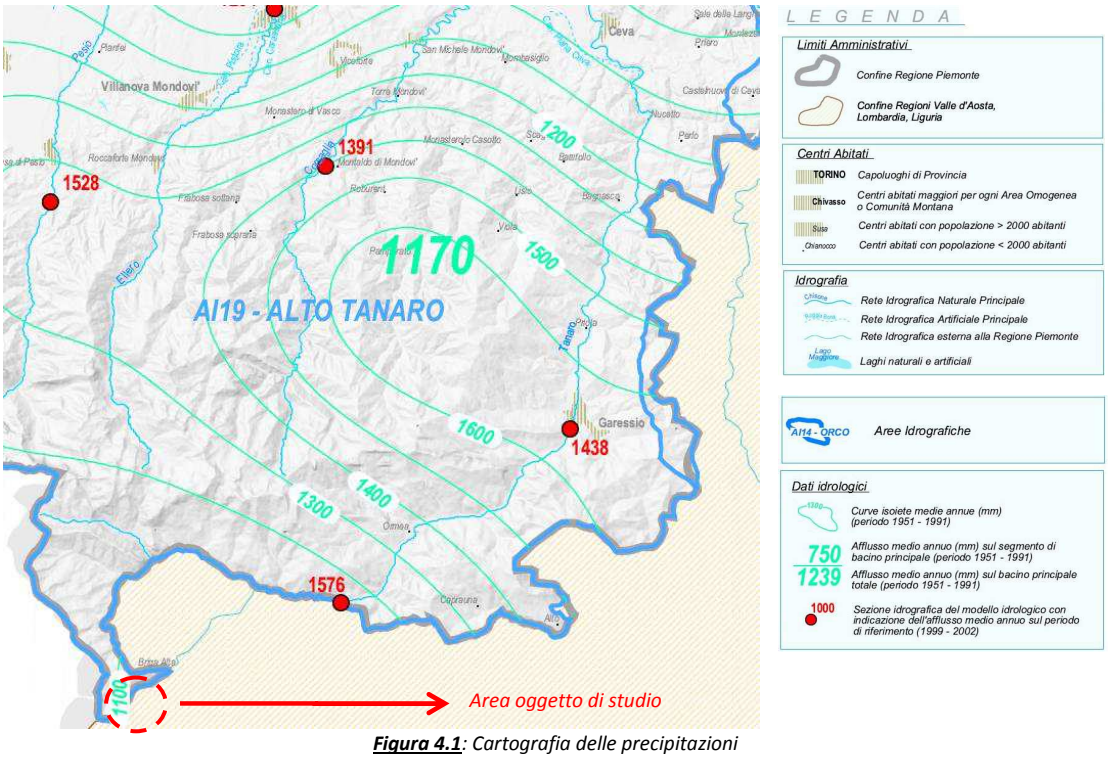


***Figura 4.1**: Cartografia delle precipitazioni*

Tale tavola riporta anche, a titolo di confronto, sia i valori delle precipitazioni medie sul periodo 1999-2002 (utilizzate per le simulazioni con il modello idrologico, ragguagliando le precipitazioni misurate nelle stazioni della rete regionale sui bacini sottesi da tutti i punti sul reticolo piemontese), sia i valori di sintesi di precipitazione annua sul periodo 1951-1991 ragguagliati e calcolati sui bacini principali della schematizzazione regionale di base adottata.

[1] Vedi P.T.A., Allegati tecnici - fase I "Caratterizzazione bacini idrografici", attività I.c "Elaborazioni di carattere idrologico", elaborato I.c/2 – Analisi statistica dei parametri climatici (cartografia delle precipitazioni).

4.1.2 *Le curve isoiete del periodo recente*

Per un esame della tendenza della pluviometri nell'ultimo periodo, è stata realizzata una carta delle isoiete per l'intervallo di anni compreso tra il 1995 ed il 2000, utilizzando i dati delle stazioni gestite dal servizio Meteo-idrografico e Reti Monitoraggio della Regione Piemonte (fig. 1.9). Il numero di stazioni utilizzato varia da un minimo di 68 (1995) ad un massimo di 136 (2000).

Il confronto tra questa carta e quella precedente, relativa alle precipitazioni sul lungo periodo, non mostra presenza di variazioni sostanziali nella distribuzione delle precipitazioni.

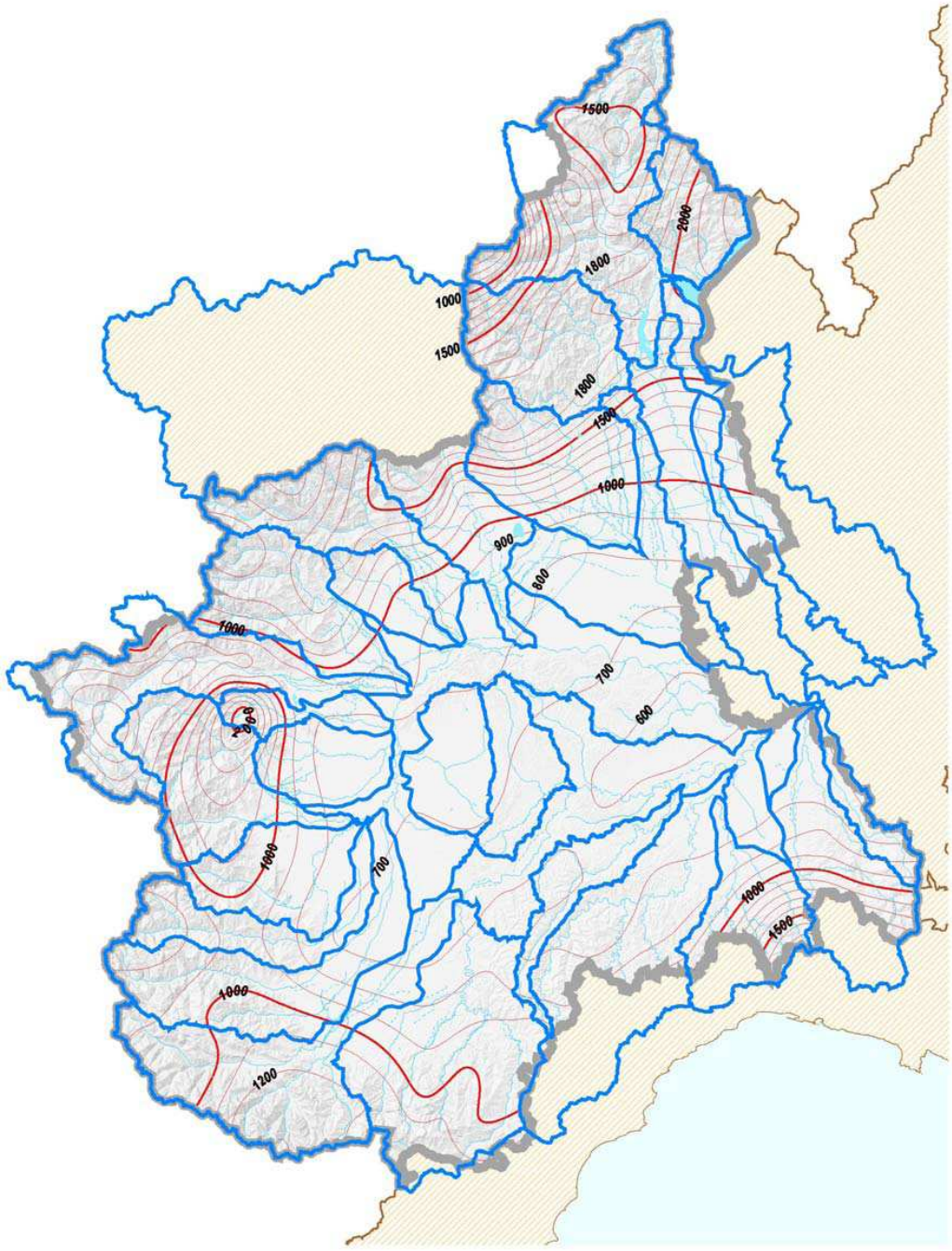


***Figura 4.2**: Cartografia delle Isoiete medie annue sul periodo1995-2000, calcolate sui dati della rete meteo-climatica della Regione*

Tuttavia, in assoluto, si è osservata una riduzione generale delle stesse nel periodo recente 1995-2000, particolarmente marcata nel settore meridionale. Nelle provincie di Cuneo, Asti, Alessandria, le precipitazioni sono state, infatti, pari all'86-88% di quelle medie, mentre quelle sulle provincie di Torino, Novara, Verbania e Vercelli sono state dell'ordine del 90-95%. In assoluto, la riduzione è stata mediamente di 100 mm sull'intero territorio regionale (vd.fig.4.2).

C'è però da aggiungere che, benché gli anni dal 1995 al 1999 siano stati tendenzialmente siccitosi, a partire dal 2000 si è manifestata un'inversione di tendenza che appare caratterizzata di precipitazioni annue superiori alle medie sul lungo periodo, anche se non è ancora possibile un'analisi complessiva dei dati.

A prova di ciò, si riporta (fig. 4.3) la definizione delle curve Isoiete relative all'anno 2008 ricavata dal bollettino idrologico redatto dalla Regione Piemonte. Dal confronto tra le carte è possibile notare la diminuzione delle medie annue rispetto a quelle relative al lungo periodo, ma, altresì, l'incremento delle stesse rispetto al arco temporale 1995-2000 esplicitante le precipitazioni sul breve periodo.

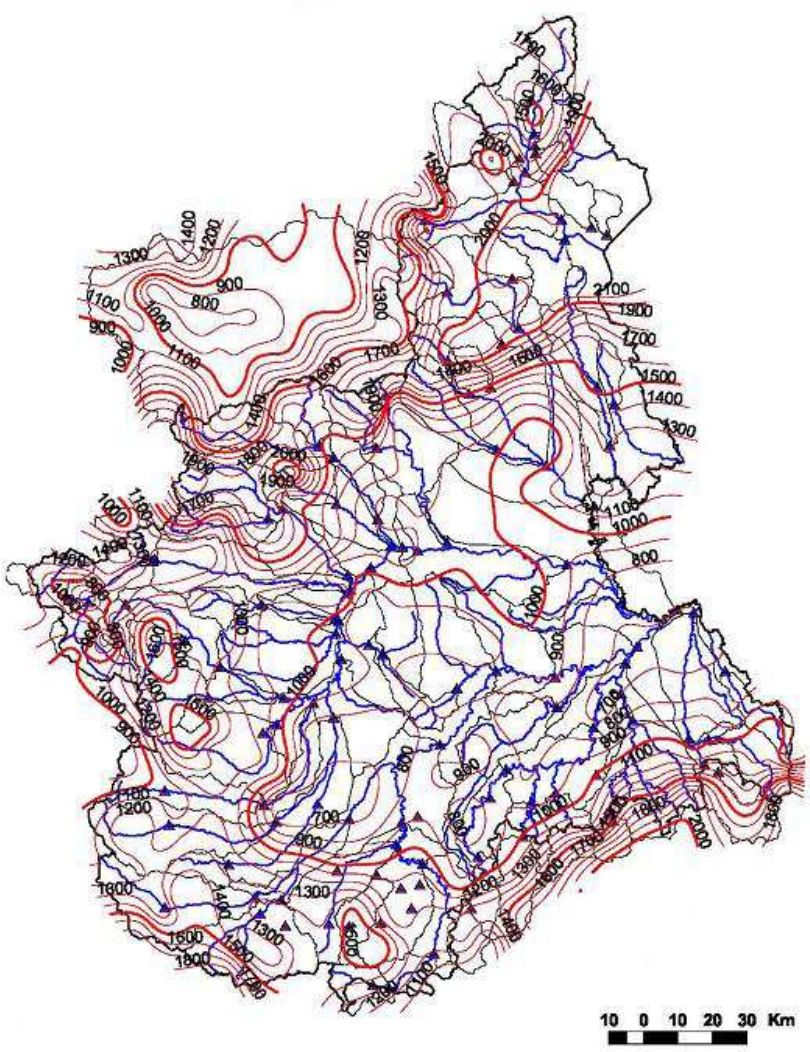


Figura 4.3: *Cartografia delle Isoiete medie annue relative all'anno 2008*

Da tali analisi si desume come il fattore pioggia sia di difficile collocazione all'interno di analisi di scenari futuri, non essendo rilevabile, dai dati attuali a disposizione sia su lungo periodo sia sul periodo recente, un effettivo trend di diminuzione o in aumento sui valori medi annui, elementi tipici di bilancio.

Pertanto, si può ritenere, in linea di massima, il campo delle precipitazioni definito dalle curve isoiete di medio-lungo periodo, come un parametro invariante per scenari che si collochino su un fronte temporale massimo di poche decine d'anni.

5. REGIME IDROLOGICO MEDIO – Misure stazione idrometrica Ponte di Nava

Per la realizzazione dell'analisi idrologica relativa alla stima delle portate naturali (in assenza cioè di derivazioni) che si possono riscontrare nella sezione oggetto di indagine e per la definizione di un regime idrologico medio naturale, ci si può avvalere delle misure di portata eseguite direttamente sul fiume Tanaro nella stazione idrometrica di misura del S.I.M.N. alla sezione di Ponte di Nava, i cui dati giornalieri e mensili sono riportati negli Annali Idrologici pubblicati dal 1931 fino al 1968. Le caratteristiche principali della stazione sono sintetizzate di seguito:

Tabella 5.1: *caratteristiche principali della stazione idrometrica sul fiume Tanaro*

Corso d'acqua	Sezione	Area (km^2)	UTM X	UTM Y	Provincia	Bacino idrografico	Anni osservazione	Afflusso medio (mm)	Coeff. deflusso
Tanaro	Ponte di Nava	148,00	409615	4885864	CN	Alto Tanaro	31-34;36-43; 46-60;62-68	1.281,00	0,80

Tali dati sono contenuti nella pubblicazione del P.T.A. (D.Lgs.152/99) Rev. 01 luglio 2004, fase I "caratterizzazione dei bacini idrografici", attività I.b "Caratterizzazione idrologica", elaborato I.b/4 "Sistemazione caratteristiche climatiche e di regime idrologico (tabelle dei dati storici delle stazioni meteo idrografiche del SIMN)".

I dati di misurazione sono riferiti alle annate di osservazione definite in tabella, ed esprimono appieno le condizioni di naturalità del corso d'acqua in questione.

L'applicazione dei valori di portata osservati per il Tanaro a Ponte di Nava alla sezione oggetto di studio, sita a quota 1061,70 m s.l.m., risulta giustificabile dalla localizzazione del bacino in oggetto in adiacenza al bacino imbrifero del fiume Tanaro, e, quindi, ideologicamente simili.

Per quanto è stato affermato precedentemente circa la similitudine dei bacini, e poiché, relativamente alla sezione di Ponte di Nava, sono note, mese per mese, le portate medie, si può applicare il principio di trasposizione dei dati idrologici tra i due bacini simili e riportarli al bacino in esame.

Per la definizione di un'analisi idrologica delle portate naturali in corrispondenza della sezione oggetto di indagine il più corretta possibile, si sono considerati anche i dati delle portate recenti eseguite sempre direttamente sul fiume Tanaro, nella sezione di Ponte di Nava, degli anni 2003, 2004 e 2006, reperiti dal CD dell'ARPA "Banca dati idrologica e di qualità delle acque superficiali" 1995-2004 e dal sito della Regione Piemonte, servizio a cura della Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche (allegato n°2).

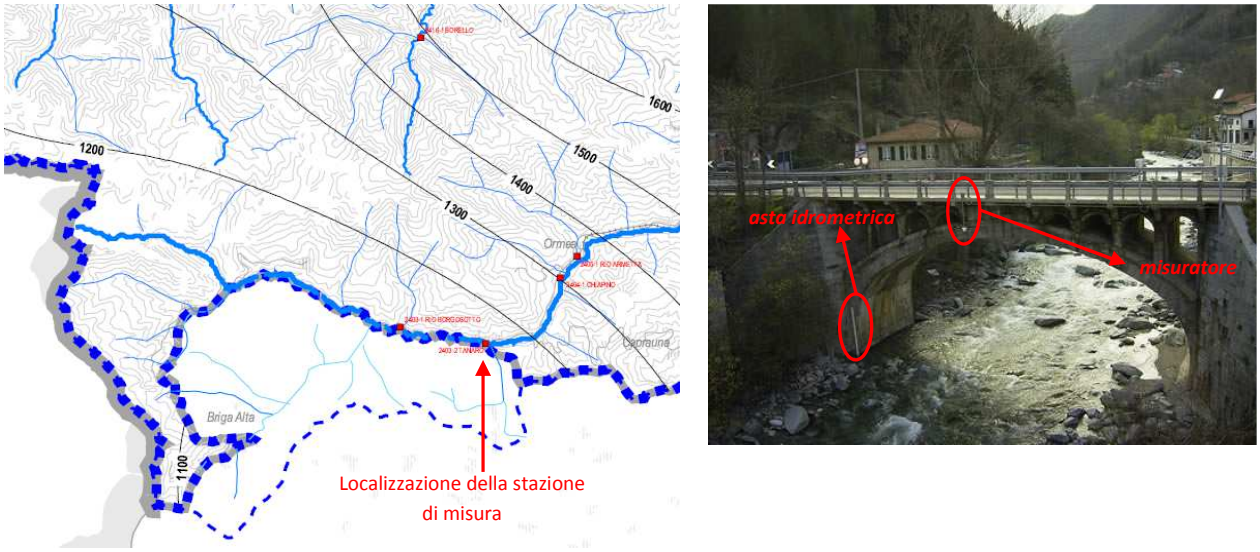


***Figura 5.2**: Stazione idrometrica di misura in località Ponte di Nava, Comune di Ormea*

Mediando i dati storici con quelli recenti reperiti sempre nella medesima stazione idrometrica di misura, quindi, si può ritenere consentito ricavare, con discreta approssimazione e correttezza, la portata del bacino sotteso dalla presa a partire da quanto valutato per quello sotteso dall'idrometro, mediante proporzionalità diretta fra le aree interessate, ipotizzando quindi un medesimo contributo specifico "*q*".

Considerando, quindi, un rapporto tra le aree dei due bacini interessati pari a circa 0,023 (cioè il 2,3%), i valori medi mensili delle portate naturali nella sezione di presa del Torrente Tanarello sono riassunti dalle seguenti tabelle:

***Tabella 5.3:** regime idrologico **medio** del fiume Tanaro – sez. Ponte di Nava (148 km^2) 1931-1968 (dati storici)*

Mese	Q [m^3/sec]	Mese	Q [m^3/sec]
Gennaio	1,99	Luglio	2,77
Febbraio	2,53	Agosto	1,34
Marzo	4,66	Settembre	2,32
Aprile	7,66	Ottobre	4,14
Maggio	12,20	Novembre	6,60
Giugno	8,29	Dicembre	3,41
TOT media annua: 4,83 m^3/sec			

***Tabella 5.4:** regime idrologico **medio** del fiume Tanaro – sez. Ponte di Nava (148 km^2) 2003-2006 (dati recenti)*

Mese	Q [m^3/sec]	Mese	Q [m^3/sec]
Gennaio	1,78	Luglio	1,75
Febbraio	1,23	Agosto	0,89
Marzo	4,18	Settembre	2,01
Aprile	7,38	Ottobre	3,03
Maggio	10,94	Novembre	4,80
Giugno	6,42	Dicembre	4,04
TOT media annua: 3,37 m^3/sec			

Mediando i valori delle portate medie mensili dei due periodo così ottenuti, si ricava il valore delle portate medie mensili del lungo periodo del fiume Tanaro, in corrispondenza della stazione idrometrica di misura di Ponte di Nava.

Tabella 5.5: *regime idrologico* ***medio*** *del fiume Tanaro – sez. Ponte di Nava (148 km^2) 1931-1968 / 2003-2006*

Mese	Q [m^3/sec]	Mese	Q [m^3/sec]
Gennaio	1,89	Luglio	1,75
Febbraio	1,88	Agosto	0,89
Marzo	4,18	Settembre	2,01
Aprile	7,38	Ottobre	3,03
Maggio	10,94	Novembre	4,80
Giugno	6,42	Dicembre	4,04
TOT media annua: 3,37 m^3/sec			

Applicando le precedenti relazioni al bacino imbrifero in esame, si ottengono i valori delle portate naturali medie mensili del Torrente Tanarello, in corrispondenza della sezione di presa:

Tabella 5.6: *regime idrologico* ***medio*** *del Torrente Tanarello – sezione di presa (3,43 km^2) – lungo periodo*

Mese	Q [l/sec]	Mese	Q [l/sec]
Gennaio	43,47	Luglio	40,25
Febbraio	43,24	Agosto	20,47
Marzo	96,14	Settembre	46,23
Aprile	169,74	Ottobre	69,69
Maggio	251,62	Novembre	110,4
Giugno	147,66	Dicembre	92,92
TOT media annua: 94,31 l/sec			

Nel grafico seguente è rappresentato l'andamento delle portate naturali disponibili in corrispondenza della presa in progetto.



Figura 5.7: *portata media del Torrente Tanarello – sezione di presa (3,43 km^2) – lungo periodo (1931-1968 2003-2006)*

I valori medi mensili sopra riportati danno un'idea dell'andamento normale dei deflussi del corso d'acqua considerato. Tale andamento presenta due massimi e due minimi: un massimo principale in primavera (maggio) e uno secondario in autunno (novembre); un minimo in inverno (gennaio-febbraio) e uno in estate (luglio-agosto). Si tratta, quindi, di un classico regime di deflusso nivo-pluviale. I valori riferiti alla singola opera di presa sono di seguito riassunti.

PORTATA MAX MEDIA MENSILE:	**251,62 l/sec**
PORTATA MINIMA MEDIA MENSILE:	**20,47 l/sec**
PORTATA MEDIA ANNUA:	**94,31 l/sec**

6. REGIME IDROLOGICO MEDIO – Dati regionalizzati estratti dal P.T.A. Regione Piemonte

Per ricostruire il più fedelmente possibile il regime naturale del torrente Tanarello, in corrispondenza della sezione di presa in progetto, si è voluto raffrontare ulteriormente il regime idrologico medio ricavato dall'elaborazione delle misurazioni dirette (Annali Idrologici per la serie storica e ARPA "Banca dati idrologica" per i dati recenti) con il regime idrologico medio ricavato dal P.T.A. tramite la regionalizzazione delle portate naturali.

Nel P.T.A. le portate del regime ordinario (portata media annuale, portate della curva di durata) vengono desunte sia dall'analisi statistica delle serie storiche dei valori misurati nelle stazioni idrometriche storiche, sia dall'applicazione di formule di regionalizzazione (denominate formule SIMPO) sviluppate per l'intero bacino del Po, e parzialmente ricalibrate sui bacini di interesse.

L'utilizzo di formule di regionalizzazione idrologica permette, in effetti, di poter rappresentare omogeneamente le caratteristiche dei deflussi su ambiti predefiniti ed inoltre limita le fonti di errore nel valore risultante alla qualità-grado di approssimazione del solo dato di input. L'utilizzazione diretta dei dati di misura deve, invece, tener conto dei numerosi fattori, fra cui, ad esempio, il grado di affidabilità delle scale di deflusso storiche e/o attuali; infatti, la valutazione del valore di portata derivante dall'applicazione delle scale di deflusso ai livelli misurati produce sempre un grado di incertezza derivante dai fattori:

- errore di misura (portata e livello idrometrico);
- variabilità morfologica di base della sezione nel campo di deflusso ordinario (in particolare per le portate di magra e di morbida);
- errore nelle estrapolazioni idrauliche della scala di deflusso, correlabile alla schematizzazione geometrica utilizzata, alla variabilità della scabrezza e delle condizioni di valle (oltre che efffetti di cappio e di modellazione morfologica delle sezioni nel corso di eventi di piena).

Pertanto, nel campo della regionalizzazione delle portate naturali, le formule SIMPO, permettono di conseguire guadagni intermini d rispondenza ed affidabilità, anche con aggiornamenti delle stesse a scala locale; inoltre, le formule, calibrate sulla base dei risultati dell'analisi sui dati storico-statistici, consentono di determinare i valori caratteristici di deflusso per qualsiasi sezione del reticolo idrografico del bacino padano, noti i dati fisio-climatici di base.

All'insieme dei bacini elementari è stato quindi applicato tale sistema statistico di regionalizzazione, derivato dall'elaborazione dei dati relativi alle stazioni di misura presenti sull'intero bacino del Po. Tale sistema ha fornito le espressioni per il calcolo dei contributi specifici di portata riferiti ai valori caratteristici del deflusso (portata media annua, portate medie

mensili e valori della scala di durata delle portate), formule che legano tali valori di portata alle principali grandezze del bacino idrografico; superficie, altitudine media e afflusso medio annuo.

Le formule SIMPO sono state sviluppate differenziando il bacino padano in tre zone differenti:

- Zona A: zona *alpina*, comprendente tutti i bacini idrografici in sinistra e destra Po dal sistema Sarca-Mincio fino al sistema Tanaro-Bormida-Orba compreso;
- Zona B: zona dell'*asta del Po*, comprendente tutte le porzioni di bacino residue di pianura affluenti direttamente all'asta del Po;
- Zona C: zona *appenninica*, comprendente tutti i bacini in destra Po dallo Scrivia al Panaro.[1]

Sulla base dei valori di portata caratteristica, media mensile e annua, calcolati attraverso le formule di regionalizzazione idrologica precedentemente citate, è stato redatto il quadro del regime dei deflussi, su tutti i bacini elementari, ovvero la distribuzione delle portate medie mensili nell'arco dell'anno; esso è riportato in termini adimensionali rispetto al valore medio annuo nelle tabelle dell'elaborato I.c/6 del P.T.A.



[3] "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po" , Convenzione Magistrato per il Po/ S.I.M.P.O. - H.C. Hydrodataconsult, 1980/81

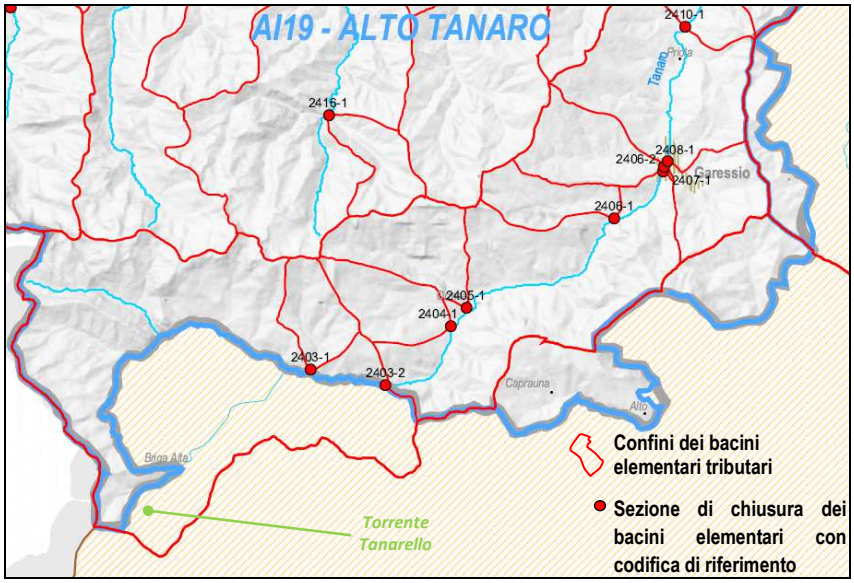


Figura 6.1: *carta dei bacini elementari – elaborati I.a/3 "Caratterizzazione dei bacini idrografici"*

Non avendo a disposizione dati già definiti sul bacino di interesse, si ricorre quindi all'utilizzo delle formule SIMPO al fine di definire il regime idrologico del bacino stesso. Come riportato dall'elaborato I.c/1 del P.T.A. ("Caratterizzazione dei bacini idrografici – elaborazioni di carattere idrologico – Rapporto tecnico"), le formule, ottenute mediante modelli statistici a regressione multipla per ricercare le leggi di dipendenza delle portate da fattori fisico-climatici, calibrate sulla base dei risultati dell'analisi sui dati storico-statistici, consentono di determinare i valori caratteristici di deflusso per qualsiasi sezione del reticolo idrografico del bacino padano, noti i dati fisio-climatici di base.

Le formule dei contributi specifici di portata riferiti ai valori caratteristici relativi alla zona A (alpina) del bacino padano sono così definite:

Tabella 6.2: *regionalizzazione portate – formule SIMPO del P.T.A.*

$qMEDA = -24{,}5694 + 0{,}00860 \cdot H + 0{,}03416 \cdot A \quad l/s/km^2$
$qGEN = 14{,}16232 - 0.00683 \cdot H + 0.36918 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qFEB = 16.49263 - 0{,}00824 \cdot H + 0{,}37478 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qMAR = 22{,}74646 - 0{,}01111 \cdot H + 0{,}46902 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qAPR = 13{,}85406 - 0{,}01101 \cdot H + 1{,}15662 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qMAG = -9{,}83665 + 0{,}00797 \cdot H + 1{,}63288 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qGIU = -34{,}9228 + 0{,}02826 \cdot H + 1{,}62190 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qLUG = -24{,}4942 + 0{,}02066 \cdot H + 1{,}15662 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qAGO = -16{,}0687 + 0.00955 \cdot H + 0.95881 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qSET = -13{,}0179 + 0{,}00232 \cdot H + 1{,}21272 \cdot DS \quad l/s/km^2$

$qOTT = -4{,}54832 - 0{,}00479 \cdot H + 1{,}33784 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qNOV = 16{,}50714 - 0{,}01604 \cdot H + 1{,}25843 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$qDIC = 18{,}06197 - 0{,}01030 \cdot H + 0{,}56036 \cdot DS \quad l/s/km^2$
$q10 = 5{,}06749 \cdot S^{-0{,}057871} \cdot DS^{0{,}965037} \quad l/s/km^2$
$q91 = 1{,}29772 \cdot S^{0{,}009539} \cdot DS^{0{,}976926} \quad l/s/km^2$
$q182 = 0{,}54425 \cdot S^{0{,}049132} \cdot DS^{0{,}980135} \quad l/s/km^2$
$q274 = 0{,}18670 \cdot S^{0{,}069105} \cdot DS^{1{,}108675} \quad l/s/km^2$
$q355 = 0{,}07560 \cdot S^{0{,}068232} \cdot DS^{1{,}234733} \quad l/s/km^2$

essendo:

- *S* = superficie del bacino (km^2);
- *H* = altitudine media del bacino (m s.l.m.)
- *A* = afflusso meteorico medio annuo sul bacino (mm);
- *DS* = deflusso medio annuo specifico (l/s/km^2) = *qMEDA*.

Detto ciò, sulla base di quanto esposto al capitolo 3, si può considerare che l'afflusso meteorico medio per la stima dei contributi specifici, tramite le formule SIMPO, sia il valore medio tra l'afflusso meteorico relativo al lungo periodo storico e quello relativo al periodo recente (vd. Tabella 3.7) misurato sulle sezioni di Viozene e Piaggia e, quindi:

$$A = \frac{1185{,}15 + 987{,}04 + 1098{,}54}{3} = 1090{,}24 \text{ mm}$$

con ciò, e con i dati fisici relativi al bacino nella sezione di progetto, si ottengono:

Tabella 6.3: *regime idrologico* ***medio*** *del torrente Tanarello – sezione di presa (3,43 km^2)*
regionalizzazione portate – formule SIMPO del P.T.A.

Mese	*Portata (l/s)*
Gennaio	44,11
Febbraio	44,70
Marzo	58,68
Aprile	91,83
Maggio	160,82
Giugno	187,67
Luglio	138,09
Agosto	86,47
Settembre	79,64
Ottobre	80,25
Novembre	82,03
Dicembre	55,54
TOT media annua	92,48

Tabella 6.4: *regime idrologico* ***medio*** *del torrente Tanarello – sezione di presa (3,43 km^2) Confronto tra valutazioni portate (regionalizzazione portate – formule SIMPO del P.T.A. e ragguaglio superfici di bacino)*

Mese	*Portata (l/s) ragguaglio*	*Portata (l/s) S.I.M.P.O.*	*Portata (l/s) media*
Gennaio	43,47	44,11	43,79
Febbraio	43,24	44,70	43,97
Marzo	96,14	58,68	77,41
Aprile	169,74	91,83	130,78
Maggio	251,62	160,82	206,22
Giugno	147,66	187,67	167,66
Luglio	40,25	138,09	89,17
Agosto	20,47	86,47	53,47
Settembre	46,23	79,64	62,93
Ottobre	69,69	80,25	74,97
Novembre	110,40	82,03	96,22
Dicembre	92,92	55,54	74,23
TOT media annua	94,32	92,48	93,40

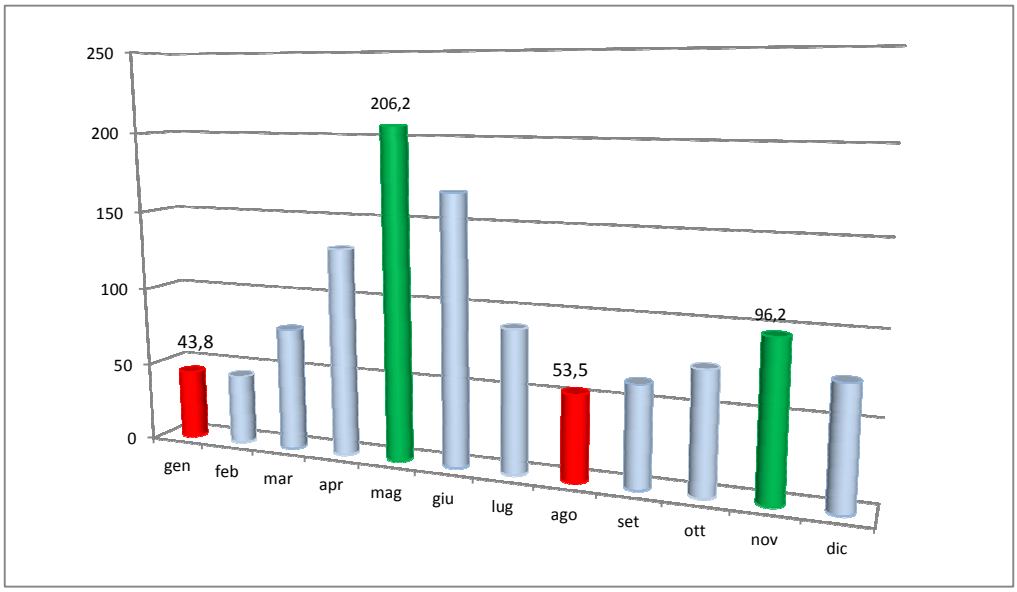


Figura 6.5: *regime idrologico* ***medio*** *del torrente Tanarello – sezione di presa (3,43 km^2) Confronto tra valutazioni portate (regionalizzazione portate – formule SIMPO del P.T.A. e ragguaglio superfici di bacino)*

7. CURVA DI DURATA DELLE PORTATE

Per ricostruire il più fedelmente possibile il regime naturale del torrente Tanarello ed effettuare un corretto studio idrologico, è necessario disporre della curva di durata delle portate, la quale rappresenta, per ogni valore di portata, il numero di giorni in cui la stessa è uguagliata o superata. Per convenzione gli intervalli temporali caratteristici di tale curva variano tra 10 e 355 giorni.

La curva di durata delle portate è stata ricavata facendo riferimento ai dati storici della sezione del fiume Tanaro in fraz. Ponte di Nava nel Comune di Ormea e ricavata dalle elaborazioni idrologiche presenti all'interno del P.T.A. all'allegato tecnico I.c/7 "Analisi statistica delle portate caratteristiche dei regimi ordinari e di magra (tabelle per bacino elementare)". Applicando poi il criterio di similitudine idrologica si calcola il rapporto adimensionale tra le portate di durata caratteristica Q_{10}, Q_{91}, Q_{182}, Q_{274}, Q_{355} e la portata media annua rilevata a Ponte di Nava (cfr tab. 5.5). Moltiplicando, quindi, tali coefficienti per il valore delle portate medie annue del torrente Tanarello relative alla sezione oggetto di indagine, si ottengono i valori necessari per la costruzione della curva di durata delle portate. Inoltre, i valori di scala delle portate saranno ricavati anche attraverso l'utilizzo delle formule SIMPO (cfr tab. 6.2), al fine di raffrontarli con i precedenti e mediarne i risultati.

Tabella 7.1: *portate di durata caratteristica del fiume Tanaro e dei principali affluenti in sponda sinistra orografica dello stesso nel Comune di Ormea, dati ricavati dall'Allegato Tecnico I.c/7 al P.T.A. della Regione Piemonte*

Codice Bacino	Corso d'acqua	Sezione	Superficie kmq	Qmed	Q10	Q91	Q182	Q274	Q355
2403-2	Tanaro	Ponte di Nava	146.50	4.04	13.67	5.10	2.63	1.53	0.94
2405-1	Rio Armetta	Conf. Tanaro	17.40	0.63	2.39	0.78	0.37	0.21	0.13
2404-1	Rio Chiapino	Conf. Tanaro	12.80	0.41	1.58	0.50	0.24	0.13	0.08
2403-1	Borgosotto	Conf. Tanaro	10.20	0.31	1.22	0.38	0.18	0.10	0.06

A titolo esemplificativo si determina la portata media con durata pari a 10 giorni alla sezioni di presa del Rio Tanarello, confrontandola rispetto alle caratteristiche della sezione di Ponte di Nava.

- Calcolo del coefficiente α per la portata di durata pari a 10 giorni:

$$\alpha_{10TAN} = \frac{Q_{10}(Tanaro)}{Q_{med}(Tanaro)} = \frac{13{,}67}{4{,}04} = 3{,}38$$

- Calcolo della portata naturale media nella sezione di presa:

$$Q_{10Tanarello} = \alpha_{10TAN} \cdot Q_{media}\ \text{Tanarello} = 3{,}38 \cdot 0{,}093 = 0{,}314\ \text{m}^3/\text{s}$$

Nella tabella seguente si riportano le portate medie di durata caratteristica relative al torrente Tanarello ragguagliate alle portate caratteristiche del Tanaro alla sezione di chiusura di Ponte di Nava ed altresì calcolate attraverso le formule SIMPO, in maniera tale da poter, successivamente, mediare i risultati ottenuti attraverso i due procedimenti.

Tabella 7.2: *portate di durata caratteristica del fiume Tanaro nel Comune di Ormea, dati ricavati dall'Allegato Tecnico I.c/7 al P.T.A.della Regione Piemonte*

	Q10	Q91	Q182	Q274	Q355
α	3,38	1,26	0,65	0,38	0,23
Tanaro - Tanarello	319,15	66,80	61,40	35,72	21,95
SIMPO	385,93	111,67	49,70	26,66	16,32
MEDIA TRA PRECEDENTI	***352,54***	***89,24***	***55,55***	***31,19***	***19,13***

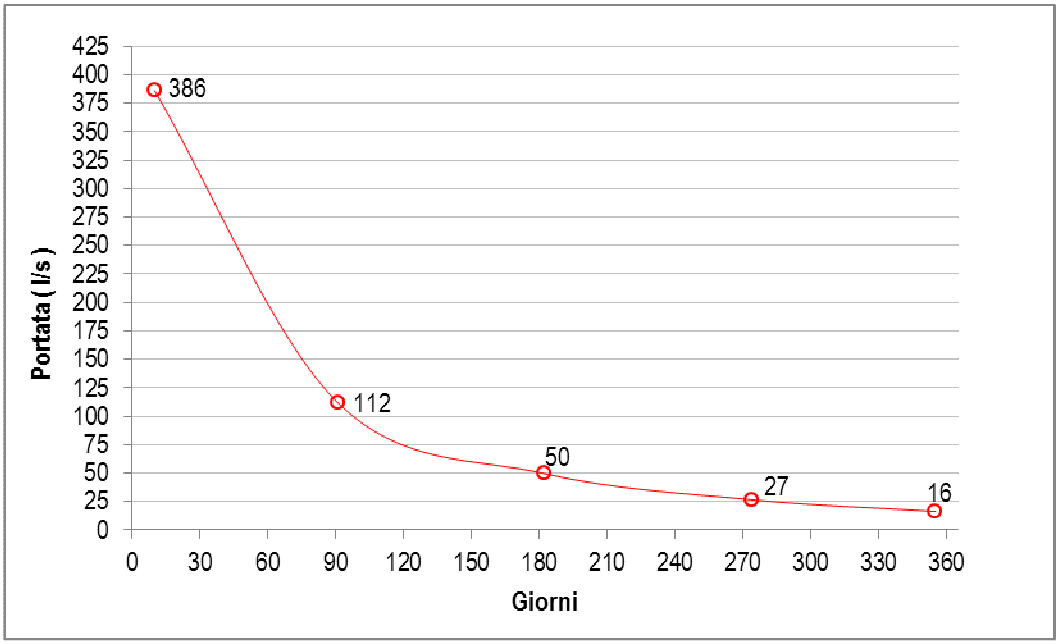


Figura 7.3: *Curva di durata delle portate del torrente Tanarello (sez. di presa 1.335,70 m.s.l.m., S=3,43 km^2)*

8. PORTATA DI MAGRA

La portata di magra normala può essere definita come la portata di magra caratterizzata da un tempo di ritorno pari a due anni, cioè con frequenza annuale pari al 50%. E' questo un parametro molto importante per definire il comportamento di un corso d'acqua in quanto la magra rappresenta il momento più delicato del ciclo idrologico, in grado di influenzare pesantemente la vita delle biocenosi residenti.

Facendo sempre riferimento ai dati di portata minima annua misurati sul fiume Tanaro in corrispondenza della stazione idrometrica sita a Ponte di Nava nel periodo 1931-1968, e riferendoli al bacino in esame, i valori dalla portata di magra risultano essere i seguenti:

Tabella 8.1: Portate di magra torrente Tanarello (l/s) - Sez. di presa 1.335,70 m s.l.m, (S=3,43 km^2)

Anno	*Portata minima Annua Tanaro (l/s)*	*Portata minima Annua Tanarello (l/s)*	*Valori Ordinati*	*Frequenza Cumulata*
1931	403.64	9,35	44,17	97%
1932	807.27	18,71	41,58	95%
1933	605.45	14,03	39,50	92%
1934	605.45	14,03	36,90	89%
1935	1188.48	27,54	34,82	87%
1936	1098.79	25,47	30,14	84%
1937	1009.09	23,39	30,14	82%
1938	695.15	16,11	30,14	79%
1939	1300.61	30,14	27,54	76%
1940	605.45	14,03	27,54	74%
1941	1098.79	25,47	27,54	71%
1942	403.64	9,35	25,47	68%
1943	403.64	9,35	25,47	66%
1944	1502.42	34,82	25,47	63%
1946	403.64	9,35	23,39	61%
1947	605.45	14,03	23,39	58%
1948	1009.09	23,39	18,71	55%
1949	493.33	11,43	18,71	53%
1950	695.15	16,11	18,71	50%
1951	807.27	18,71	16,11	47%
1952	605.45	14,03	16,11	45%
1953	807.27	18,71	16,11	42%
1954	605.45	14,03	14,03	39%
1955	1592.12	36,90	14,03	37%
1956	493.33	11,43	14,03	34%
1957	493.33	11,43	14,03	32%
1958	403.64	9,35	14,03	29%
1959	1793.94	41,58	14,03	26%
1960	1704.24	39,50	11,43	24%
1961	1300.61	30,14	11,43	21%
1962	403.64	9,35	11,43	18%
1963	1906.06	44,17	9,35	16%
1964	1098.79	25,47	9,35	13%
1965	1188.48	27,54	9,35	11%
1966	1188.48	27,54	9,35	8%
1967	695.15	16,11	9,35	5%
1968	1300.61	30,14	9,35	3%

Nella terza colonna della tabella sono riportati in ordine crescente i valori delle portate di magra, dei quali è stata calcolata la frequenza cumulata di non superamento. Da tale tabella

si evidenzia che il valore corrispondente alla frequenza del 50% è un valore pari a circa 18,71 l/s. Si adotta quindi la seguente:

Portata di magra = ***18,71 l/s***

caratterizzata da un tempo di ritorno di 2 anni.

9. ANNO IDROLOGICO SCARSO

Con il termine di "anno idrologico scarso" si intende quello caratterizzato da portate medie con frequenza di superamento dell'80%.

Anche in questo caso si tratta di un parametro molto importante per definire il comportamento di un corso d'acqua, in quanto, l'anno scarso rappresenta un momento piuttosto delicato del ciclo idrologico.

Facendo sempre riferimento ai dati di portata media annua storici, misurati sul fiume Tanaro nella stazione idrometrica di Ponte di Nava nel periodo 1931-1968, e riferendoli con le metodologie precedentemente adottate al bacino in esame, risultano i valori di portata come nella seguente tabella.

Tabella 9.1: Portate medie scarse del torrente Tanarello (l/s) - Sez. di presa 1.588,70 m s.l.m, (S=1,91 km^2)

Anno	*Portata media Annua Tanaro (mc/s)*	*Portata media annua Tanarello (l/s)*	*Valori Ordinati*	*Frequenza Cumulata*
1931	3.52	81,58	199,08	97%
1932	4.77	110,55	198,38	95%
1933	3.89	90,15	188,42	92%
1934	6.69	155,05	164,55	89%
1935	5.94	137,66	159,91	87%
1936	8.59	199,08	155,05	84%
1937	6.90	159,91	148,32	82%
1938	3.61	83,66	137,66	79%
1939	5.37	124,45	127,47	76%
1940	4.60	106,61	126,77	74%
1941	8.13	188,42	124,45	71%
1942	3.36	77,87	123,76	68%
1943	3.97	92,01	114,02	66%
1944	3.99	92,47	110,55	63%
1946	4.66	108,00	108,00	61%
1947	4.21	97,57	106,61	58%
1948	5.34	123,76	104,75	55%
1949	3.17	73,47	97,57	53%
1950	3.77	87,37	94,56	50%
1951	7.10	164,55	92,47	47%
1952	2.89	66,98	92,01	45%
1953	2.94	68,14	91,54	42%
1954	3.34	77,41	90,15	39%
1955	3.95	91,54	87,37	37%
1956	3.59	83,20	85,29	34%
1957	3.37	78,10	85,05	32%
1958	3.68	85,29	83,66	29%
1959	6.40	148,32	83,20	26%
1960	8.56	198,38	81,58	24%
1961	2.74	63,50	78,10	21%
1962	4.92	114,02	77,87	18%
1963	5.50	127,47	77,41	16%
1964	4.08	94,56	73,47	13%
1965	3.67	85,05	68,14	11%
1966	4.52	104,75	66,98	8%
1967	2.68	62,11	63,50	5%
1968	5.47	126,77	62,11	3%

Nella quarta colonna sono riportati i valori crescenti delle portate medie delle quali è stata calcolata la frequenza cumulata di superamento. La tabella evidenzia il valore corrispondente

alla frequenza di superamento dell'80% che definisce una anno "idrologicamente scarso" se la portata media annua del corso d'acqua è inferiore o uguale a:

Portata media annua dell'anno idrologicamente scarso = **78 l/s**

A partire da tale valore di portata, si procede alla determinazione dei valori delle portate medie mensili e della curva di durata delle portate dell'anno idrologicamente scarso, adottando i valori di portata medi. Le portate medie mensili dell'anno idrologicamente scarso sono state calcolate moltiplicando il valore della portata media annua scarsa (78 l/s) per il coefficiente di correlazione esistente tra la portata del mese in esame e la portata media annua riferite al regime idrologico medio.

Tabella 9.2: Portate medie mensili scarse del torrente Tanarello (l/s) - Sez. di presa 1.335,70 m s.l.m, (S=3,43 km^2)

Mese	*Portata media (l/s)*
Gennaio	36,57
Febbraio	36,72
Marzo	64,65
Aprile	109,22
Maggio	172,21
Giugno	140,02
Luglio	74,46
Agosto	44,65
Settembre	52,56
Ottobre	62,61
Novembre	80,35
Dicembre	61,99
TOTALE MEDIO ANNUO	78,00

Nella figura seguente viene rappresentato graficamente l'andamento delle portate naturali presenti in alveo in corrispondenza dell'opera di presa sul torrente Tanarello a quota 1.335,70 m s.l.m. riferite all'anno idrologicamente scarso.

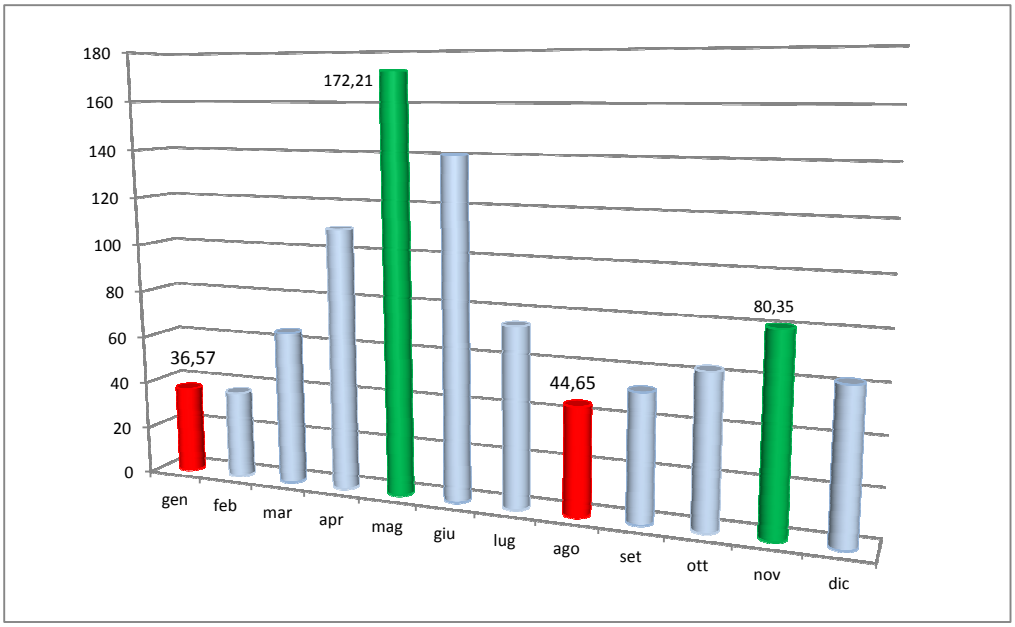


Figura 9.3: Portate medie mensili scarse del torrente Tanarello (l/s)

Le portate significative del regime idrologico relativo all'anno idrologicamente scarso sono:

Q massima media mensile = 172,21 l/s

Q minima media mensile = 36,57 l/s

Q media annua = 78,00 l/s

Con lo stesso procedimento si affronta la valutazione delle portate caratteristiche e della curva di durata delle portate riferita all'anno idrologicamente scarso.

Tabella 9.4: Portate di durata caratteristica del torrente Tanarello relative all'anno idrologico scarso

Giorni	α	Q [l/s]
10	3,38	264
91	1,26	98
182	0,65	51
274	0,38	30
355	0,23	18

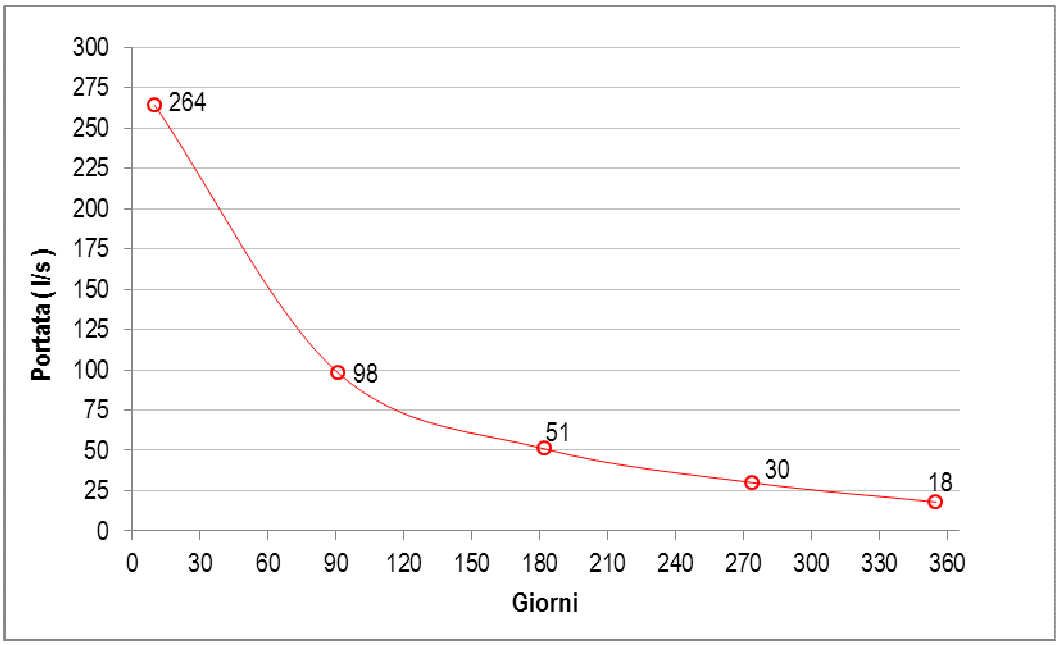


Figura 9.5: Portate di durata caratteristica del torrente Tanarello relative all'anno idrologico scarso

10. CALCOLO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE (D.M.V.)

10.1 D.M.V. di base

L'Autorità di Bacino del Po, tra le sue attività di pianificazione e programmazione nell'ambito della razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali e profonde (legge 183/89) include la tutela del deflusso minimo vitale negli alvei fluviali.

Con deliberazione del 13 marzo 2002 n°7/20026 , l'A.d.B.Po, adempiendo alle disposizioni di tutela, quindi, ha predisposto una regola di calcolo del deflusso minimo vitale e i criteri di applicazione della stessa da parte degli Enti preposti al rilascio delle concessioni di derivazione d'acqua. Regola e criteri si basano su principi di sussidiarietà e gradualità; nonostante la regola dell'Autorità di Bacino sia da applicarsi per l'intero bacino del Po, le Regioni possono adeguarle alle proprie realtà territoriali, nell'ambito di criteri comuni, attraverso l'adozione di provvedimenti propri e la determinazione di parametri sito-specifici, secondo processi stabiliti, nel D.Lgs.152/99, nell'ambito dell'interazione fra pianificazione di bacino e pianificazione regionale.

Il DMV come definito dalla A.d.B.Po si compone di una componente idrologica, stimata in base alle peculiarità del regime idrologico, e da ulteriori eventuali fattori correttivi che tengono conto delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, della naturalità e dei pregi naturalistici, della destinazione funzionale e degli obiettivi di qualità definiti dalle Regioni, nell'ambito dei Piani di Tutela. La componente idrologica si applica a tutte le concessioni di derivazione d'acqua pubblica da corsi d'acqua. L'applicazione dei fattori correttivi è limitata ai soli corsi d'acqua individuati dalle Regioni nell'ambito dei loro strumenti di pianificazione e regolamentari. Il Deflusso Minimo Vitale di base, in una determinata sezione del corpo idrico, è calcolato con la formula seguente:

$$DMV_{base} = k \cdot q_{MEDA} \cdot S \cdot M \cdot A$$

dove:

k = frazione della portata media annua (parametro sperimentale determinato per singole aree omogenee). I valori di tale parametro, variabili tra 0 ed 1, estremi esclusi e diversificati per aree omogenee in relazione ai regimi idrologici di magra, in coerenza con gli esiti degli studi finalizzati alla redazione del Piano di Tutela delle Acque, per il bacino di interesse, sono così stabiliti:

Area idrografica	Fattore k
Alto Tanaro, Basso Tanaro, Borbore, Belbo, Bormida, Orba, Scrivia, Curone, Banna e Basso Po in sponda destra	0,07 per bacini di estensione superiore a 50 km^2 0,10 per bacini di estensione inferiore o uguale a 50 km^2

q_{MEDA} = portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso, espresso in $l/s \cdot km^2$. La valutazione della portata specifica media annua naturale di un corso d'acqua per unità di superficie del bacino è valutabile secondo una delle modalità definite all'allegato A del regolamento regionale n°8/R del 17/07/2007. In questa sede si è scelto di utilizzare il metodo a) illustrato nel precedente, utilizzando, quindi, il modello di regionalizzazione delle portate, la cui formula è:

$$q_{MEDA} = (0,00860 \cdot H) + (0,03416 \cdot A) - 24,5694$$

essendo:

H = l'altitudine media sul livello del mare del bacino idrografico sotteso alla presa, espressa in m, essendo:

H_{max} = 2.153,00 m.s.l.m. (M.te Frontè);

H_{min} = 1.335,70 m.s.l.m. (sezione di presa);

$H = 0,5 \cdot [(0,9 \cdot H_{\max}) + H_{\min}]$ = 1.636,70 m.s.l.m.

A, l'afflusso meteorico medio annuo, rilevabile alla cartografia di piano (A.2.12) come visibile in figura 1.

Da ciò, si ricava che:

$$q_{MEDA} = 27,08 \ l/s/km^2$$

S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico, espressa in km^2 (pari a 3,43 km^2);

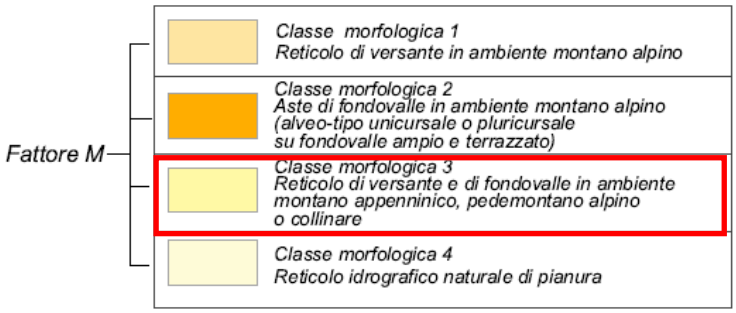
M = parametro morfologico; la classe morfologica in cui ricade la sezione di presa, cui fare riferimento per la quantificazione del D.M.V., è identificabile dalla specifica cartografia depositata presso le sedi delle Provincie e riportata alla Tavola A.2.12 della cartografia del Piano di Tutela delle Acque (vd. fig. 10.1);



Figura 10.1: *Tavola A.2.12 P.T.A. - sottobacino Alto Tanaro – Regolazione del D.M.V.*

La tavola evidenzia per ogni sottobacino una classe morfologica differente (vd. tab.10.2).

Tabella 10.2: *Classificazione delle classi morfologiche*



Ad ogni classe, corrisponde un valore del fattore morfologico ***M*** da applicare per la valutazione del D.M.V. di base (vd. tab.10.3).

Tabella 10.3: *valori del fattore correttivo M per ogni classe morfologica*

Categoria	Valore del fattore correttivo
classe morfologica 1	0,90
classe morfologica 2	1,10
classe morfologica 3	1,10
classe morfologica 4	1,30

Dalla precedente risulta che, la sezione di presa, interessata dai calcoli, ricade nella *classe morfologica 3*, pertanto il valore del fattore correttivo utilizzato sarà pari a 1,10.

A = parametro che tiene conto dell'interazione tra le acque superficiali e le sotterranee (*fattore di interscambio idrico*). Tale parametro determina una correzione del D.M.V. idrologico.

Tabella 10.4: *classi di interscambio di alcuni tratti fluviali*

Area idrografica	Corso d'acqua	Tratto interessato	Classe di interscambio
AI01 Alto Po	Po	da confluenza Rio Albeta a confluenza Rio Torto	4
AI03 Pellice	Pellice	da confluenza Chisone a confluenza Po	5
AI07 Grana-Mellea	Grana-Mellea	da ponte stradale Caraglio-Bernezzo a ponte strada provinciale Centallo- Tarantasca	4
AI15 Dora Baltea	Dora Baltea	da ponte strada statale n° 26 della Valle d'Aosta a confluenza roggia Nuova dei Cagnoni	4
AI17 Basso Sesia	Sesia	da confluenza Cervo a confluenza roggia Lampora	1
A21 Stura di Demonte	Stura di Demonte	da bealera Leona a ponte strada provinciale n° 45 Fossano-Salmour	1
A22 Gesso	Gesso	da confluenza canale Vermenagna a confluenza Stura di Demonte	5
AI32 Ticino	Ticino	da ponte di Oleggio a ponte ferrovia Novara-Busto Arsizio	1

I corsi d'acqua non presenti in tabella 10.4, rientrano nella classe di interscambio 3. Di seguito si riportano i valori del fattore ***A***, a seconda della classe di interscambio definita (vd. tab.10.5).

Tabella 10.5: *classi di interscambio di alcuni tratti fluviali*

Portata di interscambio	Tipo di interscambio	Classe di interscambio	Fattore "A"
> 300 l/sec*km	drenaggio elevato	1	0,70
tra 100 e 300 l/sec*km	drenaggio medio	2	1,00
inferiore a 100 l/sec*km	equilibrio	3	1,00
tra 100 e 300 l/sec*km	dispersione media	4	1,20
> 300 l/sec*km	dispersione elevata	5	1,50

Per quanto definito in precedenza, quindi, il valore del DMV base risulta essere pari a:

$$DMV_{base} = 0{,}10 \cdot 27{,}08 \cdot 3{,}43 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \approx \mathbf{10{,}22\ l/s}$$

Nel caso in cui si verificassero eventi eccezionali di magra, per cui le portate naturali risultassero inferiori alla soglia minima prevista, la derivazione sarà bloccata.

10.2 D.M.V. modulato

Al fine di mitigare l'effetto dell'appiattimento sui valori minimi delle portate a valle della derivazione si ipotizza di rilasciare un deflusso minimo modulato temporaneo. In tal caso la portata istantanea rilasciata in alveo è determinata in relazione alle fluttuazioni del regime idrologico a monte della derivazione stessa. I valori di D.M.V. modulato verranno calcolati in base alla portata defluente alla traversa di derivazione applicando le seguenti relazioni:

- se Qt > DMV base:

  Qril = DMV base + 10% (Qt – DMV base)

- se Qt <= DMV base:

  Qril = Qt (sospensione temporanea derivazione)

dove:

Qt rappresenta la portata naturale affluente alla sezione di presa;

Qril rappresenta la portata rilasciato in alveo a valle della sezione di presa;

DMV base rappresenta il valore del deflusso minimo vitale base calcolato in riferimento a norme.

11. CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA DERIVATA

Per rendersi conto in modo semplice e chiaro della relazione corrente, per un dato bacino idrografico, tra portate massime derivabili e deflussi disponibili alla sezione di presa, è necessario riferirsi alla cosiddetta curva di durata delle portate.

La portata acqua usufruibile in un determinato intervallo di tempo dipende, in primis, dalla portata massima prelevabile e dai rilasci previsti a progetto. Fissate queste due grandezze, è possibile definire, sulla curva di durata delle portate, la cosiddetta curva di derivazione. Pertanto, noti i valori delle portate naturali medie mensili è stato redatto il seguente prospetto in cui sono identificati:

- gg. giorni di durata delle portate;
- Q_{nat} portata naturale media;
- DMV_{base} deflusso minimo vitale di base;
- DMV_{mod} deflusso minimo vitale modulato se $Q_{nat} > DMV_{base}$;
- $Q_{derivabile}$ portata derivabile media = a portata naturale media - DMV_{base};
- $Q_{derivata}$ portata media derivata;
- Rilasci portate totali rilasciate (DMV+sfiori per saturazione);
- $V_{derivato}$ volume d'acqua medio derivato nel numero di giorni corrispondenti alla durata della portata

Tabella 11.1: *Derivazione d'acqua dal torrente Tanarello alla sezione di presa, ipotizzata lungo l'intero arco dell'anno*

	Giorni	Qnat (l/s)	DMVbase (l/s)	DMVmod (l/s)	Qderivabile (l/s)	Qderivata (l/s)	Rilasci (l/s)	Vderivato (10^3 mc)
Q10	10	352,54	30	32,25	290,29	16	274,29	13,82
Q91	81	89,24	30	5,92	53,32	16	37,32	111,97
Q182	91	55,55	30	2,56	23,00	16	7,00	125,80
Q274	92	31,19	30	0,12	1,07	0	1,07	0,00
Q355	81	19,13	19,13	0,00	0,00	0	0,00	0,00

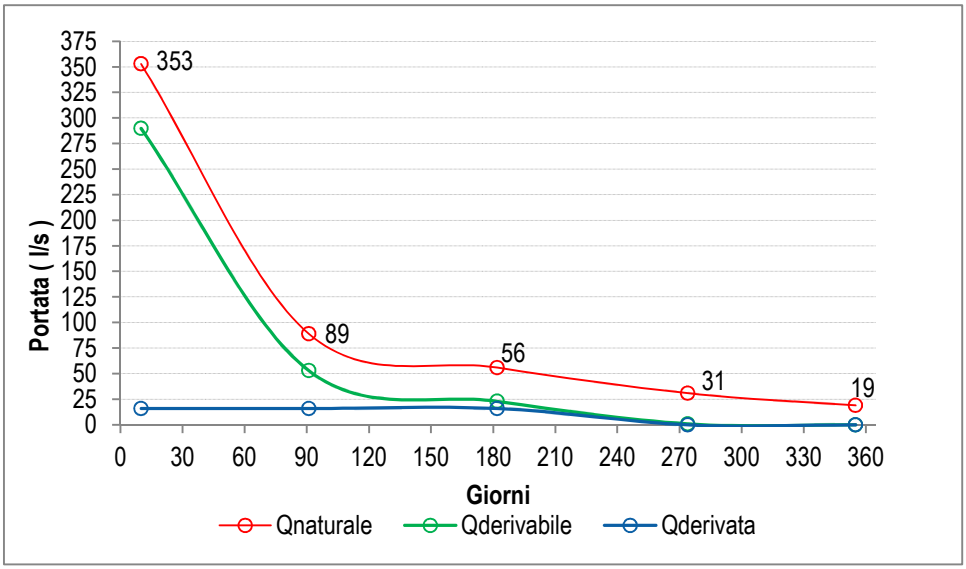


Tabella 11.2: *Derivazione d'acqua dal torrente Tanarello alla sezione di presa, ipotizzata lungo l'intero arco dell'anno*

Quanto definito dalle precedenti considerazioni permette di giungere alla conclusione che per una durata di 182 giorni all'anno, il prelievo è garantito dalle maggiori quantità d'acqua defluenti alla sezione di presa. Per il caso in esame, tuttavia, quanto calcolato non è sufficiente a stabilire la possibilità di prelevare acqua nei mesi prestabiliti (Gennaio, Febbraio, Marzo Novembre, Dicembre) di fabbisogno. Pertanto, anche al fine di valutare una portata media annua di derivazione, occorre effettuare un'ulteriore analisi sulle portate medie mensili defluenti alla sezione di presa al fine di valutare la possibilità di prelievo. Nella seguente tabella sono riassunti tali calcoli.

Tabella 11.3: *Derivazione d'acqua dal torrente Tanarello alla sezione di presa, ipotizzata lungo l'intero arco dell'anno*

Mese	Qnat (l/s)	DMVbase (l/s)	Qderivabile (l/s)	Qderivata (l/s)	Rilasci (l/s)	% di utilizzo della risorsa	Vderivato (10^3 mc)
Gennaio	44	30	14,00	14	30,00	31,82%	9,374
Febbraio	44	30	14,00	14	30,00	31,82%	8,467
Marzo	77	30	47,00	16	61,00	20,78%	10,714
Aprile	131	30	101,00	0	131,00	0,00%	0
Maggio	206	30	176,00	0	206,00	0,00%	0
Giugno	168	30	138,00	0	168,00	0,00%	0
Luglio	89	30	59,00	0	89,00	0,00%	0
Agosto	53	30	23,00	0	53,00	0,00%	0
Settembre	63	30	33,00	0	63,00	0,00%	0
Ottobre	75	30	45,00	0	75,00	0,00%	0
Novembre	96	30	66,00	16	80,00	16,67%	10,368
Dicembre	74	30	44,00	16	58,00	21,62%	10,714

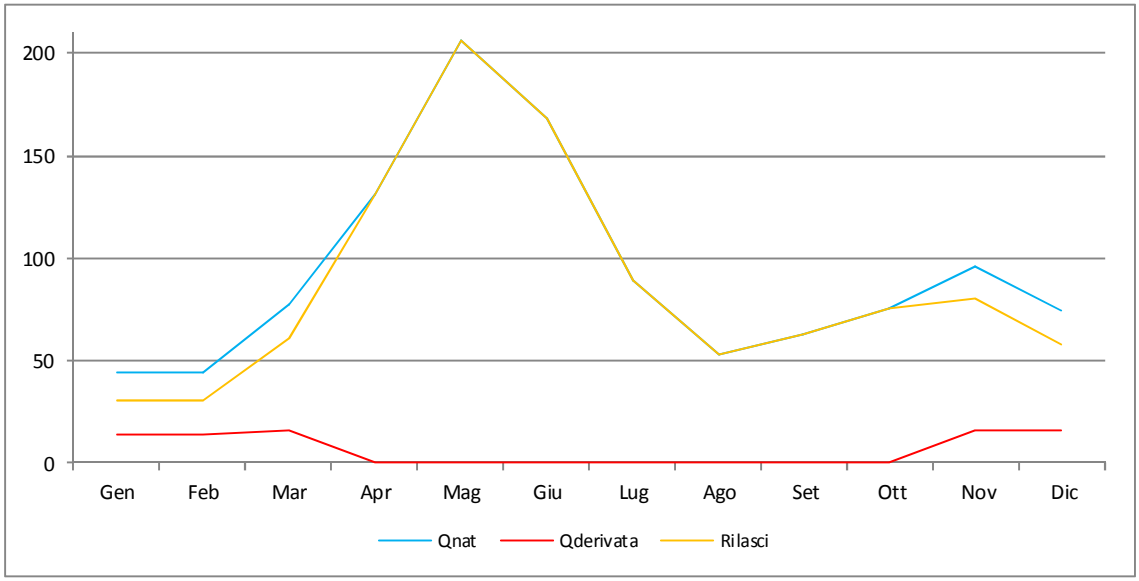


Figura 11.4: *Derivazione d'acqua dal torrente Tanarello alla sezione di presa, ipotizzata lungo l'intero arco dell'anno*

Dai calcoli effettuati si evince che il prelievo è possibile per tutte le mensilità in cui è necessaria la derivazione. E' possibile inoltre notare che il volume d'acqua complessivo annuo

prelevato considerando 6 ore di funzionamento giornaliere dell'impianto nei periodi invernali è pari a 49.637.000 litri che corrispondono ad una portata media annua di prelievo di 1,58 l/s ed un indice percentuale annuo di utilizzazione della risorsa pari allo 1,7% circa.

In conclusione, le principali caratteristiche del prelievo oggetto del presente studio idrologico sul torrente Tanarello alla sezione di presa identificata, sono le seguenti:

PORTATA MASSIMA DERIVATA: **16 l/s**
PORTATA MEDIA ANNUA DERIVATA: **1,58 l/s**
DURATA DEL PRELIEVO: **6 ore/gg per 5 mesi**
VOLUME COMPLESSIVO PRELEVATO: **49.637mc**
PERCENTUALE DI UTILIZZO DELLA RISORSA MEDIO ANNUO: **1,7%**
PERCENTUALE DI UTILIZZO MEDIO NEL PERIODO DI PRELIEVO: **10%**