

DERIVAZIONE IDROELETTRICA SUL FIUME ADDA *a valle del nuovo ponte sulla SS591*

"Piccola derivazione" ai sensi dell'art. 6 del R.D. 1775/1933

Valutazione di impatto ambientale artt. 23-24-25-26 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

RELAZIONE IDROLOGICA

| | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|
| DATA PROGETTO Dicembre 2012 | AGGIORNAMENTO Novembre 2013 | SCALA | ELABORATO 2 |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROPONENTE

Capellino
Studio di Ingegneria

STUDIO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO
Via Rosa Bianca, 18
12084 Mondovì - (CN)
☎ 0174/551247
335/6560172
✉ studiocapellino@alice.it



Sis.Co. In.

Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI
Via Bucci, 2
10022 CARMAGNOLA - (TO)
☎ 011/9711820
337-221887
✉ ing.dominici@virgilio.it



Studio Sintesi
Ingegneria e Paesaggio

Dott. Agr. STEFANO ASSONE
Via Mongrando, 41/a - 10153 Torino
☎ 011/6598961
✉ stefano.assone@studio-sintesi.com

Dott. Arch. DANIELE BORGNA
Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 339-3131477
✉ arch.borgna@virgilio.it

Geom. ALBERTO BALSAMO
S.S. 28 Nord, 6 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 347-4097196
✉ alberto.balsamo@geopec.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO
Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)
☎ 328-4541205
✉ alberto.bonello@ingpec.eu

 **EDISON**

EDISON S.p.a.
Sede Legale:
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano
Partita IVA 12921540154
☎ 02/6222.7534
02/6222.8480
www.edison.it
✉ PEC: asee@pec.edison.it

Sommario

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 2. IL FIUME ADDA | 4 |
| 3. VALUTAZIONE DEI DEFLUSSI | 5 |
| 3.1. Ricerca dei dati idrologici di riferimento..... | 5 |
| 3.1.1. La situazione dell'idrometro | 6 |
| 3.1.2. Dati idrometrici..... | 7 |
| 3.1.3. Scala di deflusso..... | 7 |
| 3.1.4. Portate medie annue e mensili..... | 9 |
| 3.1.5. Curva di durata delle portate..... | 10 |
| 3.2. Portate complessive nella sezione di misura | 11 |
| 3.2.1. Portate dell'impianto idroelettrico esistente..... | 11 |
| 3.2.2. Portate totali..... | 12 |
| 3.2.3. Curva di durata delle portate..... | 13 |
| 3.3. Portate nella sezione di presa in progetto | 14 |
| 3.3.1. Portate medie mensili ed annua nella sezione di presa in progetto | 16 |
| 3.3.2. Curva di durata delle portate nella sezione di presa in progetto | 17 |
| 3.4. Validazione delle portate..... | 18 |
| 3.4.1. Ricerca dei dati idrologici di comparazione | 18 |
| 3.4.2. Confronto tra le fonti di dati..... | 19 |
| 4. DEFLUSSO MINIMO VITALE | 20 |
| 4.1. Componenti del deflusso minimo vitale..... | 20 |
| 4.1.1. DMV idrologico..... | 20 |
| 4.1.2. Deflusso minimo vitale | 20 |
| 4.2. Calcolo del DMV idrologico | 20 |
| 4.3. Calcolo del deflusso minimo vitale | 21 |
| 4.4. Determinazione del DMV nella sezione di presa..... | 22 |
| 4.4.1. DMV idrologico..... | 22 |
| 4.4.2. Deflusso minimo vitale | 22 |
| 4.5. Rilascio del deflusso minimo vitale..... | 23 |
| 4.6. Proposta di sperimentazione del rilascio del deflusso minimo vitale | 24 |
| 5. PORTATE DERIVABILI..... | 25 |
| 5.1. Curve mensili di durata delle portate..... | 25 |
| 5.2. Portate derivabili | 31 |
| 6. ANNO IDROLOGICO SCARSO | 45 |
| 6.1. Dati di riferimento | 45 |
| 6.2. Portate dell'anno idrologico scarso | 46 |
| 6.2.1. Portate medie mensili ed annua..... | 46 |
| 6.3. Curva di durata delle portate..... | 47 |
| 6.4. Confronto tra l'anno idrologico scarso e quello medio..... | 48 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 7. ANALISI DEL REGIME DI MAGRA..... | 50 |
| 7.1. Analisi statistica..... | 50 |
| 7.2. Portata di magra..... | 53 |
| 8. PORTATA DI MASSIMA PIENA | 54 |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta al fine di valutare le portate del fiume Adda con sezione di chiusura all'impianto idroelettrico in progetto presso l'ansa pronunciata a valle del ponte della Strada Statale 591 Crema – Codogno nel Comune di Bertonico (LO).

L'analisi riguarda vari aspetti del regime idrologico del fiume Adda, nel dettaglio si esaminano:

- deflussi dell'anno medio;
- deflusso minimo vitale;
- portate derivabili nell'anno medio;
- deflussi dell'anno idrologico scarso;
- portata di magra;
- portate di massima piena.

Quest'analisi ad ampio spettro permette di avere un quadro completo dell'idrologia del fiume Adda. Ciò consente di ottimizzare il dimensionamento delle opere civili e dei macchinari della centrale idroelettrica in progetto e permette la valutazione del rischio idraulico in condizioni di piena. Inoltre è possibile valutare dal punto di vista idraulico gli effetti dell'inserimento dell'opera nell'ambiente.

2. IL FIUME ADDA

L'Adda, con i suoi 313 km, è il quarto fiume in Italia per lunghezza ed è il maggiore affluente del Po. Trae le sue origini nel passo di Val Alpisella ad Ovest dello Stelvio; scorre attraverso la valle di Fraele fino a Bormio e poi tra le Alpi Retiche e le Orobie, lungo tutta la Valtellina sino a quando si immette nel Lago di Como a nord di Colico. Uscito dal Lario, entra nei Laghi di Garlate e di Olginate, riprendendo poi la sua corsa verso il Po: tra Lecco e Trezzo d'Adda, il fiume costituisce, su entrambe le sponde, il collettore principale di una serie di rogge e torrenti.

Tra Trezzo d'Adda e Cassano d'Adda, poco a monte di Vaprio d'Adda, si immette nell'Adda il Brembo. Tra Cavenago d'Adda e Pizzighettone, a monte di Castiglione d'Adda, vi si immette il Serio. In territorio lodigiano, a Castelnuovo Bocca d'Adda, confluisce infine nel Fiume Po.

La superficie del bacino imbrifero sotteso alla sezione di confluenza in Po è di 7979 km².

3. VALUTAZIONE DEI DEFLUSSI

L'impianto idroelettrico in progetto si configura come taglio di meandro del fiume Adda a valle del ponte della S.S. 591.

La sezione di presa è individuata nel bacino dell'Adda sublacuale nel Comune di Bertonico (LO) a valle dell'immissione dell'affluente fiume Serio.

La Tabella 1 contiene i principali dati caratteristici del bacino imbrifero del fiume Adda con la sezione di chiusura corrispondente alla presa in progetto.

Tabella 1: Dati caratteristici del bacino imbrifero del fiume Adda con sezione di chiusura presso la presa in progetto

| Corso d'acqua | Località | Superficie (km ²) | H _{max} (m s.l.m.) | H _{med} (m s.l.m.) | H _{min} (m s.l.m.) |
|---------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Adda | Bertonico | 7352 | 3999 | 985 | 45 |

3.1. Ricerca dei dati idrologici di riferimento

Macroscopicamente la derivazione idroelettrica in progetto è ubicata sul fiume Adda tra la confluenza col fiume Serio e l'immissione nel fiume Po.

Nel tratto sopraindicato è presente una stazione di monitoraggio idrometrico dell'ARPA Lombardia. Essa misura l'altezza idrometrica a monte della briglia, presso il Ponte Trento e Trieste, del Comune di Pizzighettone (CR).

Pertanto le successive analisi idrologiche sono basate sui dati misurati nella sezione di sbarramento di Pizzighettone (CR).

In particolare l'idrometro svolge il proprio compito di monitoraggio dal 2002, ma negli anni di misura sono presenti numerose lacune .

Quando possibile le lacune (di qualche giorno) sono state colmate ricorrendo al seguente metodo:

- interpolazione lineare per le lacune di breve durata con condizioni climatiche stabili si è ricorso all'interpolazione lineare dei dati di portata rispetto ai valori limitrofi conosciuti.

3.1.1. La situazione dell'idrometro

Sullo sbarramento di Pizzighettone (CR) e Maleo (LO) insiste una centrale idroelettrica attiva che preleva parte della portata del fiume in destra orografica.

A monte della briglia, presso il Ponte Trento e Trieste, è presente il misuratore idrometrico dell'ARPA Lombardia attivo dal 2002.



Figura 1: Schema

Come si evince dallo schema di Figura 1, l'idrometro dell'ARPA Lombardia misura il livello a monte della briglia ad una distanza sufficiente per considerarlo indisturbato. Il livello misurato è pertanto coincidente con quello a monte della presa idroelettrica esistente.

In base a quanto asserito si può indicare:

- il livello misurato permette di calcolare la portata che stramazza sulla briglia; la quota piezometrica a monte e la portata che sfiora sullo sbarramento sono legati da un'equazione univoca;
- il livello misurato non è sufficiente a determinare la portata derivata dall'impianto idroelettrico esistente in destra orografica; la derivazione non dipende solo dalla quota idrometrica a monte, bensì anche dall'altezza piezometrica a valle, dettata dalla regolazione delle turbine idrauliche.

Alla luce di ciò è evidente che l'unica ricostruzione idrologica possibile è quella delle portate che sfiorano sulla traversa fluviale di Pizzighettone.

Infatti, le portate derivate dall'impianto idroelettrico esistente dipendono da ulteriori livelli idrometrici, che sono sconosciuti.

3.1.2. *Dati idrometrici*

L'ARPA Lombardia mette a disposizione i dati idrometrici rilevati automaticamente dalla rete di misura. Così sono state reperite le letture orarie dell'idrometro di Pizzighettone sul fiume Adda del periodo 2002 ÷ 2011.

Nei dati idrometrici sono presenti alcune lacune, sia di carattere temporaneo (orarie e giornaliere) sia di carattere duraturo (settimanali e mensili).

La serie storica di misure idrometriche diventa sufficientemente continua a partire dall'anno solare 2005.

I dati idrometrici sono misurati presso il Ponte Trento e Trieste, in posizione trasversalmente centrale all'alveo. L'idrometro, in particolare, è installato sulla parete dell'impalcato del ponte verso valle.

Tre rilievi eseguiti in giorni e condizioni idrologiche diverse hanno permesso di correlare l'origine del riferimento idrometrico dell'ARPA Lombardia all'altimetria del rilievo del fiume presso la briglia. Così si è riscontrato che lo zero idrometrico del rilevatore piezometrico è posto a quota 40,46 m s.l.m..

3.1.3. *Scala di deflusso*

La scala di deflusso del fiume Adda nella sezione di misura è determinata con metodo numerico attraverso un modello idraulico del tratto di corso d'acqua in cui sono presenti il misuratore e lo sbarramento.

Le condizioni al contorno, livelli piezometrici nelle sezioni di apertura e chiusura, rispettivamente a monte ed a valle, sono impostati pari all'altezza idrometrica del moto critico. Varie analisi hanno evidenziato che l'estensione del modello è sufficiente per rendere indipendente la scala di deflusso rispetto alle condizioni al contorno.

La scabrezza del fondo alveo, delle aree golenali e della traversa fluviale in massi cementati sono definite a partire dai valori della letteratura a disposizione, con particolare riferimento alle direttive delle norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

La taratura è avvenuta per iterazioni successive ipotizzando valori plausibili di scabrezza e confrontando i risultati ottenuti con i dati idrometrici dei rilievi e con le contemporanee misure di velocità della corrente.

La scala di deflusso riguarda la sola portata che stramazza sulla briglia.

L'analisi dei risultati del modello idraulico ed i sopralluoghi effettuati in condizioni di portata diversa hanno evidenziato che la derivazione idroelettrica esistente non influisce apprezzabilmente sulla scala di deflusso. Infatti, il rigurgito della traversa si estende per chilometri a monte dello sbarramento.

Per mezzo delle analisi idrauliche si correla la quota idrometrica misurata dal sensore dell'ARPA Lombardia all'altezza piezometrica alle spalle dello sbarramento. La portata che stramazza sullo sbarramento è direttamente correlata all'altezza idrometrica predetta. Invece, la portata derivata dall'impianto idroelettrico esistente

può variare anche a parità di quota piezometrica, poiché dipende anche dalla regolazione delle turbine idrauliche.

Alla luce di quanto indicato si è ottenuta la scala di deflusso riportata nella successiva Tabella 2.

Tabella 2: Scala di deflusso

| H (m s.l.m.) | Q (m ³ /s) |
|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 38,90 | 0 | 39,55 | 40 | 40,34 | 160 | 41,61 | 570 |
| 39,01 | 1 | 39,57 | 42 | 40,38 | 170 | 41,66 | 590 |
| 39,04 | 2 | 39,59 | 44 | 40,42 | 180 | 41,71 | 610 |
| 39,07 | 3 | 39,61 | 46 | 40,46 | 190 | 41,76 | 630 |
| 39,10 | 4 | 39,63 | 48 | 40,50 | 200 | 41,81 | 650 |
| 39,12 | 5 | 39,64 | 50 | 40,54 | 210 | 41,85 | 670 |
| 39,14 | 6 | 39,66 | 52 | 40,58 | 220 | 41,90 | 690 |
| 39,16 | 7 | 39,68 | 54 | 40,61 | 230 | 41,95 | 710 |
| 39,18 | 8 | 39,69 | 56 | 40,65 | 240 | 41,99 | 730 |
| 39,19 | 9 | 39,71 | 58 | 40,68 | 250 | 42,04 | 750 |
| 39,21 | 10 | 39,73 | 60 | 40,72 | 260 | 42,15 | 800 |
| 39,22 | 11 | 39,77 | 65 | 40,75 | 270 | 42,25 | 850 |
| 39,24 | 12 | 39,80 | 70 | 40,78 | 280 | 42,36 | 900 |
| 39,25 | 13 | 39,84 | 75 | 40,82 | 290 | 42,46 | 950 |
| 39,27 | 14 | 39,88 | 80 | 40,85 | 300 | 42,56 | 1000 |
| 39,28 | 15 | 39,91 | 85 | 40,88 | 310 | 42,66 | 1050 |
| 39,30 | 16 | 39,95 | 90 | 40,91 | 320 | 42,75 | 1100 |
| 39,31 | 17 | 39,98 | 95 | 40,95 | 330 | 42,85 | 1150 |
| 39,32 | 18 | 40,02 | 100 | 40,98 | 340 | 42,94 | 1200 |
| 39,33 | 19 | 40,06 | 105 | 41,01 | 350 | 43,03 | 1250 |
| 39,35 | 20 | 40,09 | 110 | 41,07 | 370 | 43,12 | 1300 |
| 39,37 | 22 | 40,12 | 115 | 41,13 | 390 | 43,20 | 1350 |
| 39,39 | 24 | 40,15 | 120 | 41,18 | 410 | 43,29 | 1400 |
| 39,41 | 26 | 40,18 | 125 | 41,24 | 430 | 43,37 | 1450 |
| 39,44 | 28 | 40,21 | 130 | 41,30 | 450 | 43,45 | 1500 |
| 39,46 | 30 | 40,24 | 135 | 41,35 | 470 | 43,61 | 1600 |
| 39,48 | 32 | 40,26 | 140 | 41,41 | 490 | 43,76 | 1700 |
| 39,50 | 34 | 40,28 | 145 | 41,46 | 510 | 43,91 | 1800 |
| 39,52 | 36 | 40,30 | 150 | 41,51 | 530 | 44,05 | 1900 |
| 39,54 | 38 | 40,32 | 155 | 41,56 | 550 | 44,19 | 2000 |

3.1.4. Portate medie annue e mensili

La Tabella 3 contiene le portate complessive medie annue e mensili misurate dall'ARPA Lombardia nella stazione idrometrica di Pizzighetone.

Tabella 3: Portate medie annue e mensili del fiume Adda a Pizzighetone
al netto della derivazione esistente

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2002 | | 63,71 | | | | 310,37 | 166,40 | 134,97 | 141,29 | 159,51 | 116,99 | 502,69 | 345,00 |
| 2003 | | | | | | | | | 6,62 | 9,29 | 35,71 | 110,57 | 53,45 |
| 2004 | | | | | | | | 39,81 | 16,20 | 19,85 | 59,41 | 171,32 | |
| 2005 | 34,61 | 31,78 | 21,60 | 21,85 | 49,07 | 42,76 | 5,16 | 19,19 | 24,88 | 78,12 | 75,79 | 25,85 | 18,70 |
| 2006 | 30,67 | 5,24 | 27,53 | 37,00 | 46,86 | 22,22 | 9,11 | 2,94 | 42,46 | 38,79 | 60,45 | 25,90 | 49,19 |
| 2007 | 38,80 | 13,17 | 13,43 | 17,63 | 9,76 | 11,08 | 96,63 | 40,18 | 61,95 | 82,45 | 58,36 | 39,53 | 21,35 |
| 2008 | 110,51 | 33,45 | 34,62 | 36,07 | 73,96 | 215,48 | 187,00 | 136,57 | 44,69 | 103,36 | 68,58 | 242,50 | 150,27 |
| 2009 | 106,77 | 98,08 | 138,28 | 107,60 | 162,90 | 185,11 | 102,45 | 98,67 | 60,28 | 68,56 | 63,86 | 65,81 | 131,75 |
| 2010 | 146,18 | 92,97 | 74,94 | 78,02 | 102,64 | 345,95 | 139,64 | 16,96 | 105,36 | 126,02 | 155,73 | 338,25 | 174,75 |
| 2011 | 85,26 | 123,07 | 81,57 | 114,77 | 51,96 | 21,78 | 118,77 | 73,46 | 31,11 | 103,33 | 80,99 | 163,92 | 61,12 |
| 2005-2011 | 79,00 | 56,82 | 56,00 | 58,99 | 71,02 | 120,63 | 94,11 | 55,42 | 52,96 | 85,80 | 80,54 | 128,82 | 86,73 |

Le portate dell'anno idrologico medio sono calcolate come media di quelle omologhe del periodo 2005 ÷ 2011, poiché le serie storiche dei primi tre anni di misura sono incomplete.

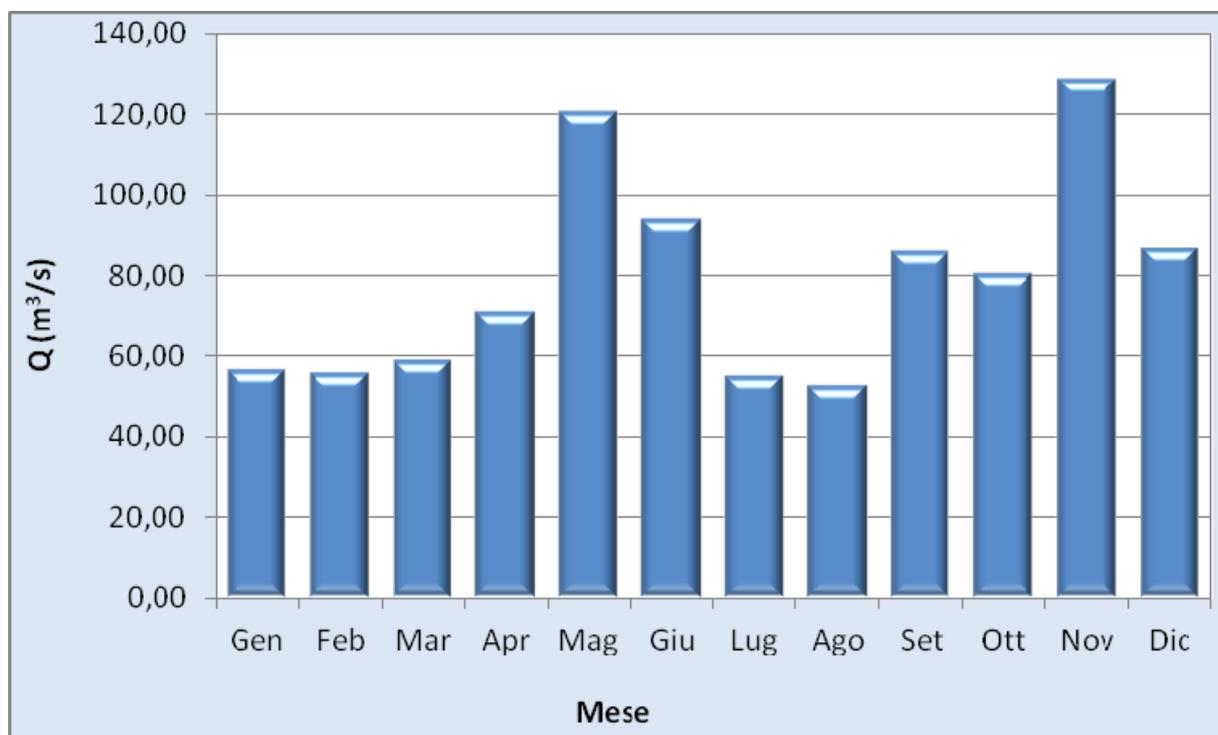


Grafico 1: Portate medie mensili del fiume Adda a Pizzighetone
al netto della derivazione esistente

3.1.5. Curva di durata delle portate

Per quanto riguarda le curve di durata delle portate, la Tabella 4 riporta i valori di portata caratteristici delle curve di durata delle portate.

Tabella 4: Curve di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone al netto della derivazione esistente

| Durata | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 | Minima |
|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 2002 | 761,39 | 180,52 | 113,57 | 72,32 | | |
| 2003 | 115,68 | 21,06 | | | | |
| 2004 | 248,12 | 38,01 | 14,67 | | | |
| 2005 | 106,22 | 44,32 | 28,08 | 16,06 | 0,74 | 0,07 |
| 2006 | 101,81 | 43,13 | 26,69 | 8,72 | 0,75 | 0,57 |
| 2007 | 152,15 | 55,90 | 20,73 | 12,24 | 1,73 | 0,00 |
| 2008 | 426,92 | 144,73 | 71,16 | 36,31 | 20,86 | 5,89 |
| 2009 | 361,83 | 118,99 | 91,06 | 63,11 | 43,83 | 40,66 |
| 2010 | 531,17 | 165,87 | 103,95 | 75,15 | 14,60 | 7,15 |
| 2011 | 273,46 | 106,45 | 74,69 | 45,78 | 10,42 | 5,72 |
| 2005-2011 | 279,08 | 97,06 | 59,48 | 36,77 | 13,28 | 0,00 |

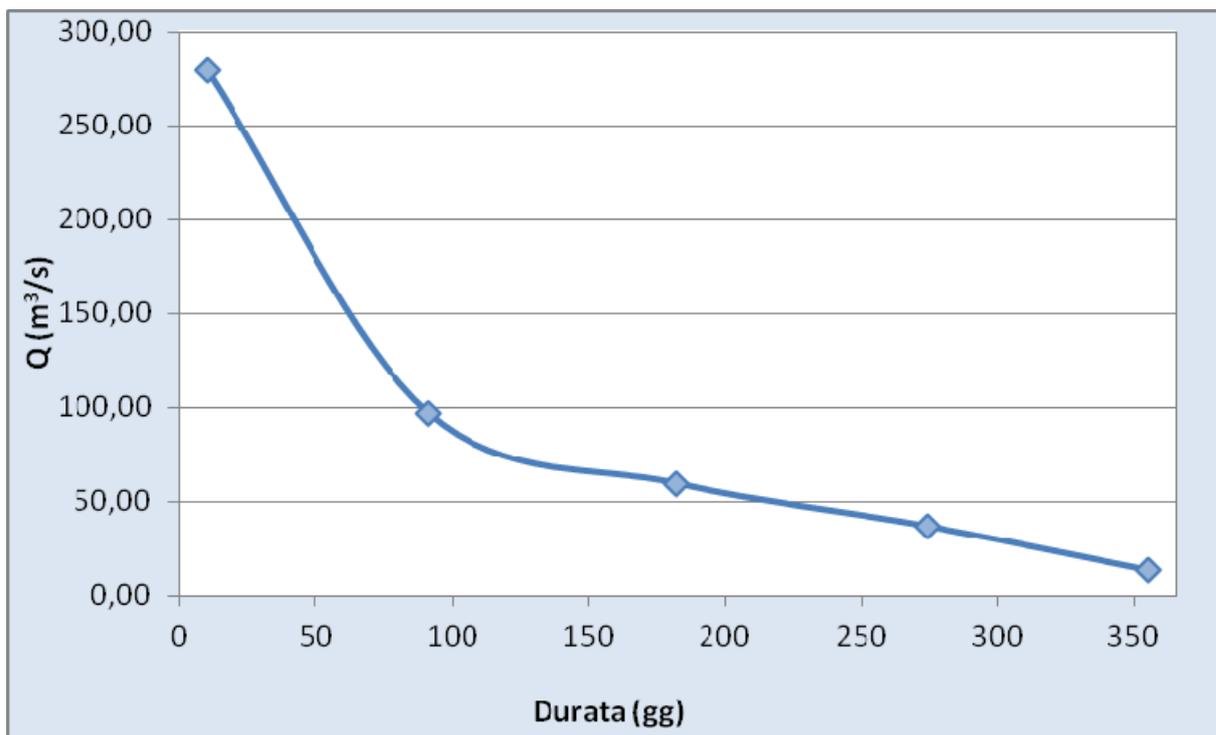


Grafico 2: Curva di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone al netto della derivazione esistente

3.2. Portate complessive nella sezione di misura

Come indicato in precedenza, le portate definite in funzione dell'idrometria misurata dall'ARPA Lombardia sono solamente quelle che sfiorano sullo sbarramento, mentre i deflussi derivati dall'impianto idroelettrico esistente non sono contemplati. Pertanto l'idrologia completa del fiume Adda a Pizzighettone deve essere completata dalle portate derivate dalla centrale idroelettrica.

3.2.1. Portate dell'impianto idroelettrico esistente

Vari sopralluoghi in condizioni diverse di portata del Fiume Adda, hanno permesso di ricostruire le modalità di gestione dell'impianto idroelettrico esistente presso la briglia dei comuni di Maleo (LO) e Pizzighettone (CR).

La traversa fluviale presenta una gaveta centrale profonda circa 1 m rispetto alla quota media del coronamento ai lati.

Questa situazione determina un rilascio considerevole da parte della centrale idroelettrica esistente, anche in condizioni di portata ordinaria.

Ne scaturisce che il fondo della gaveta centrale è più basso del livello idrometrico che permette la derivazione massima d'esercizio, quindi in condizioni normali la centrale idroelettrica non satura la capacità delle turbine poiché una parte cospicua della portata sfiora sullo sbarramento.

In particolare da quanto osservato è emerso che:

- la portata massima derivata dall'impianto idroelettrico esistente è pari a circa $72 \text{ m}^3/\text{s}$;
- il livello idrometrico che permette la derivazione della portata massima di $72 \text{ m}^3/\text{s}$ determina un rilascio attraverso la gaveta di $54 \text{ m}^3/\text{s}$;
- quando il livello idrometrico determina il rilascio della portata $27,333 \text{ m}^3/\text{s}$, la portata derivata è complementare, quindi il deflusso del Fiume Adda è complessivamente pari a $72 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dalla conoscenza di due condizioni particolari di gestione del prelievo e della portata massima turbinabile è possibile stimare le portate prelevate dalla centrale esistente sulla base delle seguenti ipotesi semplificative:

- la centrale idroelettrica esistente è sempre attiva e la modalità di prelievo non cambia;
- la portata prelevata dalla centrale idroelettrica è legata a quella che sfiora sullo sbarramento da una relazione lineare.

In questo modo si sono determinate le portate derivate dall'impianto idroelettrico esistente in funzione di quelle che stramazzano sullo sbarramento.

3.2.2. Portate totali

Tenendo conto delle indicazioni precedenti, si calcolano le portate totali del fiume ADDA a Pizzighettone, comprensive sia dei deflussi sullo sbarramento sia del prelievo idroelettrico esistente.

Tabella 5: Portate medie annue e mensili del fiume Adda a Pizzighettone

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2002 | | 135,71 | | | | 382,37 | 238,40 | 206,97 | 213,29 | 231,51 | 188,99 | 574,69 | 417,00 |
| 2003 | | | | | | | | | 30,05 | 35,47 | 87,39 | 182,53 | 108,81 |
| 2004 | | | | | | | | 89,52 | 49,45 | 56,69 | 111,80 | 243,32 | |
| 2005 | 81,02 | 81,00 | 60,39 | 60,90 | 111,41 | 97,71 | 27,10 | 55,51 | 66,99 | 141,24 | 147,18 | 68,21 | 53,44 |
| 2006 | 74,58 | 27,25 | 72,00 | 88,98 | 107,21 | 61,66 | 35,10 | 22,60 | 91,20 | 88,83 | 127,67 | 69,10 | 103,20 |
| 2007 | 84,60 | 43,33 | 43,85 | 52,35 | 36,42 | 38,47 | 162,71 | 96,91 | 124,90 | 154,45 | 120,96 | 80,04 | 59,89 |
| 2008 | 174,15 | 80,68 | 86,76 | 89,35 | 136,74 | 287,47 | 256,85 | 202,96 | 105,13 | 175,16 | 132,44 | 314,50 | 222,27 |
| 2009 | 177,97 | 170,08 | 210,28 | 179,60 | 234,90 | 257,11 | 174,41 | 170,02 | 129,79 | 138,89 | 135,59 | 133,38 | 203,75 |
| 2010 | 214,37 | 164,94 | 146,38 | 150,02 | 174,64 | 417,95 | 210,83 | 50,99 | 172,83 | 196,96 | 227,73 | 410,25 | 246,75 |
| 2011 | 149,53 | 195,07 | 153,20 | 186,77 | 112,08 | 59,34 | 189,26 | 138,42 | 77,07 | 172,78 | 152,86 | 235,92 | 125,51 |
| 2005-2011 | 136,64 | 108,91 | 110,41 | 115,42 | 130,49 | 174,24 | 150,89 | 105,35 | 109,70 | 152,62 | 149,20 | 187,34 | 144,97 |

Le portate dell'anno idrologico medio sono calcolate come media di quelle omologhe del periodo 2005 ÷ 2011, poiché le serie storiche dei primi tre anni di misura sono incomplete.

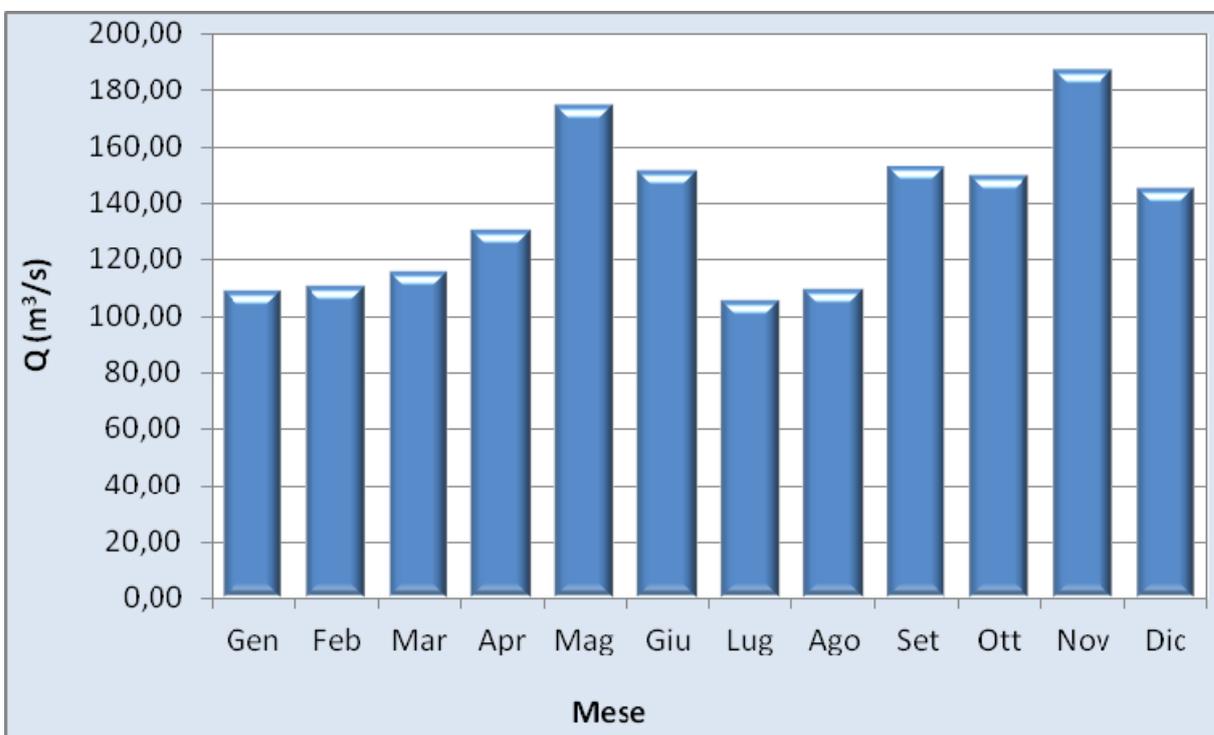


Grafico 3: Portate medie mensili del fiume Adda a Pizzighettone

3.2.3. Curva di durata delle portate

Per quanto riguarda le curve di durata delle portate, la Tabella 6 riporta i valori di portata caratteristici delle curve di durata delle portate.

Tabella 6: Curve di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone

| Durata | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 | Minima |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2002 | 833,39 | 252,52 | 185,57 | 144,32 | | |
| 2003 | 187,68 | 59,30 | | | | |
| 2004 | 320,12 | 93,62 | 46,36 | | | |
| 2005 | 178,22 | 106,41 | 73,51 | 49,16 | 18,15 | 16,79 |
| 2006 | 173,81 | 103,98 | 70,69 | 34,30 | 18,17 | 17,80 |
| 2007 | 224,15 | 127,90 | 58,62 | 41,44 | 20,16 | 16,65 |
| 2008 | 498,92 | 216,73 | 143,16 | 90,17 | 58,89 | 28,58 |
| 2009 | 433,83 | 190,99 | 163,06 | 135,11 | 105,41 | 98,98 |
| 2010 | 603,17 | 237,87 | 175,95 | 147,15 | 46,21 | 31,12 |
| 2011 | 345,46 | 178,45 | 146,69 | 109,36 | 37,76 | 28,23 |
| 2005-2011 | 351,08 | 166,05 | 118,81 | 86,67 | 43,54 | 16,65 |

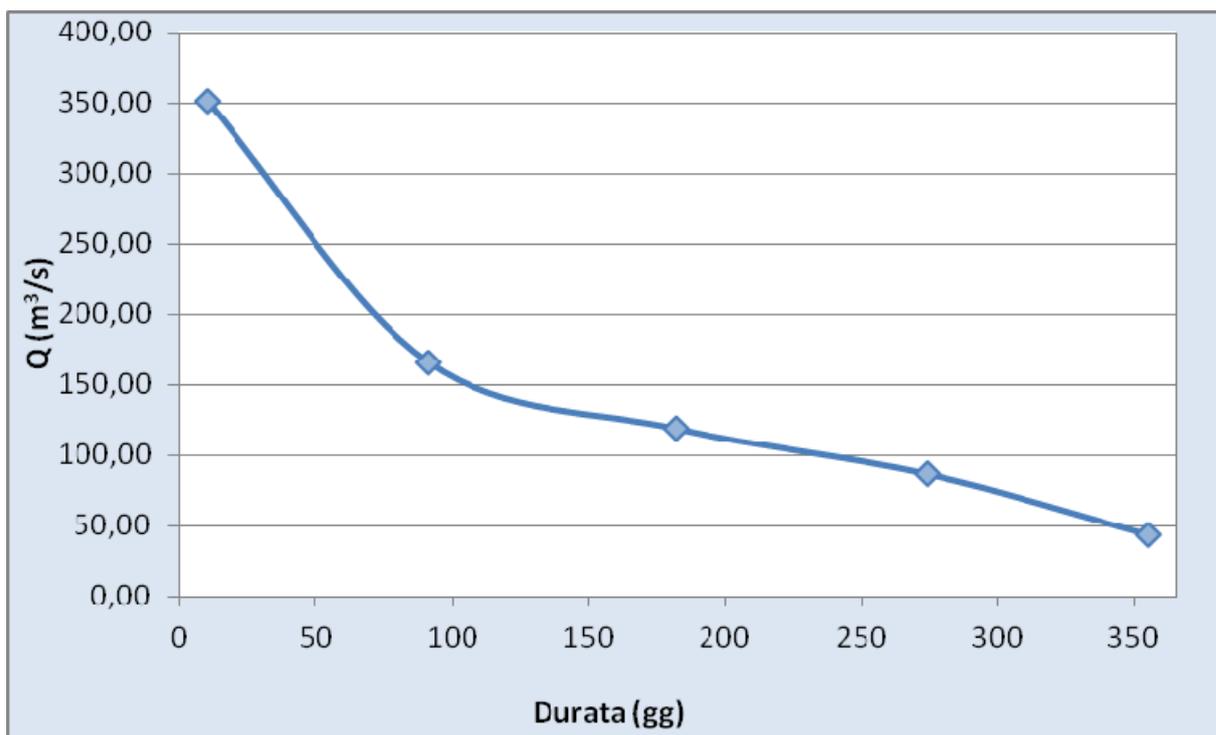


Grafico 4: Curva di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone

3.3. Portate nella sezione di presa in progetto

La sezione di presa in progetto è ubicata sul fiume Adda appena a valle della confluenza col fiume Serio.

Tra la presa in progetto e la stazione di misura di Pizzighettone, sono presenti ulteriori immissioni minori che nell'insieme contribuiscono sensibilmente ad incrementare la portata complessiva del fiume Adda. Tra le varie immissioni, quelle più cospicue sono:

- ramo di Gombito del Serio Morto;
- scaricatore del Canale della Muzza;
- ramo di Pizzighettone del Serio Morto.

Pertanto dai dati idrologici di riferimento è necessario sottrarre le immissioni intermedie al fine di conoscere i deflussi nella sezione di presa in progetto.

A tale proposito si utilizzano i dati del Programma di Tutela ed Uso delle Acque della Regione Lombardia, che contiene già un'analisi dei sopraccitati scarichi.

In particolare il PTUA indica le portate del fiume Adda sia a monte della confluenza col fiume Serio (sezione di Cavenago d'Adda) sia presso la stazione di misura di Pizzighettone. Inoltre sono anche riportati i dati relativi al fiume Serio nella sezione di confluenza.

E' evidente che le portate scaricate nel fiume Adda nel tratto compreso tra la presa in progetto e la stazione di misura dell'ARPA Lombardia sono pari alla differenza tra quelle riferite a Pizzighettone e quelle dello stesso corso d'acqua a monte e del fiume Serio.

La Tabella 7 che segue riporta i valori di portata estrapolati dal Programma di Tutela ed Uso delle Acque e quelli complessivi degli scarichi, ricavati per differenza.

Tabella 7: Portate medie annue e mensili desunte dal PTUA

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Fiume Adda a Pizzighettone | 143,31 | 59,60 | 59,05 | 78,27 | 140,55 | 223,02 | 237,95 | 151,12 | 110,49 | 148,65 | 239,18 | 179,50 | 88,45 |
| Fiume Adda a Cavenago | 98,06 | 43,24 | 42,62 | 61,88 | 90,82 | 139,75 | 158,17 | 93,08 | 58,34 | 111,66 | 179,57 | 131,76 | 63,71 |
| Fiume Serio alla confluenza | 18,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,95 | 50,36 | 36,44 | 18,27 | 20,38 | 6,60 | 27,90 | 22,06 | 6,31 |
| Scarichi Nel fiume Adda | 27,05 | 16,36 | 16,43 | 16,39 | 20,78 | 32,91 | 43,34 | 39,77 | 31,77 | 30,39 | 31,71 | 25,68 | 18,43 |

Il Grafico 5 riportato di seguito illustra l'andamento delle portate medie mensili che confluiscono nel fiume Adda nel tratto compreso tra la presa idroelettrica in progetto e la stazione di misura di Pizzighettone.

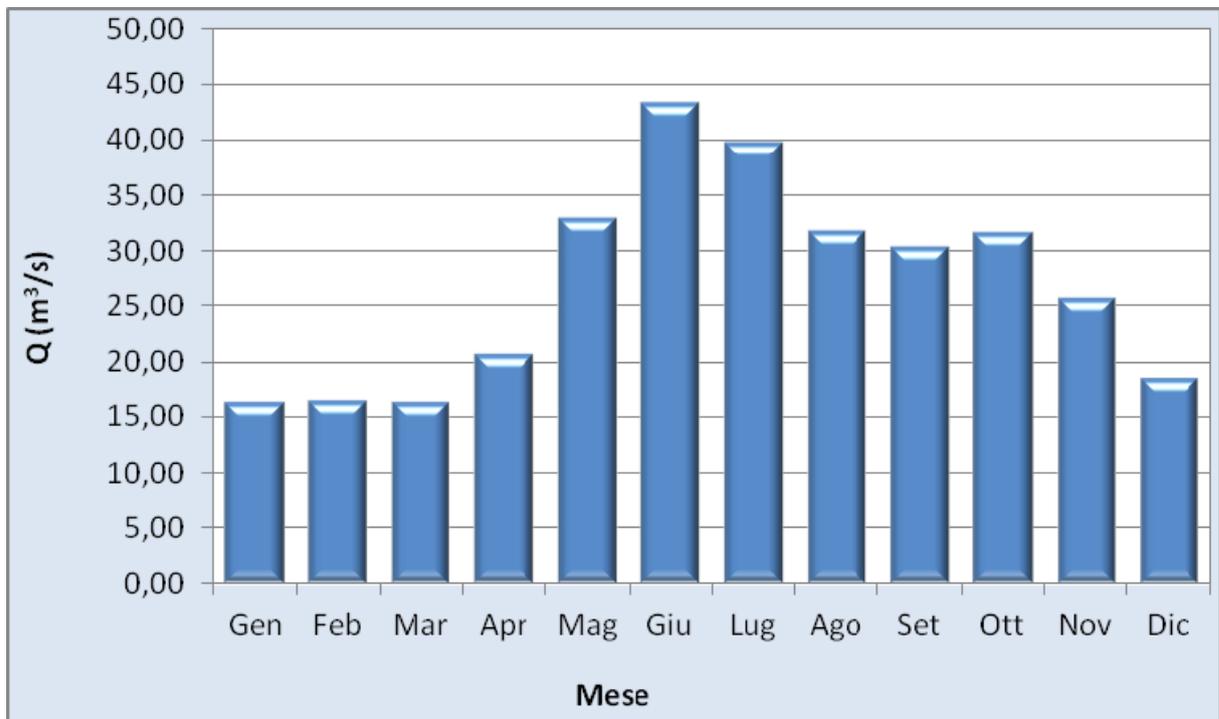


Grafico 5: Portate medie mensili che confluiscono nel fiume Adda tra la presa in progetto e la stazione di misura

3.3.1. Portate medie mensili ed annua nella sezione di presa in progetto

Le portate medie mensili stimate per la sezione di misura devono essere decurtate dei deflussi sopracitati confluenti nel fiume Adda.

Quanto indicato è riportato nella successiva Tabella 8.

Tabella 8: Portate medie annue e mensili del fiume Adda
nella sezione di presa in progetto

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fiume Adda a Pizzighettone | 136,64 | 108,91 | 110,39 | 115,42 | 130,49 | 174,24 | 150,89 | 105,35 | 109,70 | 152,62 | 149,20 | 187,34 | 144,97 |
| Confluenze intermedie | 27,05 | 16,36 | 16,43 | 16,39 | 20,78 | 32,91 | 43,34 | 39,77 | 31,77 | 30,39 | 31,71 | 25,68 | 18,43 |
| Fiume Adda a Bertonico | 109,59 | 92,55 | 93,96 | 99,03 | 109,71 | 141,33 | 107,55 | 65,58 | 77,93 | 122,23 | 117,49 | 161,66 | 126,54 |

Anche in questo caso le risultanze della tabella sono evidenziate nel Grafico 6 che segue.

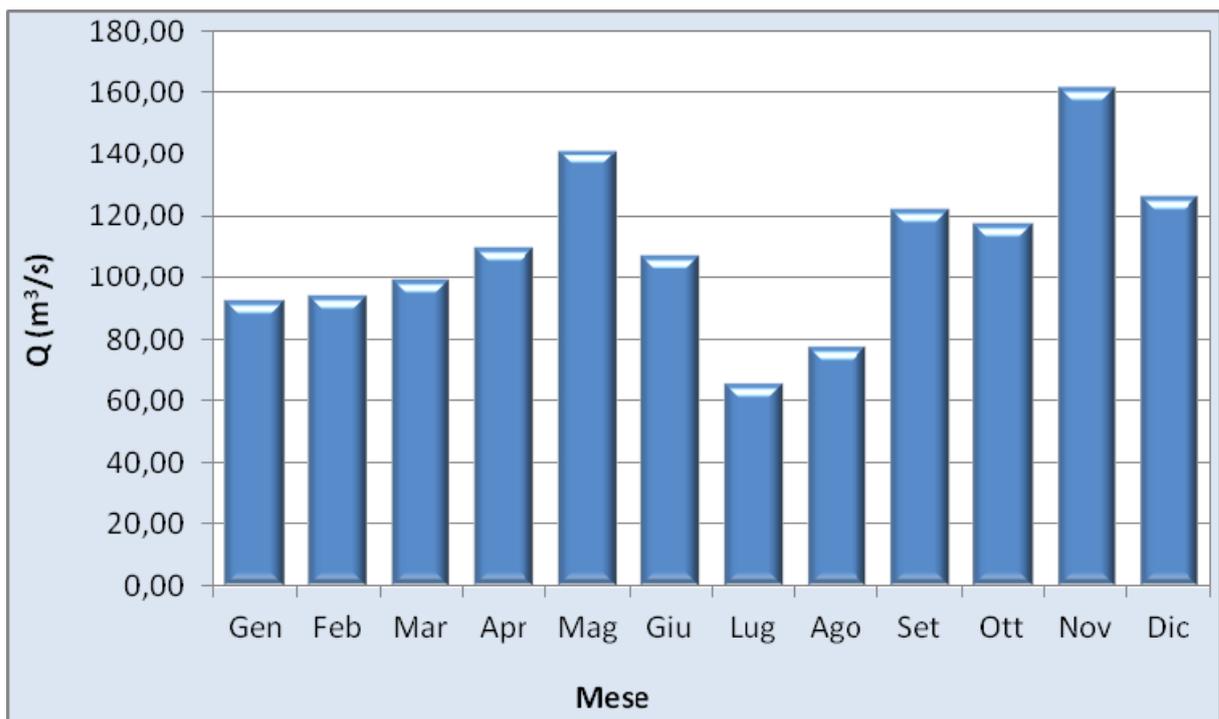


Grafico 6: Portate medie annue e mensili del fiume Adda
nella sezione di presa in progetto

3.3.2. *Curva di durata delle portate nella sezione di presa in progetto*

Per la curva di durata delle portate, l'analisi dovrebbe essere compiuta sui singoli dati medi giornalieri. Tuttavia ciò non è possibile, poiché non sono reperibili valori misurati della portata scaricata nel fiume Adda.

Per ovviare a tutto ciò, si ipotizza che la portata che confluisce nel fiume Adda sia proporzionale a quella già presente nello stesso corso d'acqua principale.

Quindi è sufficiente diminuire i valori della curva di durata delle portate del 20% circa, rapporto tra il deflusso medio annuo scaricato e quello del fiume Adda a Pizzighettone. Identico trattamento è riservato al valore di portata minima ricavata nella sezione di misura.

Tabella 9: Curve di durata delle portate del fiume Adda nella sezione di presa in progetto

| Durata | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 | Minima |
|-----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Q (m ³ /s) | 281,58 | 133,17 | 95,29 | 69,51 | 34,92 | 13,35 |

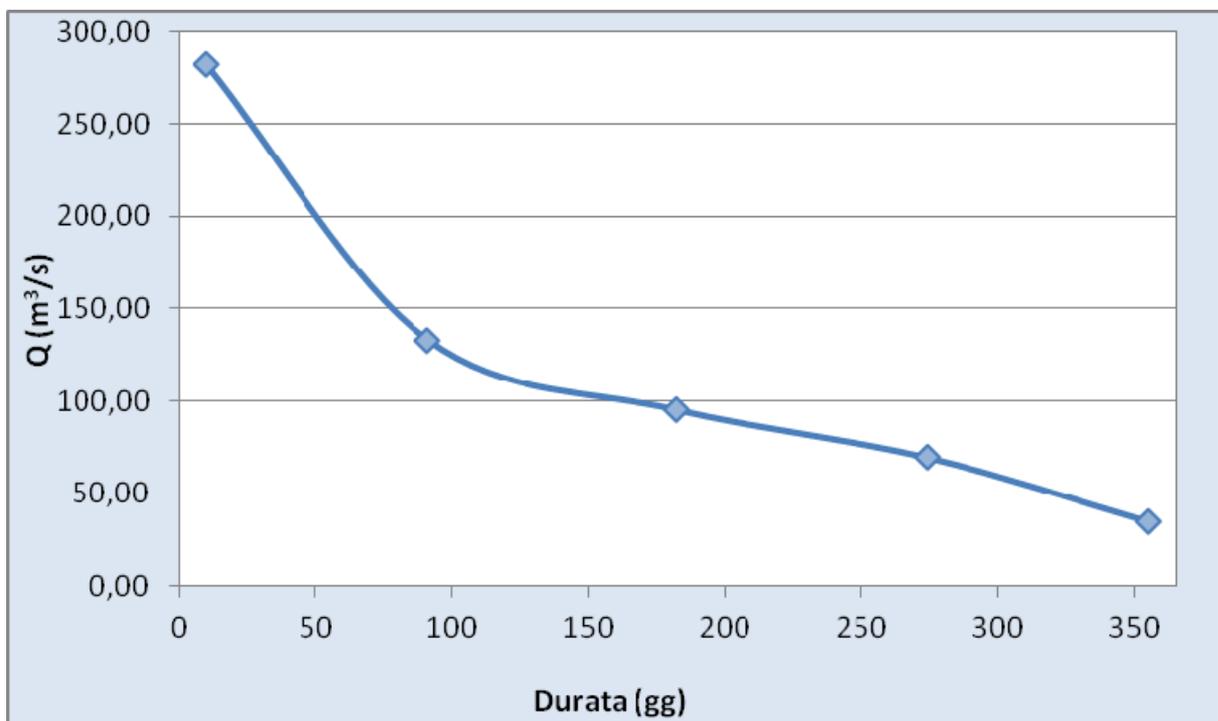


Grafico 7: Curva di durata delle portate fiume Adda nella sezione di presa in progetto

3.4. Validazione delle portate

3.4.1. Ricerca dei dati idrologici di comparazione

L'Allegato 2 alla Relazione Generale "Stima delle portate e delle precipitazioni e strumenti per la loro regionalizzazione" del Programma di Tutela e Uso delle Acque riporta le portate medie antropizzate stimate mediante elaborazioni idrologiche. Come indicato al precedente paragrafo 3.3. "Portate nella sezione di presa in progetto", il documento riporta le portate dei fiume Adda e Serio a monte della loro confluenza. Pertanto i deflussi nella sezione di presa in progetto, appena a valle della predetta immissione, sono pari alla somma di quelli sopracitati.

Tabella 10: Portate medie annue e mensili
dei fiumi Adda e Serio

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| Fiume Adda a monte | 98,06 | 43,24 | 42,62 | 61,88 | 90,82 | 139,75 | 158,17 | 93,08 | 58,34 | 111,66 | 179,57 | 131,76 | 63,71 |
| Fiume Serio alla confluenza | 18,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,95 | 50,36 | 36,44 | 18,27 | 20,38 | 6,60 | 27,90 | 22,06 | 6,31 |
| Fiume Adda complessivo | 116,26 | 43,24 | 42,62 | 61,88 | 119,77 | 190,11 | 194,61 | 111,35 | 78,72 | 118,26 | 207,47 | 153,82 | 70,02 |

Le portate del fiume Adda a valle della confluenza col fiume Serio precedentemente riportate sono esplicitate nel seguente Grafico 8.

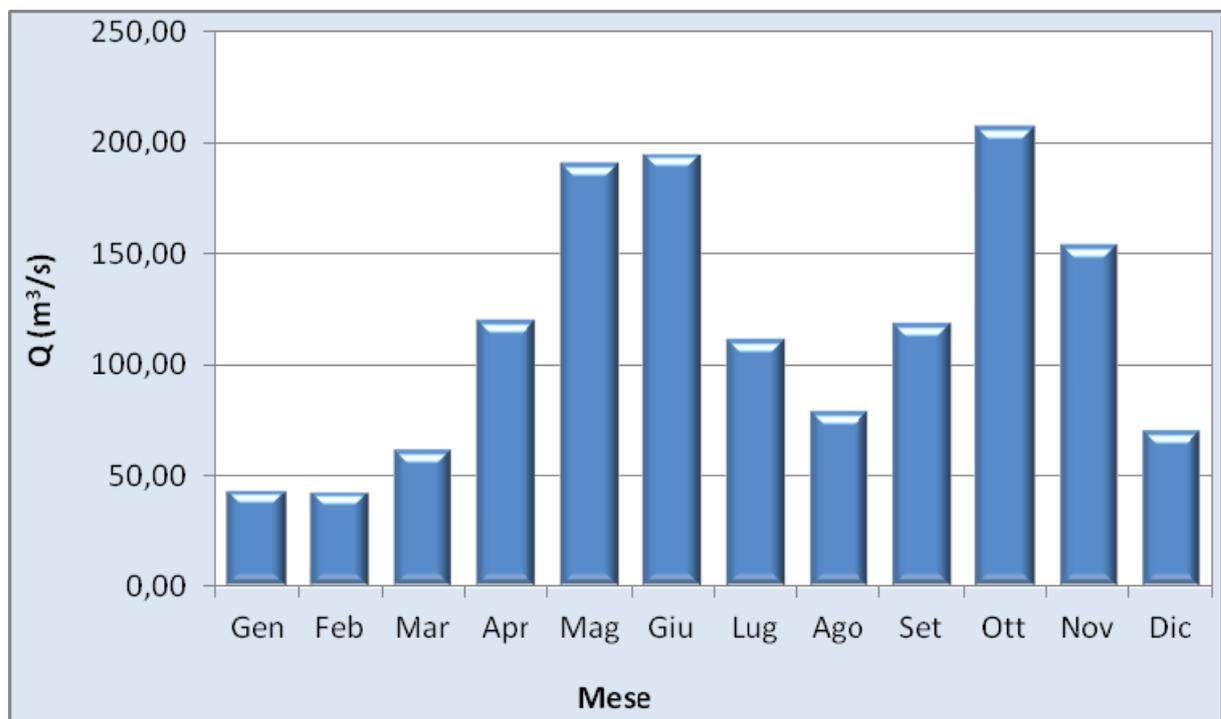


Grafico 8: Portate medie mensili del fiume Adda a valle della confluenza col fiume Serio

3.4.2. Confronto tra le fonti di dati

La seguente Tabella 11 ed il Grafico 9 riportano le portate medie mensili ed annue elaborate sulla base delle misure idrometriche dell'ARPA Lombardia e quelli desunti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque.

Si ricorda che le portate desunte dall'idrometria dell'ARPA Lombardia sono al netto della derivazione dell'impianto idroelettrico esistente, invece quelle del PTUA comprendono tutto il deflusso del Fiume Adda a Pizzighetone.

Tabella 11 Portate medie mensili ed annue del fiume Adda a Bertonico

| Fonte | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Arpa (A) | 109,59 | 92,55 | 93,96 | 99,03 | 109,71 | 141,33 | 107,55 | 65,58 | 77,93 | 122,23 | 117,49 | 161,66 | 126,54 |
| PTUA (B) | 116,26 | 43,24 | 42,62 | 61,88 | 119,77 | 190,11 | 194,61 | 111,35 | 78,72 | 118,26 | 207,47 | 153,82 | 70,02 |
| Rapporto (A/B) | 94% | 214% | 220% | 160% | 92% | 74% | 55% | 59% | 99% | 103% | 57% | 105% | 181% |

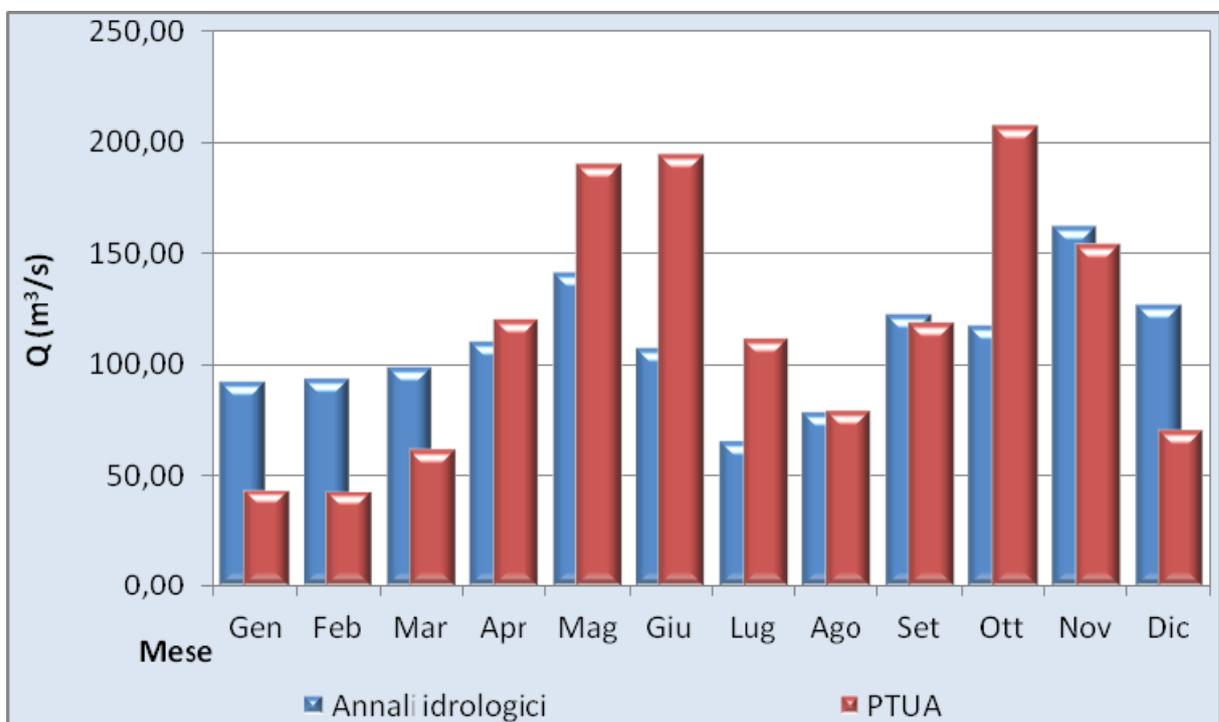


Grafico 9: Portate medie mensili del Fiume Adda

Il rapporto medio tra le serie di dati è pari al 94%, quindi prossimo all'unità, indice di armonia tra i risultati ottenuti.

Il rapporto è maggiore nel periodo invernale e minore in quello estivo, raggiungendo i valori limite di 214% e 55%.

Sebbene siano presenti alcuni valori mensili non propriamente concordi, si ritiene che l'elaborazione svolta sulla base dei dati dell'ARPA Lombardia nella media sia validata dal PTUA.

4. DEFLUSSO MINIMO VITALE

4.1. Componenti del deflusso minimo vitale

4.1.1. *DMV idrologico*

Il deflusso minimo vitale idrologico è la frazione della portata naturale media annua del corpo idrico in una data sezione, calcolata sulla base delle caratteristiche idrologiche peculiari delle diverse aree idrografiche.

4.1.2. *Deflusso minimo vitale*

Il deflusso minimo vitale è il valore di DMV idrologico comprensivo degli eventuali fattori correttivi riguardanti la morfologia, l'interscambio tra le acque superficiali e sotterranee, la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q), la fruizione (F) e le esigenze di modulazione della portata residua a valle dei prelievi (T).

4.2. Calcolo del DMV idrologico

A questo ambito di valutazione compete la determinazione del parametro sperimentale K che, applicato alla portata media annua naturale, definisce la componente idrologica del deflusso minimo vitale, così espressa:

$$DMV_{idrologico} = K \cdot q_{med a} \cdot S$$

in cui

- $K = 10\%$ frazione della portata media annua (parametro sperimentale determinato per singole aree omogenee);
- $q_{med a}$ portata specifica media annua in regime naturale;
- S superficie del bacino sotteso dalla derivazione.

4.3. Calcolo del deflusso minimo vitale

Il deflusso minimo vitale di base in una determinata sezione del corpo idrico è calcolato con la formula seguente:

$$DMV_{base} = DMV_{idrologico} \cdot M \cdot A \cdot Z \cdot T$$

dove

- M fattore morfologico che esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere la portata di deflusso;
- A fattore di interscambio idrico con la falda che tiene conto dell'interazione tra acque superficiali e sotterranee e che esprime le esigenze di maggiore o minore rilascio dovuto al contributo delle acque sotterranee alla formazione dei deflussi in alveo;
- Z fattore pari al massimo dei valori dei tre parametri
 - N naturalistico,
 - F di fruizione,
 - Q di qualità delle acque fluviali;
- T fattore della modulazione dei rilasci delle opere di presa in funzione degli obiettivi di tutela definiti per i tratti di corso d'acqua sottesi dalla derivazione.

4.4. Determinazione del DMV nella sezione di presa

4.4.1. DMV idrologico

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque definisce la portata naturale dei fiumi Adda e Serio a monte della confluenza:

- $Q_{Adda} = 228,40 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{Serio} = 35,68 \text{ m}^3/\text{s}$.

nella sezione di interesse a Bertonico, le portate del fiume Adda sono pari alla somma di quelle indicate in precedenza, quindi:

- $Q_{med a} = 264,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quindi il deflusso minimo vitale idrologico è pari a:

$$DMV_{idrologico} = K \cdot Q_{med a} = 0,10 \cdot 264,08 = 26,408 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.4.2. Deflusso minimo vitale

Fattore morfologico

Il fiume Adda nel tratto sublacuale, a valle del Lago di Como, presenta un alveo inciso particolarmente definito. Morfologicamente il tratto di interesse presenta una sezione di tipo pressoché trapezio, quindi ideale a mantenere un buon deflusso anche con portate prossime al deflusso minimo vitale.

Pertanto si pone:

- $M = 1,00$

Fattore di interscambio idrico con la falda

Nell'intorno lato del tratto di fiume sotteso dalla centrale idroelettrica in progetto sono presenti alcune trincee drenanti, che lasciano presagire un interscambio con la falda a favore del corso d'acqua, perciò, a titolo cautelativo, si dispone:

- $A = 1,00$

Fattore correttivo Z

Per i fattori correttivi si sono assunti i seguenti valori:

- $N = 1,00$
Il sito in cui è progettato l'impianto idroelettrico ed il tratto sotteso di fiume Adda appartengono al Parco fluviale Adda Sud, ma per la presenza del contributo naturale della trincea drenante di Gombito si ritiene che sia sufficiente il deflusso minimo vitale idrologico, quindi il coefficiente è considerato unitario;
- $F = 1,00$
la fruizione turistica riconducibile alla navigazione è garantita attraverso la chiusura del canale dell'impianto idroelettrico in progetto e quella di carattere ittologico è ampiamente garantita dal già cospicuo deflusso minimo vitale idrologico e dall'apporto della trincea drenante di Gombito, così il coefficiente è posto unitario;
- $Q = 1,00$
il Fiume Adda è indicato dalla Tavola 10 e dall' Appendice E delle Norme Tecniche di Attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque tra i corsi d'acqua che necessitano di diluizione ai fini del raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale, ma il coefficiente previsto è unitario.

Perciò consegue:

$$Z = \max(N; F; Q) = \max(1,00; 1,00; 1,00) = 1,00$$

Fattore della modulazione dei rilasci

Il deflusso minimo vitale idrologico è particolarmente significativo, inoltre nel tratto sotteso è presente l'apporto della trincea drenante di Gombito, così si ritiene non necessario modulare i rilasci con modalità diversa rispetto a quella dovuta alla gestione della derivazione.

Deflusso minimo vitale

Tutti i fattori correttivi sono unitari, perciò il deflusso minimo vitale corrisponde alla componente idrologica, che è pari a $26,408 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.5. Rilascio del deflusso minimo vitale

Il rilascio del deflusso minimo vitale è ripartito in due componenti di portata:

- passaggio artificiale per l'ittiofauna;
- vena stramazzone di mascheramento della traversa fluviale.

Attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna è rilasciata la portata di $0,600 \text{ m}^3/\text{s}$, che ne garantisce un ottimale funzionamento.

Sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata complessiva di $25,808 \text{ m}^3/\text{s}$, che completa il deflusso minimo vitale ($26,408 \text{ m}^3/\text{s}$). Questo rilascio crea una vena sfiorante di circa 27 cm, più che adeguata al mascheramento dello sbarramento fluviale in progetto. Lo spessore definitivo della vena andrà verificato nella fase di collaudo idraulico dell'impianto in funzione dei coefficienti di deflusso reali della soglia mobile.

4.6. Proposta di sperimentazione del rilascio del deflusso minimo vitale

Sul fiume Adda, nel tratto sub lacuale, è stata avviata una sperimentazione di rilascio del deflusso minimo vitale ai sensi dell'articolo 4 della Deliberazione della Giunta Regionale n. 6232 del 19 dicembre 2007 e dell'articolo 31, comma 4, della Norme Tecniche di Attuazione del Programma di Tutela ed Uso delle Acque.

Alla sperimentazione hanno aderito, attraverso la sottoscrizione dell'apposito protocollo, tutti i concessionari delle maggiori derivazioni con sottensione discreta del corso d'acqua. Tra gli aderenti è presente l'EDISON S.p.A., in quanto concessionaria delle derivazioni idroelettriche del sistema di centrali Semenza, Bertini ed Esterle.

Alla luce di quanto premesso, l'EDISON S.p.A. è intenzionata sin dalla fase progettuale ad aderire alla sperimentazione sopracitata in accordo e complemento al proprio impegno già assunto per le derivazioni a monte.

Ciò, anche in adempimento all'articolo 5 delle Linee guida per l'avvio di sperimentazioni sul deflusso minimo vitale in tratti del reticolo idrico naturale regionale, che prescrive:

“Le sperimentazioni potranno riguardare gruppi di corsi d'acqua (purché appartenenti allo stesso bacino), interi corsi d'acqua o singoli tratti di interesse, di congrua dimensione, con caratteristiche omogenee, appartenenti al reticolo idrico naturale regionale. Non saranno ammesse proposte di sperimentazione aventi carattere locale.

...”

Sulla base della prescrizione delle Linee guida, tutte le derivazioni con tratto sotteso interessante che insistano sul tratto sublacuale del fiume Adda devono aderire al protocollo di sperimentazione al fine di non interrompere la continuità geografica della prova.

In merito al bilancio idrologico della portata disponibile e di quella derivabile dall'impianto idroelettrico in progetto si ritiene di considerare, a titolo cautelativo, l'intero valori di deflusso minimo vitale. Pertanto ai fini dell'analisi idrologica del progetto idroelettrico, nel tratto sotteso è rilasciata la portata costante di 26,408 m³/s.

5. PORTATE DERIVABILI

Per la determinazione delle portate che mediamente può derivare l'impianto si procede all'analisi dei dati giornalieri di portata. Lo sfruttamento medio giornaliero è definito sulla base delle curve di durata delle portate riferite ai singoli mesi.

5.1. Curve mensili di durata delle portate

La determinazione delle curve mensili di durata delle portate è basata sui dati medi giornalieri ricavati dall'idrometria misurata dall'ARPA Lombardia a Pizzighetone, come indicato nel capitolo 3. "Valutazione dei deflussi". L'analisi idrologica riguarda gli anni del periodo 2005 ÷ 2011, di cui sono disponibili le serie complete di portate medie giornaliere.

Per ciascun mese a disposizione si sono ordinate le portate in modo decrescente. La curva di durata delle portate di ogni mese è stata determinata come media delle curve di durata, corrispondenti allo stesso periodo, degli anni di cui si conoscono le portate giornaliere. Con questo procedimento si sono ottenute le seguenti curve di durata delle portate.

Tabella 12: Curve di durata delle portate
del fiume Adda a Pizzighettone

| Gennaio | | Febbraio | | Marzo | | Aprile | | Maggio | | Giugno | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Durata (gg) | Q (m ³ /s) |
| 1 | 165,97 | 1 | 186,16 | 1 | 176,71 | 1 | 253,54 | 1 | 387,94 | 1 | 271,14 |
| 2 | 150,64 | 2 | 165,14 | 2 | 163,23 | 2 | 229,11 | 2 | 323,46 | 2 | 261,20 |
| 3 | 137,62 | 3 | 154,89 | 3 | 146,64 | 3 | 189,93 | 3 | 303,91 | 3 | 244,31 |
| 4 | 131,02 | 4 | 141,50 | 4 | 138,68 | 4 | 153,74 | 4 | 279,38 | 4 | 230,02 |
| 5 | 125,92 | 5 | 132,43 | 5 | 130,57 | 5 | 151,34 | 5 | 263,06 | 5 | 214,16 |
| 6 | 122,48 | 6 | 127,85 | 6 | 126,34 | 6 | 147,74 | 6 | 253,39 | 6 | 198,30 |
| 7 | 119,77 | 7 | 124,98 | 7 | 122,94 | 7 | 146,03 | 7 | 243,92 | 7 | 183,96 |
| 8 | 118,76 | 8 | 121,98 | 8 | 119,39 | 8 | 144,30 | 8 | 233,03 | 8 | 176,18 |
| 9 | 116,85 | 9 | 118,63 | 9 | 117,13 | 9 | 140,87 | 9 | 228,85 | 9 | 170,92 |
| 10 | 114,72 | 10 | 117,22 | 10 | 115,22 | 10 | 138,93 | 10 | 219,68 | 10 | 161,30 |
| 11 | 109,22 | 11 | 114,04 | 11 | 114,24 | 11 | 137,39 | 11 | 208,11 | 11 | 157,94 |
| 12 | 107,48 | 12 | 110,03 | 12 | 113,52 | 12 | 135,46 | 12 | 199,97 | 12 | 152,37 |
| 13 | 106,88 | 13 | 106,43 | 13 | 112,88 | 13 | 134,66 | 13 | 189,79 | 13 | 150,42 |
| 14 | 105,72 | 14 | 103,61 | 14 | 112,12 | 14 | 131,99 | 14 | 180,95 | 14 | 148,21 |
| 15 | 104,47 | 15 | 101,63 | 15 | 111,13 | 15 | 129,78 | 15 | 165,50 | 15 | 144,92 |
| 16 | 103,83 | 16 | 99,35 | 16 | 110,56 | 16 | 127,31 | 16 | 147,31 | 16 | 142,70 |
| 17 | 102,45 | 17 | 97,33 | 17 | 110,04 | 17 | 124,90 | 17 | 133,57 | 17 | 141,41 |
| 18 | 101,33 | 18 | 94,19 | 18 | 109,62 | 18 | 120,91 | 18 | 123,13 | 18 | 137,21 |
| 19 | 100,55 | 19 | 92,45 | 19 | 108,70 | 19 | 117,17 | 19 | 117,57 | 19 | 132,12 |
| 20 | 100,47 | 20 | 91,87 | 20 | 108,10 | 20 | 111,04 | 20 | 111,96 | 20 | 130,67 |
| 21 | 99,82 | 21 | 90,98 | 21 | 107,01 | 21 | 104,56 | 21 | 110,99 | 21 | 125,91 |
| 22 | 99,05 | 22 | 89,37 | 22 | 106,22 | 22 | 102,30 | 22 | 108,26 | 22 | 123,17 |
| 23 | 98,33 | 23 | 88,63 | 23 | 105,12 | 23 | 99,12 | 23 | 105,84 | 23 | 118,74 |
| 24 | 96,80 | 24 | 86,50 | 24 | 104,00 | 24 | 96,40 | 24 | 104,87 | 24 | 109,80 |
| 25 | 95,70 | 25 | 85,69 | 25 | 102,73 | 25 | 94,34 | 25 | 102,33 | 25 | 101,77 |
| 26 | 95,12 | 26 | 84,62 | 26 | 101,54 | 26 | 93,15 | 26 | 101,48 | 26 | 93,89 |
| 27 | 93,42 | 27 | 82,78 | 27 | 99,86 | 27 | 91,78 | 27 | 97,35 | 27 | 86,35 |
| 28 | 91,26 | 28 | 81,13 | 28 | 97,55 | 28 | 90,34 | 28 | 95,26 | 28 | 78,29 |
| 29 | 88,83 | | | 29 | 96,94 | 29 | 88,86 | 29 | 90,08 | 29 | 73,01 |
| 30 | 86,74 | | | 30 | 96,04 | 30 | 87,60 | 30 | 87,00 | 30 | 66,39 |
| 31 | 84,90 | | | 31 | 93,38 | | | 31 | 83,66 | | |
| Media | 108,91 | Media | 110,41 | Media | 115,42 | Media | 130,49 | Media | 174,24 | Media | 150,89 |

Segue Tabella 12: Curve di durata delle portate
del fiume Adda a Pizzighetone

| Luglio | | Agosto | | Settembre | | Ottobre | | Novembre | | Dicembre | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Durata (gg) | Q (m ³ /s) |
| 1 | 202,97 | 1 | 215,55 | 1 | 353,44 | 1 | 247,58 | 1 | 393,41 | 1 | 306,05 |
| 2 | 180,44 | 2 | 196,29 | 2 | 262,62 | 2 | 229,33 | 2 | 364,62 | 2 | 272,49 |
| 3 | 163,86 | 3 | 171,27 | 3 | 227,24 | 3 | 190,40 | 3 | 318,84 | 3 | 241,92 |
| 4 | 151,75 | 4 | 155,87 | 4 | 204,48 | 4 | 178,30 | 4 | 307,30 | 4 | 200,50 |
| 5 | 142,21 | 5 | 147,70 | 5 | 188,74 | 5 | 173,85 | 5 | 274,94 | 5 | 188,42 |
| 6 | 138,61 | 6 | 141,20 | 6 | 179,00 | 6 | 168,34 | 6 | 257,06 | 6 | 173,07 |
| 7 | 133,55 | 7 | 136,24 | 7 | 175,32 | 7 | 166,16 | 7 | 244,70 | 7 | 166,62 |
| 8 | 130,11 | 8 | 132,56 | 8 | 171,58 | 8 | 162,93 | 8 | 234,12 | 8 | 161,39 |
| 9 | 128,30 | 9 | 129,83 | 9 | 167,02 | 9 | 160,21 | 9 | 214,14 | 9 | 158,49 |
| 10 | 122,23 | 10 | 126,31 | 10 | 161,92 | 10 | 157,87 | 10 | 199,53 | 10 | 155,03 |
| 11 | 118,17 | 11 | 122,35 | 11 | 157,59 | 11 | 156,91 | 11 | 190,42 | 11 | 151,98 |
| 12 | 115,58 | 12 | 117,45 | 12 | 153,08 | 12 | 154,46 | 12 | 181,12 | 12 | 148,67 |
| 13 | 113,61 | 13 | 114,53 | 13 | 149,86 | 13 | 148,93 | 13 | 173,74 | 13 | 144,94 |
| 14 | 111,10 | 14 | 110,19 | 14 | 146,65 | 14 | 146,52 | 14 | 172,64 | 14 | 143,28 |
| 15 | 108,81 | 15 | 106,22 | 15 | 143,59 | 15 | 145,73 | 15 | 157,52 | 15 | 138,50 |
| 16 | 106,30 | 16 | 102,59 | 16 | 139,01 | 16 | 144,58 | 16 | 150,33 | 16 | 135,72 |
| 17 | 97,77 | 17 | 99,66 | 17 | 135,20 | 17 | 142,86 | 17 | 146,12 | 17 | 131,25 |
| 18 | 93,67 | 18 | 97,33 | 18 | 133,21 | 18 | 141,19 | 18 | 142,52 | 18 | 127,44 |
| 19 | 88,61 | 19 | 92,84 | 19 | 131,28 | 19 | 140,18 | 19 | 140,83 | 19 | 122,49 |
| 20 | 83,75 | 20 | 91,04 | 20 | 130,40 | 20 | 137,55 | 20 | 137,29 | 20 | 120,04 |
| 21 | 81,76 | 21 | 87,75 | 21 | 128,32 | 21 | 134,65 | 21 | 132,32 | 21 | 118,56 |
| 22 | 77,30 | 22 | 84,71 | 22 | 126,79 | 22 | 132,43 | 22 | 131,57 | 22 | 116,52 |
| 23 | 74,14 | 23 | 81,41 | 23 | 116,09 | 23 | 130,94 | 23 | 125,89 | 23 | 111,97 |
| 24 | 69,60 | 24 | 80,08 | 24 | 110,46 | 24 | 129,27 | 24 | 124,71 | 24 | 103,18 |
| 25 | 67,94 | 25 | 77,01 | 25 | 106,17 | 25 | 127,31 | 25 | 123,35 | 25 | 99,53 |
| 26 | 66,47 | 26 | 72,64 | 26 | 102,75 | 26 | 119,44 | 26 | 122,20 | 26 | 97,46 |
| 27 | 64,06 | 27 | 69,95 | 27 | 98,65 | 27 | 116,60 | 27 | 117,48 | 27 | 94,83 |
| 28 | 62,64 | 28 | 63,79 | 28 | 95,97 | 28 | 114,79 | 28 | 115,82 | 28 | 92,59 |
| 29 | 61,21 | 29 | 61,91 | 29 | 93,69 | 29 | 112,46 | 29 | 113,94 | 29 | 91,83 |
| 30 | 56,53 | 30 | 58,99 | 30 | 88,38 | 30 | 110,71 | 30 | 111,79 | 30 | 90,25 |
| 31 | 52,67 | 31 | 55,41 | | | 31 | 102,84 | | | 31 | 89,15 |
| Media | 105,35 | Media | 109,70 | Media | 152,62 | Media | 149,20 | Media | 187,34 | Media | 144,97 |

Le curve di durata delle portate sono riferite alla sezione di misura di Pizzighettone. Pertanto i valori indicati sono maggiori di quelli del fiume Adda nella sezione di presa in progetto, poiché sono presenti degli scarichi intermedi.

Alla luce di ciò è necessario sottrarre ai valori calcolati le portate che confluiscono nel fiume tra la presa in progetto e la sezione di misura dell'ARPA Lombardia, di cui la riporta i valori medi mensili ed annuo.

In funzione delle curve mensili di durata delle portate precedentemente riportate si calcolano i valori medi mensili del fiume Adda a Pizzighettone e li si confrontano con quelli determinati presso l'impianto idroelettrico in progetto riportate nel capitolo 3. "Valutazione dei deflussi".

Tabella 13: Portate medie mensili ed annua degli apporti laterali (m³/s)

| Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 27,05 | 16,36 | 16,43 | 16,39 | 20,78 | 32,91 | 43,34 | 39,77 | 31,77 | 30,39 | 31,71 | 25,68 | 18,43 |

Siccome gli apporti intermedi sono di un ordine di grandezza inferiore rispetto al deflusso complessivo del fiume Adda, a ciascun valore delle curve di durata delle portate è detratto quello medio scaricato nello stesso mese.

Procedendo come indicato si ottengono le curve mensili di durata delle portate contenute nella successiva Tabella 14.

Tabella 14: Curve di durata delle portate
del fiume Adda nella sezione di presa in progetto

| Gennaio | | Febbraio | | Marzo | | Aprile | | Maggio | | Giugno | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Durata (gg) | Q (m ³ /s) |
| 1 | 149,61 | 1 | 169,73 | 1 | 160,32 | 1 | 232,76 | 1 | 355,03 | 1 | 227,80 |
| 2 | 134,28 | 2 | 148,71 | 2 | 146,84 | 2 | 208,33 | 2 | 290,55 | 2 | 217,86 |
| 3 | 121,26 | 3 | 138,46 | 3 | 130,25 | 3 | 169,15 | 3 | 271,00 | 3 | 200,97 |
| 4 | 114,66 | 4 | 125,07 | 4 | 122,29 | 4 | 132,96 | 4 | 246,47 | 4 | 186,68 |
| 5 | 109,56 | 5 | 116,00 | 5 | 114,18 | 5 | 130,56 | 5 | 230,15 | 5 | 170,82 |
| 6 | 106,12 | 6 | 111,42 | 6 | 109,95 | 6 | 126,96 | 6 | 220,48 | 6 | 154,96 |
| 7 | 103,41 | 7 | 108,55 | 7 | 106,55 | 7 | 125,25 | 7 | 211,01 | 7 | 140,62 |
| 8 | 102,40 | 8 | 105,55 | 8 | 103,00 | 8 | 123,52 | 8 | 200,12 | 8 | 132,84 |
| 9 | 100,49 | 9 | 102,20 | 9 | 100,74 | 9 | 120,09 | 9 | 195,94 | 9 | 127,58 |
| 10 | 98,36 | 10 | 100,79 | 10 | 98,83 | 10 | 118,15 | 10 | 186,77 | 10 | 117,96 |
| 11 | 92,86 | 11 | 97,61 | 11 | 97,85 | 11 | 116,61 | 11 | 175,20 | 11 | 114,60 |
| 12 | 91,12 | 12 | 93,60 | 12 | 97,13 | 12 | 114,68 | 12 | 167,06 | 12 | 109,03 |
| 13 | 90,52 | 13 | 90,00 | 13 | 96,49 | 13 | 113,88 | 13 | 156,88 | 13 | 107,08 |
| 14 | 89,36 | 14 | 87,18 | 14 | 95,73 | 14 | 111,21 | 14 | 148,04 | 14 | 104,87 |
| 15 | 88,11 | 15 | 85,20 | 15 | 94,74 | 15 | 109,00 | 15 | 132,59 | 15 | 101,58 |
| 16 | 87,47 | 16 | 82,92 | 16 | 94,17 | 16 | 106,53 | 16 | 114,40 | 16 | 99,36 |
| 17 | 86,09 | 17 | 80,90 | 17 | 93,65 | 17 | 104,12 | 17 | 100,66 | 17 | 98,07 |
| 18 | 84,97 | 18 | 77,76 | 18 | 93,23 | 18 | 100,13 | 18 | 90,22 | 18 | 93,87 |
| 19 | 84,19 | 19 | 76,02 | 19 | 92,31 | 19 | 96,39 | 19 | 84,66 | 19 | 88,78 |
| 20 | 84,11 | 20 | 75,44 | 20 | 91,71 | 20 | 90,26 | 20 | 79,05 | 20 | 87,33 |
| 21 | 83,46 | 21 | 74,55 | 21 | 90,62 | 21 | 83,78 | 21 | 78,08 | 21 | 82,57 |
| 22 | 82,69 | 22 | 72,94 | 22 | 89,83 | 22 | 81,52 | 22 | 75,35 | 22 | 79,83 |
| 23 | 81,97 | 23 | 72,20 | 23 | 88,73 | 23 | 78,34 | 23 | 72,93 | 23 | 75,40 |
| 24 | 80,44 | 24 | 70,07 | 24 | 87,61 | 24 | 75,62 | 24 | 71,96 | 24 | 66,46 |
| 25 | 79,34 | 25 | 69,26 | 25 | 86,34 | 25 | 73,56 | 25 | 69,42 | 25 | 58,43 |
| 26 | 78,76 | 26 | 68,19 | 26 | 85,15 | 26 | 72,37 | 26 | 68,57 | 26 | 50,55 |
| 27 | 77,06 | 27 | 66,35 | 27 | 83,47 | 27 | 71,00 | 27 | 64,44 | 27 | 43,01 |
| 28 | 74,90 | 28 | 64,70 | 28 | 81,16 | 28 | 69,56 | 28 | 62,35 | 28 | 34,95 |
| 29 | 72,47 | | | 29 | 80,55 | 29 | 68,08 | 29 | 57,17 | 29 | 29,67 |
| 30 | 70,38 | | | 30 | 79,65 | 30 | 66,82 | 30 | 54,09 | 30 | 23,05 |
| 31 | 68,54 | | | 31 | 76,99 | | | 31 | 50,75 | | |
| Media | 92,55 | Media | 93,98 | Media | 99,03 | Media | 109,71 | Media | 141,33 | Media | 107,55 |

Segue Tabella 14: Curve di durata delle portate
del fiume Adda nella sezione di presa in progetto

| Luglio | | Agosto | | Settembre | | Ottobre | | Novembre | | Dicembre | |
|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| Durata (gg) | Q (m ³ /s) |
| 1 | 163,20 | 1 | 183,78 | 1 | 323,05 | 1 | 215,87 | 1 | 367,73 | 1 | 287,62 |
| 2 | 140,67 | 2 | 164,52 | 2 | 232,23 | 2 | 197,62 | 2 | 338,94 | 2 | 254,06 |
| 3 | 124,09 | 3 | 139,50 | 3 | 196,85 | 3 | 158,69 | 3 | 293,16 | 3 | 223,49 |
| 4 | 111,98 | 4 | 124,10 | 4 | 174,09 | 4 | 146,59 | 4 | 281,62 | 4 | 182,07 |
| 5 | 102,44 | 5 | 115,93 | 5 | 158,35 | 5 | 142,14 | 5 | 249,26 | 5 | 169,99 |
| 6 | 98,84 | 6 | 109,43 | 6 | 148,61 | 6 | 136,63 | 6 | 231,38 | 6 | 154,64 |
| 7 | 93,78 | 7 | 104,47 | 7 | 144,93 | 7 | 134,45 | 7 | 219,02 | 7 | 148,19 |
| 8 | 90,34 | 8 | 100,79 | 8 | 141,19 | 8 | 131,22 | 8 | 208,44 | 8 | 142,96 |
| 9 | 88,53 | 9 | 98,06 | 9 | 136,63 | 9 | 128,50 | 9 | 188,46 | 9 | 140,06 |
| 10 | 82,46 | 10 | 94,54 | 10 | 131,53 | 10 | 126,16 | 10 | 173,85 | 10 | 136,60 |
| 11 | 78,40 | 11 | 90,58 | 11 | 127,20 | 11 | 125,20 | 11 | 164,74 | 11 | 133,55 |
| 12 | 75,81 | 12 | 85,68 | 12 | 122,69 | 12 | 122,75 | 12 | 155,44 | 12 | 130,24 |
| 13 | 73,84 | 13 | 82,76 | 13 | 119,47 | 13 | 117,22 | 13 | 148,06 | 13 | 126,51 |
| 14 | 71,33 | 14 | 78,42 | 14 | 116,26 | 14 | 114,81 | 14 | 146,96 | 14 | 124,85 |
| 15 | 69,04 | 15 | 74,45 | 15 | 113,20 | 15 | 114,02 | 15 | 131,84 | 15 | 120,07 |
| 16 | 66,53 | 16 | 70,82 | 16 | 108,62 | 16 | 112,87 | 16 | 124,65 | 16 | 117,29 |
| 17 | 58,00 | 17 | 67,89 | 17 | 104,81 | 17 | 111,15 | 17 | 120,44 | 17 | 112,82 |
| 18 | 53,90 | 18 | 65,56 | 18 | 102,82 | 18 | 109,48 | 18 | 116,84 | 18 | 109,01 |
| 19 | 48,84 | 19 | 61,07 | 19 | 100,89 | 19 | 108,47 | 19 | 115,15 | 19 | 104,06 |
| 20 | 43,98 | 20 | 59,27 | 20 | 100,01 | 20 | 105,84 | 20 | 111,61 | 20 | 101,61 |
| 21 | 41,99 | 21 | 55,98 | 21 | 97,93 | 21 | 102,94 | 21 | 106,64 | 21 | 100,13 |
| 22 | 37,53 | 22 | 52,94 | 22 | 96,40 | 22 | 100,72 | 22 | 105,89 | 22 | 98,09 |
| 23 | 34,37 | 23 | 49,64 | 23 | 85,70 | 23 | 99,23 | 23 | 100,21 | 23 | 93,54 |
| 24 | 29,83 | 24 | 48,31 | 24 | 80,07 | 24 | 97,56 | 24 | 99,03 | 24 | 84,75 |
| 25 | 28,17 | 25 | 45,24 | 25 | 75,78 | 25 | 95,60 | 25 | 97,67 | 25 | 81,10 |
| 26 | 26,70 | 26 | 40,87 | 26 | 72,36 | 26 | 87,73 | 26 | 96,52 | 26 | 79,03 |
| 27 | 24,29 | 27 | 38,18 | 27 | 68,26 | 27 | 84,89 | 27 | 91,80 | 27 | 76,40 |
| 28 | 22,87 | 28 | 32,02 | 28 | 65,58 | 28 | 83,08 | 28 | 90,14 | 28 | 74,16 |
| 29 | 21,44 | 29 | 30,14 | 29 | 63,30 | 29 | 80,75 | 29 | 88,26 | 29 | 73,40 |
| 30 | 16,76 | 30 | 27,22 | 30 | 57,99 | 30 | 79,00 | 30 | 86,11 | 30 | 71,82 |
| 31 | 12,90 | 31 | 23,64 | | | 31 | 71,13 | | | 31 | 70,72 |
| Media | 65,58 | Media | 77,93 | Media | 122,23 | Media | 117,49 | Media | 161,66 | Media | 126,54 |

5.2. Portate derivabili

Nel tratto sotteso dell'impianto idroelettrico in progetto non sono presenti derivazioni per le quali sia necessario incrementare i rilasci oltre il deflusso minimo vitale.

La portata di rilascio a valle dello sbarramento è posta pari al valore di deflusso minimo vitale, calcolato in 26,408 m³/s.

L'intervallo di portate derivabili dall'impianto idroelettrico in progetto è:

- $Q_{max} = 150,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata massima d'esercizio;
- $Q_{min} = 10,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata minima d'esercizio.

Il prelievo è regolato automaticamente dal sistema elettronico di gestione dell'impianto, che agisce sul passo delle pale del rotore e del distributore delle tre turbine Kaplan.

Per portate disponibili nel fiume minori di 36,408 m³/s, pari alla somma delle portate minima d'esercizio e del DMV, il rilascio a valle della presa è totale. Per disponibilità maggiori è rilasciato il solo deflusso minimo vitale, fino al raggiungimento di 176,408 m³/s, somma della portata massima d'esercizio e del DMV. Per disponibilità idriche maggiori il prelievo è di 150,000 m³/s, cioè quello massimo possibile, e la restante portata è rilasciata.

Dall'analisi delle curve mensili di durata delle portate disponibili nel fiume Adda alla presa in progetto si sono ricavate le seguenti portate derivate.

Tabella 15: Gennaio

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 149.606 | 123.198 | 26.408 |
| 2 | 134.284 | 107.876 | 26.408 |
| 3 | 121.258 | 94.850 | 26.408 |
| 4 | 114.661 | 88.253 | 26.408 |
| 5 | 109.564 | 83.156 | 26.408 |
| 6 | 106.121 | 79.713 | 26.408 |
| 7 | 103.412 | 77.004 | 26.408 |
| 8 | 102.403 | 75.995 | 26.408 |
| 9 | 100.486 | 74.078 | 26.408 |
| 10 | 98.356 | 71.948 | 26.408 |
| 11 | 92.865 | 66.457 | 26.408 |
| 12 | 91.115 | 64.707 | 26.408 |
| 13 | 90.524 | 64.116 | 26.408 |
| 14 | 89.363 | 62.955 | 26.408 |
| 15 | 88.114 | 61.706 | 26.408 |
| 16 | 87.469 | 61.061 | 26.408 |
| 17 | 86.092 | 59.684 | 26.408 |
| 18 | 84.973 | 58.565 | 26.408 |
| 19 | 84.188 | 57.780 | 26.408 |
| 20 | 84.108 | 57.700 | 26.408 |
| 21 | 83.460 | 57.052 | 26.408 |
| 22 | 82.687 | 56.279 | 26.408 |
| 23 | 81.967 | 55.559 | 26.408 |
| 24 | 80.443 | 54.035 | 26.408 |
| 25 | 79.340 | 52.932 | 26.408 |
| 26 | 78.756 | 52.348 | 26.408 |
| 27 | 77.055 | 50.647 | 26.408 |
| 28 | 74.900 | 48.492 | 26.408 |
| 29 | 72.466 | 46.058 | 26.408 |
| 30 | 70.384 | 43.976 | 26.408 |
| 31 | 68.536 | 42.128 | 26.408 |

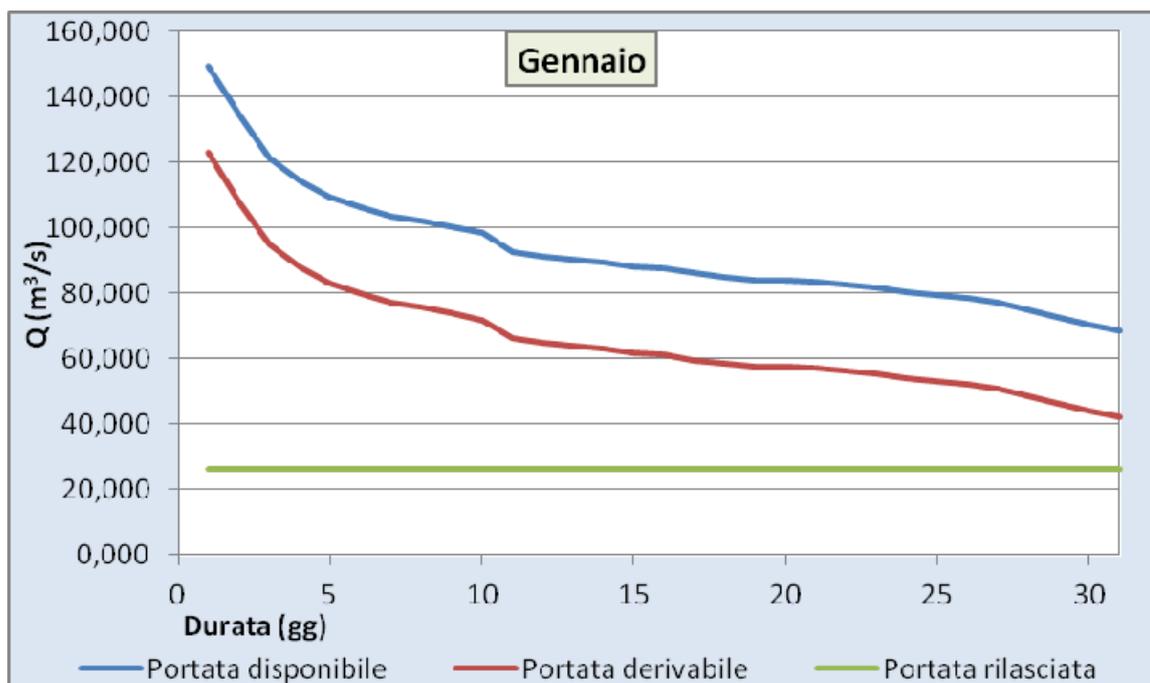


Grafico 10

Tabella 16: Febbraio

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 169.732 | 143.324 | 26.408 |
| 2 | 148.711 | 122.303 | 26.408 |
| 3 | 138.458 | 112.050 | 26.408 |
| 4 | 125.069 | 98.661 | 26.408 |
| 5 | 116.003 | 89.595 | 26.408 |
| 6 | 111.424 | 85.016 | 26.408 |
| 7 | 108.546 | 82.138 | 26.408 |
| 8 | 105.551 | 79.143 | 26.408 |
| 9 | 102.205 | 75.797 | 26.408 |
| 10 | 100.791 | 74.383 | 26.408 |
| 11 | 97.607 | 71.199 | 26.408 |
| 12 | 93.601 | 67.193 | 26.408 |
| 13 | 89.997 | 63.589 | 26.408 |
| 14 | 87.177 | 60.769 | 26.408 |
| 15 | 85.204 | 58.796 | 26.408 |
| 16 | 82.922 | 56.514 | 26.408 |
| 17 | 80.898 | 54.490 | 26.408 |
| 18 | 77.759 | 51.351 | 26.408 |
| 19 | 76.019 | 49.611 | 26.408 |
| 20 | 75.444 | 49.036 | 26.408 |
| 21 | 74.554 | 48.146 | 26.408 |
| 22 | 72.939 | 46.531 | 26.408 |
| 23 | 72.200 | 45.792 | 26.408 |
| 24 | 70.069 | 43.661 | 26.408 |
| 25 | 69.258 | 42.850 | 26.408 |
| 26 | 68.192 | 41.784 | 26.408 |
| 27 | 66.349 | 39.941 | 26.408 |
| 28 | 64.699 | 38.291 | 26.408 |

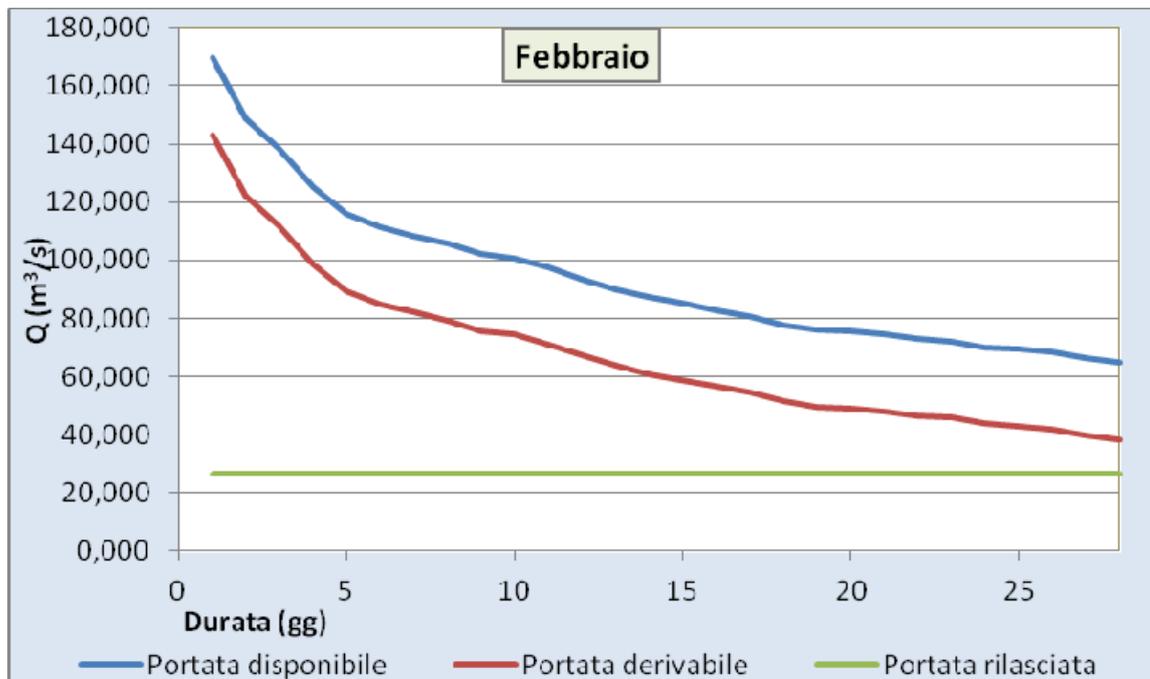


Grafico 11

Tabella 17: Marzo

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 160.315 | 133.907 | 26.408 |
| 2 | 146.841 | 120.433 | 26.408 |
| 3 | 130.253 | 103.845 | 26.408 |
| 4 | 122.290 | 95.882 | 26.408 |
| 5 | 114.178 | 87.770 | 26.408 |
| 6 | 109.950 | 83.542 | 26.408 |
| 7 | 106.549 | 80.141 | 26.408 |
| 8 | 103.001 | 76.593 | 26.408 |
| 9 | 100.744 | 74.336 | 26.408 |
| 10 | 98.829 | 72.421 | 26.408 |
| 11 | 97.850 | 71.442 | 26.408 |
| 12 | 97.129 | 70.721 | 26.408 |
| 13 | 96.490 | 70.082 | 26.408 |
| 14 | 95.727 | 69.319 | 26.408 |
| 15 | 94.737 | 68.329 | 26.408 |
| 16 | 94.172 | 67.764 | 26.408 |
| 17 | 93.650 | 67.242 | 26.408 |
| 18 | 93.227 | 66.819 | 26.408 |
| 19 | 92.311 | 65.903 | 26.408 |
| 20 | 91.707 | 65.299 | 26.408 |
| 21 | 90.625 | 64.217 | 26.408 |
| 22 | 89.826 | 63.418 | 26.408 |
| 23 | 88.734 | 62.326 | 26.408 |
| 24 | 87.613 | 61.205 | 26.408 |
| 25 | 86.344 | 59.936 | 26.408 |
| 26 | 85.146 | 58.738 | 26.408 |
| 27 | 83.467 | 57.059 | 26.408 |
| 28 | 81.159 | 54.751 | 26.408 |
| 29 | 80.554 | 54.146 | 26.408 |
| 30 | 79.652 | 53.244 | 26.408 |
| 31 | 76.992 | 50.584 | 26.408 |

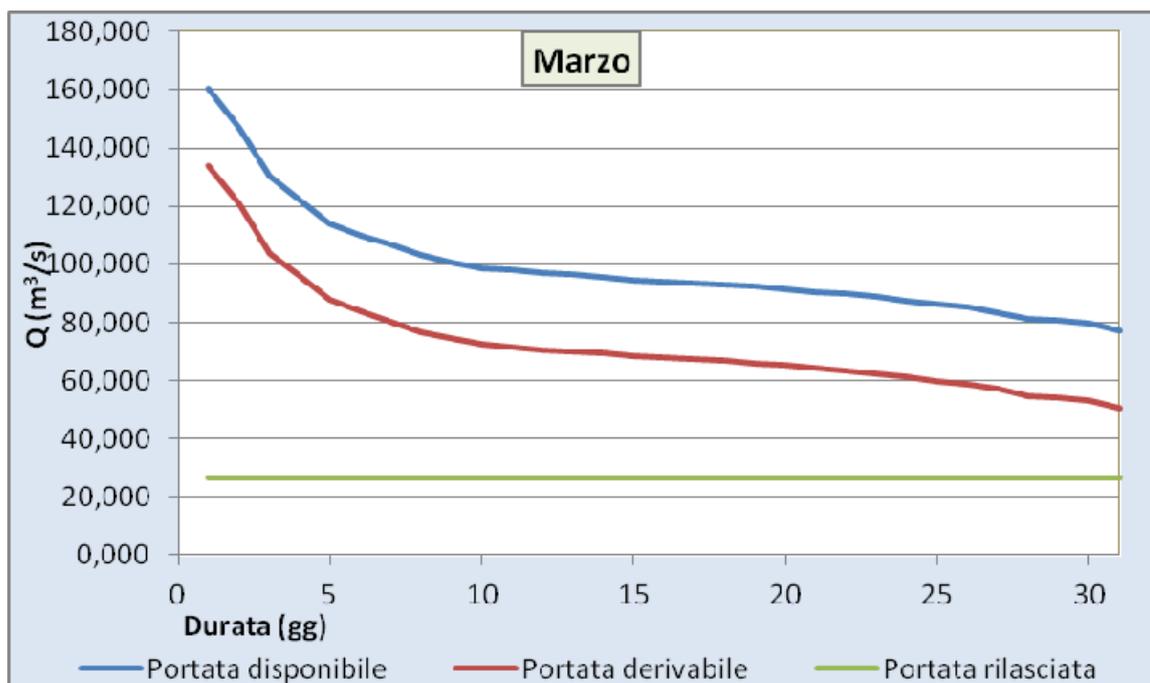


Grafico 12

Tabella 18: Aprile

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 232.762 | 150.000 | 82.762 |
| 2 | 208.333 | 150.000 | 58.333 |
| 3 | 169.149 | 142.741 | 26.408 |
| 4 | 132.955 | 106.547 | 26.408 |
| 5 | 130.563 | 104.155 | 26.408 |
| 6 | 126.962 | 100.554 | 26.408 |
| 7 | 125.249 | 98.841 | 26.408 |
| 8 | 123.517 | 97.109 | 26.408 |
| 9 | 120.088 | 93.680 | 26.408 |
| 10 | 118.152 | 91.744 | 26.408 |
| 11 | 116.608 | 90.200 | 26.408 |
| 12 | 114.677 | 88.269 | 26.408 |
| 13 | 113.883 | 87.475 | 26.408 |
| 14 | 111.206 | 84.798 | 26.408 |
| 15 | 108.997 | 82.589 | 26.408 |
| 16 | 106.528 | 80.120 | 26.408 |
| 17 | 104.122 | 77.714 | 26.408 |
| 18 | 100.129 | 73.721 | 26.408 |
| 19 | 96.389 | 69.981 | 26.408 |
| 20 | 90.263 | 63.855 | 26.408 |
| 21 | 83.776 | 57.368 | 26.408 |
| 22 | 81.516 | 55.108 | 26.408 |
| 23 | 78.336 | 51.928 | 26.408 |
| 24 | 75.623 | 49.215 | 26.408 |
| 25 | 73.560 | 47.152 | 26.408 |
| 26 | 72.365 | 45.957 | 26.408 |
| 27 | 71.005 | 44.597 | 26.408 |
| 28 | 69.556 | 43.148 | 26.408 |
| 29 | 68.078 | 41.670 | 26.408 |
| 30 | 66.822 | 40.414 | 26.408 |

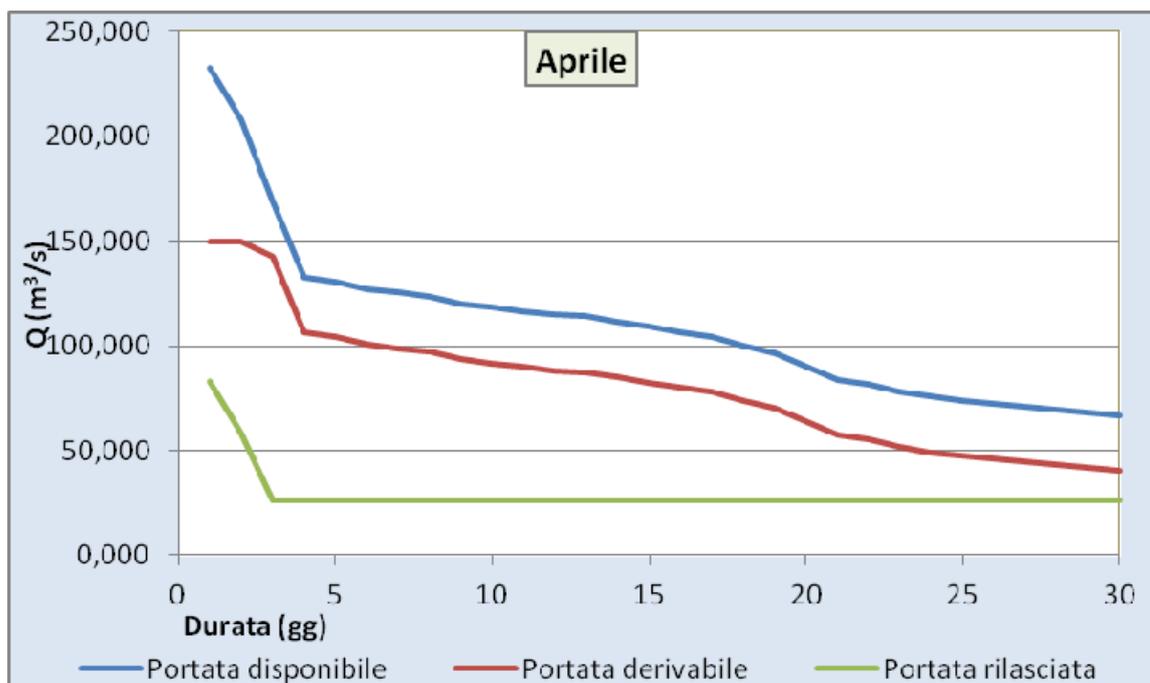


Grafico 13

Tabella 19: Maggio

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 355.026 | 150.000 | 205.026 |
| 2 | 290.550 | 150.000 | 140.550 |
| 3 | 271.003 | 150.000 | 121.003 |
| 4 | 246.474 | 150.000 | 96.474 |
| 5 | 230.152 | 150.000 | 80.152 |
| 6 | 220.477 | 150.000 | 70.477 |
| 7 | 211.009 | 150.000 | 61.009 |
| 8 | 200.118 | 150.000 | 50.118 |
| 9 | 195.943 | 150.000 | 45.943 |
| 10 | 186.765 | 150.000 | 36.765 |
| 11 | 175.197 | 148.789 | 26.408 |
| 12 | 167.064 | 140.656 | 26.408 |
| 13 | 156.875 | 130.467 | 26.408 |
| 14 | 148.038 | 121.630 | 26.408 |
| 15 | 132.586 | 106.178 | 26.408 |
| 16 | 114.399 | 87.991 | 26.408 |
| 17 | 100.658 | 74.250 | 26.408 |
| 18 | 90.217 | 63.809 | 26.408 |
| 19 | 84.656 | 58.248 | 26.408 |
| 20 | 79.054 | 52.646 | 26.408 |
| 21 | 78.078 | 51.670 | 26.408 |
| 22 | 75.349 | 48.941 | 26.408 |
| 23 | 72.934 | 46.526 | 26.408 |
| 24 | 71.960 | 45.552 | 26.408 |
| 25 | 69.418 | 43.010 | 26.408 |
| 26 | 68.566 | 42.158 | 26.408 |
| 27 | 64.436 | 38.028 | 26.408 |
| 28 | 62.346 | 35.938 | 26.408 |
| 29 | 57.167 | 30.759 | 26.408 |
| 30 | 54.094 | 27.686 | 26.408 |
| 31 | 50.748 | 24.340 | 26.408 |

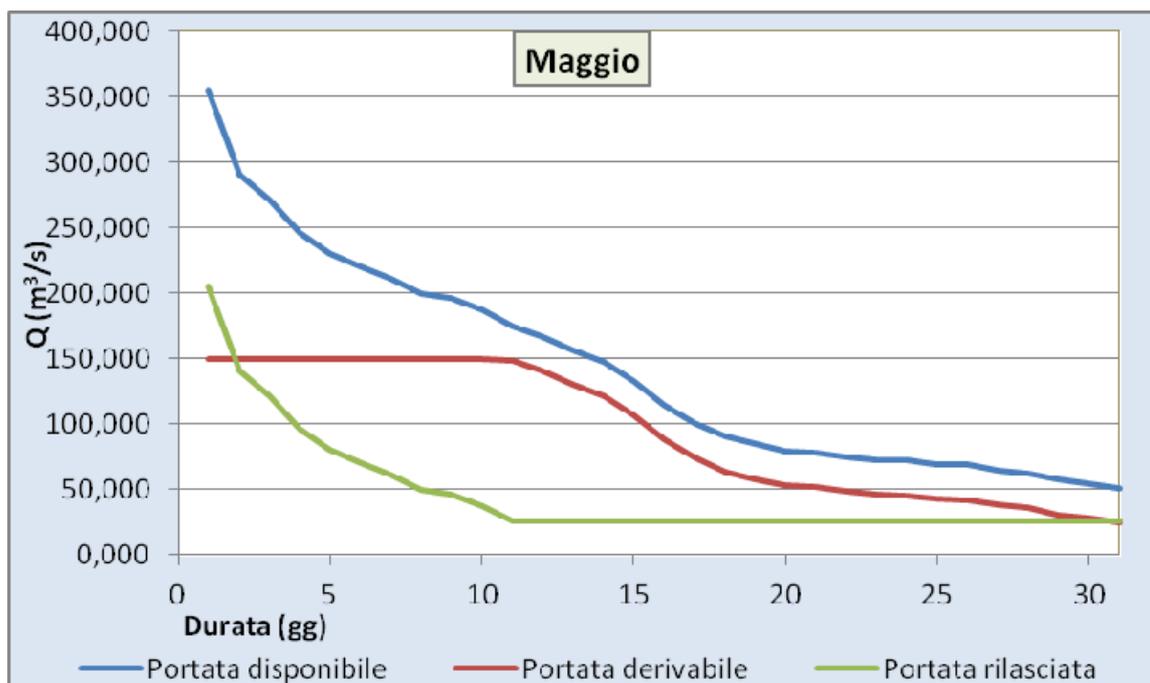


Grafico 14

Tabella 20: Giugno

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 227.800 | 150.000 | 77.800 |
| 2 | 217.857 | 150.000 | 67.857 |
| 3 | 200.967 | 150.000 | 50.967 |
| 4 | 186.683 | 150.000 | 36.683 |
| 5 | 170.820 | 144.412 | 26.408 |
| 6 | 154.957 | 128.549 | 26.408 |
| 7 | 140.625 | 114.217 | 26.408 |
| 8 | 132.843 | 106.435 | 26.408 |
| 9 | 127.580 | 101.172 | 26.408 |
| 10 | 117.962 | 91.554 | 26.408 |
| 11 | 114.599 | 88.191 | 26.408 |
| 12 | 109.033 | 82.625 | 26.408 |
| 13 | 107.084 | 80.676 | 26.408 |
| 14 | 104.872 | 78.464 | 26.408 |
| 15 | 101.577 | 75.169 | 26.408 |
| 16 | 99.359 | 72.951 | 26.408 |
| 17 | 98.074 | 71.666 | 26.408 |
| 18 | 93.873 | 67.465 | 26.408 |
| 19 | 88.776 | 62.368 | 26.408 |
| 20 | 87.327 | 60.919 | 26.408 |
| 21 | 82.569 | 56.161 | 26.408 |
| 22 | 79.834 | 53.426 | 26.408 |
| 23 | 75.401 | 48.993 | 26.408 |
| 24 | 66.458 | 40.050 | 26.408 |
| 25 | 58.426 | 32.018 | 26.408 |
| 26 | 50.555 | 24.147 | 26.408 |
| 27 | 43.008 | 16.600 | 26.408 |
| 28 | 34.954 | 0.000 | 34.954 |
| 29 | 29.666 | 0.000 | 29.666 |
| 30 | 23.048 | 0.000 | 23.048 |

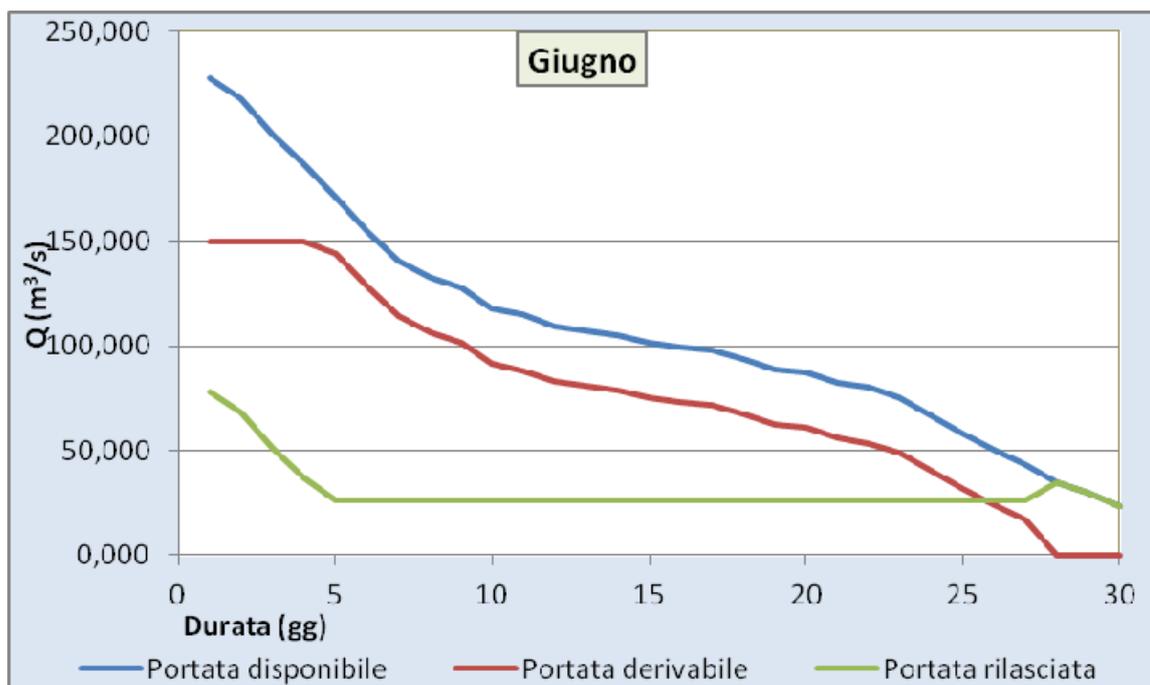


Grafico 15

Tabella 21: Luglio

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 163.200 | 136.792 | 26.408 |
| 2 | 140.670 | 114.262 | 26.408 |
| 3 | 124.094 | 97.686 | 26.408 |
| 4 | 111.985 | 85.577 | 26.408 |
| 5 | 102.441 | 76.033 | 26.408 |
| 6 | 98.842 | 72.434 | 26.408 |
| 7 | 93.778 | 67.370 | 26.408 |
| 8 | 90.339 | 63.931 | 26.408 |
| 9 | 88.529 | 62.121 | 26.408 |
| 10 | 82.457 | 56.049 | 26.408 |
| 11 | 78.405 | 51.997 | 26.408 |
| 12 | 75.814 | 49.406 | 26.408 |
| 13 | 73.843 | 47.435 | 26.408 |
| 14 | 71.331 | 44.923 | 26.408 |
| 15 | 69.038 | 42.630 | 26.408 |
| 16 | 66.528 | 40.120 | 26.408 |
| 17 | 57.998 | 31.590 | 26.408 |
| 18 | 53.897 | 27.489 | 26.408 |
| 19 | 48.840 | 22.432 | 26.408 |
| 20 | 43.975 | 17.567 | 26.408 |
| 21 | 41.990 | 15.582 | 26.408 |
| 22 | 37.527 | 11.119 | 26.408 |
| 23 | 34.371 | 0.000 | 34.371 |
| 24 | 29.825 | 0.000 | 29.825 |
| 25 | 28.167 | 0.000 | 28.167 |
| 26 | 26.705 | 0.000 | 26.705 |
| 27 | 24.287 | 0.000 | 24.287 |
| 28 | 22.867 | 0.000 | 22.867 |
| 29 | 21.440 | 0.000 | 21.440 |
| 30 | 16.759 | 0.000 | 16.759 |
| 31 | 12.904 | 0.000 | 12.904 |

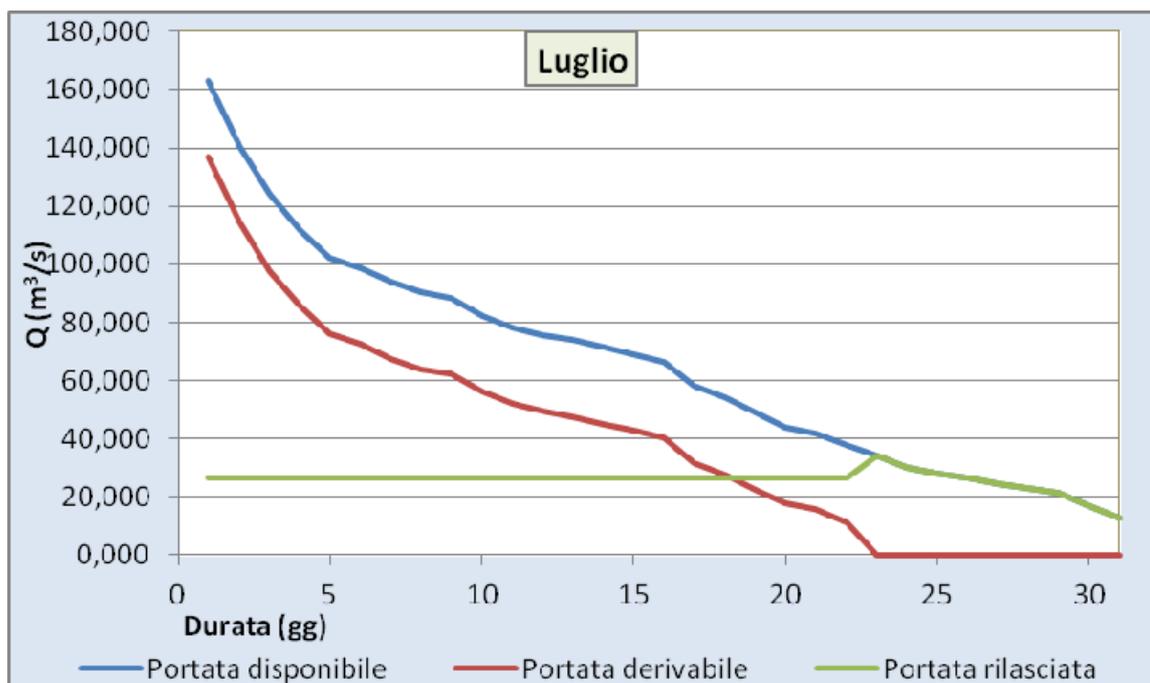


Grafico 16

Tabella 22: Agosto

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 183.780 | 150.000 | 33.780 |
| 2 | 164.525 | 138.117 | 26.408 |
| 3 | 139.499 | 113.091 | 26.408 |
| 4 | 124.100 | 97.692 | 26.408 |
| 5 | 115.934 | 89.526 | 26.408 |
| 6 | 109.426 | 83.018 | 26.408 |
| 7 | 104.469 | 78.061 | 26.408 |
| 8 | 100.794 | 74.386 | 26.408 |
| 9 | 98.063 | 71.655 | 26.408 |
| 10 | 94.544 | 68.136 | 26.408 |
| 11 | 90.576 | 64.168 | 26.408 |
| 12 | 85.683 | 59.275 | 26.408 |
| 13 | 82.764 | 56.356 | 26.408 |
| 14 | 78.423 | 52.015 | 26.408 |
| 15 | 74.448 | 48.040 | 26.408 |
| 16 | 70.825 | 44.417 | 26.408 |
| 17 | 67.886 | 41.478 | 26.408 |
| 18 | 65.563 | 39.155 | 26.408 |
| 19 | 61.067 | 34.659 | 26.408 |
| 20 | 59.273 | 32.865 | 26.408 |
| 21 | 55.978 | 29.570 | 26.408 |
| 22 | 52.944 | 26.536 | 26.408 |
| 23 | 49.637 | 23.229 | 26.408 |
| 24 | 48.309 | 21.901 | 26.408 |
| 25 | 45.235 | 18.827 | 26.408 |
| 26 | 40.872 | 14.464 | 26.408 |
| 27 | 38.177 | 11.769 | 26.408 |
| 28 | 32.024 | 0.000 | 32.024 |
| 29 | 30.141 | 0.000 | 30.141 |
| 30 | 27.220 | 0.000 | 27.220 |
| 31 | 23.642 | 0.000 | 23.642 |

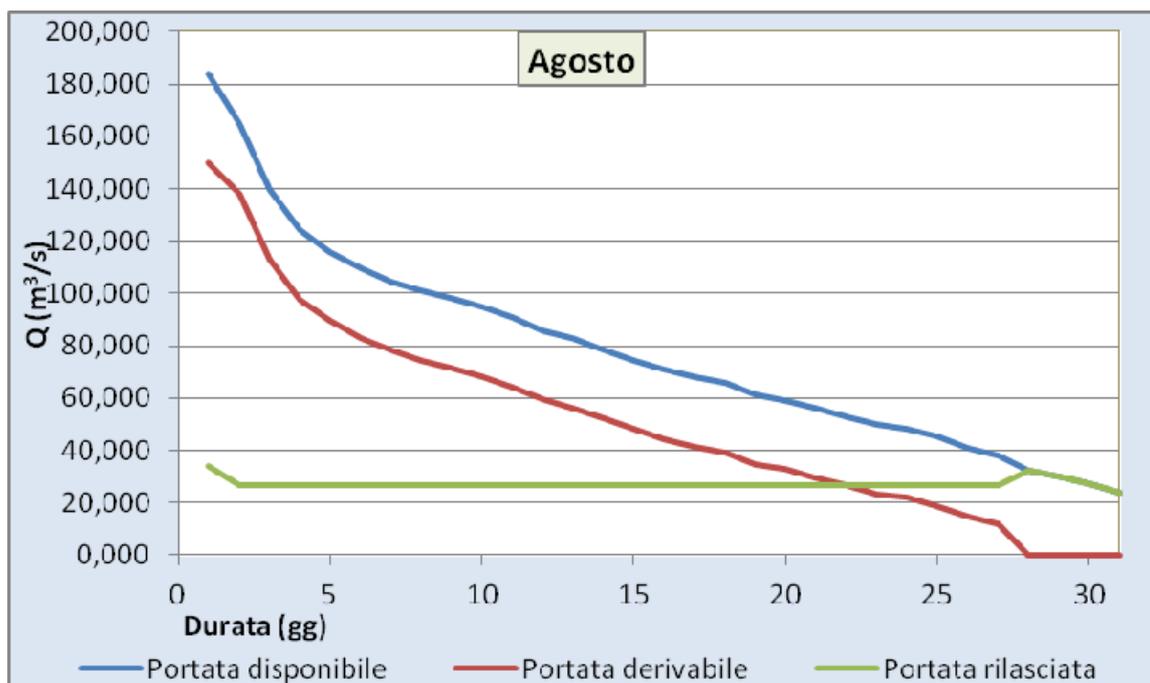


Grafico 17

Tabella 23: Settembre

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 323.049 | 150.000 | 173.049 |
| 2 | 232.231 | 150.000 | 82.231 |
| 3 | 196.852 | 150.000 | 46.852 |
| 4 | 174.089 | 147.681 | 26.408 |
| 5 | 158.352 | 131.944 | 26.408 |
| 6 | 148.613 | 122.205 | 26.408 |
| 7 | 144.930 | 118.522 | 26.408 |
| 8 | 141.191 | 114.783 | 26.408 |
| 9 | 136.634 | 110.226 | 26.408 |
| 10 | 131.535 | 105.127 | 26.408 |
| 11 | 127.201 | 100.793 | 26.408 |
| 12 | 122.688 | 96.280 | 26.408 |
| 13 | 119.468 | 93.060 | 26.408 |
| 14 | 116.258 | 89.850 | 26.408 |
| 15 | 113.202 | 86.794 | 26.408 |
| 16 | 108.617 | 82.209 | 26.408 |
| 17 | 104.813 | 78.405 | 26.408 |
| 18 | 102.821 | 76.413 | 26.408 |
| 19 | 100.893 | 74.485 | 26.408 |
| 20 | 100.008 | 73.600 | 26.408 |
| 21 | 97.929 | 71.521 | 26.408 |
| 22 | 96.401 | 69.993 | 26.408 |
| 23 | 85.700 | 59.292 | 26.408 |
| 24 | 80.066 | 53.658 | 26.408 |
| 25 | 75.780 | 49.372 | 26.408 |
| 26 | 72.362 | 45.954 | 26.408 |
| 27 | 68.261 | 41.853 | 26.408 |
| 28 | 65.584 | 39.176 | 26.408 |
| 29 | 63.298 | 36.890 | 26.408 |
| 30 | 57.994 | 31.586 | 26.408 |

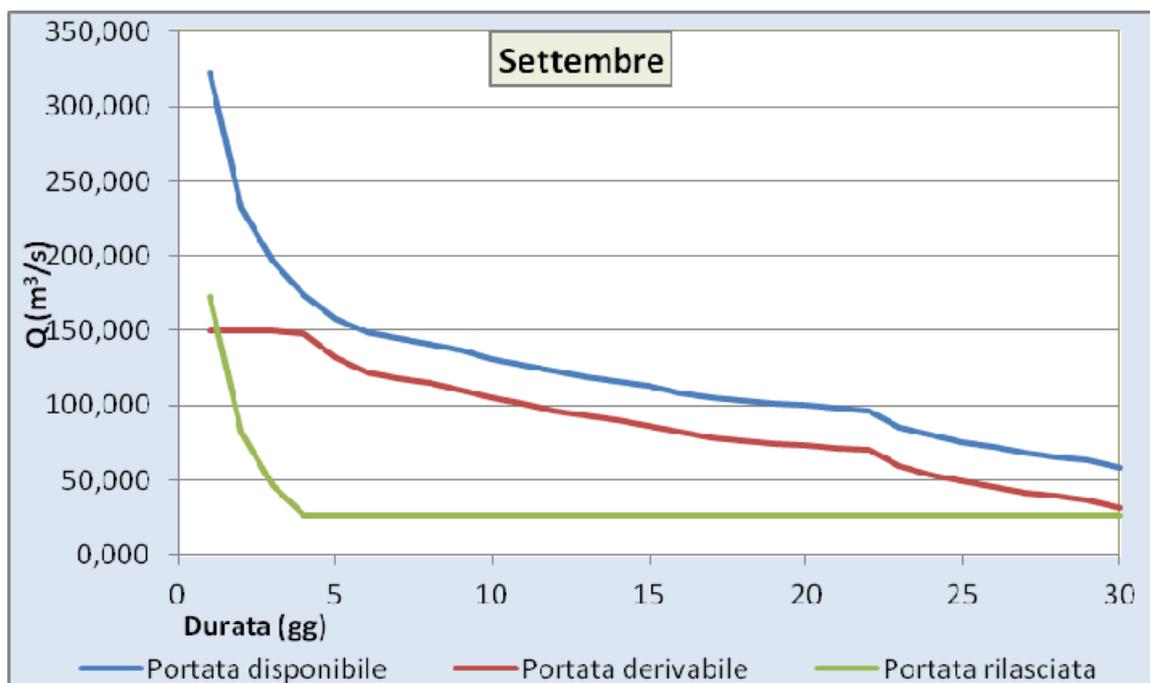


Grafico 18

Tabella 24: Ottobre

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 215.874 | 150.000 | 65.874 |
| 2 | 197.620 | 150.000 | 47.620 |
| 3 | 158.689 | 132.281 | 26.408 |
| 4 | 146.590 | 120.182 | 26.408 |
| 5 | 142.142 | 115.734 | 26.408 |
| 6 | 136.626 | 110.218 | 26.408 |
| 7 | 134.454 | 108.046 | 26.408 |
| 8 | 131.218 | 104.810 | 26.408 |
| 9 | 128.496 | 102.088 | 26.408 |
| 10 | 126.158 | 99.750 | 26.408 |
| 11 | 125.198 | 98.790 | 26.408 |
| 12 | 122.746 | 96.338 | 26.408 |
| 13 | 117.219 | 90.811 | 26.408 |
| 14 | 114.809 | 88.401 | 26.408 |
| 15 | 114.017 | 87.609 | 26.408 |
| 16 | 112.871 | 86.463 | 26.408 |
| 17 | 111.150 | 84.742 | 26.408 |
| 18 | 109.475 | 83.067 | 26.408 |
| 19 | 108.471 | 82.063 | 26.408 |
| 20 | 105.841 | 79.433 | 26.408 |
| 21 | 102.939 | 76.531 | 26.408 |
| 22 | 100.718 | 74.310 | 26.408 |
| 23 | 99.234 | 72.826 | 26.408 |
| 24 | 97.560 | 71.152 | 26.408 |
| 25 | 95.604 | 69.196 | 26.408 |
| 26 | 87.734 | 61.326 | 26.408 |
| 27 | 84.886 | 58.478 | 26.408 |
| 28 | 83.083 | 56.675 | 26.408 |
| 29 | 80.746 | 54.338 | 26.408 |
| 30 | 79.005 | 52.597 | 26.408 |
| 31 | 71.135 | 44.727 | 26.408 |

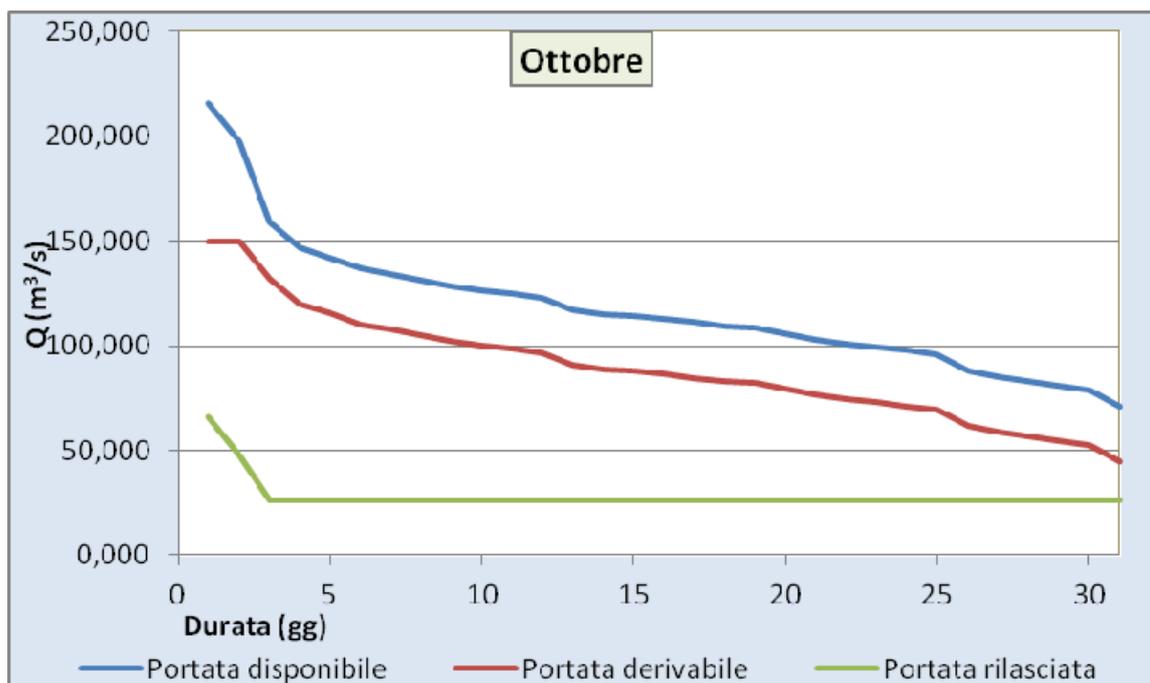


Grafico 19

Tabella 25: Novembre

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 367.733 | 150.000 | 217.733 |
| 2 | 338.935 | 150.000 | 188.935 |
| 3 | 293.157 | 150.000 | 143.157 |
| 4 | 281.621 | 150.000 | 131.621 |
| 5 | 249.256 | 150.000 | 99.256 |
| 6 | 231.382 | 150.000 | 81.382 |
| 7 | 219.021 | 150.000 | 69.021 |
| 8 | 208.440 | 150.000 | 58.440 |
| 9 | 188.462 | 150.000 | 38.462 |
| 10 | 173.848 | 147.440 | 26.408 |
| 11 | 164.744 | 138.336 | 26.408 |
| 12 | 155.437 | 129.029 | 26.408 |
| 13 | 148.059 | 121.651 | 26.408 |
| 14 | 146.960 | 120.552 | 26.408 |
| 15 | 131.844 | 105.436 | 26.408 |
| 16 | 124.653 | 98.245 | 26.408 |
| 17 | 120.445 | 94.037 | 26.408 |
| 18 | 116.836 | 90.428 | 26.408 |
| 19 | 115.152 | 88.744 | 26.408 |
| 20 | 111.613 | 85.205 | 26.408 |
| 21 | 106.645 | 80.237 | 26.408 |
| 22 | 105.889 | 79.481 | 26.408 |
| 23 | 100.213 | 73.805 | 26.408 |
| 24 | 99.028 | 72.620 | 26.408 |
| 25 | 97.674 | 71.266 | 26.408 |
| 26 | 96.522 | 70.114 | 26.408 |
| 27 | 91.800 | 65.392 | 26.408 |
| 28 | 90.138 | 63.730 | 26.408 |
| 29 | 88.256 | 61.848 | 26.408 |
| 30 | 86.109 | 59.701 | 26.408 |

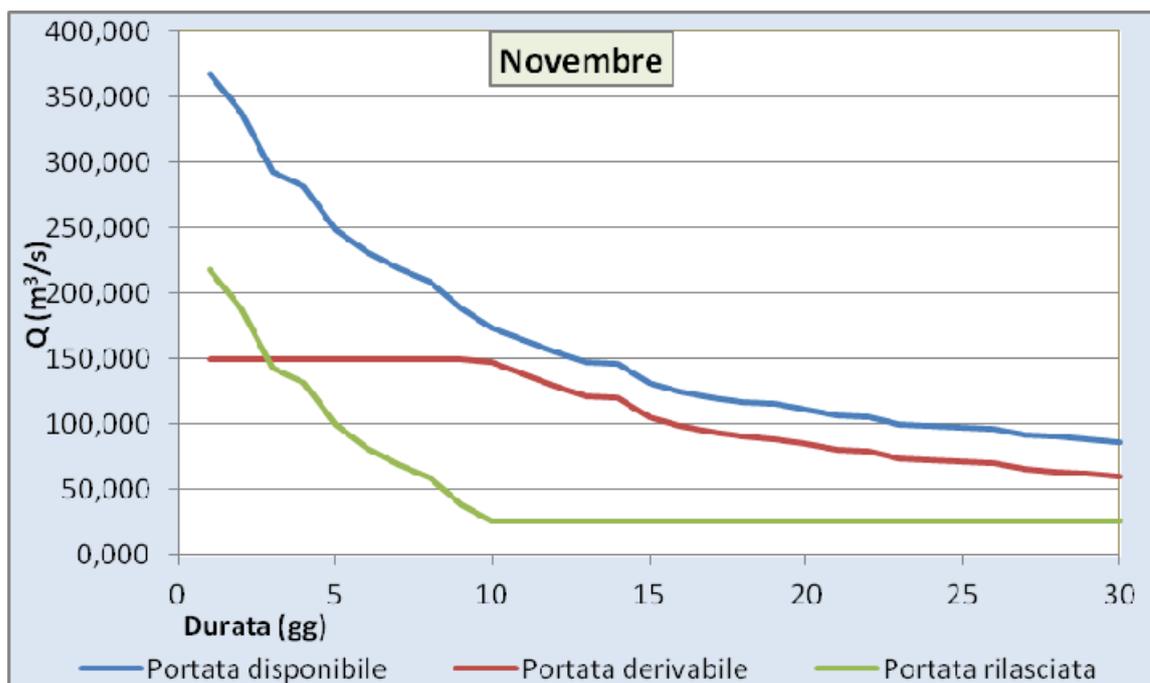


Grafico 20

Tabella 26: Dicembre

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) |
|-------------|---|--|--|
| 1 | 287.616 | 150.000 | 137.616 |
| 2 | 254.059 | 150.000 | 104.059 |
| 3 | 223.490 | 150.000 | 73.490 |
| 4 | 182.071 | 150.000 | 32.071 |
| 5 | 169.994 | 143.586 | 26.408 |
| 6 | 154.644 | 128.236 | 26.408 |
| 7 | 148.194 | 121.786 | 26.408 |
| 8 | 142.964 | 116.556 | 26.408 |
| 9 | 140.063 | 113.655 | 26.408 |
| 10 | 136.600 | 110.192 | 26.408 |
| 11 | 133.546 | 107.138 | 26.408 |
| 12 | 130.237 | 103.829 | 26.408 |
| 13 | 126.514 | 100.106 | 26.408 |
| 14 | 124.848 | 98.440 | 26.408 |
| 15 | 120.071 | 93.663 | 26.408 |
| 16 | 117.292 | 90.884 | 26.408 |
| 17 | 112.816 | 86.408 | 26.408 |
| 18 | 109.005 | 82.597 | 26.408 |
| 19 | 104.059 | 77.651 | 26.408 |
| 20 | 101.614 | 75.206 | 26.408 |
| 21 | 100.129 | 73.721 | 26.408 |
| 22 | 98.093 | 71.685 | 26.408 |
| 23 | 93.542 | 67.134 | 26.408 |
| 24 | 84.754 | 58.346 | 26.408 |
| 25 | 81.103 | 54.695 | 26.408 |
| 26 | 79.031 | 52.623 | 26.408 |
| 27 | 76.403 | 49.995 | 26.408 |
| 28 | 74.155 | 47.747 | 26.408 |
| 29 | 73.395 | 46.987 | 26.408 |
| 30 | 71.817 | 45.409 | 26.408 |
| 31 | 70.723 | 44.315 | 26.408 |

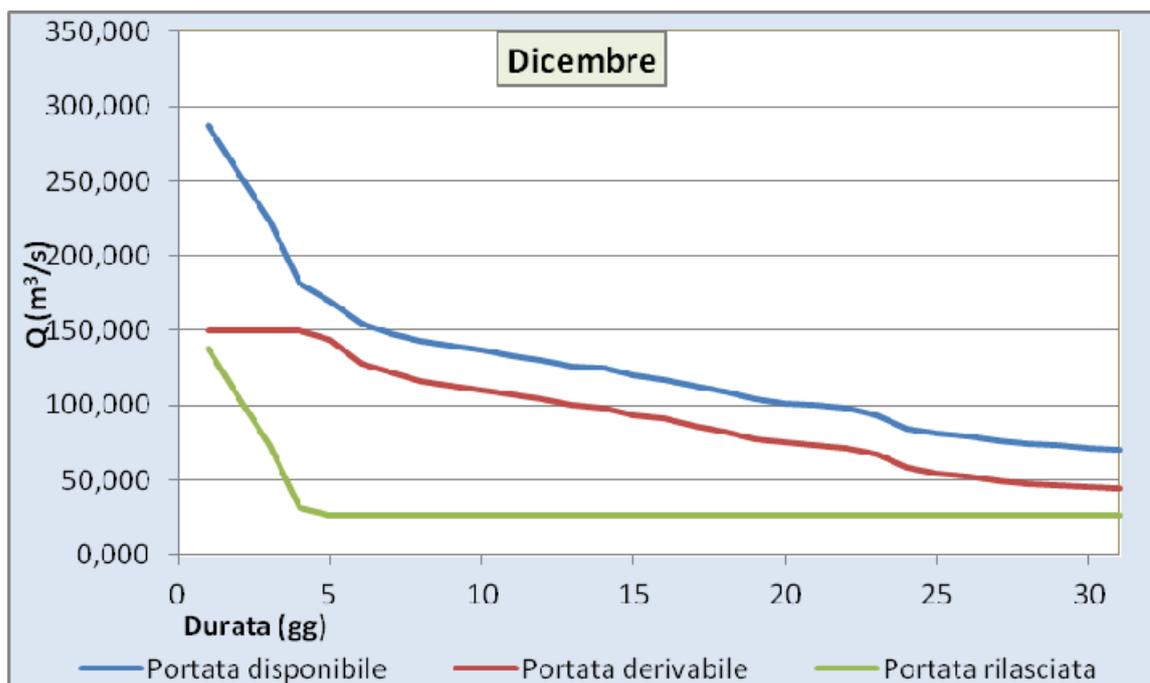


Grafico 21

Dalle curve di durata delle portate si sono ricavati i valori medi mensili ed annui di portata. Di seguito se ne riportano i valori ed i rapporti di prelievo rispetto alla disponibilità nel fiume.

Tabella 27: Portate medie mensili ed annue

| Durata (gg) | Portata disponibile (m ³ /s) | Portata derivabile (m ³ /s) | Portata rilasciata (m ³ /s) | Rapporto |
|-------------|---|--|--|----------|
| Gen | 92,547 | 66,139 | 26,408 | 71,5% |
| Feb | 93,978 | 67,570 | 26,408 | 71,9% |
| Mar | 99,034 | 72,626 | 26,408 | 73,3% |
| Apr | 109,706 | 80,355 | 29,351 | 73,2% |
| Mag | 141,334 | 94,170 | 47,164 | 66,6% |
| Giu | 107,553 | 76,608 | 30,945 | 71,2% |
| Lug | 65,576 | 39,824 | 25,752 | 60,7% |
| Ago | 77,930 | 51,045 | 26,884 | 65,5% |
| Set | 122,227 | 88,389 | 33,838 | 72,3% |
| Ott | 117,494 | 89,128 | 28,365 | 75,9% |
| Nov | 161,662 | 108,910 | 52,753 | 67,4% |
| Dic | 126,543 | 92,342 | 34,202 | 73,0% |
| Anno | 109,589 | 77,215 | 32,375 | 70,5% |

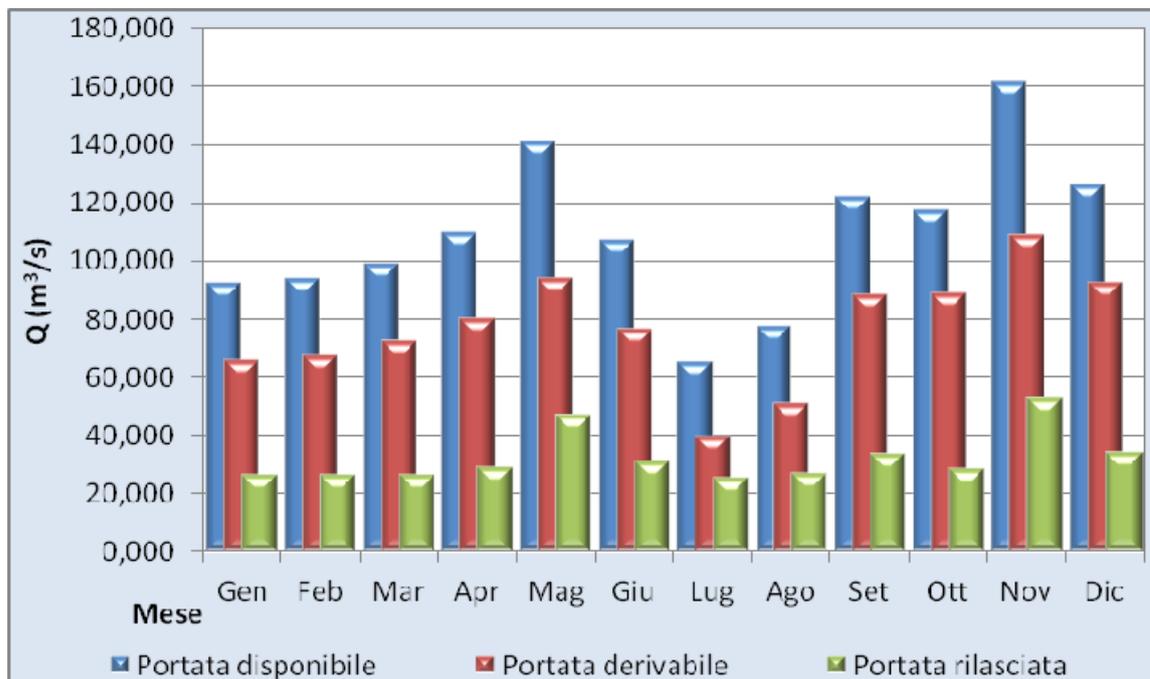


Grafico 22: Portate medie mensili

Nell'anno medio l'impianto deriva la portata massima d'esercizio 35 gg/anno e per 314 gg/anno la centrale produce energia idroelettrica con portate comprese tra quella minima (10,000 m³/s) e quella massima d'esercizio (150,000 m³/s). Quindi la centrale idroelettrica in progetto rimane mediamente inattiva per 16 gg/anno.

6. ANNO IDROLOGICO SCARSO

L'anno idrologico scarso è quello caratterizzato da portate medie con frequenza di superamento dell'80%.

6.1. Dati di riferimento

Come per la valutazione dei deflussi dell'anno medio, l'analisi dell'anno idrologico scarso si basa sui valori di portata misurati nella Stazione di Pizzighettone (CR) sul fiume Adda.

Per l'analisi dell'anno idrologico scarso si esaminano esclusivamente i dati relativi agli anni completi di misura. La Tabella 28 riporta i dati medi mensili ed annui relativi ai predetti anni in cui non sono presenti lacune nelle misure.

Tabella 28: Valori ordinati delle portate medie mensili del fiume Adda a Pizzighettone

| Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2005 | 81,00 | 60,39 | 60,90 | 111,41 | 97,71 | 27,10 | 55,51 | 66,99 | 141,24 | 147,18 | 68,21 | 53,44 |
| 2006 | 27,25 | 72,00 | 88,98 | 107,21 | 61,66 | 35,10 | 22,60 | 91,20 | 88,83 | 127,67 | 69,10 | 103,20 |
| 2007 | 43,33 | 43,85 | 52,35 | 36,42 | 38,47 | 162,71 | 96,91 | 124,90 | 154,45 | 120,96 | 80,04 | 59,89 |
| 2008 | 80,68 | 86,66 | 89,35 | 136,74 | 287,47 | 256,85 | 202,96 | 105,13 | 175,16 | 132,44 | 314,50 | 222,27 |
| 2009 | 170,08 | 210,28 | 179,60 | 234,90 | 257,11 | 174,41 | 170,02 | 129,79 | 138,89 | 135,59 | 133,38 | 203,75 |
| 2010 | 164,94 | 146,38 | 150,02 | 174,64 | 417,95 | 210,83 | 50,99 | 172,83 | 196,96 | 227,73 | 410,25 | 246,75 |
| 2011 | 195,07 | 153,20 | 186,77 | 112,08 | 59,34 | 189,26 | 138,42 | 77,07 | 172,78 | 152,86 | 235,92 | 125,51 |

Anche l'analisi della curva di durata della portata dell'anno idrologico scarso è compiuta per soli anni esenti da lacune, come per la valutazione dei deflussi dell'anno medio. I valori caratteristici delle curve di durata delle portate utilizzate per l'elaborazione dell'anno idrologico scarso sono riportate nella successiva Tabella 29.

Tabella 29: Valori ordinati dei dati caratteristici delle curve di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone

| Anno | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2005 | 178,22 | 106,41 | 73,51 | 49,16 | 18,15 |
| 2006 | 173,81 | 103,98 | 70,69 | 34,30 | 18,17 |
| 2007 | 224,15 | 127,90 | 58,62 | 41,44 | 20,16 |
| 2008 | 498,92 | 216,73 | 143,16 | 90,17 | 58,89 |
| 2009 | 433,83 | 190,99 | 163,06 | 135,11 | 105,41 |
| 2010 | 603,17 | 237,87 | 175,95 | 147,15 | 46,21 |
| 2011 | 345,46 | 178,45 | 146,69 | 109,36 | 37,76 |

6.2. Portate dell'anno idrologico scarso

6.2.1. Portate medie mensili ed annua

La prossima tabella contiene le portate medie mensili del Fiume Adda a Pizzighettone (CR) disposte in ordine decrescente. La frequenza cumulata di non superamento è data dal rapporto tra il numero di anni con portate maggiori od uguali a quella considerata ed il numero totale di anni analizzati incrementato di 1.

Tabella 30: Valori ordinati delle portate medie mensili del fiume Adda a Pizzighettone

| Frequenza | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 12,5% | 195,07 | 210,28 | 186,77 | 234,90 | 417,95 | 256,85 | 202,96 | 172,83 | 196,96 | 227,73 | 410,25 | 246,75 |
| 25,0% | 170,08 | 153,20 | 179,60 | 174,64 | 287,47 | 210,83 | 170,02 | 129,79 | 175,16 | 152,86 | 314,50 | 222,27 |
| 37,5% | 164,94 | 146,38 | 150,02 | 136,74 | 257,11 | 189,26 | 138,42 | 124,90 | 172,78 | 147,18 | 235,92 | 203,75 |
| 50,0% | 81,00 | 86,66 | 89,35 | 112,08 | 97,71 | 174,41 | 96,91 | 105,13 | 154,45 | 135,59 | 133,38 | 125,51 |
| 62,5% | 80,68 | 72,00 | 88,98 | 111,41 | 61,66 | 162,71 | 55,51 | 91,20 | 141,24 | 132,44 | 80,04 | 103,20 |
| 75,0% | 43,33 | 60,39 | 60,90 | 107,21 | 59,34 | 35,10 | 50,99 | 77,07 | 138,89 | 127,67 | 69,10 | 59,89 |
| 87,5% | 27,25 | 43,85 | 52,35 | 36,42 | 38,47 | 27,10 | 22,60 | 66,99 | 88,83 | 120,96 | 68,21 | 53,44 |
| 80% | 36,90 | 53,77 | 57,48 | 78,90 | 50,99 | 31,90 | 39,64 | 73,04 | 118,87 | 124,98 | 68,74 | 57,31 |

La portata media riferita alla frequenza di superamento dell'80% è calcolata per interpolazione lineare dei dati attigui.

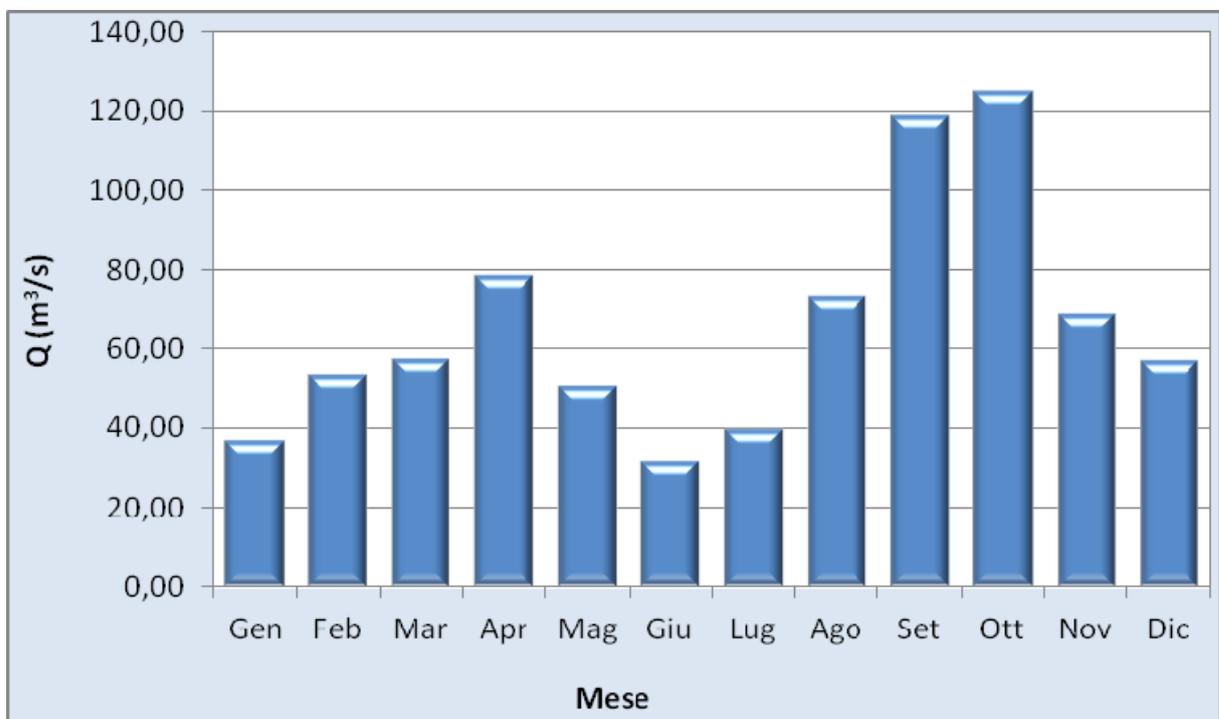


Grafico 23: Portate medie mensili dell'anno idrologico scarso del fiume Adda a Pizzighettone

6.3. Curva di durata delle portate

La tabella successiva riporta i valori caratteristici delle curve di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone (CR) ordinati in modo decrescente.

Tabella 31: Disposizione ordinata delle curve di durata delle portate del fiume Adda a Pizzighettone

| Frequenza | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 12,5% | 603,17 | 237,87 | 175,95 | 147,15 | 105,41 |
| 25,0% | 498,92 | 216,73 | 163,06 | 135,11 | 58,89 |
| 37,5% | 433,83 | 190,99 | 146,69 | 109,36 | 46,21 |
| 50,0% | 345,46 | 178,45 | 143,16 | 90,17 | 37,76 |
| 62,5% | 224,15 | 127,90 | 73,51 | 49,16 | 20,16 |
| 75,0% | 178,22 | 106,41 | 70,69 | 41,44 | 18,17 |
| 87,5% | 173,81 | 103,98 | 58,62 | 34,30 | 18,15 |
| 80% | 176,46 | 105,44 | 65,86 | 38,58 | 18,16 |

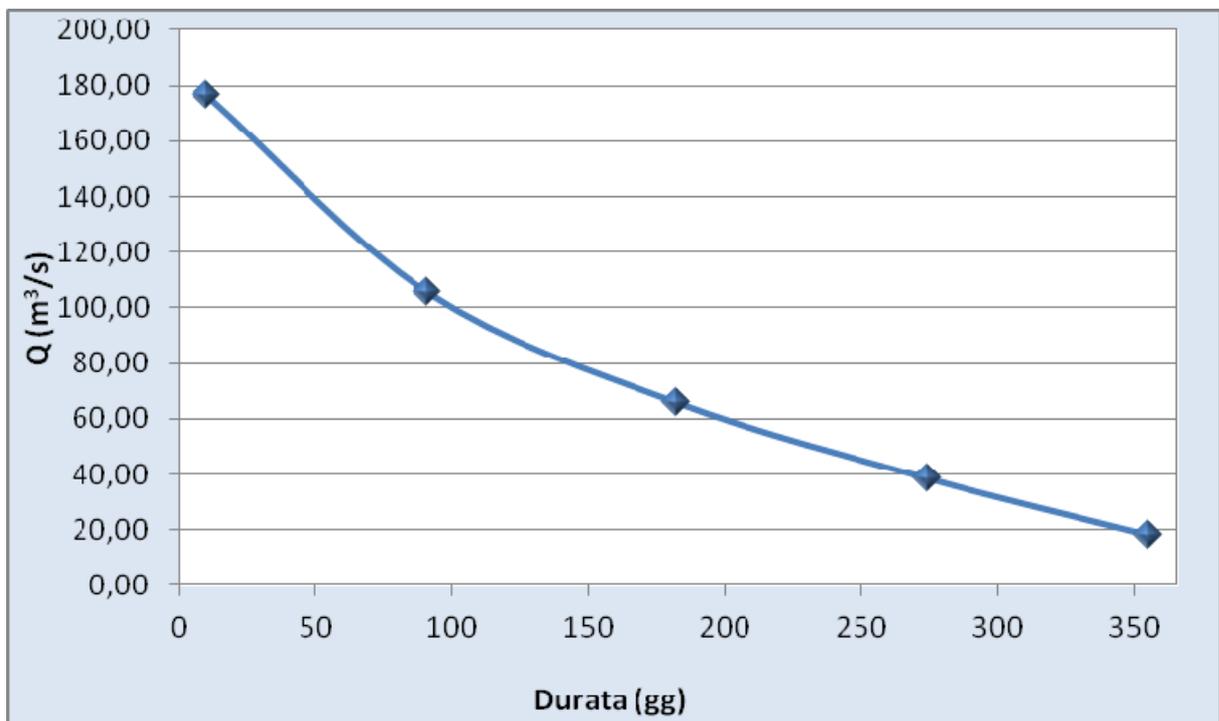


Grafico 24: Curva di durata delle portate dell'anno idrologico scarso del fiume Adda a Pizzighettone

6.4. Confronto tra l'anno idrologico scarso e quello medio

Nella Tabella 32 sono riportate le portate medie annua e mensili dell'anno idrologico scarso e di quello medio per farne un confronto.

I dati riportati sono relativi al fiume Adda nella sezione di misura di Pizzighettone (CR), poiché non si conosce con adeguata precisione l'influenza, nell'anno idrologico scarso, degli apporti delle immissioni laterali nel tratto compreso tra l'impianto idroelettrico e la stazione di rilievo idrometrico.

Tabella 32: Confronto delle portate medie dell'anno idrologico scarso e di quello medio (m^3/s)

| Periodo | Anno | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Anno scarso (A) | 66,05 | 36,90 | 53,77 | 57,48 | 78,90 | 50,99 | 31,90 | 39,64 | 73,04 | 118,87 | 124,98 | 68,74 | 57,31 |
| Anno medio (B) | 136,64 | 108,91 | 110,39 | 115,42 | 130,49 | 174,24 | 150,89 | 105,35 | 109,70 | 152,62 | 149,20 | 187,34 | 144,97 |
| Rapporto (A/B) | 48% | 34% | 49% | 50% | 60% | 29% | 21% | 38% | 67% | 78% | 84% | 37% | 40% |

Il rapporto è calcolato come frazione tra i dati medi dell'anno idrologico scarso e quelli dell'anno medio.

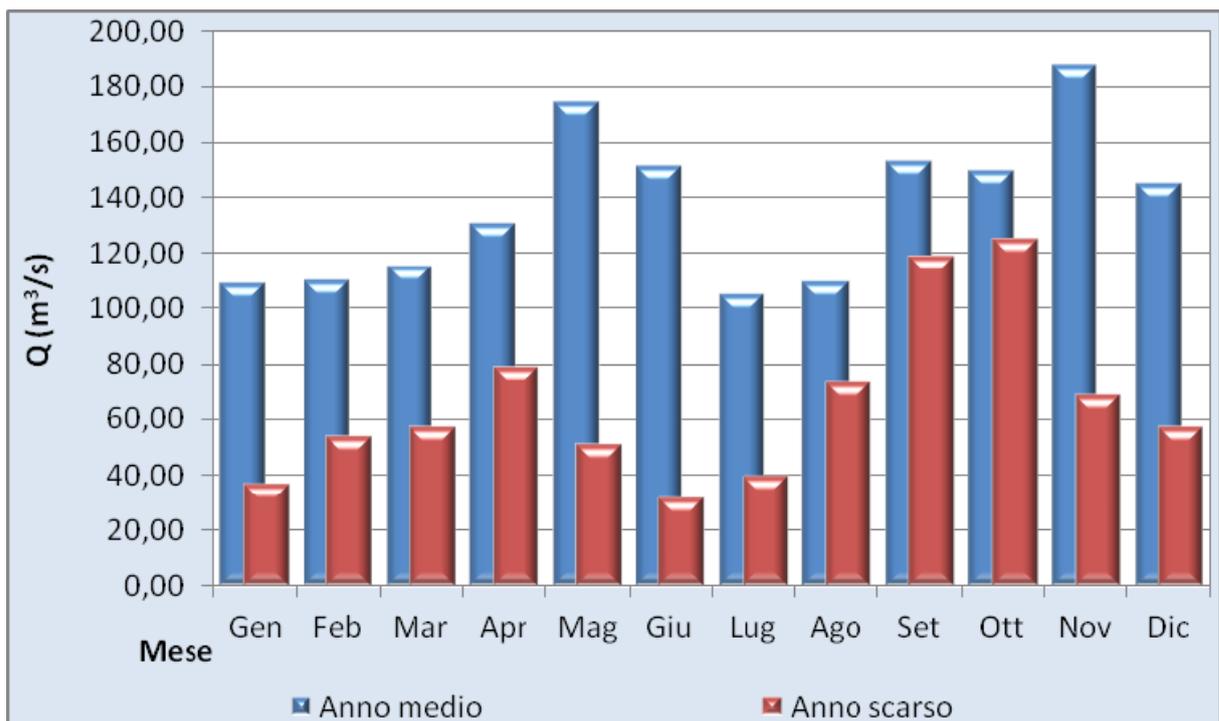


Grafico 25: Confronto delle portate medie dell'anno idrologico scarso e di quello medio

Le portate dell'anno idrologico scarso sono mediamente pari al 48% di quelle dell'anno medio. La differenza è più elevata a Giugno, mese in cui il rapporto è pari al 21%. Quella minima, invece, è nel mese di Ottobre con un rapporto dell'84%.

L'analisi più ampia dei risultati evidenzia che l'anno idrologico scarso è particolarmente parco di portata nel periodo invernale e primaverile, mentre all'inizio dell'autunno la differenza con l'anno medio è particolarmente contenuta.

La Tabella 33 ed il Grafico 26 mettono a confronto le portate riferite alle durate convenzionali dell'anno idrologico scarso e dell'anno medio.

Tabella 33: Confronto delle curve di durata delle portate dell'anno idrologico scarso e di quello medio (m^3/s)

| Durata (gg) | 10 | 91 | 182 | 274 | 355 |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Anno scarso (A) | 176,46 | 105,44 | 65,86 | 38,58 | 18,16 |
| Anno medio (B) | 351,08 | 166,05 | 118,81 | 86,67 | 43,54 |
| Rapporto (A/B) | 50% | 63% | 55% | 45% | 42% |

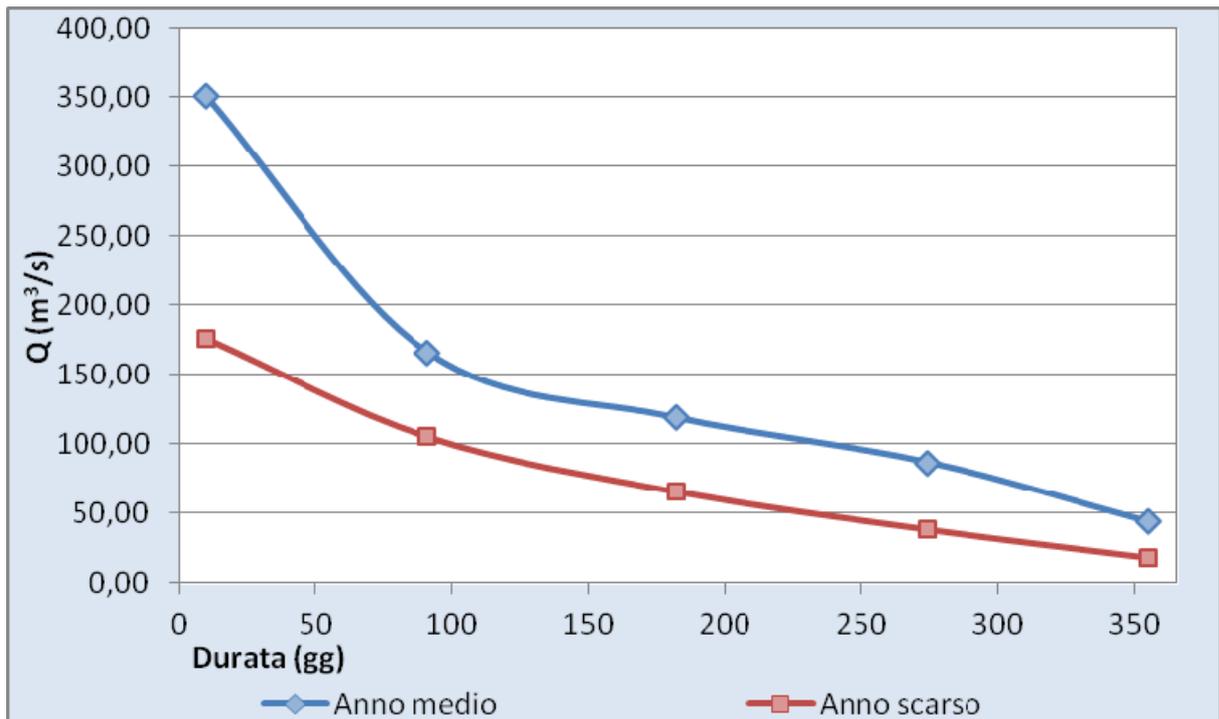


Grafico 26: Confronto delle curve di durata delle portate dell'anno idrologico scarso e di quello medio

Il rapporto tra le portate dell'anno idrologico scarso e quelle dell'anno medio possiede un andamento crescente per durate brevi e decrescente per quelle prolungate. Il rapporto calcolato è compreso tra il 42% ed il 63%, valori relativi alle durate convenzionali di 355 gg e 91 gg.

7. ANALISI DEL REGIME DI MAGRA

7.1. Analisi statistica

Di seguito si procede alla ricostruzione dei regimi di magra in termini di frequenza e di persistenza del fiume Adda presso la briglia di Pizzighettone (CR).

Il tempo di permanenza di un fenomeno di magra può essere definito come il tempo per cui la portata media giornaliera rimane inferiore ad un valore di soglia prefissato. L'analisi sviluppata sulle serie storiche giornaliere dei dati di portata misurati è stata volta a definire, anno per anno, alcuni valori di portata di riferimento legati a diverse durate consecutive in giorni; sono stati cioè individuati i valori soglia di portata (minimi annui) che, su differenti estensioni di durata consecutiva, individuano periodi con portate di entità minore.

L'analisi è stata svolta applicando, per ogni anno di misura il metodo della media mobile su 365 valori, con finestre temporali di 7, 15 e 30 gg (L'analisi con finestra temporale di 30 giorni è stata condotta su anni fittizi non solari, nel senso che la media mobile è stata calcolata sempre su 30 giorni consecutivi, quindi considerando sempre anche l'anno successivo a quello in esame, quando disponibile).

Partendo dalla serie dei dati rilevati X_i si eseguono le medie $Y_{i,N}$ per gruppi di termini successivi:

$$Y_{i,N} = \frac{X_i + X_{i+1} + \dots + X_{i+N-1}}{N}$$

in cui:

- N durata della finestra temporale, {7;15;30} gg;
- i indica il giorno di inizio della finestra temporale, $[1;365 - N]$;
- $Y_{i,N}$ valore medio della portata per l' i -esimo intervallo;
- X_j dato di portata media giornaliera rilevato nell' i -esimo intervallo, $j \in [i; i + N - 1]$.

Nelle serie di valori medi, per ogni anno e per ogni finestra temporale analizzati, si è cercata la portata minima. La Tabella 34 riassume i dati calcolati come specificato e li confronta con la portata media giornaliera minima annua.

Tabella 34: Valori di portata del fiume Adda a Pizzighettone (CR)

| Anno | 1 gg | 7 gg | 15 gg | 30 gg |
|------|-------|--------|--------|--------|
| 2005 | 16,79 | 17,25 | 18,08 | 25,47 |
| 2006 | 17,80 | 18,08 | 19,22 | 22,52 |
| 2007 | 16,65 | 20,37 | 21,15 | 29,10 |
| 2008 | 28,58 | 42,24 | 61,61 | 81,01 |
| 2009 | 98,98 | 104,11 | 109,51 | 119,36 |
| 2010 | 31,12 | 35,48 | 42,00 | 49,97 |
| 2011 | 28,23 | 34,00 | 43,12 | 51,11 |

Nella seguente Tabella 35, per ogni finestra temporale considerata, si sono riportati i valori della portata di magra e minima riferiti agli anni analizzati affiancati dal valore della frequenza cumulata di non superamento.

Tabella 35: Portate di magra del fiume Adda a Pizzighettone (CR)

| Frequenza cumulata | 1 gg | 7 gg | 15 gg | 30 gg |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|
| 87,5% | 98,98 | 104,11 | 109,51 | 119,36 |
| 75,0% | 31,12 | 42,24 | 61,61 | 81,01 |
| 62,5% | 28,58 | 35,48 | 43,12 | 51,11 |
| 50,0% | 28,23 | 34,00 | 42,00 | 49,97 |
| 37,5% | 17,80 | 20,37 | 21,15 | 29,10 |
| 25,0% | 16,79 | 18,08 | 19,22 | 25,47 |
| 12,5% | 16,65 | 17,25 | 18,08 | 22,52 |

Il seguente Grafico 27 rappresenta la variazione del valore di magra in funzione della frequenza cumulata di non superamento e della finestra temporale considerata.

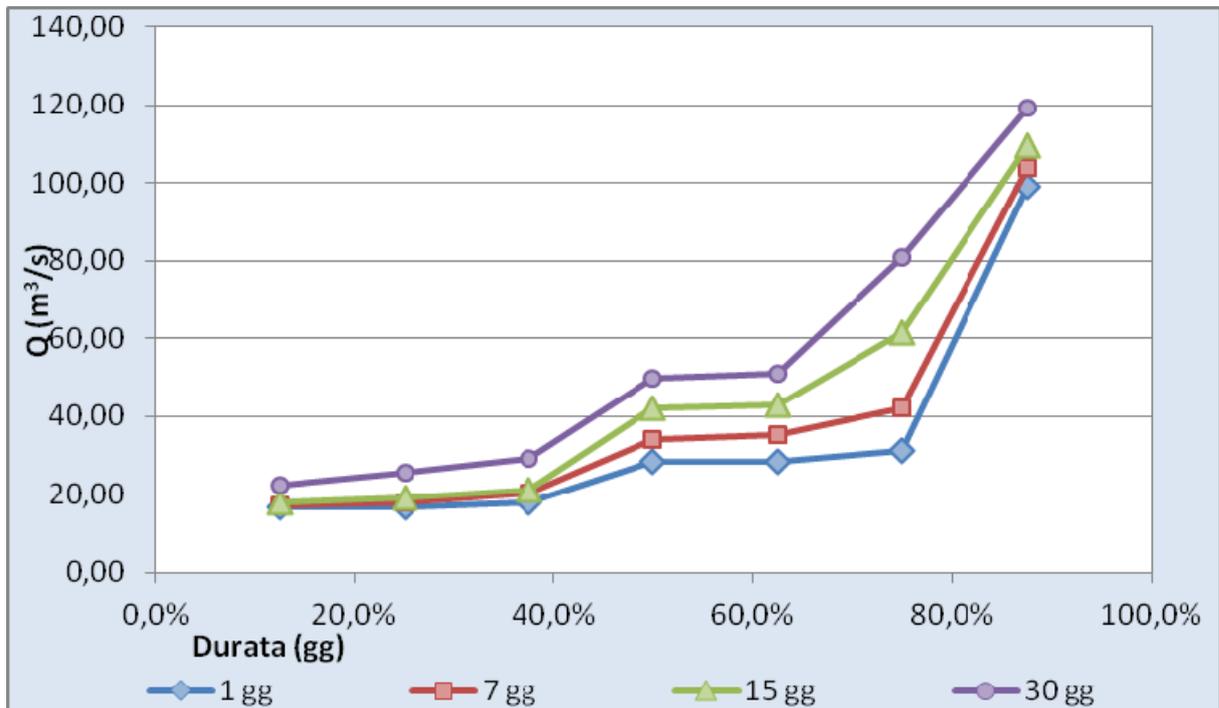


Grafico 27: Portate di magra

Durante l'elaborazione dei dati è emerso che i periodi di magra sono principalmente concentrati nei mesi primaverili ed estivi.

7.2. Portata di magra

Per la verifica idraulica del Fiume Adda presso l'impianto idroelettrico in progetto è necessario stabilire un valore univoco della portata di magra, perciò si ricorre ad un procedimento empirico. La portata di magra corrisponde alla portata minima con un tempo di ritorno biennale, quindi con frequenza di superamento del 50%.

La seguente Tabella 36 riporta i valori ordinati in modo decrescente delle portate minime annue relative alla sezione di misura di Pizzighettone (CR) desunte dall'analisi di determinazione dei deflussi.

Tabella 36: Valori ordinati delle portate minime

| Frequenza cumulata | Q (m ³ /s) |
|--------------------|-----------------------|
| 12,5% | 98,98 |
| 25,0% | 31,12 |
| 37,5% | 28,58 |
| 50,0% | 28,23 |
| 62,5% | 17,80 |
| 75,0% | 16,79 |
| 87,5% | 16,65 |

La portata di magra del Fiume Adda nella sezione di misura è 28,23 m³/s.

Ai fini della verifica idraulica si ipotizza che in condizioni di magra gli apporti laterali del tratto di fiume compreso tra la presa in progetto e la stazione di misura siano trascurabili.

Pertanto la portata di magra del fiume Adda presso l'impianto idroelettrico in progetto corrisponde a quella della sezione di misura, cioè 28,23 m³/s.

8. PORTATA DI MASSIMA PIENA

La Direttiva “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce A e B” del Piano Stralcio delle Fasce fluviali, al paragrafo 2.5. “Portate di piena”, specifica:

“La portata di piena di riferimento da assumere per le valutazioni idrauliche è quella per cui è stata condotta la delimitazione della fascia B.

I valori di riferimento delle portate di piena nelle diverse sezioni dei corsi d’acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali sono definiti dall’Autorità di bacino nell’ambito di apposita direttiva. ...”

L’Autorità di Bacino del Fiume Po attraverso la “Direttiva sulla piena da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” contenuta nel “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico” ha definito le portate di massima piena per la definizione delle fasce fluviali.

Nella Tabella 5 del sopraccitato documento sono riassunte le portate di massima piena utilizzate per delimitare le fasce A e B sul fiume Adda. La presa dell’impianto idroelettrico in progetto è situata tra le sezioni 66 e 65 e la restituzione tra le sezioni 59 e 58, quindi i valori di portata da assumersi per la valutazione di compatibilità idraulica dell’intervento sono quelli della sezione 68 Bocca di Serio, per la quale è riportata solamente la portata di massima piena con tempo di ritorno di duecento anni.

A titolo cautelativo, siccome la restituzione in progetto è ubicata sull’asta fluviale a valle dell’immissione del Serio Morto a Gombito, si utilizzano i dati relativi alla sezione 30 di Pizzighettone, di seguito elencati:

- $Q_{20} = 1440 \text{ m}^3/\text{s};$
- $Q_{100} = 1840 \text{ m}^3/\text{s};$
- $Q_{200} = 2000 \text{ m}^3/\text{s};$
- $Q_{500} = 2220 \text{ m}^3/\text{s}.$

La successiva Figura 2 mostra l’ubicazione delle sezioni significative del fiume Adda per cui l’Autorità di Bacino del Fiume Po ha definito le portate di massima piena per la perimetrazione delle fasce fluviali A e B.

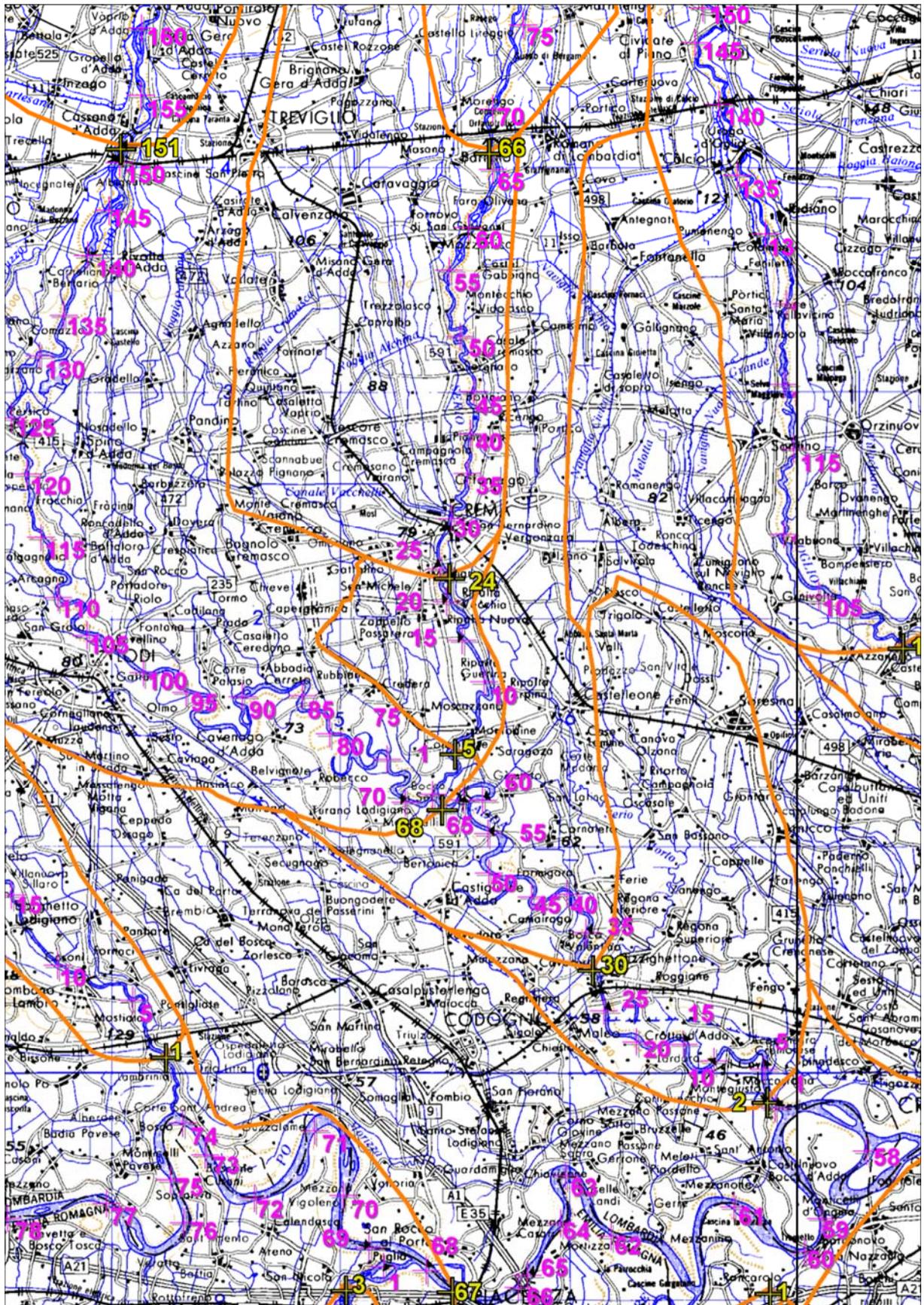


Figura 2: Ubicazione delle sezioni significative del fiume Adda