



Piano del Bilancio Idrico per il Distretto del fiume Po

Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po –
Art. 14 dell'Allegato "Misure urgenti e indirizzi attuativi generali del Piano di Gestione"
alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1/2010 di adozione del Piano di Gestione.
Proposta per l'Approvazione del Comitato Tecnico e del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume
Po

Allegato 1 alla Relazione Generale

Bilancio idrico dell'asta del fiume Po

Data	Creazione:	Modifica: 06/10/2016
Tipo	Relazione	
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 87	
Identificatore	06_10_2016_Allegato1_Bilancio_Asta_Po.doc	
Lingua	it-IT	
Gestione dei diritti	 CC-by-nc-sa	

Metadata estratto da Dublin Core Standard ISO 15836







Indice

1.	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL PO	5
1.1.	L'idrologia del distretto del Po	5
1.1.1.	Afflussi	8
1.1.2.	Deflussi	18
1.1.3.	Idrologia degli ultimi dieci anni	24
1.2.	Confronto tra curve di durata osservate e naturalizzate	33
1.3.	Sistema dei grandi laghi alpini regolati e dei serbatoi montani	37
1.4.	Fiume Po – Calcolo del bilancio idrico	40
2.	DISPONIBILITA' IDRICA	43
3.	QUADRO DEGLI USI	50
3.1.	Ricostruzione della domanda idrica media a monte delle sei sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta Po.	51
3.2.	Analisi delle concessioni	62
4.	RIFERIMENTI PER LA VALUTAZIONE DEL BILANCIO IDRICO	64
4.1.	Portata limite a Pontelagoscuro	64
4.1.	Definizione del DMV	65
4.2.	Portate ecologiche	66
4.3.	Valori limite per l'indicatore WEI+, valori di riferimento per il riequilibrio del Bilancio idrico dal Piano Valtellina.	66
4.4.	Valutazione dello stato e delle misure necessarie	69
5.	STATO DEL BILANCIO IDRICO SUPERFICIALE	71
5.1.	WEI+ nel bacino del Po	71
5.2.	Saldo idrico	75
5.3.	Bilancio idrico	77
5.4.	Osservazioni sull'utilizzo dei valori di concessione	79
5.5.	Analisi della serie	82
5.5.1.	Saldo idrico mensile	82
5.6.	Squilibri e analisi dell'impatto potenziale	87





1. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL PO

L'idrologia del Po è studiata fin dal XIX secolo, anche se solo l'avvento dell'Ufficio Idrografico e Mareografico del Po, avvenuto nel 1912, ha dato avvio al monitoraggio sistematico delle grandezze idrologiche, rendendo disponibili sino ad oggi serie preziosissime a partire dal 1923. Si rimanda alla estesa bibliografia dell'Ex Ufficio Idrografico, ed ai Piani dell'Autorità di Bacino (PAI; PGR, PDGPO) per la descrizione generale del bacino ed una compiuta trattazione dell'idrologia che lo caratterizza. Nel presente capitolo si fornisce un aggiornamento delle grandezze idro-pluviometriche utili al calcolo ed alla caratterizzazione del bilancio idrico, ovvero afflussi, deflussi, disponibilità naturale, evoluzione stagionale di tali grandezze.

1.1. L'idrologia del distretto del Po

L'asta del Po nel tratto considerato è dotata di numerose stazioni idrometriche in funzione dal terzo decennio del secolo scorso, utilizzate come riferimento per le analisi idrologiche e la redazione degli annali dall'ex Ufficio Idrografico ed attualmente dai Servizi Idrografici Regionali. Per quanto riguarda la misura delle portate di Po quindi sono disponibili serie di dati estese e caratterizzate da un eccellente livello qualitativo.

Nell'ambito del Piano del bilancio idrico, relativamente all'asta del fiume Po sono prese a riferimento 7 stazioni idrografiche storiche caratterizzate da serie di osservazioni molto estese nel tempo, per le quali sono pubblicati i dati sugli Annali Idrologici a partire all'incirca dal 1920. Le loro caratteristiche sono riportate da Figura 1 a Figura 6. (Vedere anche "1.4 Fiume Po – Calcolo del bilancio idrico")¹.

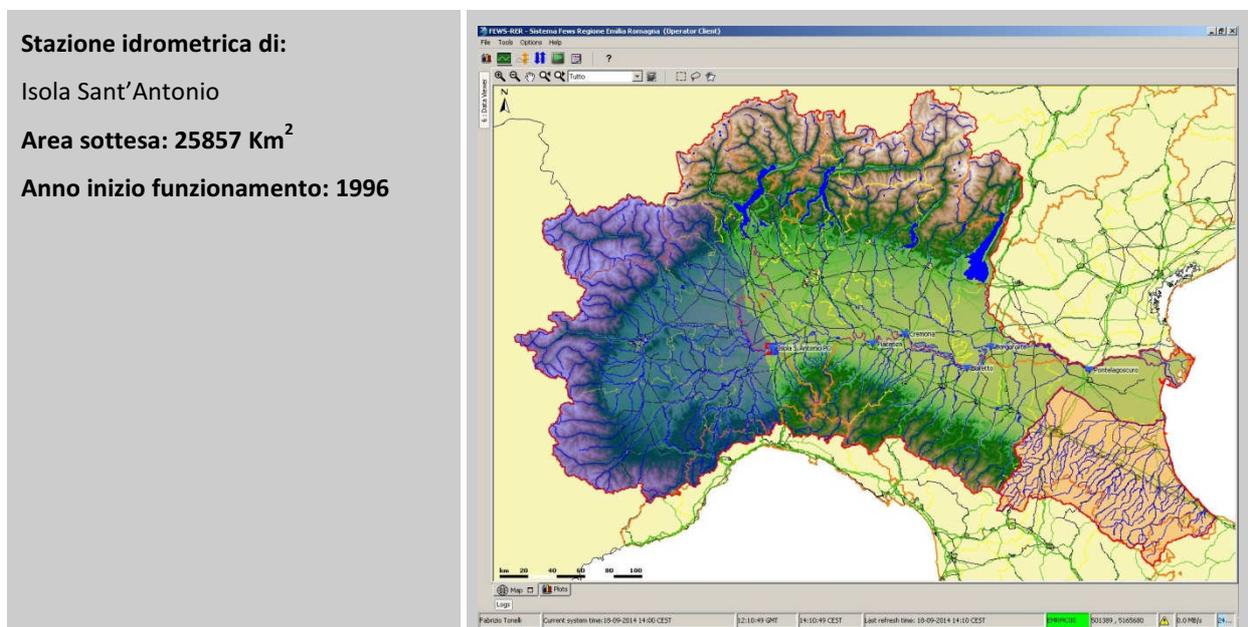


Figura 1 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Isola Sant'Antonio sul Po.

¹ I dati relativi alla stazione di San Sebastiano Po, pur inserita nell'elenco delle sezioni di riferimento, verranno integrati in seguito all'adozione del presente Piano.

Stazione idrometrica di:

Piacenza

Area sottesa: 42030 Km²

Anno inizio funzionamento: 1923

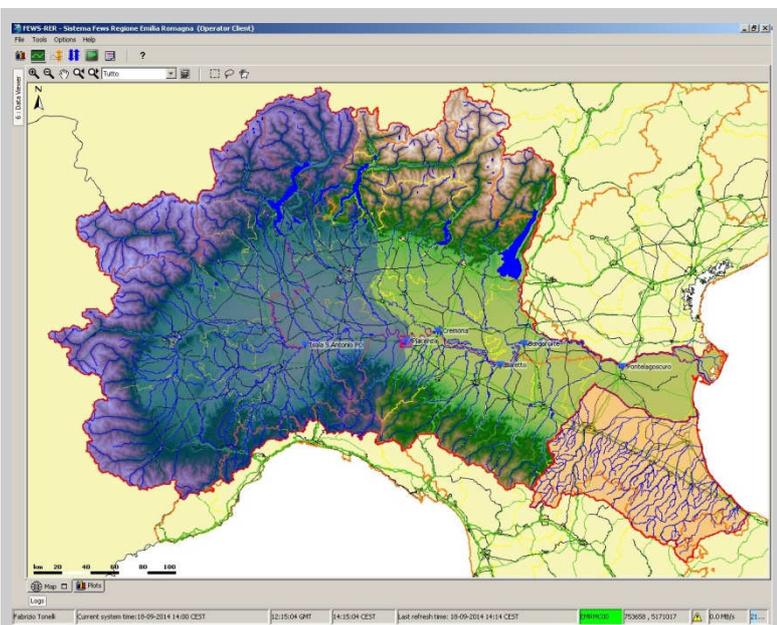


Figura 2 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Piacenza sul Po.

Stazione idrometrica di:

Cremona

Area sottesa: 50726 Km²

Anno inizio funzionamento: 1932

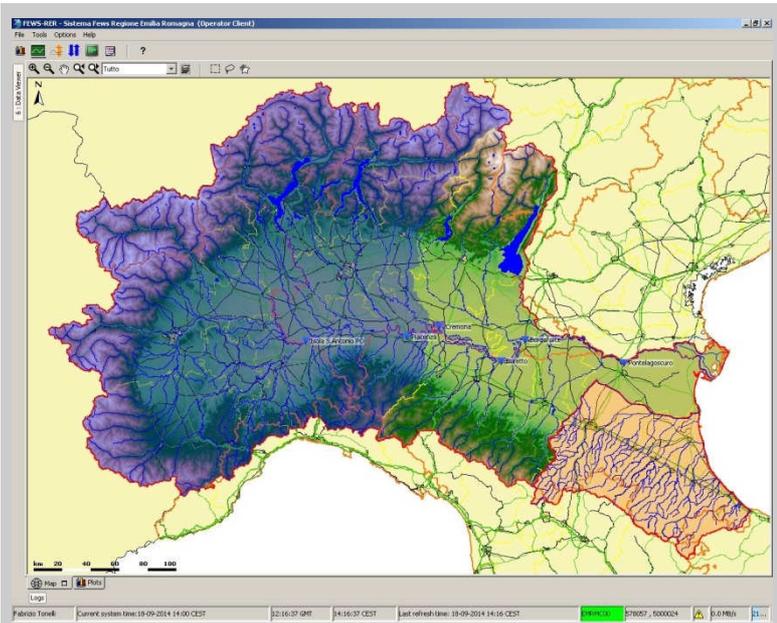


Figura 3 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Cremona sul Po.



Stazione idrometrica di:

Boretto

Area sottesa: 55183 Km²

Anno inizio funzionamento: 1943

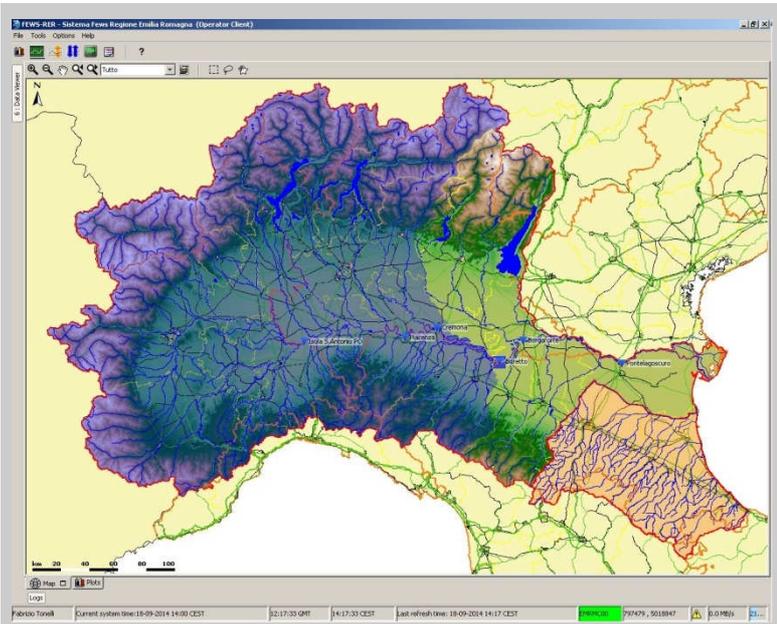


Figura 4 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Boretto sul Po.

Stazione idrometrica di:

Borgoforte

Area sottesa: 62450 Km²

Anno inizio funzionamento: 1924

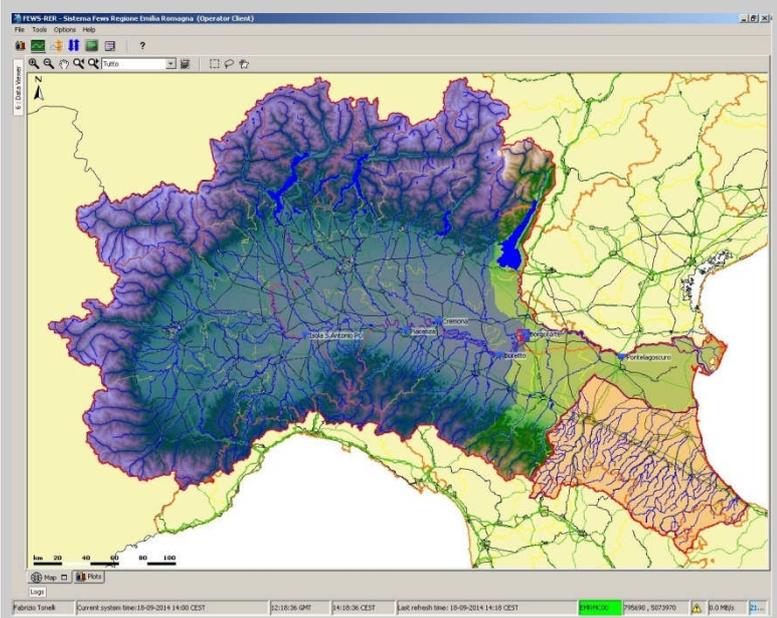


Figura 5 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Borgoforte sul Po.

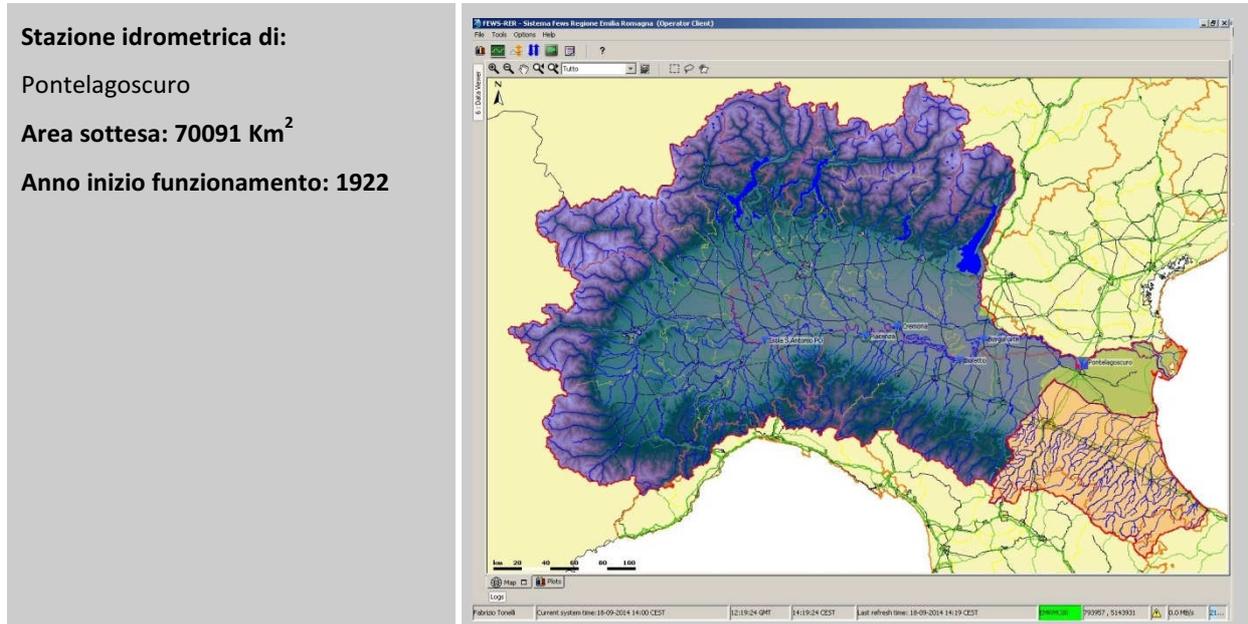


Figura 6 - Ubicazione e caratteristiche della stazione idrometrica di Pontelagoscuro sul Po.

1.1.1. Afflussi

Il bacino del Po si trova in corrispondenza di un limite naturale tra il clima di tipo mediterraneo ed il clima di tipo centro europeo continentale, costituendo una regione di transizione tra regimi pluviometrici e termometrici molto diversi tra loro. La regione padana, posta a ridosso del 45° parallelo, lungo il quale si sviluppa per gran parte del suo corso il fiume Po, si trova infatti in estate al limite tra la cella di Hadley equatoriale e la cella di Ferrel settentrionale. **A causa di ciò la caratteristica più rappresentativa dell'idrologia padana nel contesto europeo è la variabilità: essa si esplica attraverso valori dei parametri climatici, e conseguentemente di quelli idrologici, molto variabili sia nella dimensione temporale (stagionale, annuale ed interannuale) che in quella dello spazio (area alpina, area appenninica, regioni di pianura).**

Il clima del bacino padano è significativamente influenzato dall'orografia, e viene tradizionalmente classificato attraverso *regimi termici* e *tipi pluviometrici* che sono sinteticamente riproposti nel seguito.

Il sistema alpino ripara la pianura padana dai venti freddi settentrionali e modifica la circolazione degli strati più bassi dell'atmosfera, con un *effetto barriera* che altera il percorso delle masse d'aria. Il sistema appenninico protegge la Liguria dai venti freddi settentrionali e riduce notevolmente l'influenza mitigatrice del mare sulla pianura padana. Inoltre tale sistema trattiene i venti occidentali umidi e influenza le traiettorie dei cicloni atlantici. Sono anche rilevanti alcuni fenomeni locali, quali:

- la presenza dei laghi naturali prealpini, che mitiga la temperatura;
- l'esposizione dell'area padana rispetto ai venti dominanti e locali;
- la differente altitudine dei rilievi da cui deriva la diffusione dei climi di montagna (zona alpina ed appenninica);
- la scarsa azione mitigatrice sulla temperatura esercitata dal mare Adriatico, poco profondo e chiuso;
- la presenza di correnti marine particolari; ad esempio la corrente diretta verso sud che lambisce la costa adriatica determina, a parità di latitudine, un clima più freddo di quello tirrenico.

La distribuzione territoriale delle temperature medie annue è rappresentata in Figura 7²

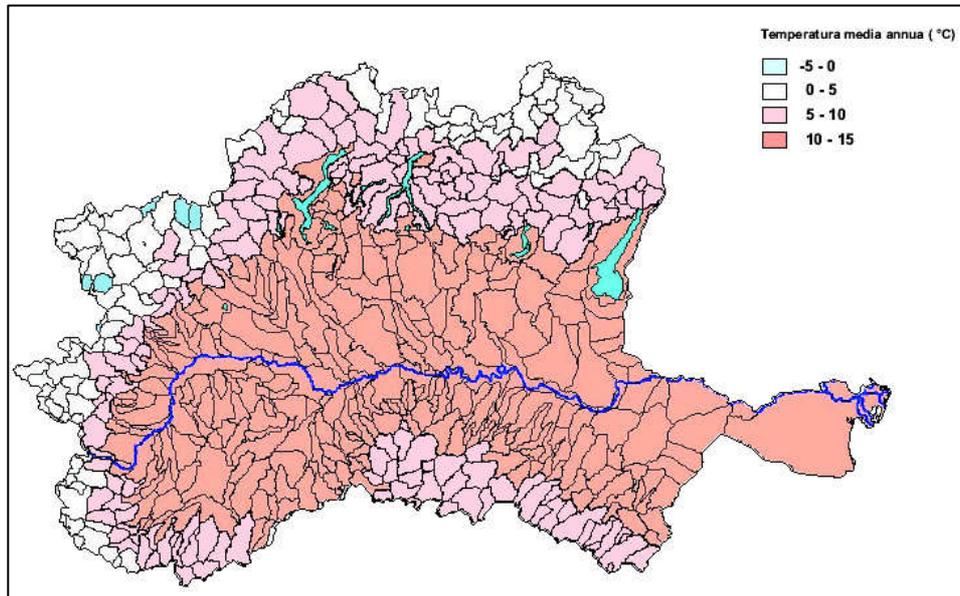


Figura 7 - Distribuzione della temperatura media annua nel bacino padano

Le fasce territoriali con i valori più bassi (max 5°C) di temperatura media annua ricadono nelle alpi Cozie, nelle Graie e nelle Pennine in Piemonte; nelle Retiche e nelle Orobiche in Lombardia; nel vasto complesso dei gruppi dell'Ortles-Cevedale, dell'Adamello-Presanella e del Brenta, e sull'Appennino Emiliano, in corrispondenza del crinale. Le aree che manifestano temperature medie fra 5 e 10 °C ricadono nelle zone montane di media altitudine sia delle Alpi che dell'Appennino. Le temperature comprese fra 10 e 15 °C si riferiscono ad una grandissima estensione ed interessano l'interno delle vallate alpine, la zona dei laghi, una parte delle Alpi Marittime e l'intera pianura padana.

Il regime termico nell'ambito dell'anno è sostanzialmente omogeneo su tutto il bacino, ma con significative differenze che riguardano i valori estremi da una zona all'altra, i quali mostrano una dipendenza regolare dall'altimetria. Le temperature medie minime si verificano in gennaio, salgono gradatamente sino a luglio, in cui si registra il massimo, si mantengono su valori elevati nel mese di agosto e discreti in quello di settembre, per poi scendere fino a toccare, in dicembre, valori non molto maggiori di quelli di gennaio. Pertanto la stagione invernale (da dicembre a febbraio) risulta ovunque la più fredda, mentre quella estiva (da giugno ad agosto) è la più calda. Le stagioni intermedie della primavera (marzo, aprile e maggio) e dell'autunno (settembre, ottobre e novembre) mostrano pressoché le stesse temperature con l'unica differenza che quella autunnale risulta generalmente leggermente più calda.

Per quanto riguarda l'andamento delle precipitazioni nel bacino del Po, esse vengono studiate da lungo tempo al fine di comprenderne e spiegarne la variabilità mensile, stagionale ed annua. La Figura 8³ mostra la distribuzione territoriale sul bacino del Po delle precipitazioni medie annue.

Nel bacino padano sono individuati **5 schemi pluviometrici**, descritti nella Tabella 1.

² La Figura è dedotta dallo "Studio SP_8.3 - Attività per la predisposizione del bilancio idrico del bacino del Po" (2003), basata su serie storiche fino al 1990 circa. Nonostante a partire dal 1990 si siano manifestate delle anomalie rispetto alla media del clima di lungo periodo, tali anomalie non hanno ancora rilevanza sulla distribuzione media annuale delle grandezze, pertanto l'immagine proposta è da considerarsi ancora aggiornata.

³ Vedere nota 2.

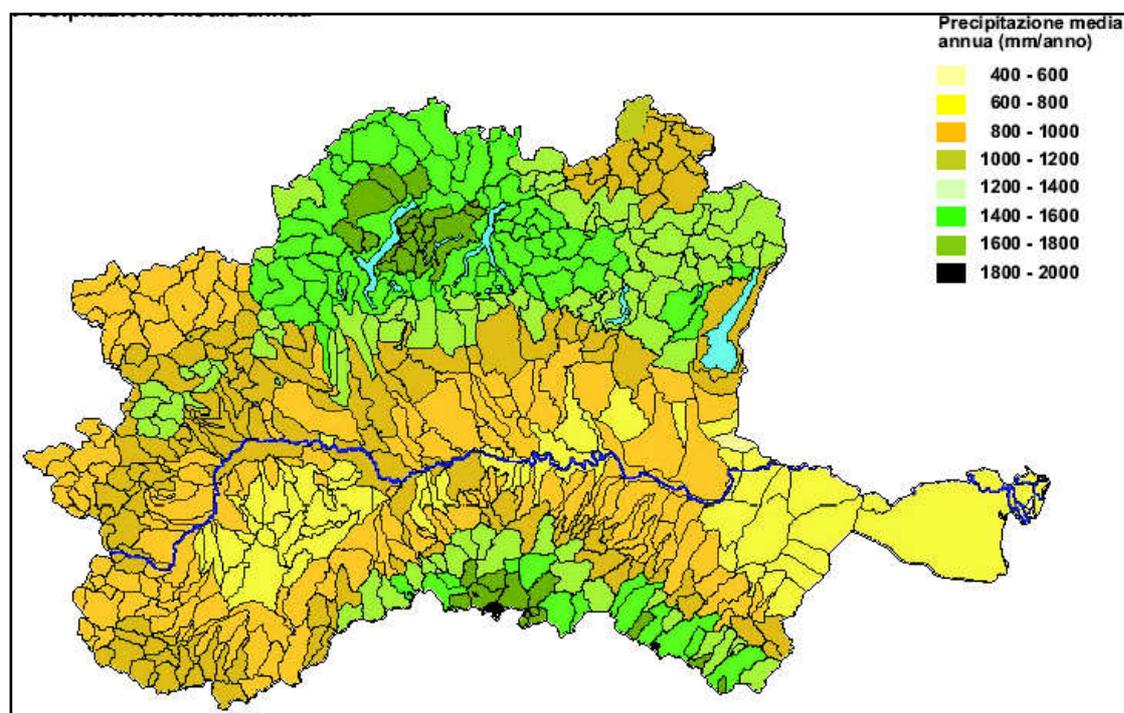


Figura 8 - Distribuzione della precipitazione media annua nel bacino del Po

<i>Tipo pluviometrico</i>	<i>Area in cui è presente</i>	<i>Caratteristiche fondamentali</i>
Continentale	Tutto l'arco alpino, che comprende le alte vallate dell'Oglio, dell'Adda e del Ticino con propaggini estese sino ai rilievi secondari delle Prealpi.	Massimo estivo e minimo invernale
Sub-litoraneo alpino	Alta pianura, tutta la fascia prealpina della regione lombarda, si protrae all'intero bacino del Toce e riprende, con caratteri meno accentuati, nell'alta valle d'Aosta.	Due massimi (primavera/autunno) e due minimi (inverno/estate). Modesta prevalenza del massimo primaverile e del minimo invernale.
Sub-litoraneo occidentale	Tutta la parte occidentale del bacino del Po, dal Ticino al Tanaro, ad eccezione della valle della Dora Riparia e dei rilievi delle Alpi Marittime e del Monferrato.	Due massimi (primavera/autunno) e due minimi (inverno/estate). Prevalenza del massimo primaverile e del minimo invernale.
Sub-litoraneo padano	Tutta la zona di pianura compresa fra i primi rilievi delle Prealpi ed il fiume Po, protraendosi a ponente nella vasta valle del Tanaro.	Due massimi (primavera/autunno) e due minimi equivalenti (inverno/estate).
Sub-litoraneo appenninico	Intera regione Appenninica, escluse le zone del basso modenese. Porzione delle Alpi Marittime.	Due massimi (primavera/autunno) e due minimi (inverno/estate). Prevalenza del massimo autunnale e del minimo estivo.

Tabella 1 - Descrizione dei tipi pluviometrici presenti nel bacino del Po



La precipitazione media annua ragguagliata all'area del bacino, ottenuta a partire dai dati di poco meno di 600 stazioni pluviometriche distribuite sul territorio, risulta di circa 1080 mm (periodo 1923-2008⁴). La Figura 8 mostra che il maggiore areale con precipitazione superiore a 1000 mm/anno compete alla Lombardia, con esclusione di zone pertinenti alla Valtellina, all'alta Val Camonica ed al Sarca prelacuale. In Piemonte la precipitazione media annua supera i 1000 mm solo in alcune zone, localizzate nei bacini di Sesia, Orco e Stura di Lanzo. L'area appenninica toscano-emiliana presenta tale piovosità solo in corrispondenza del crinale, per il resto risultando molto più asciutta. Valori bassi di precipitazione si riscontrano nel fondo delle vallate orientate secondo i paralleli: Valle di Susa, Val d'Aosta, Valtellina. Si osserva anche che, mentre nel sistema appenninico la dipendenza dei valori di piovosità dalla quota è piuttosto regolare, nelle Alpi tale dipendenza appare complessa a causa di fattori locali (complessità e quota dei rilievi, giacitura rispetto al mare e ai grandi corsi d'acqua, direzioni del vento dominante, eccetera). Si osserva infine che le precipitazioni più notevoli tendono a concentrarsi nella zona dei grandi laghi alpini.

Molto interessante appare l'analisi della distribuzione stagionale della precipitazione. In primavera (marzo-maggio) risultano precipitazioni massime comprese fra 500–700 mm nei rilievi prealpini e lungo il crinale dell'Appennino.

In estate (giugno–agosto) precipitazioni fino a 400–500 mm sono localizzate nelle Prealpi lombarde e nell'alta pianura. In pianura, d'estate, le piogge assumono valori pari a 150–200 mm. Nell'Appennino in tale stagione, i massimi sono compresi fra 200–300 mm.

In autunno i massimi, pari a 600–700 mm sono concentrati nella zona delle Prealpi, dalla Dora Baltea all'Oglio, e compaiono anche in corrispondenza del crinale appenninico. In pianura i valori oscillano fra i 200 e i 250 mm.

Durante la stagione invernale sono presenti valori ridotti nelle Alpi Occidentali (100–150 mm), e di poco superiori nella Alpi centrali (150–200 mm). Precipitazioni maggiori (fino a 500 mm) si registrano in corrispondenza del crinale appenninico. Nella pianura dominano precipitazioni inferiori ai 150 mm in vaste zone (Canavese, Monferrato, Langhe ed una fascia lungo il corso del Po). Nell'alta pianura lombarda ed emiliana la pioggia media è tra 200 e 350 mm.

Per le finalità del presente piano, gli afflussi meteorici sono presentati con riferimento ai bacini idrografici chiusi in corrispondenza delle sezioni del Po prese a riferimento per il bilancio idrico dell'asta del Po:

- San Sebastiano Po⁵;
- Isola Sant'Antonio;
- Piacenza;
- Cremona;
- Boretto;
- Borgoforte;
- Pontelagoscuro.

I dati relativi alle Sezioni elencate sono dedotti dagli Annali Idrologici curati dall'Ex Ufficio Idrografico fino al 1996, con le seguenti eccezioni: i dati per la sezione di Isola Sant'Antonio sono dedotti dalla dallo studio "MOSSIS"⁶ dal 1976 al 1995, e dalla "Banca dati idrologica e di qualità acque superficiali" di ARPA Piemonte⁷ per

⁴ I dati sull'afflusso meteorico sul bacino del Po hanno la seguente provenienza: Annali Idrologici (ex Ufficio Idrografico) fino al 1996. Elaborazioni effettuate da ARPA Emilia Romagna su richiesta dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, al fine della predisposizione del Piano del Bilancio Idrico, dal 1997 in poi. Per questa ragione i dati dal 1997 in poi non sono da considerarsi ufficialmente validati, ma esiti di ricerche finalizzate all'attività dell'Ente.

⁵ I dati relativi alla stazione di San Sebastiano Po verranno integrati successivamente all'adozione del Piano.

⁶ "Definizione e applicazione di indici di disponibilità idrica per il bacino del fiume po" Ricerca condotta da Gianfranco Becciu et al. su incarico n.296 del 26/04/2006 ricevuto da Autorità di Bacino del Fiume Po.





il periodo successivo. I dati relativi altre sezioni per il periodo dal 1996 al 2013 sono stati ottenuti attraverso elaborazioni effettuate per la predisposizione del presente Piano. I dati relativi alla stazione di Pontelagoscuro sono dedotti dagli annali fino al 1985, e ottenuti da elaborazioni effettuate per il presente Piano per il periodo successivo⁸.

<i>Precipitazione media mensile ragguagliata all'area nel bacino del Po chiuso nelle sezioni di riferimento</i>													
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Isola S. Antonio (1976-2013)	48.8	42.0	64.8	108.8	123.9	83.1	57.0	74.8	86.0	108.9	87.8	53.4	939.5
Piacenza (1924-2013)	57.4	58.7	81.3	113.6	130.6	98.1	72.1	87.3	104.8	127.4	119.9	71.1	1122.3
Cremona (1972-2013)	56.8	59.2	76.3	112.1	124.3	97.7	74.6	87.4	105.6	128.3	100.5	68.3	1091.1
Boretto (1943-2013)	56.4	60.9	76.9	110.6	117.9	99.4	72.4	86.2	100.6	141.8	118.6	74	1115.7
Borgoforte (1923-2013)	56.2	59	80.4	107.1	122.7	99.5	75.5	88.7	101.6	123.6	119.4	72.4	1106.1
Pontelagoscuro (1923-2013)	56.7	57.9	78.9	109.4	121.4	97.5	74.1	87.4	102.5	123.3	118.2	71.8	1099.3

Tabella 2– Tabella dell'afflusso meteorico ragguagliato alle aree dei bacini contribuenti al deflusso nelle sezioni di Po indicate in colonna 1.

⁷ <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/annali/idrologici>

⁸ I dati pubblicati sugli Annali Idrologici per il periodo dal 1986 al 1995 presentano refusi relativi al calcolo dei totali di pioggia ragguagliata alle aree contribuenti alle stazioni idrometriche (totali mensili ed annuali), risultando, in particolare, gravemente sottostimati. Pertanto, al fine di pervenire ad un'analisi più realistica della situazione, i totali mensili ragguagliati sono stati ricalcolati a partire dei dati giornalieri puntuali alle stazioni pubblicati sugli stessi Annali. Tale correzione non ha ancora avuto luogo per le stazioni di Piacenza, Cremona, Boretto e Borgoforte, per cui in assenza di altre fonti, si sono utilizzati i dati degli Annali.

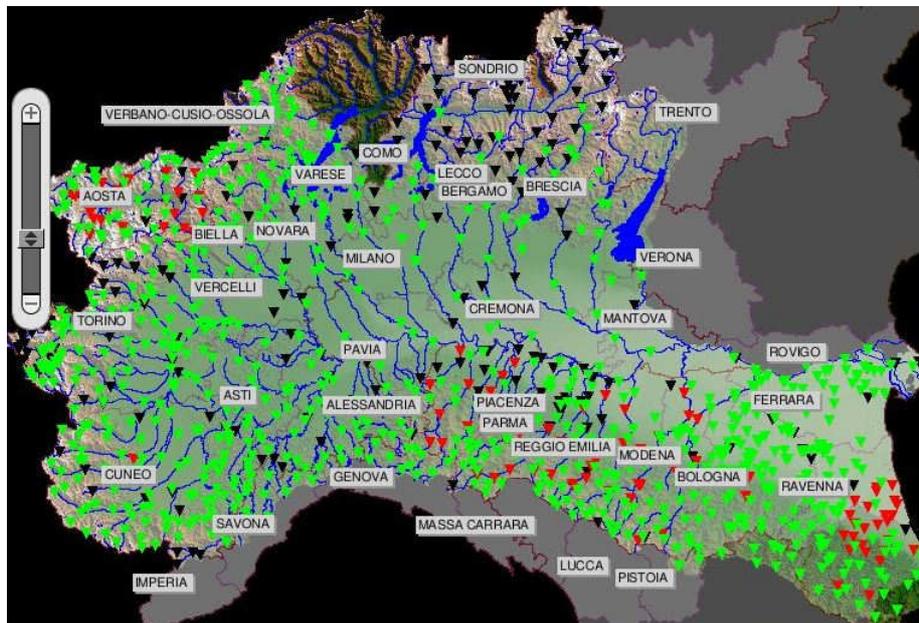


Figura 9 - Rete dei sensori pluviometrici nel distretto del Po

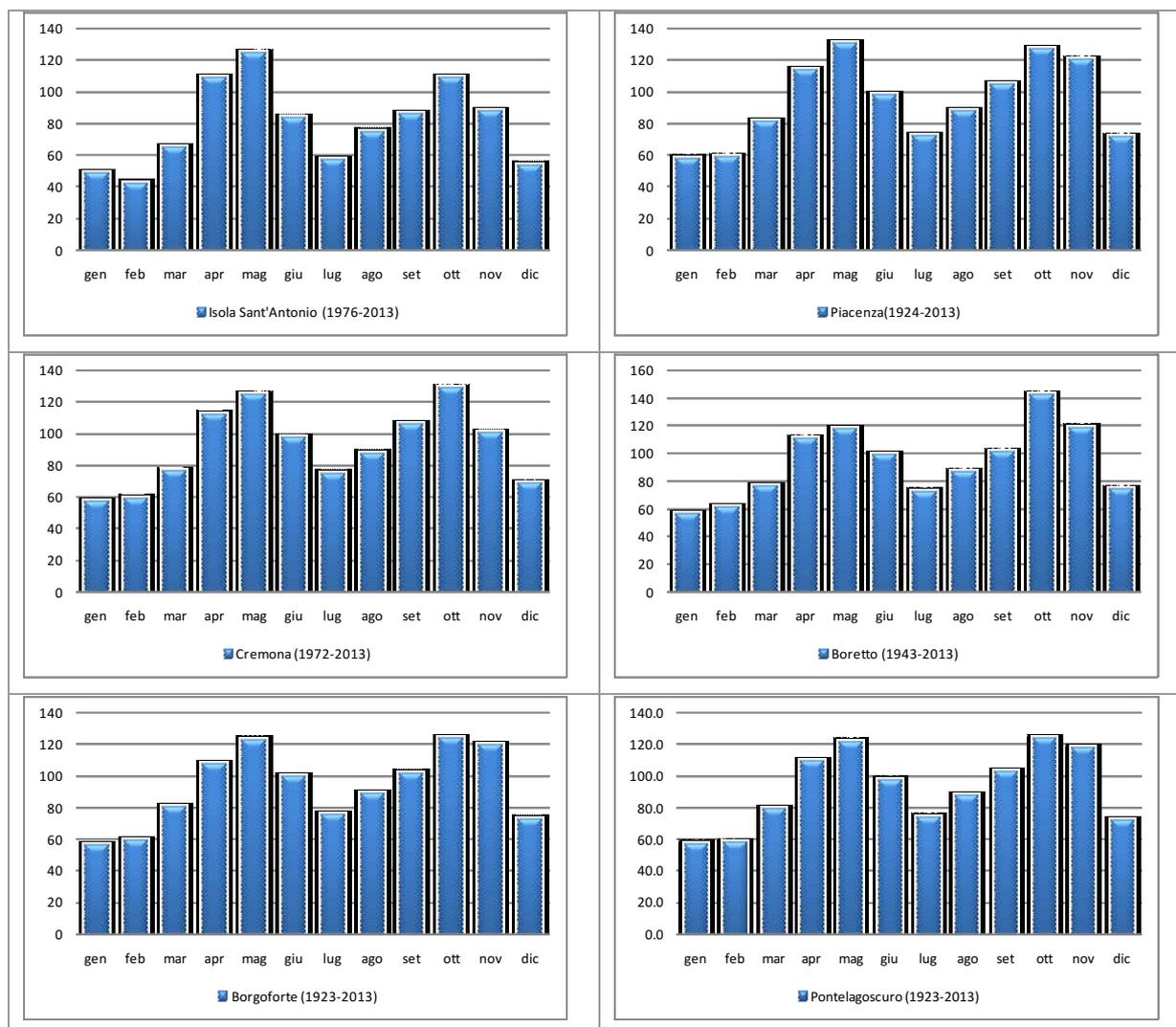


Figura 10- Istogrammi dell'afflusso meteorico medio mensile, espresso in mm/mese, ragguagliato alle aree dei bacini contribuenti al deflusso nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po

Tabella 2 e Figura 10 riportano la precipitazione media mensile, ragguagliata all'area, sul bacino del Po chiuso alle stazioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del Po, ottenuta come media della precipitazione mensile sul periodo indicato. Il bacino, nel suo complesso, mostra un regime pluviometrico caratterizzato da due massimi equivalenti, in primavera ed autunno, e da due minimi, invernale ed estivo, in cui si nota la netta prevalenza del minimo invernale.

Il grafico di Figura 12 riporta la serie delle precipitazioni annuali ragguagliate all'area del bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro dal 1923 al 2013. Seguendo la prassi adottata da Cati⁹, sul grafico sono riportate sia la tendenza lineare, che si mostra poco marcata, che la media mobile decennale, la quale evidenzia due intervalli estesi caratterizzati da un valore che si è mantenuto al di sotto della media di lungo periodo, il primo compreso tra il 1944 e il 1958 (piogge a partire dal 1934) ed il secondo che si estende dal 1987 (piogge dal 1978) al momento

⁹ Lino Cati - "Idrografia e idrologia del Po" - Pubblicazione N°19 dell'Ufficio Idrografico del Po - 1981



attuale. I decenni mediamente meno piovosi si sono quelli 1941-1950 e 1989-1998, con un valore medio minimo di 1000 mm/anno.

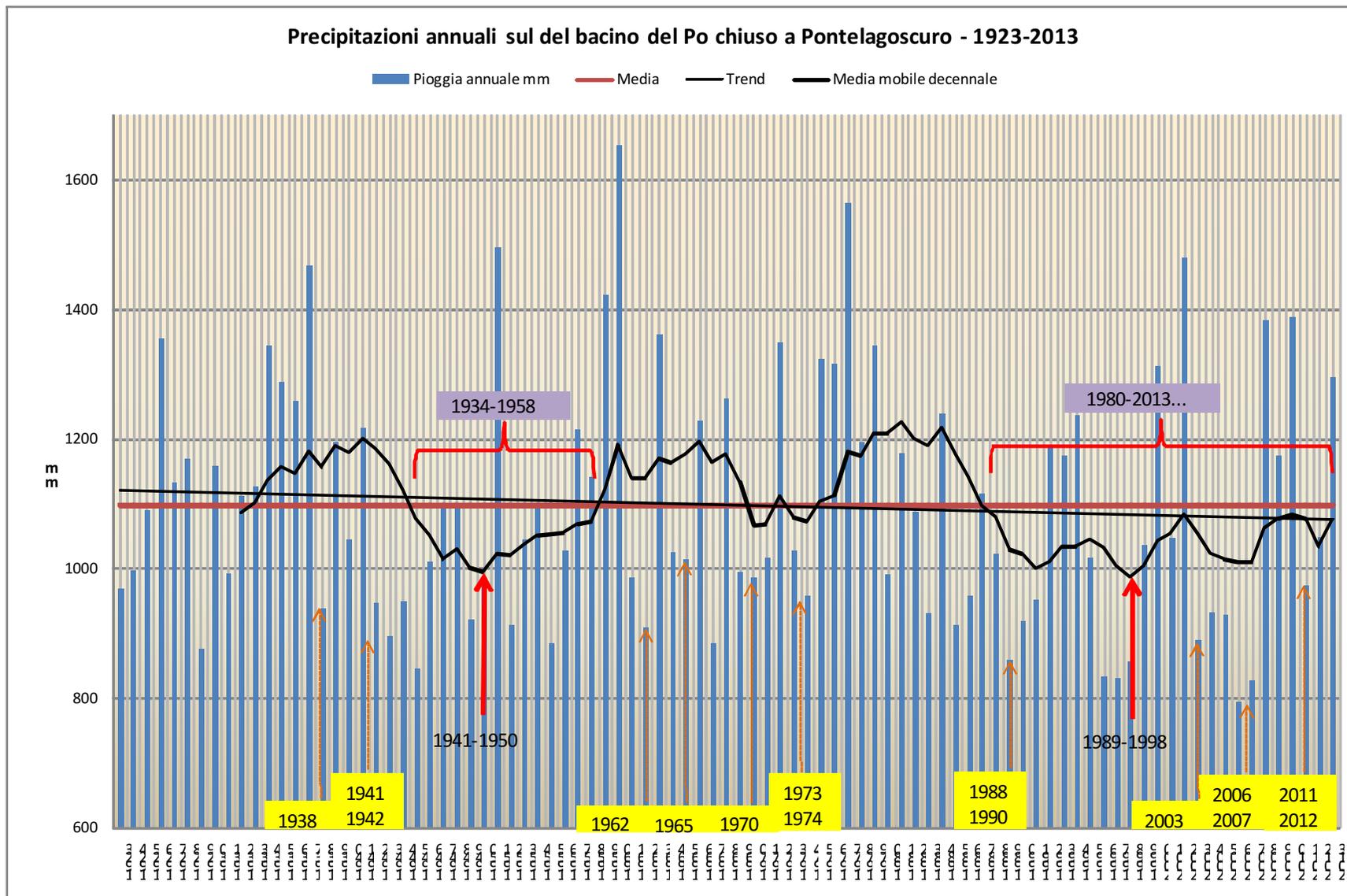
Si osserva che i quattro maggiori eventi di piena per il Po (1951, 1994, 2000 e 2004) sono occorsi in questi periodi caratterizzati da piovosità al di sotto della media.

Il grafico di Figura 12 riporta la serie storica (1923-2013) della precipitazione mensile sul bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro, e l'indicazione degli eventi di siccità documentati nella bibliografia dell'ex Ufficio Idrografico.. Dal grafico si può osservare che la precipitazione mensile sul bacino è caratterizzata da notevole variabilità. Con riferimento ai periodi secchi, si può ravvisare una correlazione tra le testimonianze e la media mobile su un periodo temporale di 12 mesi.

Le statistiche relative ai periodi senza pioggia, necessarie a completare l'informazione sugli afflussi nel bacino del Po, sono state effettuate per le stazioni di Cremona Boretto e Borgoforte, e sono riportate nell'Allegato 3 alla Relazione Generale.

Figura 11

Serie storica della pioggia annua cumulata sul bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro. Le etichette evidenziano il confronto tra il minimo nella media decennale dell'ultimo periodo ed il minimo storico degli anni '40.



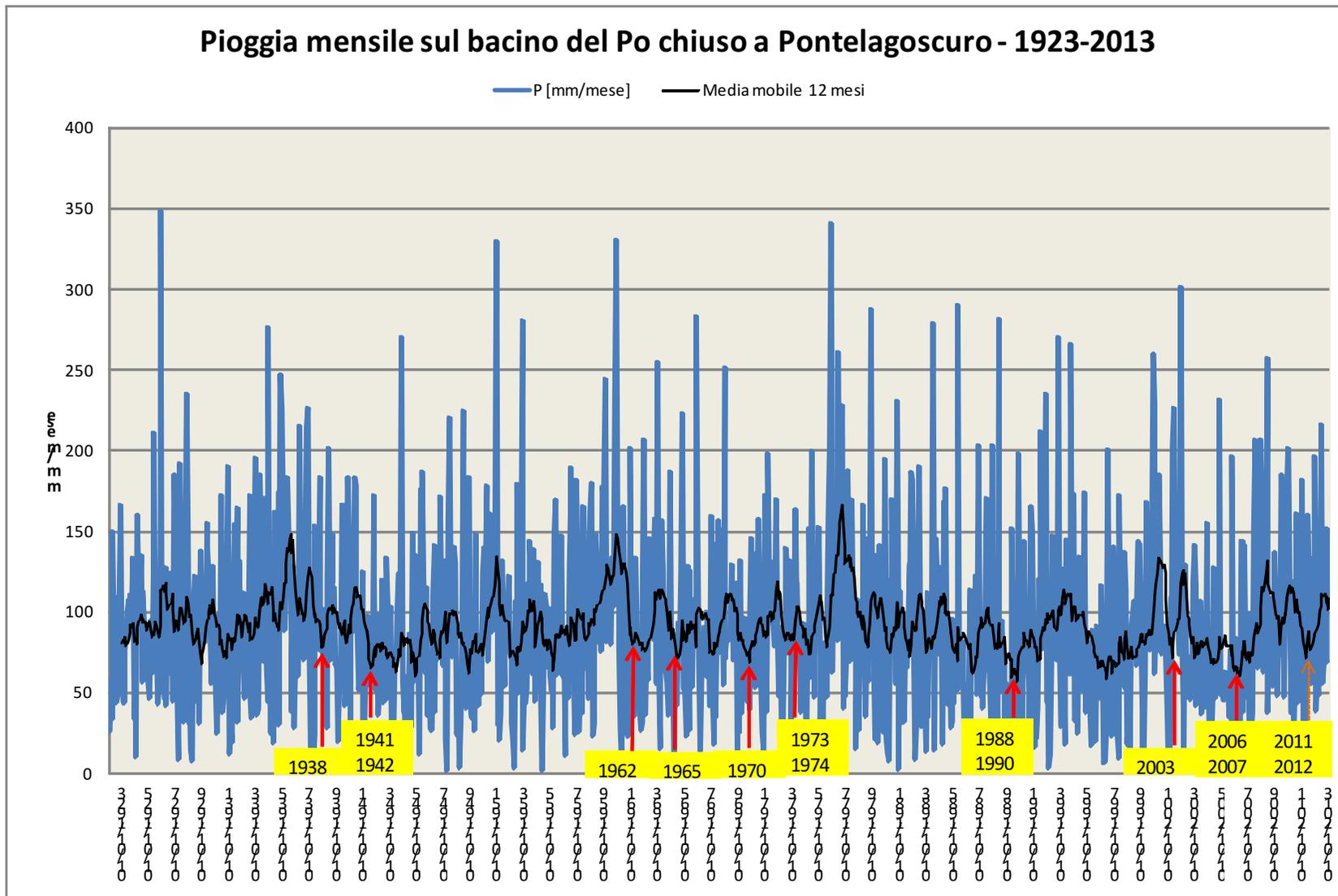


Figura 12

Serie storica della pioggia mensile cumulata sul bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro, dal 1923 al 2013. Le etichette in giallo evidenziano gli anni per i quali è stato documentato un episodio di siccità





1.1.2. Deflussi

I deflussi del fiume Po sono misurati in stazioni idrometriche per le quali sono presenti serie storiche continue di portata osservata a partire dagli anni '20 del secolo scorso. Alcune di queste sezioni sono prese a riferimento per il presente piano, e costituiscono punti di calcolo del bilancio idrico per l'asta del Po. I dati di deflusso qui riportati e analizzati derivano direttamente dalle osservazioni alle stazioni idrometriche; essi pertanto riguardano le portate effettivamente presenti in alveo al momento della misura, e sono quindi soggetti all'influenza di tutti i prelievi, le restituzioni e le modificazioni del regime idrologico naturale operate dall'uomo a monte del punto di prelievo. Per questa ragione, sia i *trends* che i coefficienti di deflusso vanno interpretati come inclusivi di tali effetti antropici, con l'ovvia conseguenza che un eventuale *trend* non può essere attribuito allo sfruttamento antropico o al cambiamento climatico senza ulteriori approfondimenti¹⁰.



Figura 13 - Stazione idrometrica sul Po

¹⁰ Già nel 1981, l'ing Lino Cati aveva stimato la portata media annua complessiva sottratta al Po a Pontelagoscuro da tutti i prelievi a monte in una quantità compresa tra 180 e 280 m³/s, che equivale a circa 6-9 miliardi di m³ all'anno. Attualmente, il solo prelievo per l'agricoltura è stimato in circa 19 miliardi di m³ annui. Anche ipotizzando il ritorno, dilazionato nel tempo, di parte delle portate prelevate all'asta Po, da tali stime si deduce che il prelievo è circa raddoppiato nell'ultimo trentennio. Nei paragrafi successivi, il calcolo del bilancio idrico è effettuato a partire da valori di portata naturale ricostruiti tramite il sistema modellistico DEWS-Po.

A Pontelagoscuro. In base ai dati ivi misurati dal 1923 al 2011, la portata media è di $1506 \text{ m}^3/\text{s}^{11}$, che, considerando l'afflusso meteorico medio pari a 1080 mm annui, corrisponde ad un coefficiente di deflusso pari a 0,6¹².

Dal punto di vista delle caratteristiche del deflusso, il bacino del Po può essere suddiviso in aree geografiche omogenee per l'andamento nell'arco dell'anno delle portate negli alvei, aree cioè in cui i corsi d'acqua presentano regimi di deflusso simili tra loro. Si riporta in Tabella 3 la descrizione dei *regimi del deflusso*, così come definiti nella tradizione idrografica del bacino.

<i>Area/Bacino</i>	<i>Regime</i>	<i>Caratteristiche</i>
Dora Baltea	Alpino (glaciale)	Un massimo estivo ed un minimo invernale; un unico picco di deflusso estivo ed una protratta condizione di magra invernale
Toce, zona sublacuale del Ticino, Adda e Mincio, Stura di Demonte	Alpino (glaciale alterato)	Un massimo estivo ed un minimo invernale; alterato nella sua natura nivo-glaciale dalla regolazione dei grandi laghi subalpini
Agogna, Lambro-Olona, Serio, Brembo, Oglio	Sub-alpino (nivo-pluviale)	Due massimi e due minimi equivalenti; uniformità di deflusso mensile attorno al valore medio annuo; non esistono le condizioni che consentano lo sviluppo di risposte idrologiche marcatamente nivo-glaciali
Sesia, Orco, Malone, Stura di Lanzo, Dora Riparia, Gesso, Alto Po, Chisone, Pellice, Varaita, Maira	Transizione tra i regimi idrologici alpino ed appenninico (nivo-pluviale)	Regimi di tipo alpino, con alcuni tratti di tipo pluviale, evidenziati da un nucleo di deflusso autunnale
Tanaro, Belbo, Bormida	Transizione tra i regimi idrologici alpino ed appenninico. (nivo-pluviale)	Forte variabilità territoriale del regime di deflusso; accentuate caratteristiche pluviali, con l'anticipo del picco di deflusso estivo alla primavera, l'acuirsi della magra estiva e l'accentuarsi del deflusso autunnale
Bacini emiliani dallo Scrivia al Panaro	Appenninico (pluviale)	Due massimi e due minimi, con il massimo autunnale superiore al primaverile e il minimo estivo più marcato di quello invernale
Medio Po, Basso Po e delta	Padano	Due massimi e due minimi del fiume Po, caratterizzato, procedendo verso valle, da un attenuarsi del massimo primaverile. (Figura 15).

Tabella 3 - Principali regimi di deflusso nel bacino del Po

I valori medi mensili registrati alle stazioni di riferimento sono riportati in Tabella 4 e negli istogrammi a passo mensile di Figura 15, evidenziando, come per le precipitazioni, il regime a due massimi e due minimi caratteristico del bacino del Po. Tale regime idrologico è il risultato complessivo dell'andamento mensile degli afflussi e dei deflussi del Po e dei suoi affluenti, che presenta anche notevoli differenze all'interno del bacino: i bacini alpini si comportano in modo diverso da quelli appenninici. I primi, a quota più elevata, risentono maggiormente dell'influenza della temperatura: gran parte delle precipitazioni nevose invernali si fondono nella tarda primavera e nell'estate; i ghiacciai generano inoltre un consistente contributo estivo. Una caratteristica interessante è che nei bacini a carattere alpino il volume degli afflussi può essere minore di quello

¹¹ Il valore è dedotto dai dati utilizzati per le elaborazioni del Piano del Bilancio Idrico effettuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. Il dato riportato sull'Annale idrologico del 2012 (Arpa Emilia Romagna) è $1500 \text{ m}^3/\text{s}$.

¹² Valore soggetto all'approssimazione dovuta all'uso dei valori del deflusso osservati, influenzati da prelievi, restituzioni e modifiche del regime. Alla scala annuale, tuttavia, l'effetto di tali fattori sul valore del coefficiente di deflusso risulta di scarso impatto.

dei deflussi, a causa del fatto che gli afflussi meteorici non costituiscono l'intero volume di afflusso, poiché una parte di esso sfugge alla misura dei pluviometri perché sotto forma di condensazione dell'umidità atmosferica sulle superfici fredde nivali o glaciali.

Nei bacini appenninici a carattere eminentemente pluviale, risulta invece evidente la cosiddetta "perdita apparente", cioè la differenza fra afflussi e deflussi, dovuta in gran parte ad evaporazione. In altri casi, il regime dei deflussi segue abbastanza da vicino quello degli afflussi, mettendo in evidenza l'effetto della permeabilità dei terreni che smorza le oscillazioni delle portate conferendo ai corsi d'acqua sensibili indici di perennità.

Portata media mensile nelle sezioni idrometriche di riferimento nel bacino del Po

Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Isola Sant'Antonio (1998-2013)	298	308	382	477	879	598	245	238	383	428	587	425	437
Piacenza (1924-2011)	690	788	936	960	1449	1277	760	620	890	1151	1224	837	965
Cremona (1935-2011)	903	931	1113	1138	1696	1473	885	761	1140	1425	1344	977	1149
Boretto (1943-2011)	968	1060	1234	1281	1699	1486	894	749	1127	1516	1562	1173	1229
Borgoforte (1924-2011)	1101	1170	1380	1410	1859	1681	1059	873	1228	1633	1797	1319	1376
Pontelagoscuro (1923-2011)	1252	1312	1536	1559	1999	1806	1141	939	1323	1752	1952	1506	1506

Tabella 4 - Tabella delle portate osservate medie mensili nelle stazioni di riferimento del bacino del fiume Po¹³.



Figura 14 - Po a Isola Serafini

¹³ Valori dedotti nell'ambito delle elaborazioni effettuate per il presente Piano, possono differire lievemente dai valori riportati negli annuali idrologici.

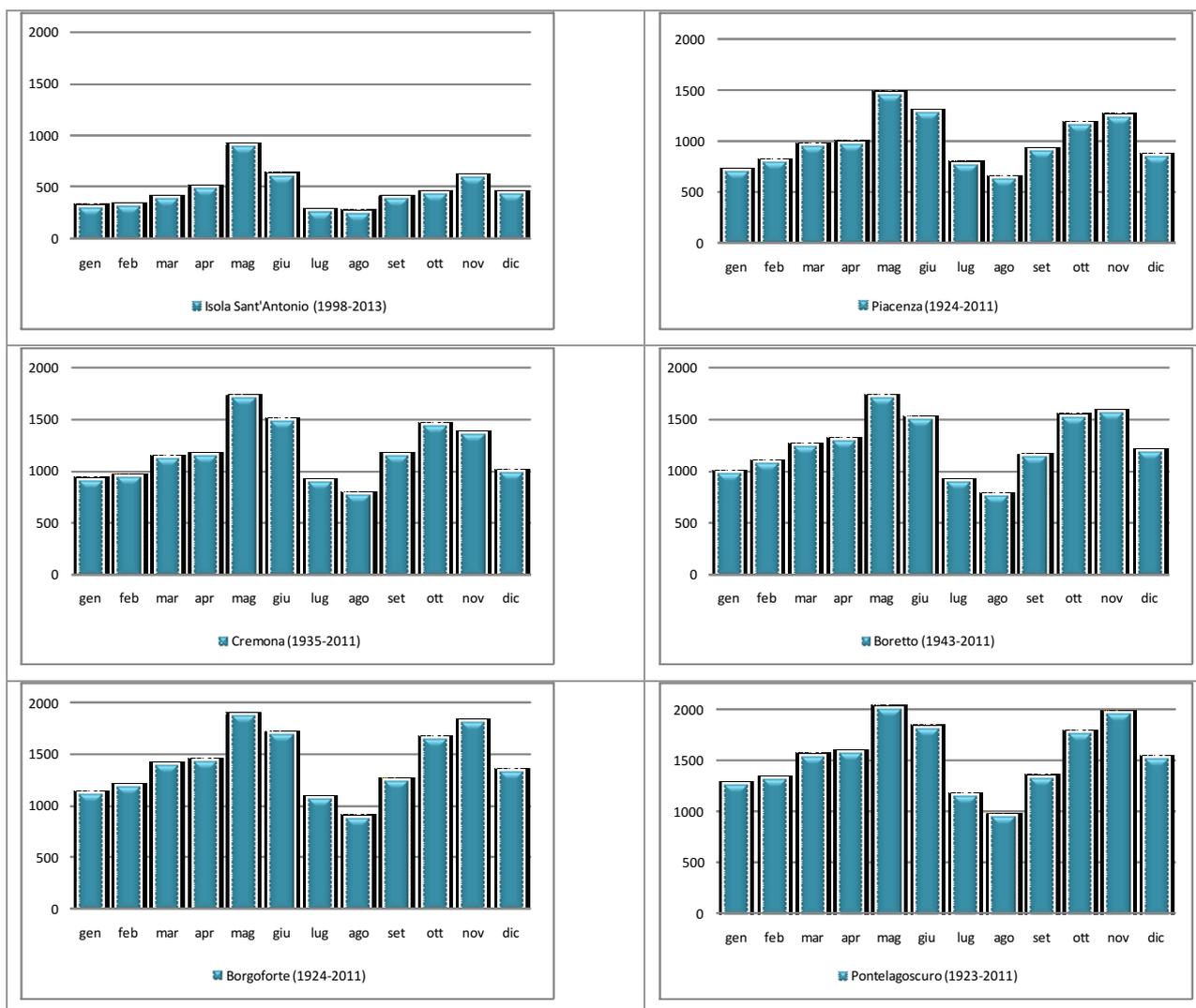


Figura 15 – Andamento della portata media mensile di lungo periodo osservata nelle stazioni di riferimento, espressa in m³/s.

Sulla base dei dati di afflusso meteorico medio e di deflusso di lungo periodo riportati sopra, sono stati calcolati i coefficienti di deflusso mensili, riferiti all'intero bacino chiuso alla stazione di Pontelagoscuro (area 70.091 km²) riportati in Tabella 5.

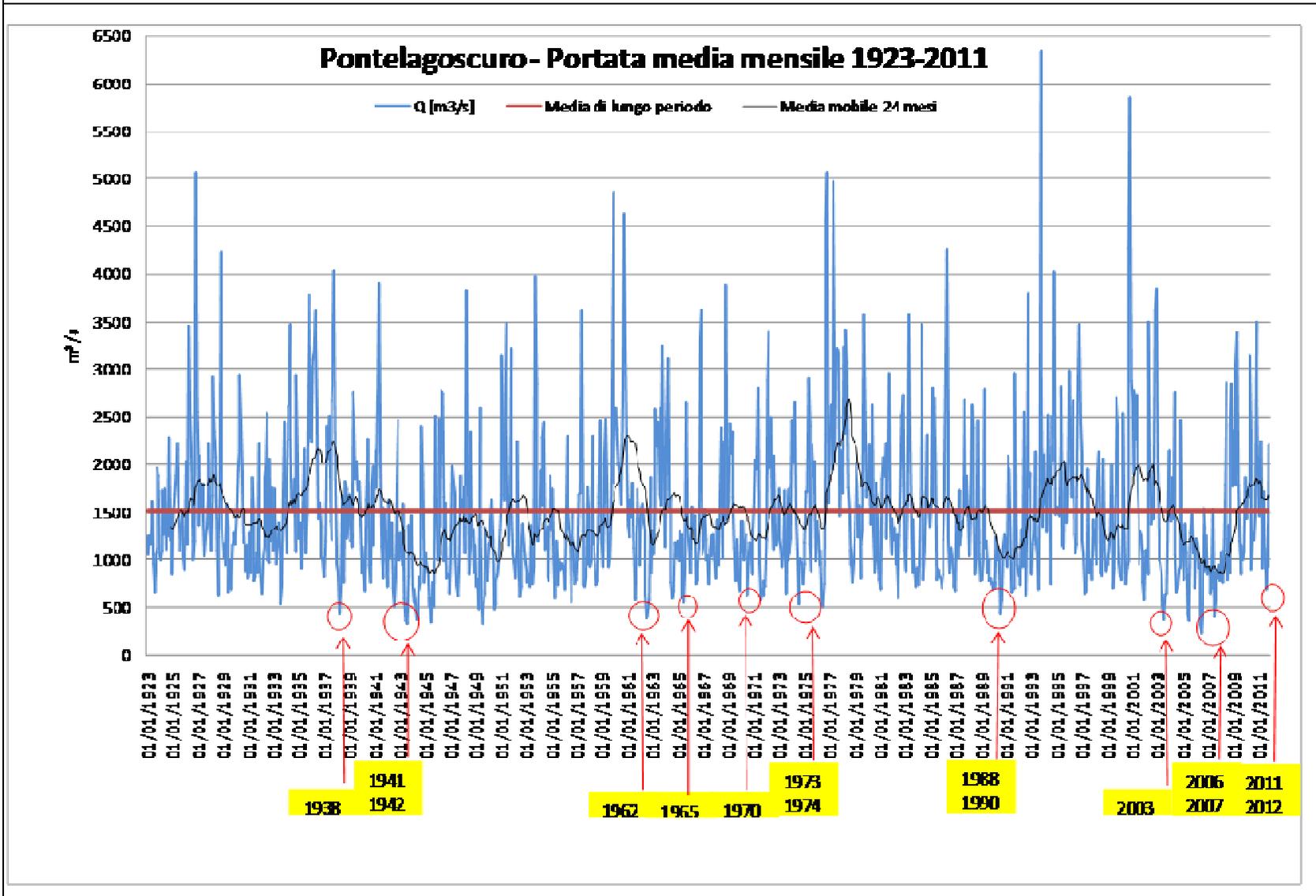
<i>Coefficienti di deflusso mensili – Bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro</i>											
gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
0.8	0.8	0.7	0.5	0.6	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8

Tabella 5 - Coefficienti di deflusso mensili a Pontelagoscuro, calcolati in base ai dati di afflusso dal 1923 al 2013 e deflusso dal 1923 al 2011.

In analogia a quanto rappresentato per gli afflussi, in Figura 16 e Figura 17 sono graficate le serie storiche, che si estendono dal 1923 al 2010, delle portate medie mensili e medie annue osservate a Pontelagoscuro. Come nel caso degli afflussi pluviometrici sono rappresentate le medie mobili, effettuate su un periodo di 24 mesi per i valori mensili e di dieci anni per i valori annuali – quest'ultima scelta legata all'opportunità di aggiornare la serie del Cati con i valori degli ultimi 40 anni. I trends sono ottenuti per semplice interpolazione lineare.



Figura 16 - Andamento delle portate medie mensili misurate a Pontelagoscuro dal 1923 al 2010. Le etichette gialle sull'asse delle ascisse indicano gli anni per i quali è documentato un episodio di siccità.





Pontelagoscuro - Portata media annua osservata 1923-2011

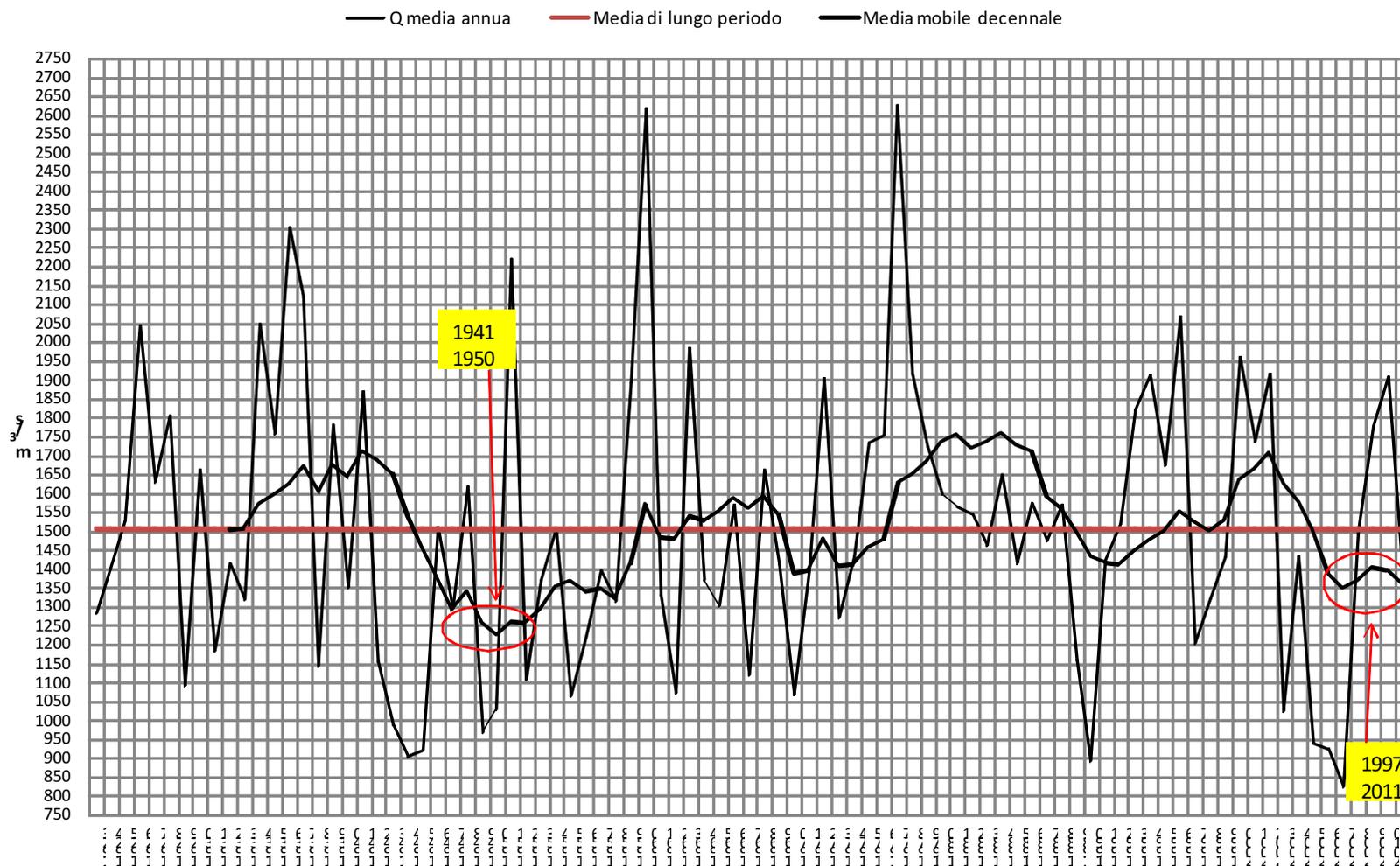


Figura 17 - Andamento della portata media annua misurata a Pontelagoscuro dal 1923 al 2010. Le etichette gialle evidenziano il confronto tra i valori medi decennali dell'ultimo decennio e del decennio critico 1941-1951



1.1.3. Idrologia degli ultimi dieci anni

Al fine di inquadrare la situazione idrologica degli ultimi dieci anni nel contesto storico, testimoniato dalle pubblicazioni precedenti, sono stati individuati i valori aggiornati di alcune caratteristiche idrologiche di base che costituiscono grandezze di riferimento. Sono qui proposti alcuni risultati relativi alla sezione di Pontelagoscuro.

La prima elaborazione è costituita dall'aggiornamento della curva di durata delle portate a Pontelagoscuro. La curva di durata delle portate rappresenta il numero di giorni (asse ascisse), in un determinato anno, in cui la portata osservata nella stazione idrometrica è risultata superiore al valore riportato sull'asse delle ordinate. Le curve di durata sono state calcolate utilizzando le serie di portate giornaliere dal 1923 al 2010, escludendo l'anno 1991 a causa di lacune nei dati. Pertanto si sono utilizzati i dati relativi a 87 anni.

In Figura 18 sono riportate le 87 curve di durata annuali (nero), ed in rosso la curva di durata relativa all'intero periodo, che può essere presa a rappresentazione della durata media delle portate nel periodo di riferimento.

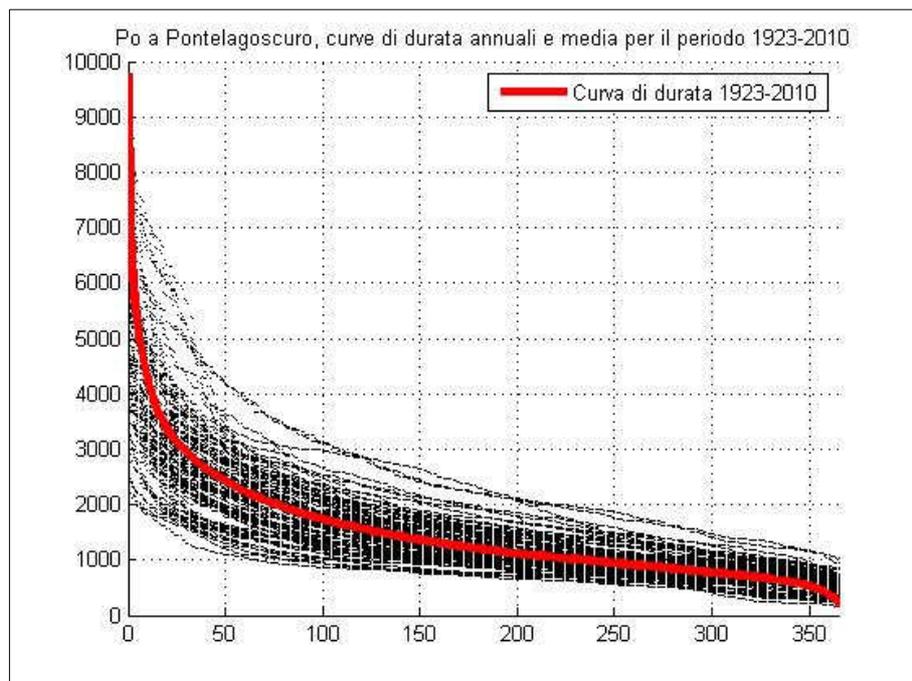


Figura 18 – Curve di durata annuali delle portate a Pontelagoscuro (valori misurati) e curva di durata calcolata sul periodo complessivo.

Al fine di valutare le modifiche del regime idrologico a Pontelagoscuro relativamente agli ultimi dieci anni, in Figura 19 è rappresentato il confronto tra la curva delle durate media dell'ultimo decennio (periodo 2001-2010) e la curva media riferita al periodo precedente dal 1923 al 2000. Come di può osservare, tutte le durate sono state caratterizzate da valori di portata lievemente inferiori. Le differenze, pur essendo modeste in valore assoluto, risultano molto rilevanti nel *range* delle portate di magra (durate superiori a 274 giorni/anno), come evidenziato dall'ingrandimento riportato in Figura 20.

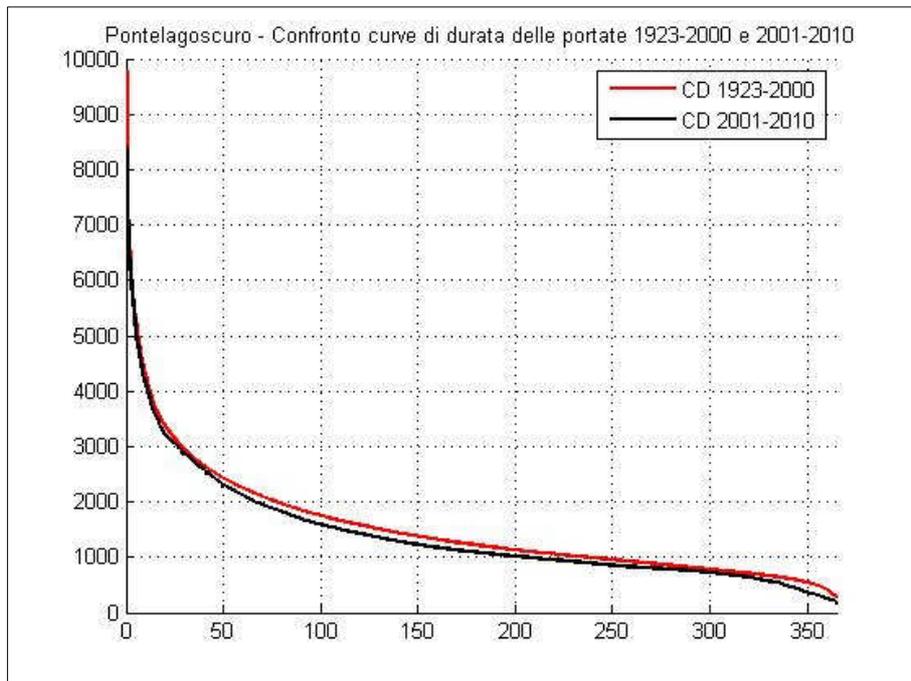


Figura 19 – Confronto tra la curva di durata riferita al periodo 1923-2000 e quella riferita all'ultimo decennio 2000-2010.

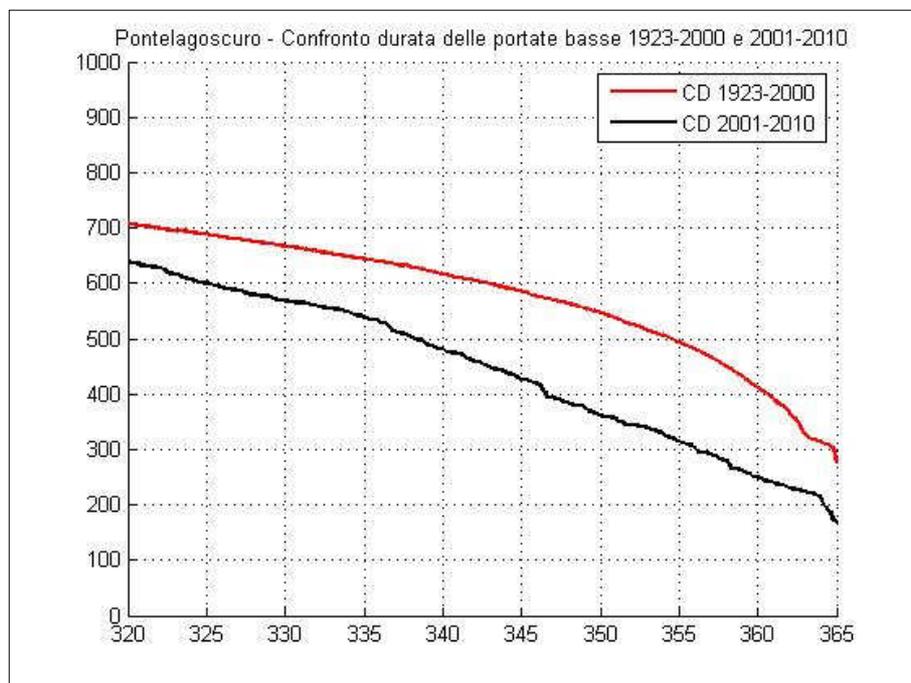


Figura 20 – Dettaglio della Figura 19 per le portate di magra.

La Figura 21 mostra lo stesso dettaglio relativo alle portate basse con riferimento ai periodi "trentennio" e "ventennio", rispettivamente corrispondenti a 1923-1950 e a 1951-1970, come definiti dall'Ex Ufficio Idrografico¹⁴, ed a cui è stata aggiunta la curva relativa al periodo successivo, dal 1971 al 2010.

¹⁴ "Idrografia e idrologia del Po" - Lino Cati - Pubblicazione n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po

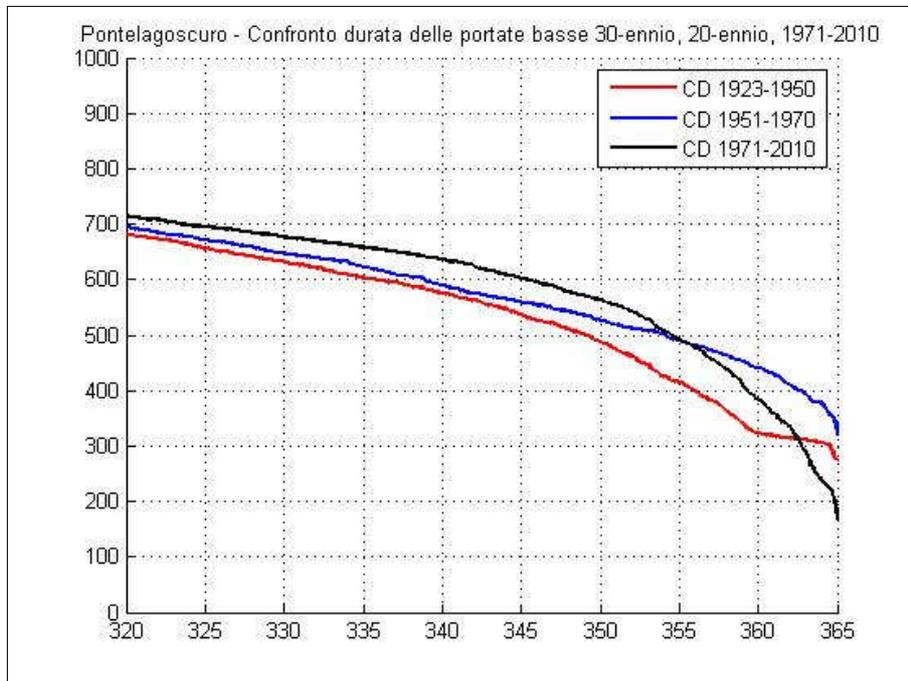


Figura 21 – Dettaglio delle curve di durata di magra riferite ai periodi di riferimento.

In Figura 22 sono riportati e messi a confronto tra loro i parametri caratteristici delle curve di durata relative rispettivamente al periodo 1923-2000 e 2001-2010, con l'intento di evidenziare le differenze tra l'ultimo decennio ed il periodo precedente.

Oltre alla portata media, è riportata la *portata semipermanente*, presente in alveo per almeno la metà del tempo (186,5 giorni/anno), le *portate limite di piena e di magra ordinaria*¹⁵, con durata pari rispettivamente a 91 e a 274 giorni/anno, utilizzate nella tradizione dell'ex ufficio Idrografico per individuare i relativi stati idrologici, la *portata con durata di 355 giorni/anno*, rappresentativa degli stati di magra straordinari, e la *portata minima assoluta*.

Tutti i valori di riferimento nel decennio 2001-2010 sono stati inferiori alla media storica, fatto che non sorprende data la frequenza con cui si sono manifestate crisi idriche nel bacino del Po (2003, 2006, 2007, 2011, 2012).

Gli stessi parametri elencati sono riportati in forma numerica in Tabella 6 - *Parametri caratteristici delle curve di durata delle portate relative rispettivamente al periodo 1923-2000 e 2001-2010 - Po a Pontelagoscuro*

¹⁵ La magra ordinaria è stata successivamente definita attraverso l'analisi statistica delle serie dei minimi annuali. In questo caso si fa riferimento alla definizione basata sulla durata delle portate.

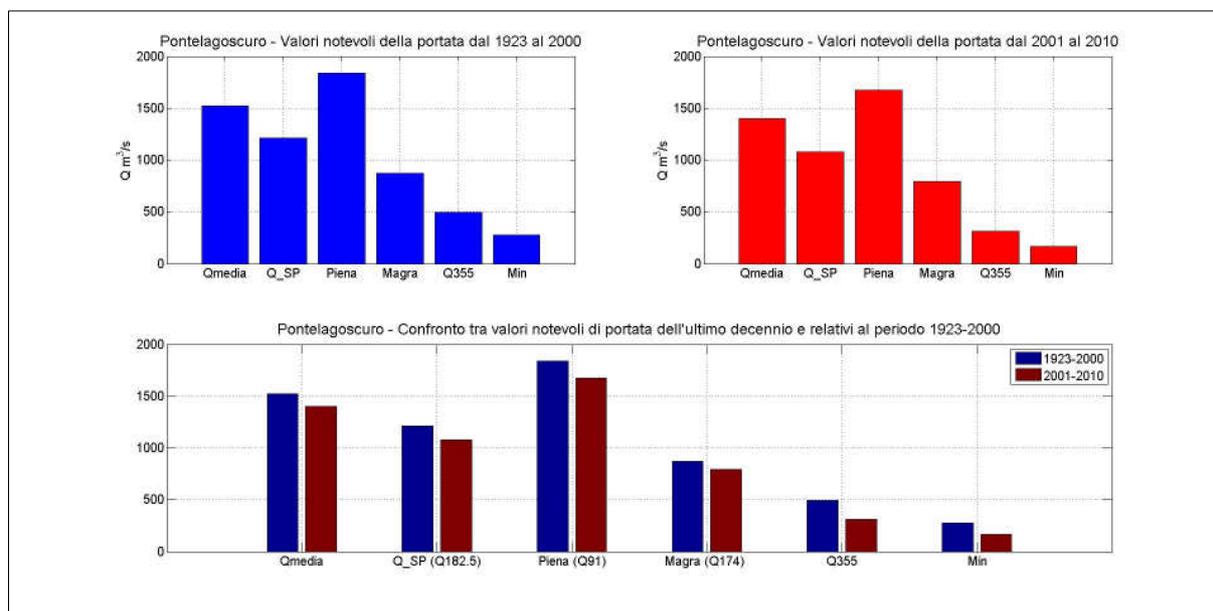


Figura 22 – Riepilogo delle differenze tra i valori notevoli delle curve di durata osservati nell'ultimo decennio (2001-2010) e nel periodo precedente (1923-2000).

Parametro	Valore periodo 1923-2000	Valore periodo 2001-2010
Portata media	1522	1398
Portata semipermanente <i>(corrispondente alla durata di metà anno, 182.5 giorni)</i>	1210	1078
Portata limite di piena <i>(corrispondente alla portata con durata 91 giorni)</i>	1840	1675
Portata limite di magra <i>(corrispondente alla durata di 274 giorni)</i>	874	794
Portata con durata 355 giorni	493	313
Portata minima	275	168

Tabella 6 - Parametri caratteristici delle curve di durata delle portate relative rispettivamente al periodo 1923-2000 e 2001-2010 - Po a Pontelagoscuro.

In Figura 23 è presentato il diagramma della portata con durata 355 giorni/anno, aggiornato, rispetto a quanto riportato dall'ing. Cati, con i dati del periodo 1975-2010, e la relativa linea di tendenza, ottenuta per semplice interpolazione lineare. Nel 2003 e nel 2006 si sono presentati i due minimi che hanno successivamente superato in intensità per due volte il minimo storico del 1944. Come già osservato dall'ing. Cati, i trends evidenziati non possono essere definitivamente interpretati alla luce dei cambiamenti climatici in corso fino a

che non si possa analizzare correttamente anche il *trend* delle portate prelevate dai corsi d'acqua del bacino del Po per fini irrigui nello stesso periodo¹⁶.

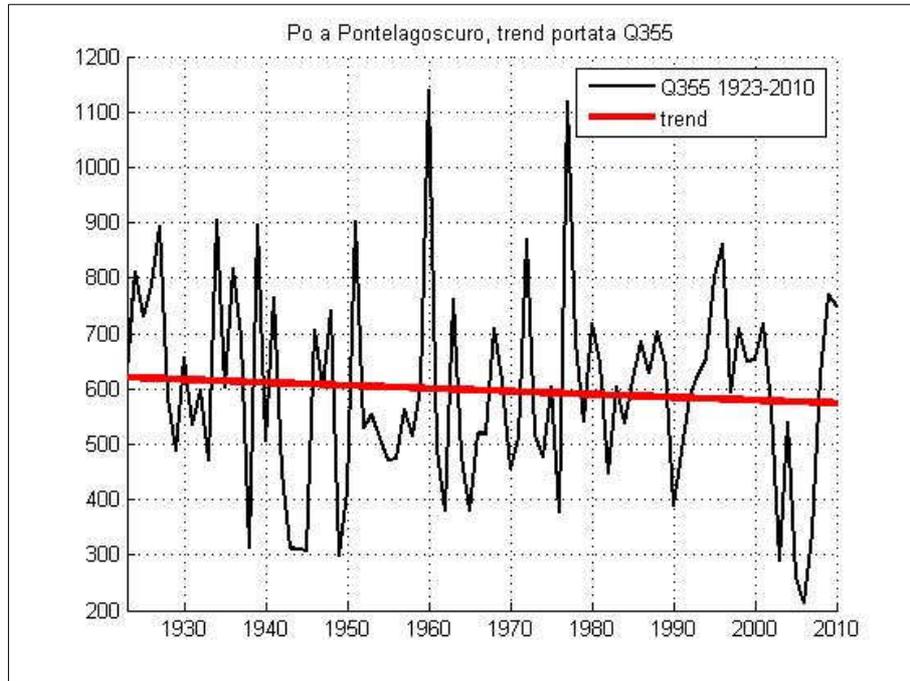


Figura 23 – Andamento della Q355 dal 1923 al 2010.

A partire dall'analisi della serie delle portate medie giornaliere osservate a Pontelagoscuro dal 1923 al 2010, sono stati individuati i valori medi mensili, e successivamente, per ciascun mese, il 25^{imo} e 75^{imo} percentile¹⁷, al fine di individuare una fascia di variabilità di riferimento per la portata media mensile.

Rispetto a tale fascia di variabilità sono state quindi analizzate le portate medie mensili dal 2000 al 2010, con i risultati riportati in Figura 24. Si osserva che nell'ultimo decennio si sono alternate annate caratterizzate da abbondanza di risorsa idrica, presente in quantità superiore alla media di lungo periodo, e annate secche, con risorsa presente in quantità inferiori alla media di lungo periodo. Un unico anno, il 2004, mostra il comportamento tipico del periodo di riferimento 1923-2000, anche se con valori delle portate medie estive vicini al limite minimo della fascia di riferimento.

¹⁶ Si veda nota 10 a pagina 21.

¹⁷ 25% e 75% sono indicati come fascia di ordinarietà dei deflussi nel manuale "Implementazione della Direttiva 2000/60 CE - Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici", ISPRA, 2011.

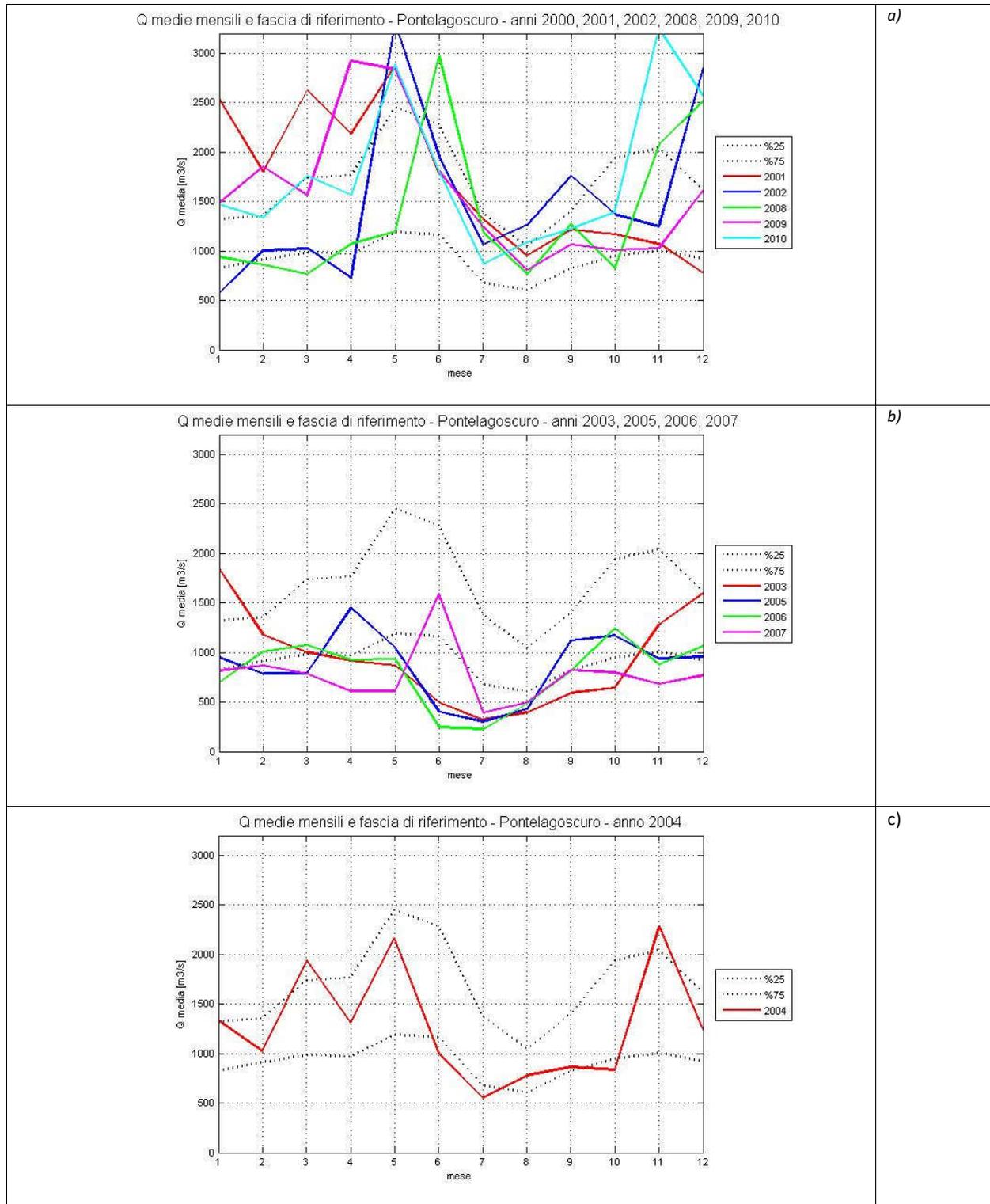


Figura 24 - Andamento delle portate medie mensili generale e per alcune annate del periodo 2000-2010. (a) Annate umide, 2001-2002-2008-2009-2010. (b) annate secche, 2003, 2005, 2006, 2007. (c) annata media 2004.

Lo stesso tipo di analisi è stato condotto considerando gli afflussi mensili sul bacino chiuso a Pontelagoscuro, espressi in milioni di $m^3/mese$, individuando quindi la fascia di riferimento e riportando nei grafici gli istogrammi relativi ai singoli anni dal 2000 al 2010, con risultati simili a quelli ottenuti per i deflussi di Figura 24. Rispetto alla fascia di riferimento si osserva che per quanto riguarda gli afflussi, nel bacino del Po sono individuate le seguenti condizioni pluviometriche di riferimento per la classificazione delle annate:

- anno medio: piovosità corrispondente (superata o non superata) nel 50% dei casi;
- anno scarso: piovosità superata nell'80% dei casi;
- anno molto scarso: piovosità superata nel 90% dei casi.

Si è pertanto preferito fare riferimento al 20^{imo} e all'80^{imo} percentile perché in linea con tali definizioni.

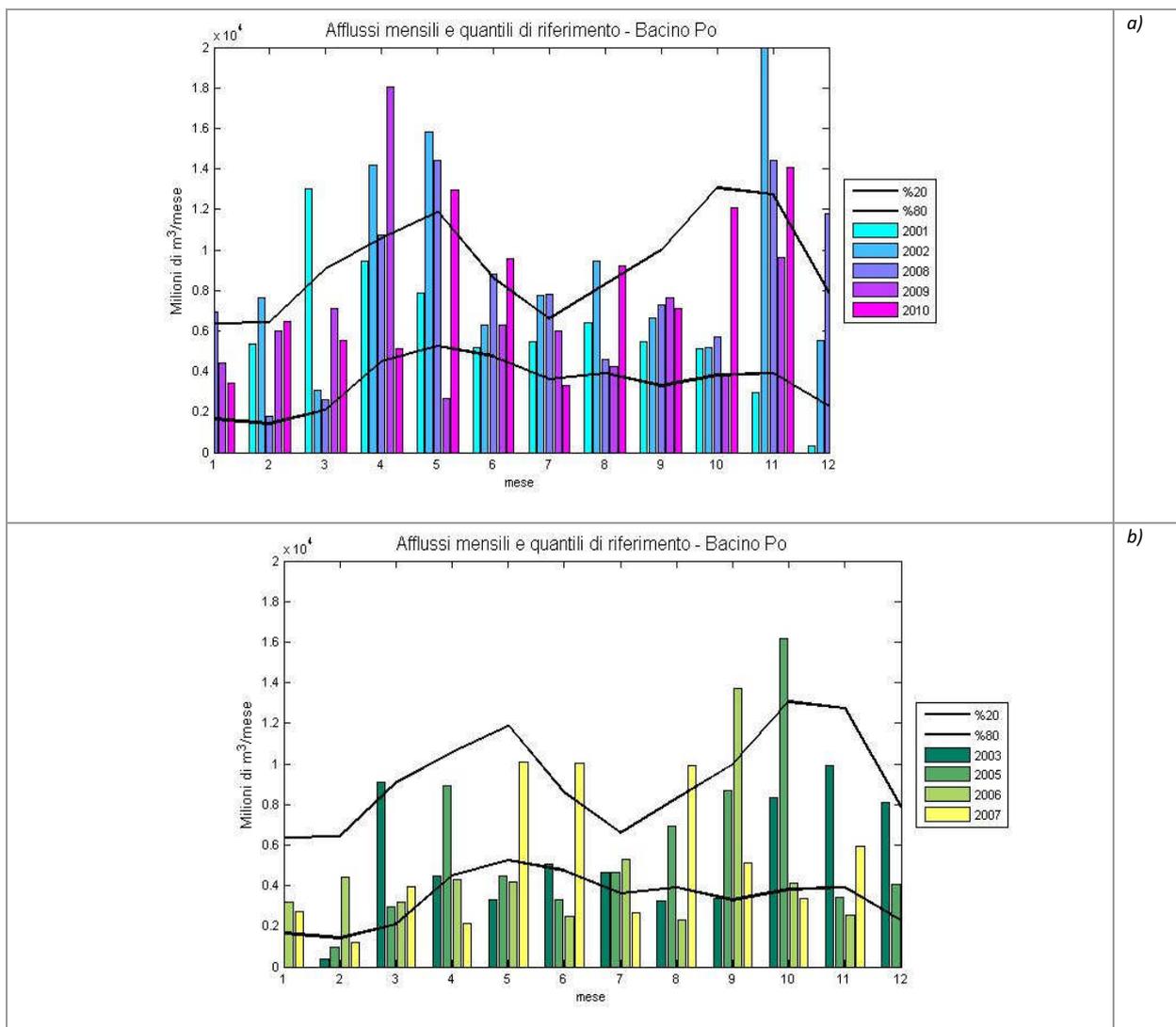


Figura 25 - Andamento degli afflussi mensili (milioni di $m^3/mese$) generale e per alcune annate del periodo 2000-2010. (a) Annate umide, 2001-2002-2008-2009-2010. (b) annate secche, 2003, 2005, 2006, 2007.

Per approfondire l'analisi delle portate medie mensili, si riporta in Figura 26 la rappresentazione dei confronti delle portate medie mensili. Mentre dal primo grafico emerge che nei mesi caratterizzati da portate



abbondanti per il Po il periodo 1975-2000 ha visto un incremento, restando invece invariato nei mesi estivi, nel grafico di Figura 26(b) emerge la frequente riduzione delle portate medie nel decennio 2001-2010, che colpisce i mesi autunnali di ottobre e novembre, ma soprattutto il mese di luglio, la cui corrispondente media si posiziona al limite minimo della fascia di variabilità del periodo precedente.

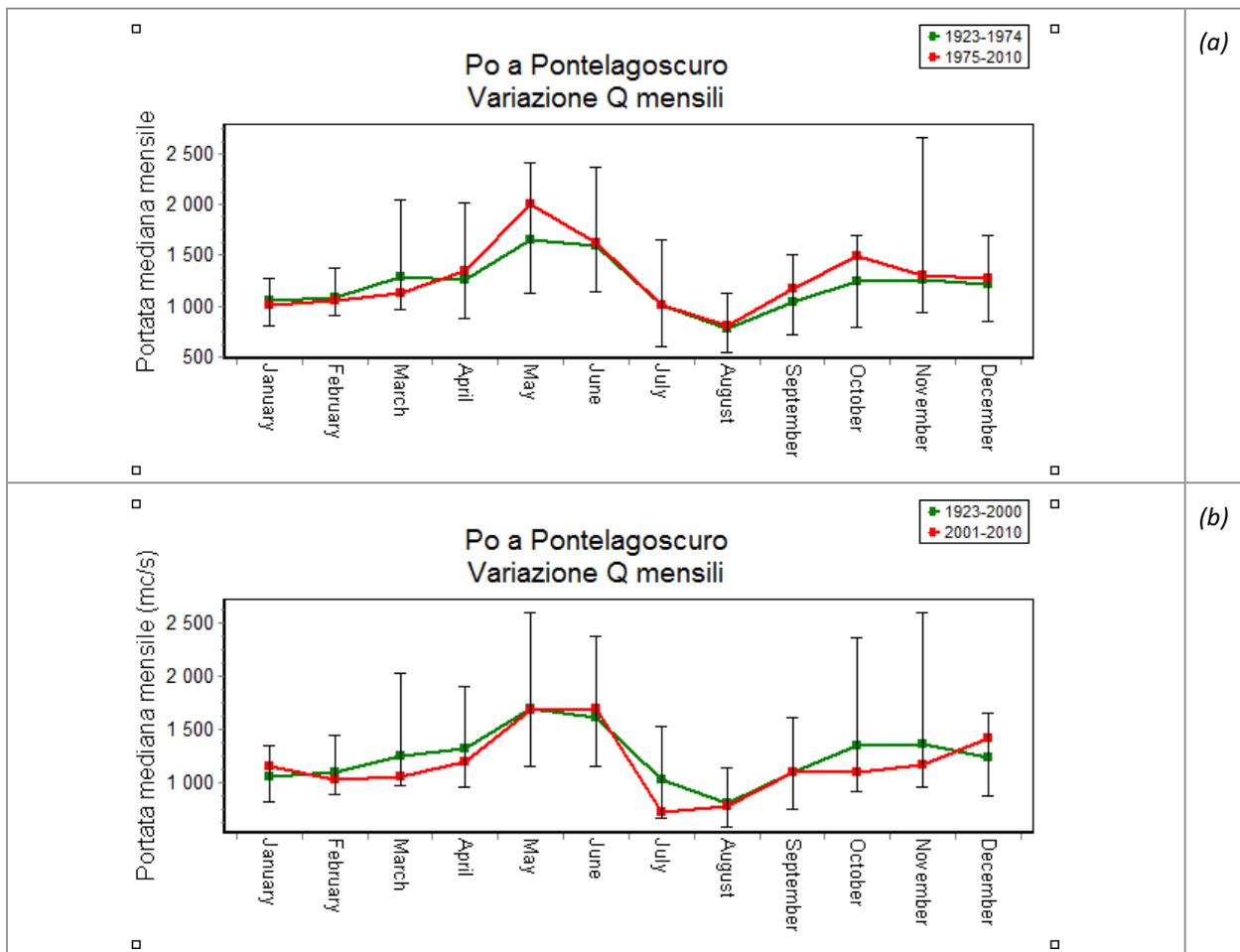


Figura 26 - Confronto tra le portate medie mensili osservate a Pontelagoscuro - (a) relativa ai periodi 1923-1974 e 1975-2010 - (b) Relativa ai periodi 1923 -2000 e 2001-2010.

Come ultimo risultato si riportano il grafici dell'alterazione idrologica complessiva¹⁸ relativamente ai due periodi 1923-1974 e 1975-2010. Per la lettura dei grafici occorre sapere che per ciascun parametro vengono calcolati tre *ranges* di valori, corrispondenti rispettivamente a valori bassi, medi ed elevati, la cui ampiezza dipende dalla variabilità totale osservata del parametro nel periodo di riferimento.

Tale valore per il primo dei periodi del confronto (es: 1923-1974) è assunto come frequenza di controllo. Viene calcolata quindi la frequenza osservata dei valori che sono ricaduti all'interno di ciascuno degli stessi *ranges* durante il periodo da confrontare (es. 1975-2010), e viene calcolata l'*alterazione idrologica (hydrologic alteration, HA)* con la formula:

$$HA = (\text{frequenza II periodo} - \text{frequenza di controllo}) / \text{frequenza di controllo}$$

¹⁸ Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P., (1996). "A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems". Conservation Biology, 10(4), 1163-1174. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Conservation Biology.





Quindi un valore positivo di HA, relativamente ad uno dei tre ranges, significa che durante il periodo di confronto si è manifestato un numero maggiore di valori che sono ricaduti in quel range rispetto al periodo di riferimento. Il massimo dell'alterazione verso valori bassi corrisponde ad un valori di HA pari a -1. Purtroppo, al massimo di alterazione verso valori elevati (portate medie in aumento, o frequenza di un certo evento in aumento) non corrisponde un valore finito, potendo l'indicatore variare da -1 a infinito, e questo è indubbiamente un limite del metodo. Questa analisi di alterazione basata sul confronto tra due periodi può essere effettuata in contemporanea per tutti i parametri, e dare origine al grafico di Figura 27 che offre una visione di insieme dell'alterazione idrologica. In Figura 27, per semplificare la lettura, sono riportati solo i valori di alterazione rilevanti.

Mentre il grafico di Figura 27(a), relativo al confronto tra il periodo 1923-1974 ed il periodo 1975-2010 non mostra segnali di alterazione molto forti, e con segno abbastanza casuale, il diagramma di Figura 27(b) mostra chiaramente le variazioni delle componenti ambientali del deflusso tra i periodi 1923-2000 e 2001-2010, che manifestano un tendenza evidente alla diminuzione.

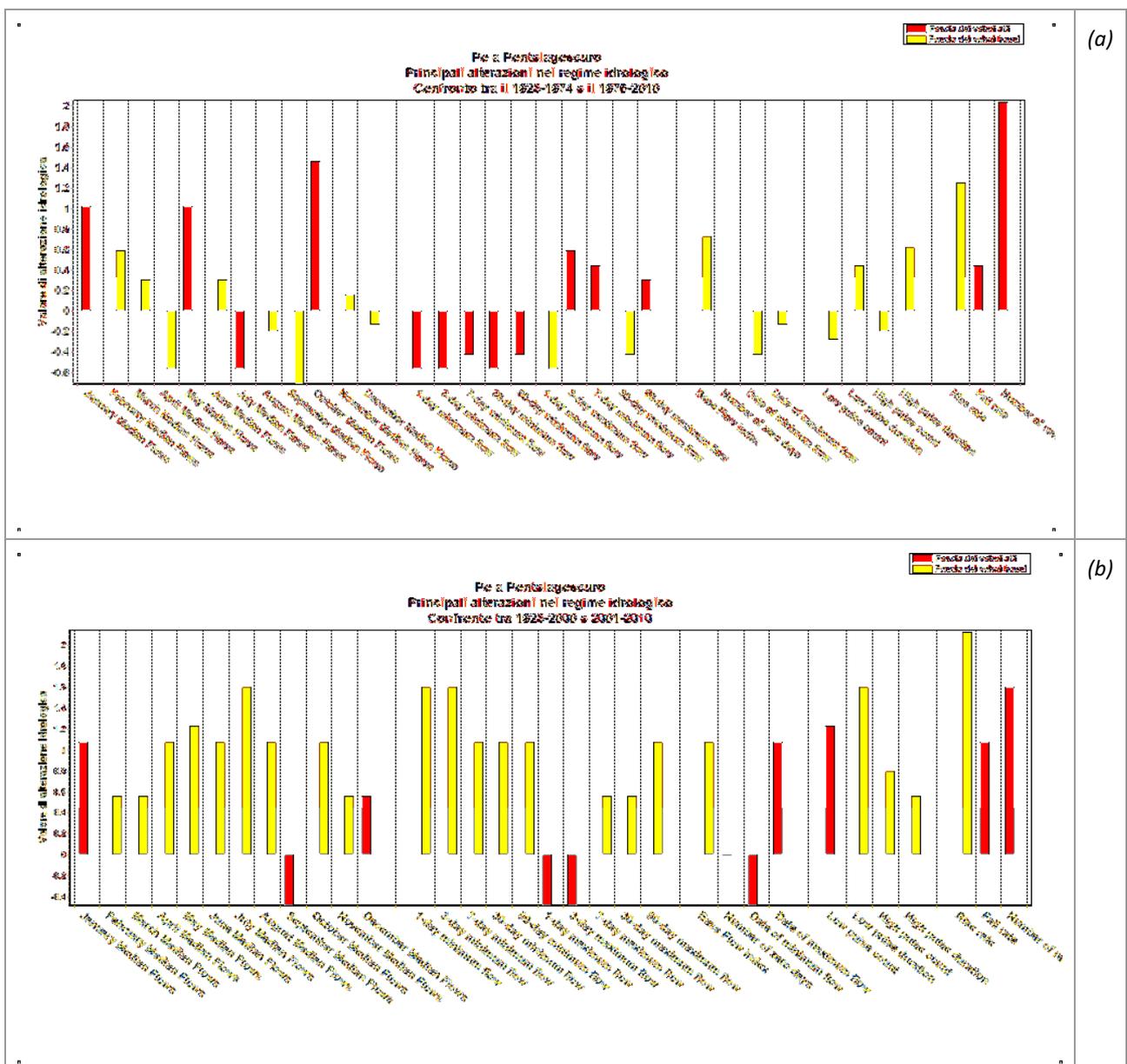


Figura 27 - Variazione delle Componenti Ambientali del Deflusso (*Environmental Flow Components, EFC*) - (a) relativa ai periodi 1923-1974 e 1975-2010 - (b) Relativa ai periodi 1923 -2000 e 2001-2010.

1.2. Confronto tra curve di durata osservate e naturalizzate

Come già osservato nei paragrafi precedenti, le analisi delle portate misurate a Pontelagoscuro a partire dal 1923 forniscono il *trend* delle portate effettivamente presenti in alveo, ma non consentono di comprendere la causa di quanto osservato, ovvero di capire se le modifiche del regime siano dovute a modifiche nell'apporto meteorico e nel clima o ad un aumento dei prelievi antropici di risorsa dal Po.

La maggior parte di tali volumi viene prelevata per uso irriguo durante la stagione tardo primaverile ed estiva, e anche se essi possono apparire modesti rispetto al bilancio idrologico riferito all'intero anno, se comparati alla disponibilità idrica della stagione in cui sono effettuati risultano di entità tale da poter potenzialmente compromettere il regime naturale del Po.

Nel 1981, l'ing. Lino Cati aveva stimato la portata media annua complessiva sottratta al Po a Pontelagoscuro da tutti i prelievi irrigui a monte in una quantità compresa tra 180 e 280 m³/s, che equivale a circa 6-9 miliardi di m³ all'anno; nel 1990 il prelievo medio complessivo ad uso irriguo è stato stimato, nell'ambito dello studio *Acquagricolturambiente* del Ministero dell'Agricoltura in poco più di 13 miliardi di m³ tra aprile e settembre, mentre nel 2009 la stima del volume prelevato per l'irrigazione dai corpi idrici superficiali del bacino del Po effettuata dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali¹⁹ si è attestata a poco più di 18 miliardi di m³/anno.

Nonostante nell'una e nell'altra stima non siano disponibili informazioni circa il computo delle restituzioni di risorsa dopo l'utilizzo, appare che il prelievo per scopi irrigui è aumentato in modo notevole nell'arco di tempo considerato. Nonostante la disponibilità idrica naturale del Po nei mesi di maggio e giugno, superando in media i 5 miliardi di m³/mese, risulti la massima annuale a causa dell'influenza delle aree del bacino a regime alpino o sub-alpino, nell'ambito delle elaborazioni effettuate per il presente Piano si è stimato che mediamente, negli stessi mesi, viene prelevata per fini irrigui circa la metà del volume idrico disponibile, con un prelievo complessivo medio nel mese di giugno equivalente ad una portata di più di 900 m³/s.

I risultati più dettagliati circa i prelievi stimati verranno presentati nel successivo "*Capitolo 3 - QUADRO DEGLI USI*"; a completamento dello studio delle curve di durata riportato nei paragrafi precedenti, si propongono qui alcuni risultati introduttivi relativi al confronto tra:

- le curve di durata ottenute dalle serie di portate misurate a Pontelagoscuro, con riferimento ai periodi 1923-2010 e 2001-2010;
- le curve di durata ottenute dalle serie di portate naturalizzate, ovvero ricostruite tramite il Sistema DEWS-Po ipotizzando l'assenza di prelievi per uso irriguo²⁰.

La scelta di rappresentare il periodo 2001-2010 è motivata dalle caratteristiche delle serie di portata naturalizzata ricostruita con il sistema DEWS-Po²¹.

¹⁹ "L'agricoltura nel distretto idrografico padano" - Contributo tematico al Piano di Gestione del Distretto Idrografico Padano - Rete Rurale, Mipaaf 2009

²⁰ Le modalità per la ricostruzione delle portate naturalizzate attraverso l'utilizzo del Sistema DEWS-Po sono descritte in dettaglio nell'Allegato 5 alla Relazione Generale del presente Piano.

²¹ La ricostruzione delle portate naturalizzate con il sistema DEWS-Po è stata effettuata a partire dal 1990. Il periodo successivo al 2000 ha superato la validazione del modello, mentre per il periodo precedente (1990-1999) sono stati incontrati problemi nella calibrazione/simulazione, probabilmente legati a modifiche avvenute nella struttura fisica dei prelievi (diverso assetto dei punti di presa, diverse regole di gestione), nella stima degli stessi, e delle scale di deflusso o punti di misura delle portate.

In Figura 28 sono riportati i risultati della ricostruzione dei volumi di deflusso naturale alla stazione idrometrica di Pontelagoscuro, ottenuti dal sistema modellistico DEWS-Po effettuando simulazioni in assenza di prelievi²². Nel grafico di Figura 28-(a) i risultati sono rappresentati in termini di volume medio mensile, mentre nel grafico di Figura 28-(b) sono riportate le ricostruzioni della portata media mensile naturale (portata naturalizzata) e la stime della percentuale di essa che viene prelevata mediamente per ciascun mese, complessivamente dai corpi idrici superficiali del bacino a monte di Pontelagoscuro.

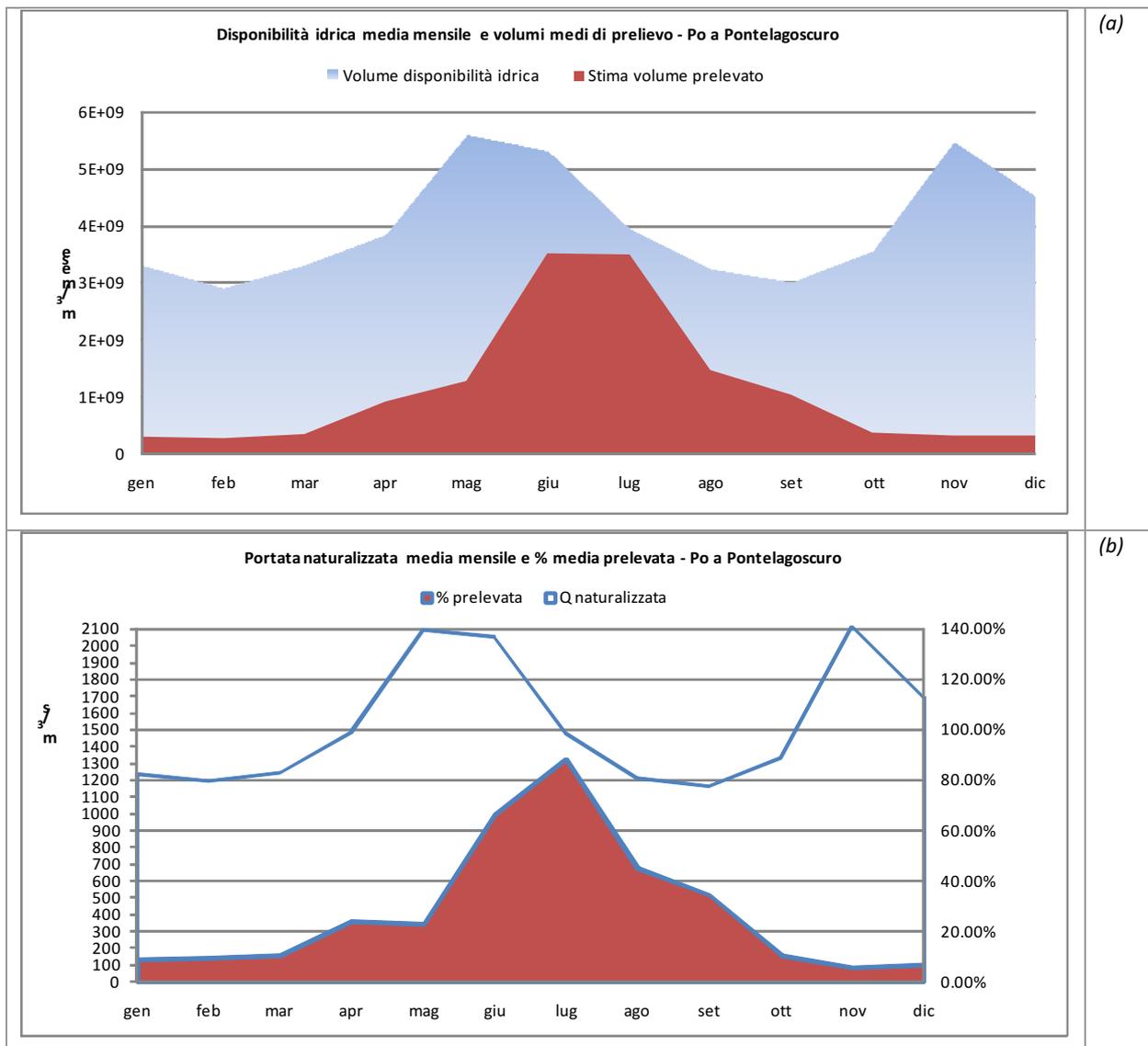


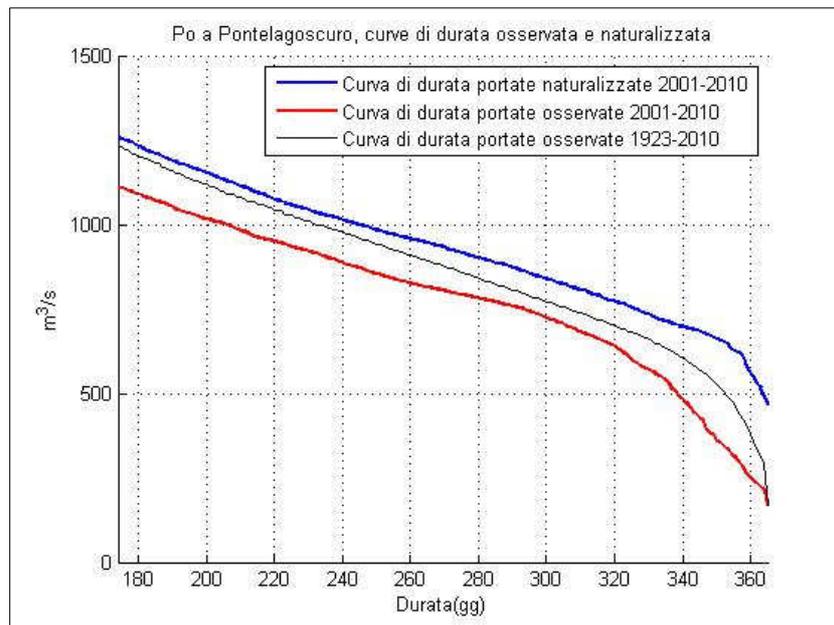
Figura 28 - Andamento medio mensile della disponibilità idrica relativa al bacino del Po chiuso a Pontelagoscuro²³. (a)Stima del volume medio mensile di portata naturalizzata che defluisce dalla sezione di Pontelagoscuro, e stima del volume medio mensile prelevato complessivamente dai corpi idrici superficiali del bacino a monte. (b) Stima della portata media mensile naturalizzata a Pontelagoscuro e stima della % media prelevata complessivamente dai corpi idrici superficiali a monte.

²² Per una descrizione di dettaglio delle caratteristiche delle simulazioni effettuate, dei dati utilizzati e delle approssimazioni effettuate si rimanda all'Allegato 5 alla Relazione Generale del presente Piano.

²³ Stime effettuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po per il calcolo del bilancio idrico, attraverso l'utilizzo del sistema DEWS-Po.

In Figura 29 sono riportate le curve di durata, riferite alle portate di magra (cioè con durata superiore a 274 giorni), ottenute utilizzando la serie storica completa delle osservazioni giornaliere dal 1923 al 2010, e, per il decennio 2001-2010, sia le osservazioni giornaliere che la serie delle portate giornaliere naturalizzate.

Come si è già avuto modo di notare, il decennio 2001-2010 si è presentato come caratterizzato da valori delle portate di magra molto al di sotto della media calcolata per il periodo completo 1923-2010. Si osserva che la distanza tra le curve di durata blu e rossa, che rappresentano rispettivamente le durate delle portate naturalizzate e quelle delle portate osservate, aumenta in particolare per le durate superiori a 330 giorni/anno, a fornire un'indicazione dell'effetto del prelievo sui valori normalmente presi a riferimento come



rappresentativi del regime idrologico di magra.

Figura 29 - Curve di durata delle portate di magra (cioè con durata superiore a 274 gg), ottenute da serie di osservazioni e da serie ricostruite da modello.

L'incidenza dei prelievi su detti valori di riferimento, elencati in Tabella 7, è riportata nella Figura 30 sia in termini assoluti che percentuali.

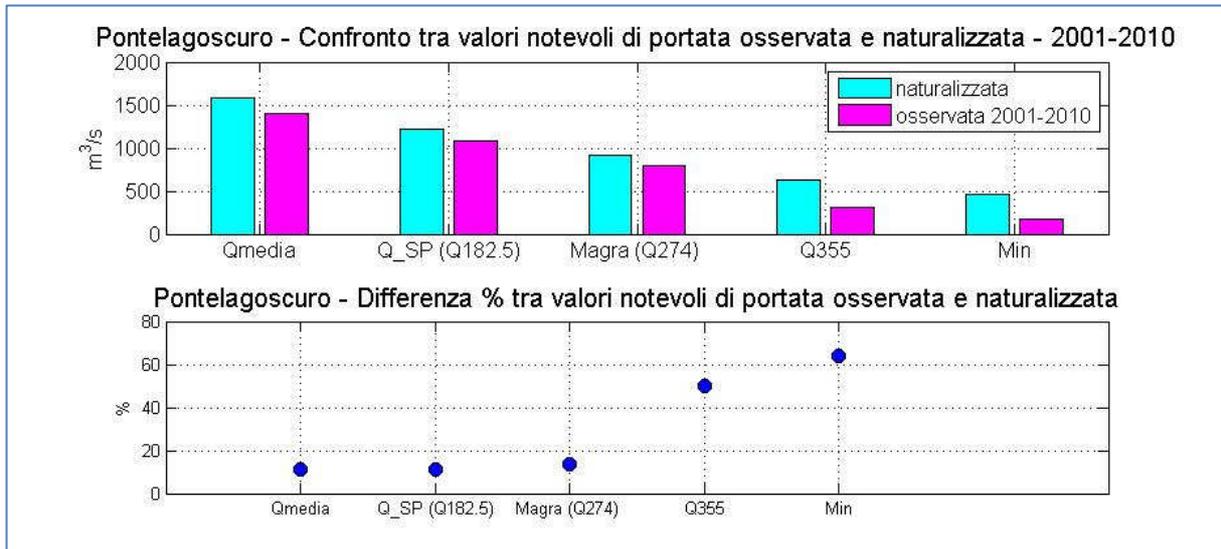


Figura 30 - Effetto dei prelievi di risorsa idrica dai corpi idrici superficiali nel bacino del Po sulle portate caratterizzanti il regime idrologico a Pontelagoscuro.

	Lungo periodo 2010	1923- Osservata 2001-2010	Naturalizzata 2001-2010
Portata media	1508	1398	1455
Portata semipermanente	1190	1079	1219
Portata limite di magra ordinaria	861	794	919
Q355	470	313	627
Portata minima assoluta	168	168	468

Tabella 7 - Parametri caratteristici delle curve di durata delle portate di magra relativi rispettivamente al periodo 1923-2000 e 2001-2010, osservate e naturalizzate tramite modello - Po a Pontelagoscuro

1.3. Sistema dei grandi laghi alpini regolati e dei serbatoi montani

Lo studio del regime idrologico del Po non può prescindere dalla considerazione della presenza di una realtà tanto importante quanto pressoché unica nel contesto europeo, ovvero quella dei grandi laghi prealpini regolati.

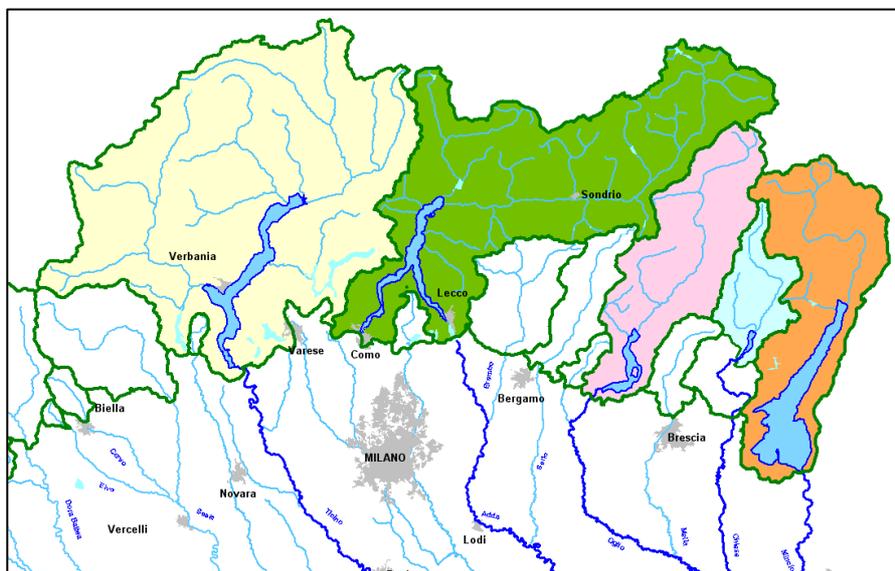


Figura 31 – Schema dei grandi laghi del bacino del Po

Nella fascia prealpina sono presenti infatti 5 laghi di dimensioni maggiori (Figura 31) di origine glaciale o fluvioglaciale: procedendo da Ovest verso Est essi sono il Lago Maggiore o Verbania secondo la dizione latina, il Lago di Como o Lario, il Lago d’Iseo o Sebino, il Lago d’Idro o Eridio ed il Lago di Garda o Benaco. Sono state formulate numerose teorie geologiche per spiegare l'origine delle fosse occupate da laghi a sud della catena delle Alpi: la più nota è quella della escavazione operata dalla forza dei grandi ghiacciai del Quaternario,



proposta nell'Ottocento da Ramsey, sebbene alcuni dettagli della morfologia del fondo roccioso dei bacini contrastino con essa.

Fino ai primi decenni del XX secolo, gli antichi sistemi di irrigazione della Pianura padana erano soggetti a fallanze dovute al frequente venire meno di sufficienti portate fluviali nei fiumi che li alimentavano durante il periodo estivo. Inoltre vi erano aree rimaste escluse dall'irrigazione, come ad esempio l'alta pianura novarese e milanese, alle quali era necessario estendere il beneficio dell'irrigazione per promuovere il passaggio ad una agricoltura moderna. Per l'agricoltura padana la possibilità di trattenere acqua tramite la costruzione di opere di regolazione nei grandi laghi subalpini, nei periodi che precedono l'irrigazione, per poterla poi erogare per rispondere ai fabbisogni irrigui in un tempismo coerente con il ciclo vegetativo e con l'andamento naturale delle precipitazioni, ha costituito una straordinaria opportunità di ottenere nuove acque per integrare l'esistente sistema irriguo, evitando le frequenti perdite di raccolti con un beneficio enorme per l'economia del sistema agricolo.

Il primo lago ad essere regolato fu il Lago D'Idro, le cui opere di sbarramento furono terminate nel 1923, per entrare in funzione nel 1927. In seguito vennero progressivamente sbarrati anche gli altri laghi:

- Iseo, 1933;
- Maggiore, 1942;
- Como, 1946;
- Garda, 1950.

La regolazione è affidata a: Consorzio del Ticino, Consorzio dell'Oglio, Consorzio dell'Adda, AIPO, e Società del Lago D'Idro.

Complessivamente, la superficie di bacino a monte dei grandi laghi, i cui deflussi risultano regolati, si estende per 16.000 km² pari a circa un terzo dell'intera superficie di 43.000 Km² del bacino in sinistra Po. Gli specchi liquidi occupano assieme una superficie di 890 Km².

Nel loro insieme, i grandi laghi costituiscono da sempre un grande patrimonio di risorsa idrica, in quanto si trovano nella parte del bacino del Po che gode dei più abbondanti afflussi meteorici. Essi alimentano gli importanti affluenti del Po Ticino, Adda, Oglio, Chiese e Mincio, che costituiscono a loro volta gli assi portanti dei più antichi sistemi irrigui a servizio della pianura padana.

<i>Lago</i>	<i>Emissario</i>	<i>Volume di regolazione 10⁶ m³</i>
<u>Maggiore</u>	Ticino	303
<u>Como</u>	Adda	247
<u>Iseo</u>	Oglio	85
<u>Idro</u>	Chiese	35
<u>Garda</u>	Mincio	458
TOTALE:		1128

Tabella 8 – Volumi massimi di regolazione dei cinque laghi prealpini regolati

La regolazione ha dato inizio ad una gestione completamente nuova delle acque: come si evince da Tabella 8 nel loro insieme gli sbarramenti consentono di regolare un volume di risorsa rilevante se si considera che il volume defluito nel tra l'inizio di maggio e la fine di luglio nel 2003 è stato di poco superiore ai 6·10⁹ m³.

Il volume immagazzinato nei laghi deve essere opportunamente tenuto in conto nella valutazione della disponibilità idrica naturale nell'equazione del bilancio idrico per non incorrere nell'apparenza che venga

utilizzata, nei mesi estivi, più risorsa di quella disponibile. In particolare, a tal fine, occorre computare il volume disponibile immagazzinato in ciascun lago come disponibilità idrica relativa alla prima sezione di calcolo del bilancio idrico sul Po a valle della confluenza dell'emissario di detto lago²⁴.

La Tabella 9 mostra la sequenza, procedendo da monte verso valle, dell'ingresso dei volumi di regolazione dei laghi per il calcolo dei volumi di risorsa idrica potenziale in corrispondenza delle sezioni di Po.

Sezione di bilancio sul Po	Contributi in volume dai laghi
Isola Sant'Antonio	
	← Lago Maggiore
Ponte Spessa	
Piacenza	
	← Lago di Como
Cremona	
Boretto	
	← Lago d'Iseo Lago d'Idro
Borgoforte	
	← Lago di Garda
Pontelagoscuro	

Tabella 9 – Sequenza di immissione dei volumi di regolazione dei laghi nel calcolo della disponibilità idrica in Po.

Un ultimo aspetto legato alla presenza dei laghi regolati che richiede una precisazione riguarda la stima della *portata naturalizzata* finalizzata al calcolo del bilancio idrico: che meglio illustrato nella Relazione Generale, essa è stata effettuata attraverso il modello DEWS-Po²⁵ per il periodo 2000-2012 disattivando le funzionalità per la simulazione dei prelievi di portata da tutti i corsi d'acqua, ma considerando i rilasci storici dalle paratoie di regolazione dei laghi. Se tale scelta può essere considerata un limite rispetto alla riproduzione di condizioni di naturalità, essa appare ragionevole in base ad un approccio gestionale per cui è necessario operare scelte sulla base delle caratteristiche strutturali effettive del sistema ad un determinato momento.

Oltre ai laghi regolati, esistono nel bacino del Po numerosi altri invasi artificiali, prevalentemente ad uso idroelettrico o irriguo. L'approccio seguito prevede che la portata naturalizzata calcolata con il modello sia già depauperata della porzione di volume che viene trattenuta al loro interno. Tale volume esce dalla disponibilità idrica in quanto trattenuto per gli usi cui è destinato, e viene calcolato nuovamente nella disponibilità naturale quando, rilasciato, va a ricostituire una parte del deflusso naturalizzato. Occorre considerare tuttavia, in accordo anche con le linee guida della Commissione Europea, che nel caso specifico dell'utilizzo irriguo, esso può essere rilasciato al momento del fabbisogno per far fronte a periodi di scarsa piovosità, pertanto costituisce una riserva di risorsa naturale che non viene estratta dal sistema, ma accumulata per subire una redistribuzione nel tempo. Tale volume può essere computato come disponibilità idrica per far fronte ai periodi di crisi che si manifestano durante le siccità.

²⁴ La CE sta producendo linee guida per il calcolo della disponibilità idrica al fine del computo dell'indice WEI+, richiesto dal Reporting WISE per il 2016. Le linee guida contemplano l'accumulo di volume in riserve naturali e artificiali, da tenere in considerazione come quantità utile per fronteggiare gli episodi di scarsità, **attraverso un secondo indicatore**. Pertanto, i valori di WEI+ riportati nel presente elaborato sono stati calcolati senza tenere conto dell'immagazzinamento nei laghi.

²⁵ Vedere Allegato 4 alla Relazione Generale del presente Piano



1.4. Fiume Po – Calcolo del bilancio idrico

Il calcolo del bilancio idrico delle acque superficiali, da effettuarsi in corrispondenza di una *sezione idrologica*, per la quale cioè sia identificabile un bacino contribuente a monte ed uno schema di afflussi e deflussi definito, richiede che siano note, attraverso misura o stime, grandezze relative al volume di risorsa idrica disponibile, valutata con riferimento ad un dato intervallo temporale, e grandezze relative ai volumi prelevati per gli usi antropici, siano essi *consumati*, e/o *restituiti* a monte o a valle della sezione idrologica di calcolo. Pertanto il calcolo è stato effettuato nelle sezioni di riferimento per l'asta Po nell'ambito del Piano del bilancio Idrico descritte al "Paragrafo 1.1- L'idrologia del distretto del Po"²⁶, ed elencate in Tabella 10.

Stazione	Area bacino sotteso (Km ²)	Grandezze disponibili	Inizio misure anno:
Isola Sant'Antonio	25857	H, Q	1996
Piacenza	42030	H, Q	1924
Cremona	50726	H, Q	1932
Boretto	55183	H, Q	1943
Borgoforte	62450	H, Q	1924
Pontelagoscuro	70091	H,Q	1923

Tabella 10 – Principali stazioni idrometriche sul Po

Il bilancio idrico è costituito da una disequazione che rappresenta la differenza tra il volume di risorsa idrica disponibile, in un certo bacino e in un determinato intervallo di tempo, e il volume netto di risorsa idrica prelevato dai corpi idrici naturali per i diversi usi antropici.²⁷ Esso è definito nel DM 28/07/2004 nel seguente modo:

$$R_{ut} - \Sigma F_i + R_{riu} + V_{rest} \geq 0$$

In cui i simboli rappresentano:

- **R_{ut}**, il volume di risorsa utilizzabile;
- **ΣF_i**, la somma dei volumi utilizzati;
- **R_{riu}**, il volume di risorsa riutilizzata;
- **V_{rest}**, il volume di risorsa restituita.

R_{ut} rappresenta la risorsa, inferiore o uguale a quella potenziale, concretamente destinabile agli usi, tenendo conto dei vincoli di carattere socio-economico, di tutela delle acque, di compatibilità ambientale e di qualità, ed in pratica è costituita dal volume di risorsa potenziale al netto del volume necessario al mantenimento del deflusso ecologico.

Il concetto del bilancio idrico è rappresentato in modo dissimile, anche se con analogo significato, nell'ambito della DQA e della Politica Europea su Carenza Idrica e Siccità. Infatti il confronto tra il volume di risorsa idrica naturale disponibile ed il volume complessivamente prelevato per gli usi antropici è reso attraverso la frazione costituita dal *Water Exploitation Index*.²⁸

²⁶ Si rimanda alla Relazione Generale per gli indirizzi sulla scelta delle sezioni di riferimento e sulle modalità di misura e stima di tali grandezze

²⁷ DM 28/07/2004- Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale (art.22, c.4. D.Lgs 152/99)

²⁸ Vedere Relazione Generale





Per la comprensione dei risultati riportati nel seguito, e rimandando alla Relazione Generale del presente Piano per la presentazione completa dei metodi di calcolo adottati, si richiama la formulazioni del Water Exploitation Index modificato (WEI+):

$$WEI+ = (V_p - V_r) / V_n \quad (1)$$

in cui:

V_p rappresenta il volume di risorsa idrica prelevato dai corpi idrici naturali di un sistema nell'arco di un intervallo di tempo definito (al netto dei volumi riutilizzati);

V_r rappresenta il volume di risorsa idrica restituito ai corpi idrici naturali del sistema nello stesso intervallo di tempo di riferimento;

V_n rappresenta il volume di risorsa idrica rinnovabile disponibile nello stesso intervallo di tempo di riferimento. Evidentemente le due notazioni sono riconducibili l'una all'altra; la risorsa idrica rinnovabile (*Renewable Water Resource* - RWR), la quale nella sua definizione corrisponde allo stato attuale alla risorsa potenziale del DM 29/07/2004, nel bacino del Po è fatta corrispondere con la portata naturalizzata che defluisce nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico sull'asta Po, in base all'approccio indicato dall'Opzione 2 (Si veda Relazione Generale):

Opzione 2. $R_{pot} = V_n = RWR = Q_{nat} = Outflow + (Abstraction - Return) - \Delta V_{art}$

Che riscritto con la notazione del DM 29/07/2004 diviene:

Opzione 2. $R_{pot} = Q_{out} + (\Sigma Fi + R_{riu} + V_{rest}) - \Delta V_{art}$

ΔV_{art} rappresenta il volume immagazzinato nei serbatoi artificiali durante l'intervallo di tempo considerato per il calcolo dell'indicatore. Nel caso del bacino del Po, a tale volume è stato assimilato quello invasato nei grandi laghi prealpini (*volume utile di regolazione*), al fine di ricalcolare il valore dell'indicatore nei periodi di crisi idrica tenendo conto anche della disponibilità della risorsa accumulata.

Il bilancio idrico per l'asta Po è espresso attraverso l'indice WEI+ così definito calcolato in corrispondenza delle sezioni di riferimento.

Nell'ambito del presente Piano, coerentemente con l'Opzione 2, la valutazione delle risorsa potenziale è stata effettuata utilizzando ricostruzioni di *portata naturalizzata* attraverso l'utilizzo del Sistema DEWS-Po, ottenute attraverso simulazioni effettuate disattivando le funzioni per la simulazione dei prelievi. Tale valore, così come simulato dal modello, è già al netto del volume immagazzinato nei laghi regolati, in quanto come esplicitato al *Paragrafo 1.3*, il modello non interviene sulla funzionalità storica delle opere di regolazione.

Nell'ambito delle analisi a supporto della gestione delle magre, al WEI+ così calcolato è stato affiancato, per confronto, un indicatore che tiene conto del volume di risorsa immagazzinata nei laghi regolati, al fine di rappresentare gli effetti sulla carenza idrica della redistribuzione stagionale della risorsa attuata con la regolazione. (Si veda Allegato 3 alla Relazione Generale).

Anche la stima dei volumi prelevati a monte di ciascuna sezione di riferimento è stata effettuata con il Sistema DEWS-Po, dopo aver verificato la corretta calibrazione del modello e l'affidabilità delle stime di prelievo attraverso analisi e controlli a campione. I volumi sono stati inoltre confrontati con i dati sui prelievi resi disponibili dalle amministrazioni Regionali. L'uso del modello ha consentito di effettuare un approfondimento necessario a comprendere in che misura l'attuale assetto è stato in grado di rispondere alla domanda di risorsa durante le crisi idriche che si sono ripetute nell'arco dell'ultimo decennio: sulla base del confronto effettuato tra le stime del fabbisogno idrico riportate in letteratura, si è potuto assumere che il prelievo medio di lungo



periodo simulato dal modello corrisponda sostanzialmente con la "*domanda idrica del sistema*"²⁹. Nel modello tale volume è simulato come una *istanza* al sistema naturale, e viene erogato interamente solo nel caso che negli alvei ci sia risorsa a sufficienza, senza che venga intaccato, laddove definito, il DMV. Se al momento della richiesta nel corpo idrico da cui viene prelevata l'acqua non è presente risorsa a sufficienza, il modello eroga alla derivazione meno portata di quella richiesta: tale quantità è il prelievo effettivo, e viene marcato un evento di mancato soddisfacimento della domanda.

E' quindi possibile evidenziare i periodi in cui la domanda non è stata soddisfatta, ovvero calcolare il grado di fallanza del sistema. L'analisi rappresenta una base conoscitiva molto utile per definire la vulnerabilità del sistema delle utenze, ed i margini di intervento necessari per mantenere il livello di fallanza all'interno dei limiti di progetto. Una proposta di utilizzo di tale dato è costituita da quella riportata al Paragrafo 7.3 della Relazione Generale del presente Piano.

Un secondo confronto è stato effettuato rispetto ai dati di concessione, a partire da quelli contenuti nei Piani di Tutela delle Acque Regionali cui sono stati aggiunti i dati relativi alle piccole derivazioni, e costituisce pertanto un valore di riferimento massimo teorico che rappresenta una stima dell'insieme di tutti i diritti di prelievo, nel caso venissero esercitati in contemporanea.

Le analisi per il calcolo del bilancio idrico sono finalizzate a verificare la sostenibilità dell'uso, e di conseguenza sono basate su dati medi di disponibilità e prelievo su periodi di tempo lunghi. Il periodo analizzato va dal 2000 al 2011, in quanto le valutazioni precedenti non hanno superato il controllo qualitativo: negli anni l'assetto dei sistemi di distribuzione della risorsa idrica ha subito modifiche più meno gradualmente, che cumulandosi rendono impossibile la simulazione di eventi passati utilizzando una struttura modellistica che rappresenta la realtà di oggi.

L'intervallo temporale del calcolo del bilancio idrico deve essere *significativo*, ovvero essere tale da fornire un'informazione utile all'individuazione di un uso non sostenibile della risorsa. Per il bacino del Po tale intervallo è stato individuato attraverso un'attività di test condotta dall'Autorità di Bacino in seno alla *Expert Network on Water Scarcity and Drought* a supporto della Commissione Europea, dalla quale è emerso che l'intervallo temporale più idoneo, vista la variabilità che caratterizza sia la disponibilità che gli usi della risorsa all'interno del bacino, per la rappresentazione del livello di sfruttamento della risorsa idrica, è quello mensile.

Nei paragrafi che seguono sono presentati i risultati relativi:

- al calcolo della disponibilità idrica;
- alla stima dei volumi d'uso;
- al bilancio idrico.

²⁹ Con particolare riferimento al settore irriguo, si parla di domanda, e non di fabbisogno, in quanto i quantitativi prelevati possono dipendere dalle prassi distributive e dalle tipologie delle reti, e non necessariamente corrispondere con i fabbisogni teorici delle colture. Rappresentano comunque senza dubbio il quantitativo di acqua medio su cui il sistema nel suo complesso ritiene di poter contare all'inizio della stagione, o al momento della scelte colturali.

2. DISPONIBILITA' IDRICA

In accordo con le metodologie descritte nella Relazione Generale e richiamate nel "Paragrafo 1.4 - Fiume Po – Calcolo del bilancio idrico", il calcolo della disponibilità idrica nelle sezioni di riferimento adottate per il bilancio idrico dell'asta Po è stato effettuato attraverso la ricostruzione modellistica della portata naturalizzata, cioè che defluirebbe in assenza di prelievi antropici³⁰.

La portata naturale del Po è stata ricostruita tramite modello a passo giornaliero dal 1 gennaio 2001 al 31 dicembre 2012. I dati di portata giornaliera sono stati mediati per ottenere la portata media mensile, e utilizzati per il calcolo del volume defluito. Quindi la disponibilità idrica è rappresentata, nelle tabelle che seguono, sia in forma di volume che in forma di portata media mensile. A partire dalla serie di portate medie mensili naturalizzate, sono state calcolate le medie mensili di lungo periodo.

<i>Portata media mensile naturalizzata [m³/s], calcolata come media del periodo 2000-2012, nelle stazioni di:</i>						
	Isola S. Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
Gennaio	258.8	639.2	838.2	941.8	1084.5	1233.8
Febbraio	273.1	651.9	840.0	929.4	1066.8	1192.8
Marzo	335.5	716.9	896.7	982.4	1112.8	1236.6
Aprile	503.5	972.3	1175.9	1246.2	1372.2	1482.9
Maggio	811.9	1452.9	1780.7	1815.3	1983.2	2087.3
Giugno	824.1	1388.9	1724.9	1760.1	1916.9	2046.6
Luglio	420.3	863.9	1174.1	1203.7	1346.1	1474.9
Agosto	336.9	698.2	946.7	975.8	1097.4	1210.2
Settembre	386.8	741.5	949.9	978.8	1079.5	1161.7
Ottobre	469.3	894.8	1109.0	1152.1	1259.5	1327.0
Novembre	680.1	1389.3	1722.7	1851.0	2016.6	2108.3
Dicembre	429.1	964.3	1218.6	1359.0	1514.6	1689.0
Media anno:	477.5	947.8	1198.1	1266.3	1404.2	1520.9

Tabella 11 - Portate medie mensili naturalizzate nelle stazioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico dell'asta del fiume Po, in m³/s, calcolate nel periodo 2000-2012

³⁰ Vedere Allegato 4 "DEWS-Po la modellistica di distretto".

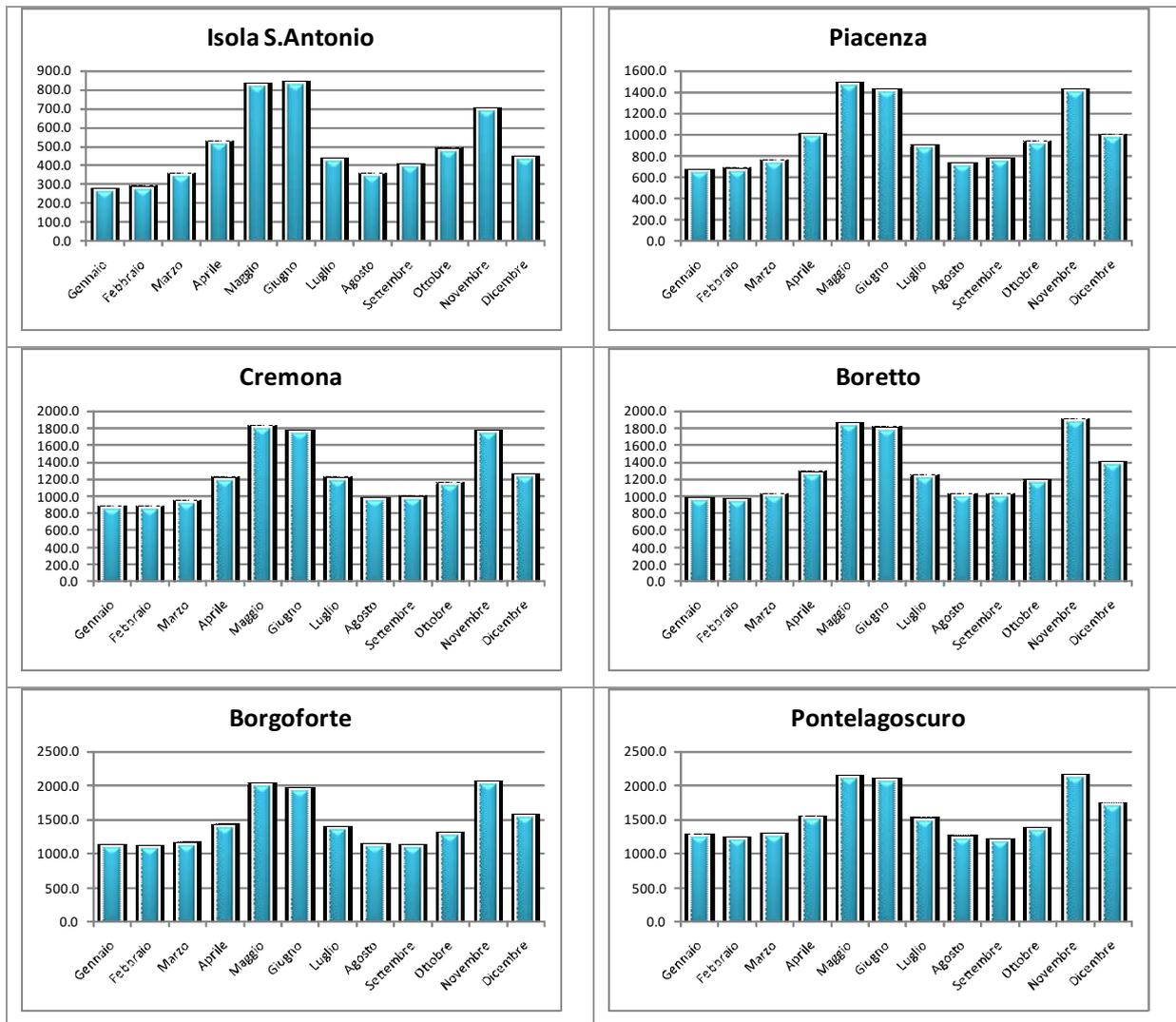


Figura 32 - Andamento medio delle portate mensili naturalizzate nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del Po - m³/s - Periodo di riferimento 2000-2012.



<i>Volume medio mensile, in milioni di m³, di deflusso naturalizzato dal 2000 al 2012, nelle stazioni di:</i>						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
Gennaio	693.2	1712.0	2245.1	2522.5	2904.8	3304.6
Febbraio	666.2	1589.1	2047.3	2265.1	2599.8	2906.6
Marzo	898.7	1920.2	2401.6	2631.3	2980.6	3312.2
Aprile	1305.2	2520.2	3047.9	3230.1	3556.7	3843.6
Maggio	2174.5	3891.4	4769.5	4862.1	5311.9	5590.6
Giugno	2136.2	3600.0	4471.1	4562.2	4968.5	5304.8
Luglio	1125.7	2314.0	3144.8	3224.0	3605.4	3950.5
Agosto	902.3	1870.2	2535.7	2613.5	2939.3	3241.4
Settembre	1002.5	1921.9	2462.1	2537.0	2798.0	3011.1
Ottobre	1257.1	2396.6	2970.4	3085.9	3373.4	3554.4
Novembre	1762.8	3601.0	4465.1	4797.8	5226.9	5464.7
Dicembre	1149.4	2582.8	3264.0	3639.9	4056.8	4523.9
Somma anno:	15073.6	29919.4	37824.4	39971.3	44322.1	48008.3

Tabella 12 - Volumi medi mensili di deflusso naturalizzato nelle stazioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico dell'asta del fiume Po, in milioni di m³/mese, calcolati con riferimento al periodo 2000-2012 attraverso il sistema DEWS-Po.

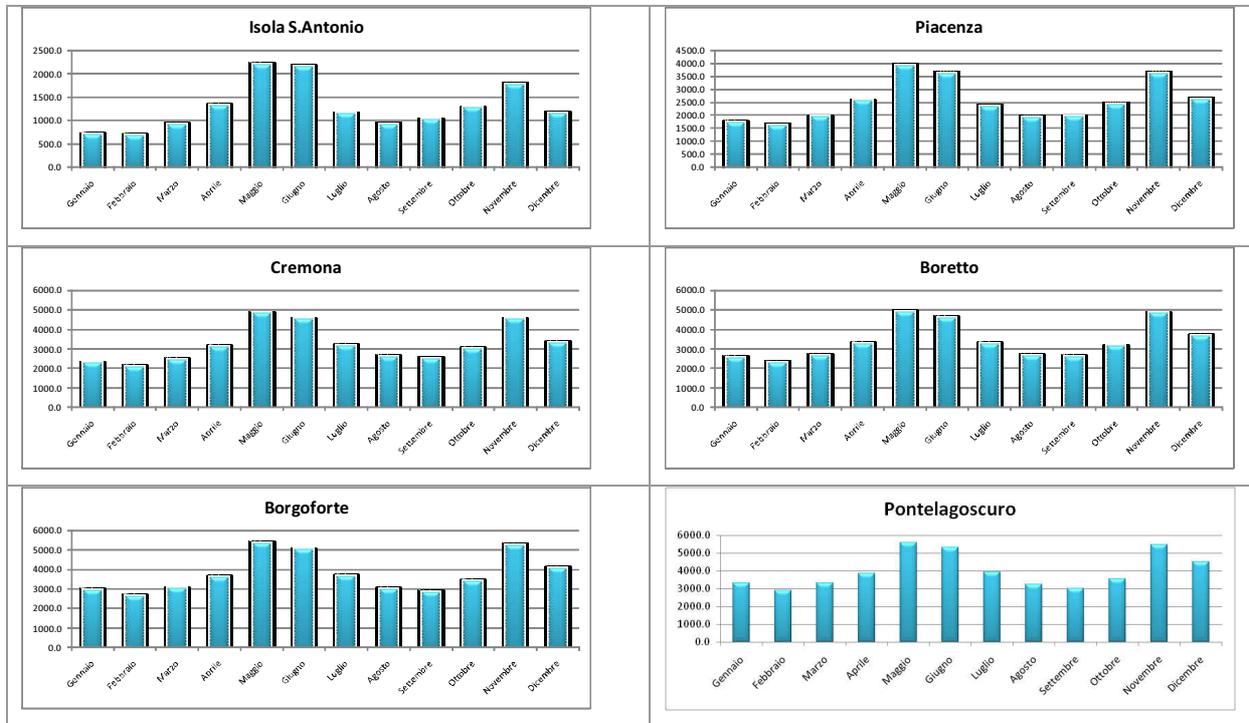


Figura 33 - Andamento medio dei volumi di deflusso mensile naturalizzato nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del Po - Milioni di m³/mese- Periodo di riferimento 2000-2012

A titolo di confronto e di verifica si riportano, in Tabella 13, i volumi corrispondenti ottenuti nello studio di riferimento condotto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po denominato "Attività per la predisposizione del bilancio idrico del bacino del Po"³¹ sulla base di un modello idrologico appositamente sviluppato e calibrato, con dati aggiornati fino al 1986.

³¹ Sottoprogetto 8.3, "Supporto tecnico all'attuazione dei Piani Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico e dell'uso e qualità della risorsa idrica" - Delibera del Comitato Istituzionale del 13 marzo 2002, n. 7/2002





Volume medio mensile, in milioni di m³, di deflusso naturalizzato calcolato nello studio SP8.3 dell'Autorità di Bacino del fiume Po, dati fino al 1986. Nelle stazioni di:

	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
Gennaio	1150.7	1856.9	2268.7	2623.7	2920.3	3233.2
Febbraio	1231.9	1622.0	1982.6	2274.7	2540.7	2803.8
Marzo	1742.7	2306.9	2794.6	3147.4	3494.7	3777.9
Aprile	1825.4	3082.8	3687.0	4114.6	4562.2	4899.1
Maggio	2388.6	4423.1	5260.2	5632.3	6293.0	6556.3
Giugno	2136.0	4210.5	5265.8	5585.1	6267.2	6549.2
Luglio	1395.7	2802.4	3782.8	3964.8	4616.7	4872.5
Agosto	1016.2	2275.9	3003.5	3168.7	3763.1	4019.2
Settembre	1103.5	2997.6	3719.3	4006.6	4524.4	4801.9
Ottobre	1393.5	4293.4	5175.5	5713.3	6334.5	6719.6
Novembre	2053.9	3308.6	3895.7	4420.5	4920.7	5348.2
Dicembre	1371.9	2125.6	2546.8	2937.0	3279.0	3657.1
Somma anno:	18810.0	35305.7	43382.5	47588.7	53516.5	57238.0

Tabella 13 - Volume di risorsa naturale potenziale media alle sezioni di Po di riferimento per il Piano del Bilancio Idrico, calcolata con modellazione idrologica nell'ambito dello Studio SP 8.3 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, con dati fino al 1986.

Si osserva una buona corrispondenza tra i due risultati, non solo come disponibilità media annuale nelle varie sezioni ma anche rispetto alla distribuzione della risorsa nei vari mesi dell'anno (Figura 34)³².

³² Le differenze negative di disponibilità idrica possono essere imputate alla diminuzione degli afflussi, come mostrato nei capitoli precedenti della presente relazione.

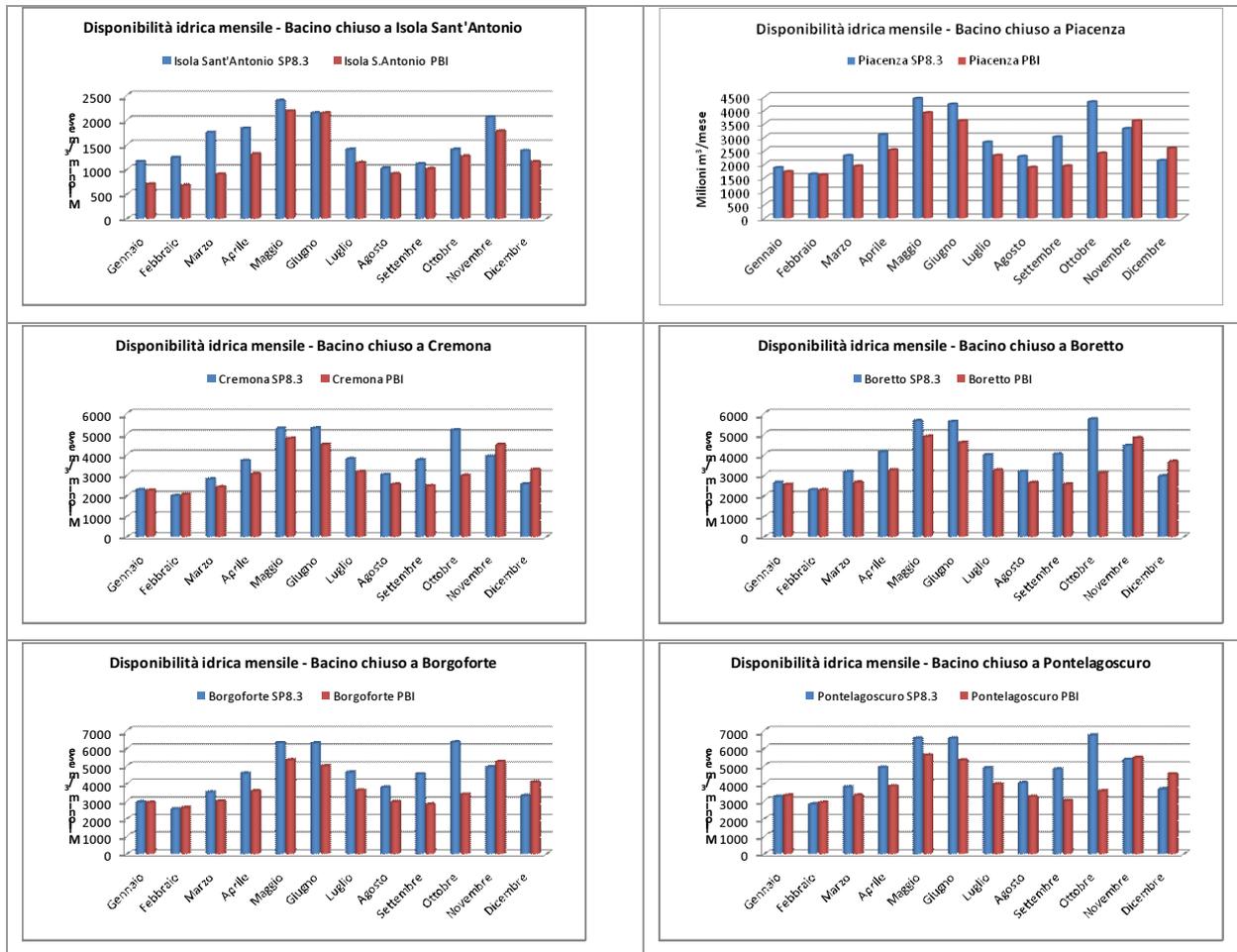


Figura 34 – Risorsa idrica potenziale nelle sezioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico sul Po – Confronto tra i risultati ottenuti dal modello DEWS-Po con dati dal 2000 al 2012 ed i risultati riportati nello studio SP8.3 con dati fino al 1986.

A complemento dei dati forniti, si riportano i dati relativi ai volumi mediamente immagazzinati negli invasi artificiali del bacino del Po, a cui sono assimilati i volumi invasati nei laghi prealpini regolati. Si osserva che i volumi immagazzinati negli invasi, prevalentemente ad uso idroelettrico, situati sulla catena alpina a monte dei laghi regolati, non possono costituire disponibilità idrica, in quanto, anche se rilasciati, vengono già conteggiati nel momento in cui divengono parte del volume immagazzinato nei laghi. Oltre a tali serbatoi, sono presenti invasi ad uso irriguo in Piemonte (Consorzio della Baraggia), che consentono un accumulo massimo pari a circa 19 milioni di m³. Tale volume, seppur di entità molto modesta in confronto a quello complessivo, è stato trattato alla stregua di quello dei laghi regolati, in quanto suscettibile di essere rilasciato al momento della necessità per fronteggiare particolari momenti di fabbisogno.



Volume di risorsa idrica mediamente immagazzinato nei laghi prealpini regolati all'inizio del mese - Milioni di m ³						
mese	Lago Maggiore	Lago d'Iseo	Lago d'Idro	Lago di Garda	Lago di Como	
gen	286	55	19	268	98	
feb	271	37	21	281	70	
mar	261	24	23	299	59	
apr	269	27	23	329	63	
mag	286	55	27	337	108	
giu	310	75	26	331	173	
lug	295	69	26	329	181	
ago	225	43	21	283	142	
set	179	23	19	198	79	
ott	270	32	21	196	111	
nov	241	49	21	229	113	
dic	286	50	25	254	107	

Tabella 14 - Volume mediamente immagazzinato nei laghi regolati a inizio mese.

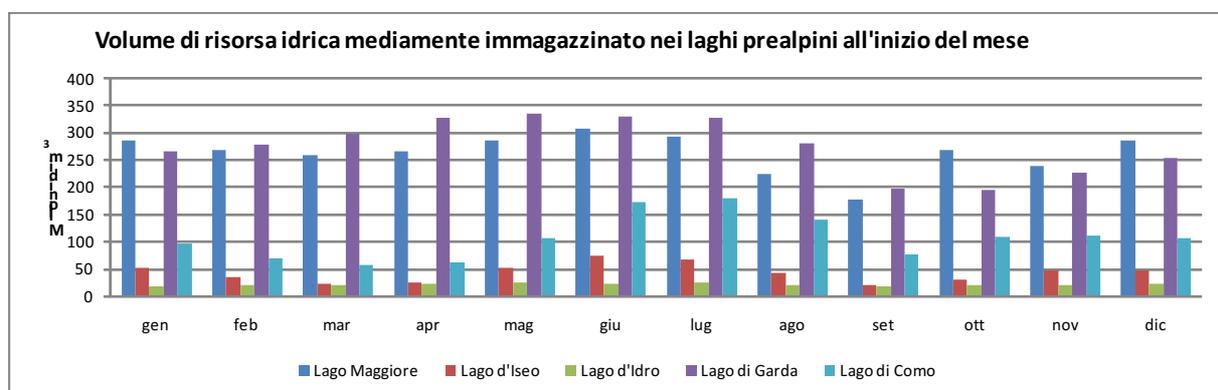


Figura 35 - Istogramma dei volumi di risorsa idrica mediamente immagazzinati nei laghi prealpini all'inizio del mese.

3. QUADRO DEGLI USI

La conoscenza degli usi dell'acqua nel distretto del Po costituisce un tema complesso, rispetto al quale sono stati compiuti numerosi sforzi che hanno consentito di pervenire a risultati all'oggi ancora caratterizzati da un elevato livello di approssimazione.

Rimandando alla Relazione Generale del presente Piano per un quadro informativo circa le modalità generali adottate per la ricostruzione del quadro degli usi, si richiama che, relativamente all'asta del fiume Po i prelievi sono stimati attraverso l'utilizzo del Sistema DEWS-Po. Il sistema DEWS-Po integra il modulo Ribasim per la gestione delle risorse idriche nel Po (Figura 36, e *Allegato 5 alla Relazione Generale*). Il modulo Ribasim consente di simulare i deflussi, i prelievi e le restituzioni dalle acque superficiali, dalle acque sotterranee e dai serbatoi, in base a determinate regole specificate dagli sviluppatori del modello. Per il bacino del Po, il Ribasim è stato implementato su tutti i corsi d'acqua superficiali, e le derivazioni sono rappresentate con diversi gradi di dettaglio. Sono rappresentati tutti i grandi canali irrigui artificiali e le falde freatiche con cui avvengono scambi di risorsa idrica tra sistema superficiale e profondo. Sono inoltre rappresentati gli invasi: i laghi alpini regolati dotati di paratoie, per le quali nel modello sono inserite regole che ne definiscono il funzionamento, e gli invasi idroelettrici attraverso l'uso di un modulo specifico. Per quanto riguarda i prelievi ad uso irrigo, è stato scelto di cumulare il prelievo in alcuni punti rappresentativi dei corsi d'acqua, definendo regole di prelievo complessive, ottenute dalla somma delle regole relative alle singole concessioni. In tutti i casi in cui è stato necessario per ottenere un buon livello di rappresentazione, come nel caso della presenza di grandi canali irrigui ma non solo, sono state analizzate le regole di utilizzo di ogni singola struttura ed inseriti i necessari nodi aggiuntivi nella rete modellata.

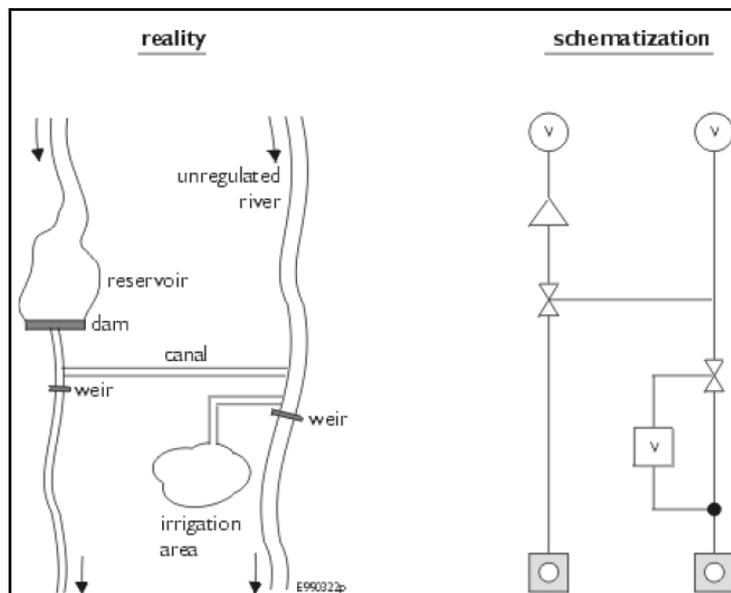


Figura 36 - Schematizzazione della gestione delle risorse idriche in Ribasim-Po

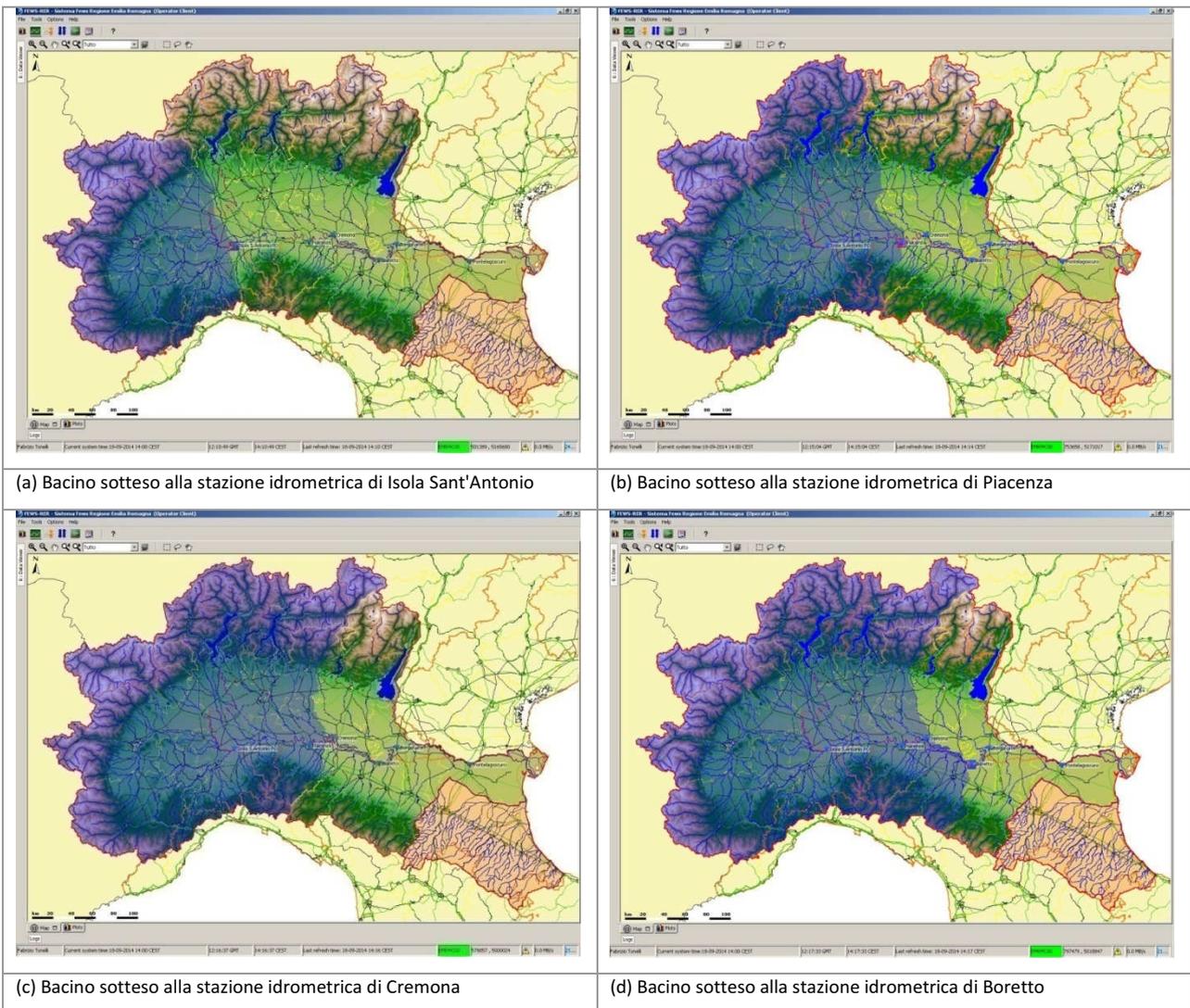
Le regole di prelievo sono state tarate sulle osservazioni, o sui dati trasmessi dagli enti gestori, ogni qualvolta disponibili. Sono stati quindi condotti controlli successivi per verificare il corretto funzionamento del modello e l'accuratezza delle stime che ne derivano. I risultati sono soddisfacenti alla scala dell'asta del Po, quando si analizza il sistema complessivamente. Il livello qualitativo risulta invece meno costante quando si scende alla scala del sottobacino, risentendo delle differenze locali legate alla qualità non costante dei dati forniti dalle Amministrazioni Regionali competenti e dai gestori delle derivazioni. Tuttavia si sottolinea che seppure con queste precisazioni, il sistema DEWS-Po costituisce all'oggi l'unico strumento in grado di fornire dati omogenei



e coerenti alla scala del distretto, con un livello qualitativo sufficiente a rispondere alle istanze di reportistica legate alla DQA.

3.1. Ricostruzione della domanda idrica media a monte delle sei sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta Po.

Come anticipato al paragrafo precedente, per la ricostruzione dei prelievi nel bacino del Po è stato utilizzato il sistema DEWS-Po per calcolare i volumi prelevati a monte di ciascuna delle sei sezioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico dell'asta Po (Figura 37). Per ciascuna di esse, a partire dall'assetto dei prelievi a monte rappresentato all'interno del Ribasim, sono stati individuati i sistemi di derivazione che insistono su acque ricadenti all'interno del bacino idrografico sotteso. Il grado di complessità di tali sistemi è molto variabile all'interno del bacino, potendo essere essi costituiti da una singola derivazione o da complessi schemi di canali interconnessi che servono anche centinaia di utenti, per diversi usi. Rispetto alla rappresentazione esemplificativa riportata nell'immagine di Figura 37 occorre precisare che anche la derivazione del CER, e pertanto la corrispondente area servita, è sottesa alla sezione di Pontelagoscuro.



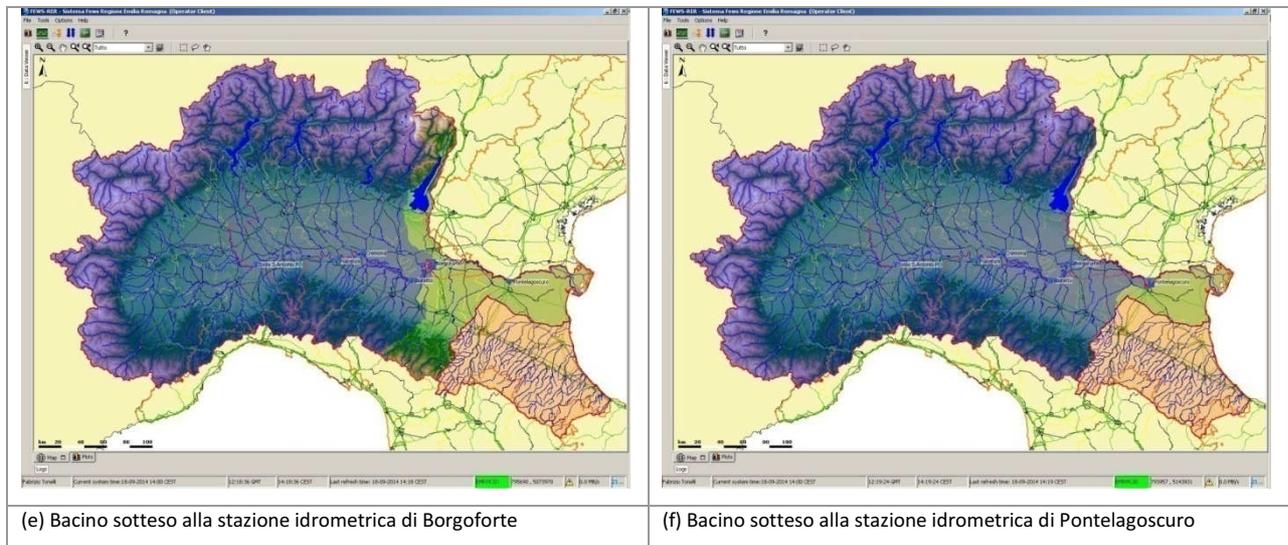


Figura 37 - Bacini sottesi alle sezioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico dell'asta del fiume Po.

Un'immagine esemplificativa dello schema dei prelievi simulato dal Ribasim è in Figura 38. Il calcolo dei volumi prelevati è, al pari di quello della disponibilità idrica, effettuato sia a scala annuale che a passo mensile, pur essendo solo quest'ultima scala considerata rilevante rispetto all'utilità dell'informazione fornita.

Un discorso a parte merita la valutazione dei volumi restituiti dopo l'uso: a tal fine si richiama che le indicazioni della Commissione Europea sottolineano come sia essenziale che tali volumi siano restituiti nella stessa unità idrografica dai quali vengono prelevati, ovvero per cui si valuta l'indice³³. I prelievi idroelettrici sono considerati, a tal fine, conservativi nel momento in cui la restituzione avviene immediatamente a valle del prelievo. Le restituzioni dei volumi utilizzati per l'agricoltura avvengono attraverso la filtrazione dalle falde freatiche in tempi e quantità che non sono attualmente note con precisione; spesso tali volumi riaffiorano in sistemi idrografici minori (fontanili, corsi d'acqua secondari) da cui vengono successivamente prelevati e riutilizzati. Poiché i tempi della restituzione di tali volumi alle falde freatiche della bassa pianura in collegamento con l'asta Po non sono noti, e si è stimato che siano superiori all'intervallo mensile utilizzato per il calcolo dell'indice WEI+, si è scelto di non considerarli. Tale scelta influisce sul calcolo dell'indicatore WEI+ alla scala del sottobacino entro cui avvengono tali riusi, ma non alla scala distrettuale caratterizzata da tempi di risposta molto maggiori.

Tuttavia, nel caso in cui le portate di base dei corsi d'acqua principali ricevano sistematicamente un contributo significativo proveniente dalle falde freatiche rimpinguate dall'irrigazione, il fenomeno è intrinsecamente considerato nella calibrazione del modello e nella simulazione delle portate naturali attraverso l'adeguata parametrizzazione degli interscambi di risorsa tra falde freatiche e alvei. Ciò vale anche per la stima della portata estiva naturale del Fiume Po.

Nel caso di trasferimento di volumi residui da un sistema irriguo ad un altro la derivazione è considerata una sola volta.

³³ Water Scarcity and Drought Indicators' factsheets - Versione del 17 dicembre 2013 - Documento non ancora pubblicato.

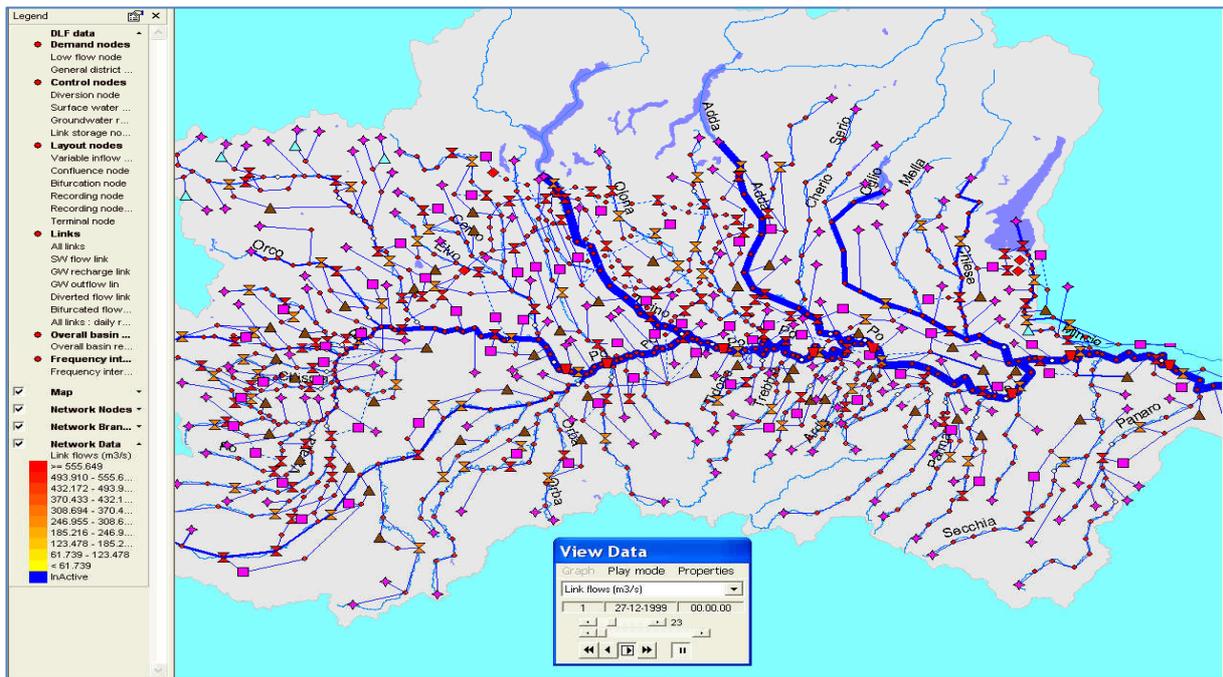


Figura 38 - Schema Ribasim per il distretto del Po

Come specificato nella Relazione Generale, e nell'Allegato 4, il sistema simula i prelievi dal reticolo naturale con la seguente modalità:

1. i nodi che rappresentano le derivazioni pongono istanze, cioè richieste di portata da prelevare dal corso d'acqua su cui insistono, in base ad una regola fissa calibrata, a partire dalla regola contenuta nella concessione, sui prelievi effettivamente registrati negli anni per cui si hanno dati a disposizione. Ciò è stato introdotto perché nella maggior parte dei casi le regole riportate sul disciplinare di concessione non rappresentano realisticamente i prelievi effettuati, prevedendo portate (e volumi) molto superiori a quelle effettivamente prelevate.
2. l'istanza viene soddisfatta se nell'alveo all'istante della richiesta è disponibile una portata tale da permettere il prelievo nel rispetto del deflusso minimo vitale, laddove esso è definito.
3. l'istanza viene soddisfatta solo parzialmente se in alveo non è presente abbastanza portata per soddisfare l'istanza garantendo il rispetto del DMV. In tal caso viene anche marcato, dal modello, un evento di "mancato soddisfacimento della domanda".

L'insieme delle istanze, che si ripetono nel tempo in base alla regola fissa citata al punto 1, è stato identificato come *domanda complessiva del sistema dei prelievi (domanda)*, in quanto è il volume mediamente prelevato dal sistema nel suo complesso, e sulla base del quale si sono assettati gli usi nel corso del tempo. Si è infatti verificato che in presenza di tale volume non insorgono problemi di gestione della risorsa o di insufficienza idrica.

Il volume corrispondente alla *domanda* è stato definito a monte di ciascuna delle sezioni di riferimento sia a passo mensile, che come somma annuale. Il volume prelevato mensilmente è stato rappresentato come tale ed in forma di portata media mensile costante che viene sottratta al sistema complessivamente a monte della sezione di riferimento (somma di tutte le istanze di prelievo). Quest'ultima rappresentazione è necessaria alla definizione del *saldo idrico* (vedere "Paragrafo 5.2 - Saldo idrico").

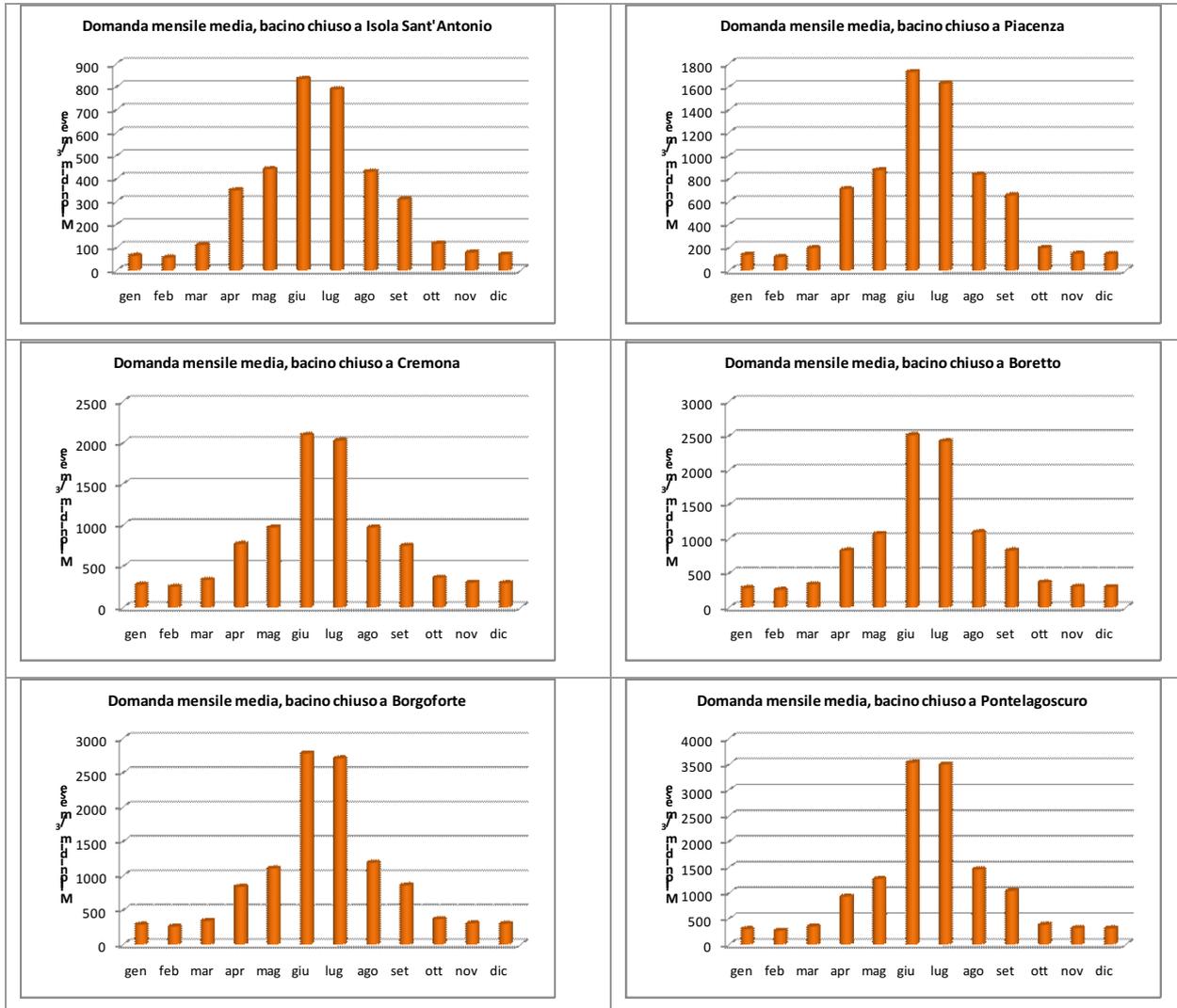
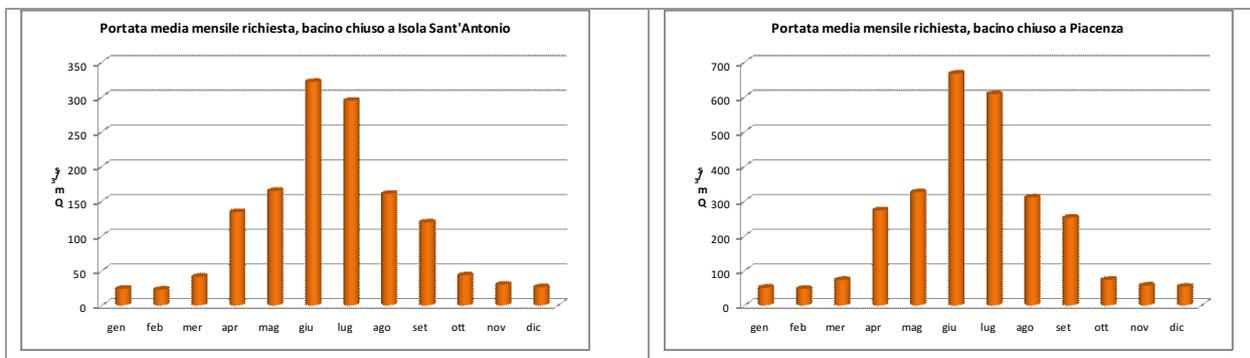


Figura 39 - Domanda idrica media mensile per i diversi usi a monte delle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po - Volume mensile



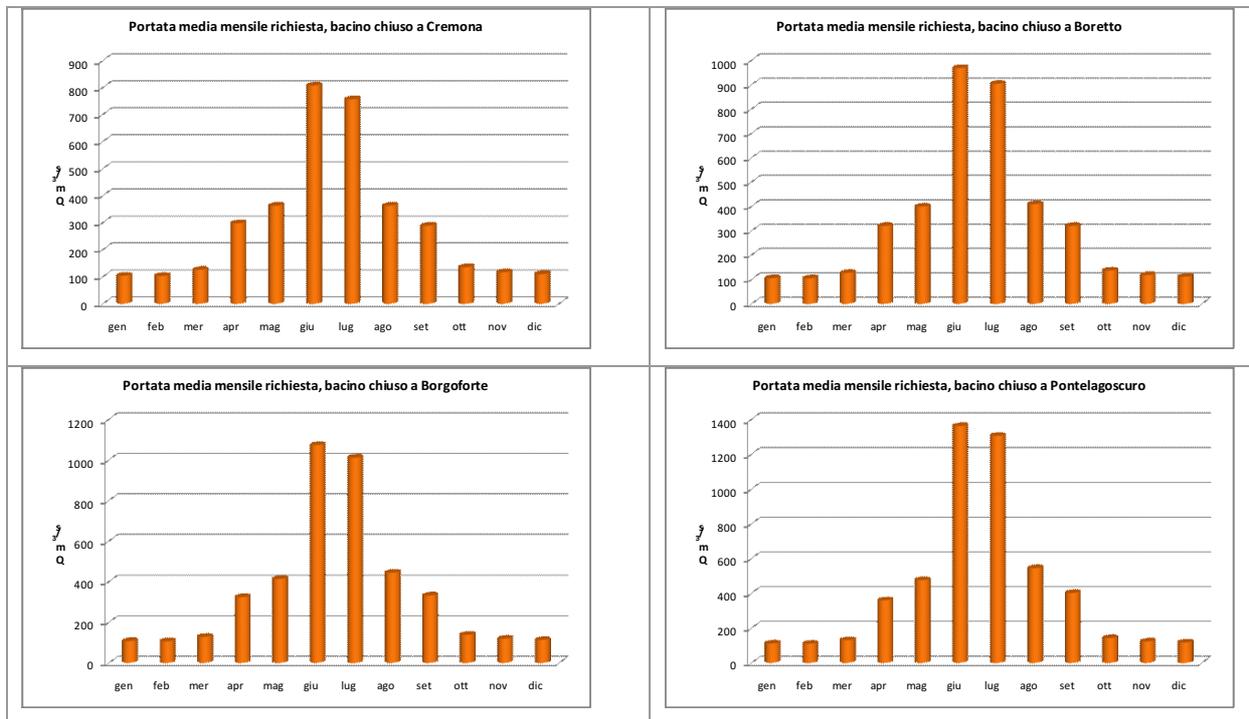


Figura 40 - Domanda idrica media mensile per i diversi usi a monte delle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po - Portata media mensile richiesta a monte delle sezioni di riferimento

I grafici di Figura 39 e Figura 40 rappresentano quindi la domanda media mensile del sistema dei prelievi. Se tale volume è disponibile nella rete idrografica, si può considerare che tutte le utenze siano mediamente soddisfatte al 100%. In realtà, come si evince sia dal precedente "Capitolo 2 - DISPONIBILITA' IDRICA" che dal "Paragrafo 1.2 - Confronto tra curve di durata osservate e naturalizzate" tale circostanza non si verifica in tutte le stagioni irrigue, a causa della variabilità che caratterizza la disponibilità di risorsa idrica, e pertanto le quantità che possono essere effettivamente estratte dal sistema sono inferiori.

La simulazione del sistema dei prelievi con il modello DEWS-Po, includendo la rappresentazione delle reali condizioni idro-meteo, offre il vantaggio di poter ricostruire la serie dei prelievi mensili cosiddetti *effettivi*, cioè quelli che il sistema ha simulato mese per mese tenendo conto della portata effettivamente disponibile nei punti di derivazione. Di tali prelievi effettivi viene fornita in questo paragrafo un'analisi media relativa al periodo 2000-2012, che permette di verificare in che misura, mediamente, il sistema idrografico è stato in grado di soddisfare la domanda mensile. I volumi di prelievo effettivo e le portate estratte dai corpi idrici sono rappresentati, coerentemente a quanto fatto in precedenza, complessivamente a monte di ciascuna delle sezioni di riferimento.

Nei capitoli successivi verrà proposta invece un'analisi temporale effettuata sulla serie storica, finalizzata ad analizzare la frequenza degli episodi di non soddisfacimento della domanda e l'entità del deficit nei particolari mesi in cui esso si è verificato.



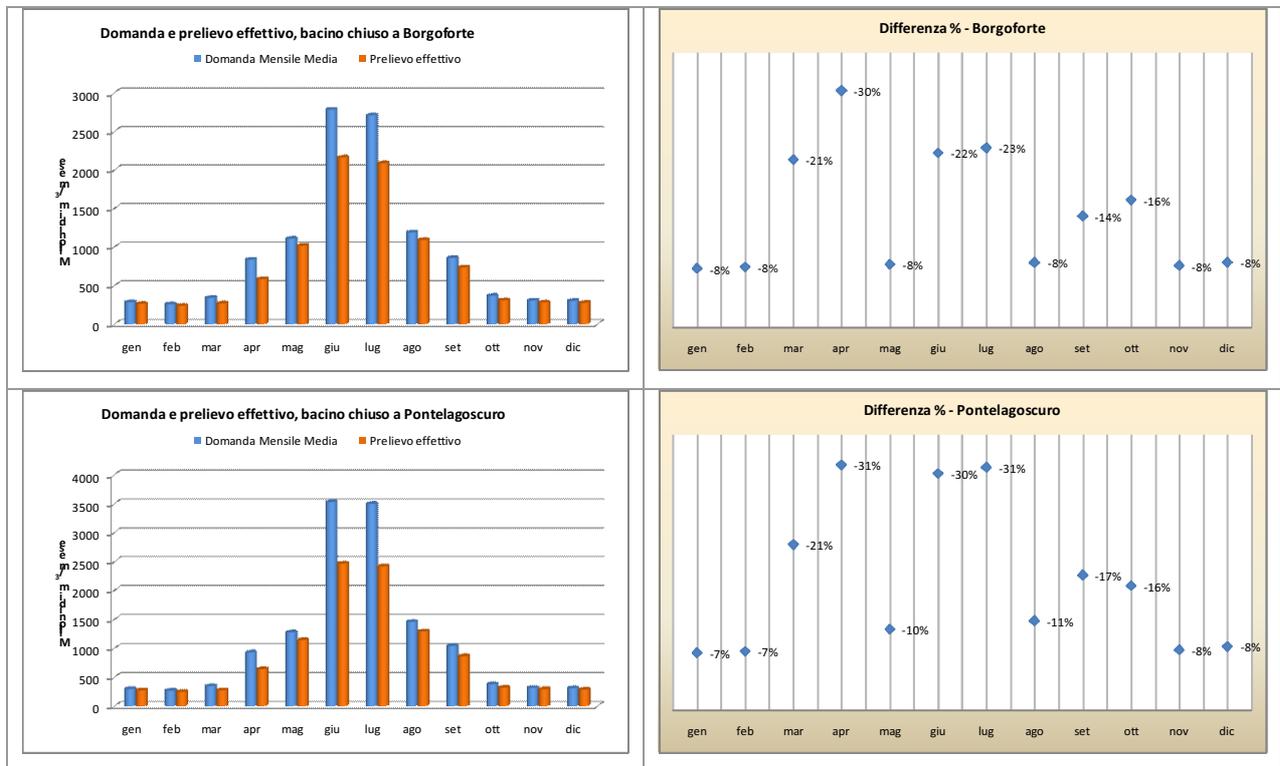


Figura 41 - Volumi richiesti dal sistema dei prelievi a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po posti a confronto con i volumi effettivamente prelevati. Analisi media mensile riferita al periodo 2000-2012³⁴.

³⁴ I valori elevati relativi ai mesi di marzo e aprile sono legati ad una rappresentazione approssimata dello scioglimento nivale operata dal modello idrologico. Si stanno sviluppando strumenti che consentano una rappresentazione più realistica.

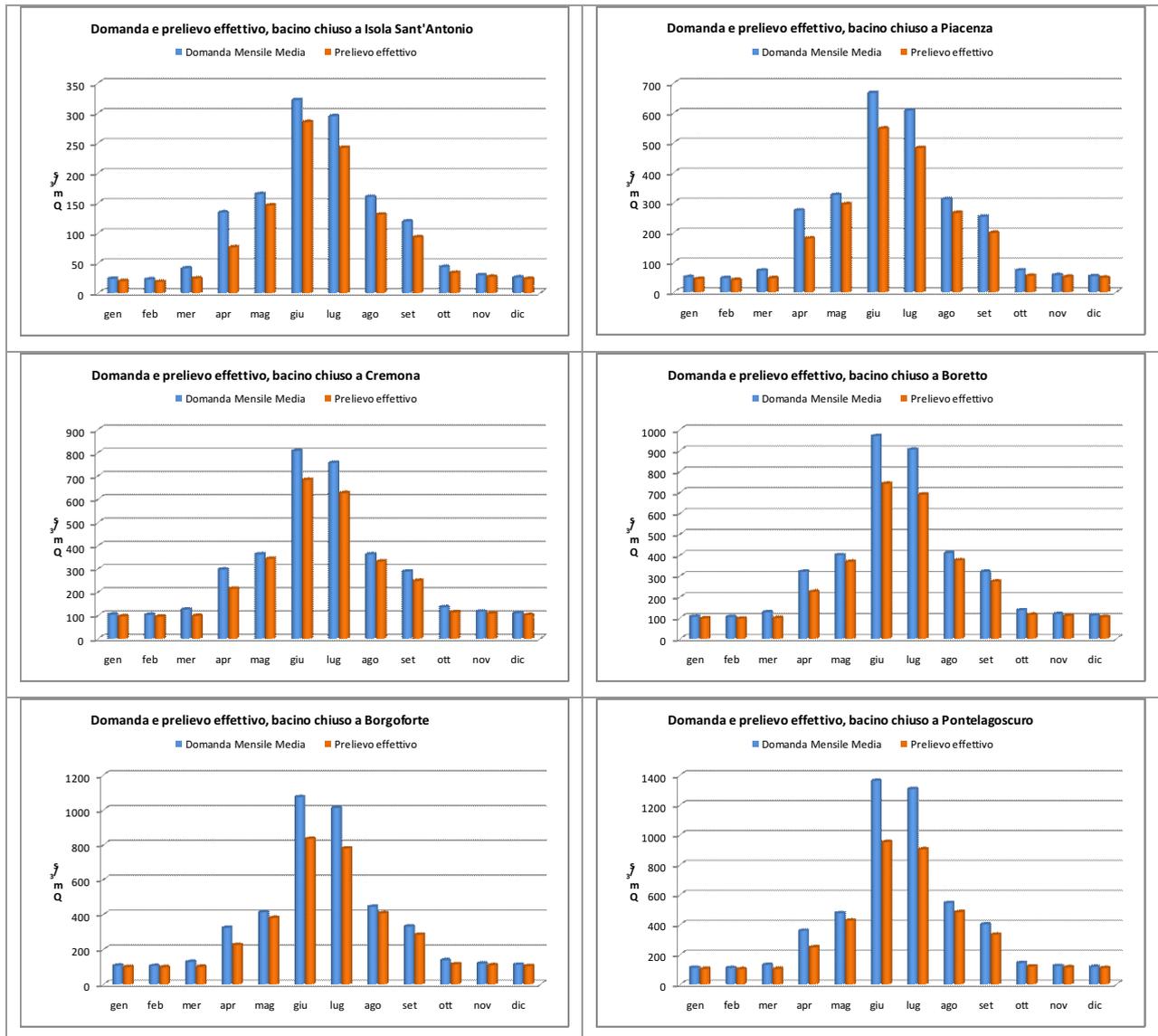


Figura 42 - Portate richieste dal sistema dei prelievi a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po poste a confronto con le portate effettivamente prelevate. Analisi media mensile riferita al periodo 2000-2012.

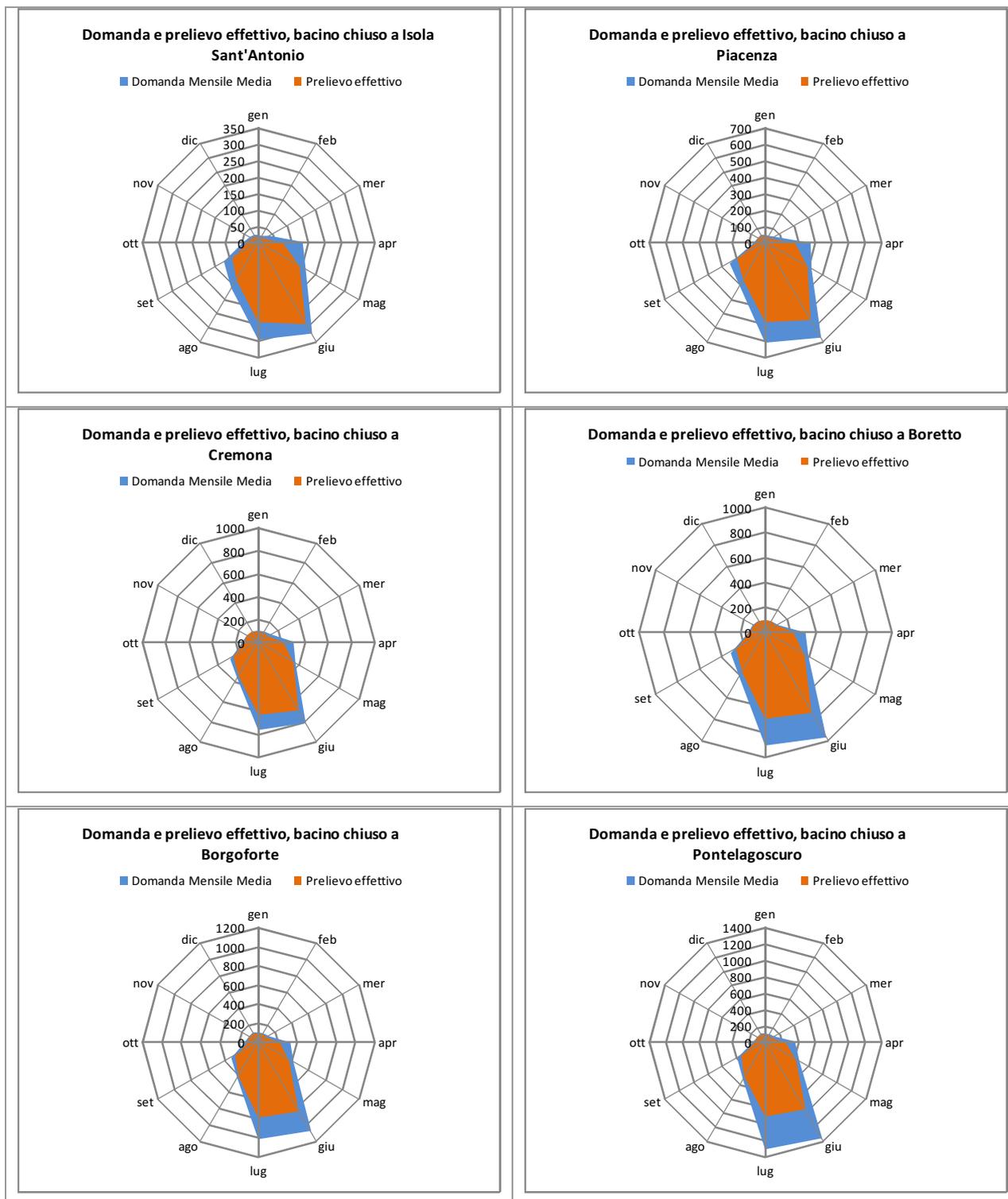


Figura 43 - Portate richieste dal sistema dei prelievi a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po poste a confronto con le portate effettivamente prelevate. Analisi media mensile riferita al periodo 2000-2012.

In Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17 e Tabella 18 sono riportati i valori numerici di quanto rappresentato nei grafici.





Volumi medi <i>richiesti</i> dal sistema dei prelievi, mensilmente, a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po - MILIONI DI m ³ /mese						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	64	135	278	282	287	297
feb	55	116	252	255	260	269
mar	110	195	336	339	343	350
apr	348	709	771	829	839	931
mag	441	872	971	1070	1108	1275
giu	833	1727	2093	2509	2783	3529
lug	788	1627	2025	2420	2709	3497
ago	430	833	971	1096	1190	1458
set	309	653	748	828	860	1041
ott	116	196	362	366	370	382
nov	77	147	302	306	309	319
dic	70	144	294	297	302	313
Totale anno	3643	7354	9401	10596	11358	13659

Tabella 15 - Volumi mensili e annuali medi di domanda idrica nel bacino del Po

Volumi medi prelevati dal sistema dei prelievi, mensilmente, a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po - MILIONI DI m ³ /mese						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	53	119	258	262	266	276
feb	46	100	233	236	240	248
mar	66	125	263	265	269	276
apr	197	466	557	581	585	641
mag	391	787	921	983	1019	1144
giu	738	1418	1771	1918	2162	2467
lug	648	1290	1676	1843	2087	2418
ago	350	709	889	1003	1092	1292
set	241	514	645	710	738	863
ott	90	147	304	307	310	322
nov	71	133	281	284	284	294
dic	62	129	270	274	277	287
Totale anno	2953	5938	8066	8664	9328	10529

Tabella 16 - Volumi mensili e annuali medi di prelievo idrico nel bacino del Po



Portata media mensile <i>richiesta</i> dal sistema dei prelievi complessivamente a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po						
m ³ /s						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	24	51	104	105	107	111
feb	23	47	103	104	106	110
mar	41	73	126	126	128	131
apr	134	274	297	320	324	359
mag	165	325	362	400	414	476
giu	322	666	807	968	1074	1361
lug	294	607	756	904	1011	1306
ago	160	311	363	409	444	544
set	119	252	289	320	332	402
ott	43	73	135	136	138	143
nov	30	57	117	118	119	123
dic	26	54	110	111	113	117
Media anno	115	233	297	335	359	432

Tabella 17 - Portate mensili e annuali medie di domanda idrica nel bacino del Po

Portata media mensile <i>prelevata</i> dal sistema dei prelievi complessivamente a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po						
m ³ /s						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	20	44	96	98	99	103
feb	19	41	95	96	98	102
mar	25	47	98	99	101	103
apr	76	180	215	224	226	247
mag	146	294	344	367	380	427
giu	285	547	683	740	834	952
lug	242	482	626	688	779	903
ago	131	265	332	374	408	483
set	93	198	249	274	285	333
ott	34	55	113	115	116	120
nov	27	51	108	110	110	114
dic	23	49	102	104	105	109
Media anno	93	188	255	274	295	333

Tabella 18 - Portate mensili e annuali medie di prelievo idrico nel bacino del Po

3.2. Analisi delle concessioni

L'analisi delle concessioni è stata condotta dalla segreteria tecnica dell'Autorità di Bacino del Fiume Po a partire dai dati riportati nei Piani di Tutela regionali, per quanto concerne le grandi derivazioni, e dai dati dei catasti provinciali delle utenze per quanto concerne le piccole derivazioni. L'analisi porta come risultato una stima del diritto di prelievo formalmente attribuito dai disciplinari di concessione, ottenuta su base mensile. Evidentemente l'esercizio contemporaneo dei diritti di prelievo nella loro completezza su tutto il distretto del Po non si verifica nella realtà, in quanto i fabbisogni effettivi sono modulati nel tempo in modo da non sovrapporsi. Tuttavia appare rilevante osservare che i diritti di prelievo relativi ai mesi irrigui riguardano volumi di risorsa decisamente superiori a quelli disponibili nel bacino del Po.

Volumi medi complessivi riconosciuti in concessione, mensilmente, a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po MILIONI DI m ³ /mese						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	553	1035	1511	1513	1594	1648
feb	560	989	1422	1423	1494	1543
mar	708	1115	1569	1571	1648	1703
apr	1087	1756	2506	2542	2873	3088
mag	1280	2053	3124	3295	4008	4495
giu	1298	2175	3615	4054	5109	5968
lug	1265	2211	3986	4712	5871	6953
ago	964	1939	3307	3779	4693	5523
set	891	1720	2746	2810	3322	3624
ott	702	1323	1835	1837	1983	2110
nov	721	1275	1736	1738	1796	1918
dic	651	1133	1612	1614	1625	1679
Totale anno	10680	18723	28968	30888	36016	40251

Tabella 19 - Volumi mensili e annuali medi di risorsa idrica concessi nel bacino del Po



Portata media mensile <i>riconosciuta in concessione per il prelievo complessivamente a monte di ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po - m³/s</i>						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	207	386	564	565	595	615
feb	229	404	581	582	611	631
mar	264	416	586	587	615	636
apr	419	678	967	981	1108	1191
mag	478	766	1166	1230	1496	1678
giu	501	839	1395	1564	1971	2303
lug	472	825	1488	1759	2192	2596
ago	360	724	1235	1411	1752	2062
set	344	664	1059	1084	1282	1398
ott	262	494	685	686	740	788
nov	278	492	670	671	693	740
dic	243	423	602	603	607	627
Media anno	338	593	917	977	1139	1272

Tabella 20 - Portate mensili e annuali medie di domanda idrica nel bacino del Po

4. RIFERIMENTI PER LA VALUTAZIONE DEL BILANCIO IDRICO

Prima di confrontare tra loro i dati fino ad ora riportati concernenti la disponibilità idrica naturale e gli usi, nel presente capitolo sono richiamati alcuni riferimenti che si ritiene possano rivelarsi utili per la valutazione dello stato del bilancio idrico. Si rimanda al "Capitolo 7 - Obiettivi e vincoli per la valutazione del bilancio idrico." della Relazione Generale per una descrizione più esaustiva dell'approccio adottato. Al fine di valutare la compatibilità del bilancio idrico del Po, sono stati raccolti e analizzati diversi tipi di riferimenti; a valle di tale processo è quindi stata definita una procedura per la valutazione.

I valori di riferimento che sono stati esaminati sono³⁵:

- **valori di portata limite:** valori di portata di riferimento (portata di DMV, o altri valori concertati dagli utenti di un certo corpo idrico) per i quali si conoscono gli impatti del superamento sugli ecosistemi e sulla qualità ambientali dei corpi idrici. Nel caso tali valori di riferimento non siano noti, essi possono essere impostati preliminarmente in modo cautelativo come porzioni della portata naturale o naturalizzata;
- **valori delle portate ecologiche:** la Commissione Europea ha pubblicato linee guida sulle portate ecologiche³⁶. Le portate ecologiche, una volta individuate, costituiranno il riferimento principale riferimento per la valutazione del bilancio idrico in relazione al raggiungimento degli obiettivi della DQA;
- **valori limite dell'indicatore WEI+.** Proposti nella bozza di guida "Water Scarcity and Drought Indicators' Fact Sheets" relativamente all'indicatore WEI+, eventualmente declinabili localmente sulla base di informazioni più di dettaglio circa la sensibilità dell'ecosistema e della qualità dei corpi idrici ai prelievi;
- **criteri utilizzati per la valutazione del bilancio idrico dell'Adda sopralacuale**³⁷: nel PAI erano stati adottati criteri per l'attribuzione di livelli di criticità che riguardavano la durata delle portate residue in alveo, e i volumi residui.

Mentre nella relazione generale tali riferimenti sono citati in generale, nel presente allegato si riportano i valori che essi assumono in particolare in corrispondenza delle sezioni del fiume Po di riferimento per il bilancio idrico.

4.1. Portata limite a Pontelagoscuro

Il valore della differenza tra portata media mensile naturalizzata nelle sezioni di riferimento (Tabella 11 di pag. 43) e la portata media mensile richiesta dal sistema dei prelievi complessivamente a monte di ciascuna sezione di riferimento (Tabella 17 di pag. 61), è confrontato **con il valore limite pari a 450 m³/s a Pontelagoscuro, valore derivante dalla concertazione tra i portatori di interesse e le amministrazioni coinvolte nella gestione della risorsa idrica a tutti i livelli territoriali cui il presente Piano è riferito.**

Il valore di 450 m³/s rappresenta un valore limite il cui superamento, a causa dell'intrusione di acqua marina nei rami del Delta del Po, genera danni al sistema delle utenze di valle, tra cui Il Parco del Delta del Po. Va

³⁵ Capitolo 7 - Obiettivi e vincoli per la valutazione del bilancio idrico.

³⁶ Guidance Document No.31 - Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive

³⁷ Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – Titolo III – Derivazioni di Acque Pubbliche e attuazione dell'art. 8, comma 3, della legge 102/90 – Allegato 1.

osservato che impatti minori sul sistema delle utenze a valle della sezione di Pontelagoscuro iniziano a manifestarsi già per valori di portata inferiori a 600 m³/s. Tuttavia, con interventi di tipo gestionale, tali impatti minori possono essere riassorbiti dal sistema fino a portate di circa 450 m³/s. Per il dettaglio degli impatti che si generano quando la portata misurata a Pontelagoscuro assume valori inferiori a 600 m³/s rimanda all'Allegato 3 alla Relazione Generale del Presente Piano – "Piano di gestione delle siccità - Direttiva Magre".

Al fine di poter articolare l'analisi di criticità in tutte le sezioni di riferimento per il bilancio idrico del Po, si è dedotta, dalla relativa curva, la durata della portata di **450 m³/s** a Pontelagoscuro, pari a **356 giorni**, e si è rintracciato il valore corrispondente alla stessa durata sulle curve delle altre sezioni di riferimento. I valori di durata e di portata così ottenuti sono rappresentati in Tabella 21. A titolo di confronto, nella stessa tabella è riportato il valore corrispondente alla definizione di *magra ordinaria*³⁸, che corrisponde al valor minimo annuale caratterizzato da tempo di ritorno di 1,33 anni. Per facilitare la lettura dei dati, è riportato anche il tempo di ritorno che caratterizza la Q356 nelle varie sezioni³⁹.

<i>Valori della portata con durata pari a 356 giorni nelle sezioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico per l'asta del fiume Po</i>						
	Pontelagoscuro	Borgoforte	Boretto	Cremona	Piacenza	Isola Sant'Antonio
Q356	450	419	372	380	300	122⁴⁰
TR [anni]	3.18	2.61	2.2	2.36	2.75	41
Portata di magra (TR=1.33 anni)	664	558	469	477	398	42

Tabella 21 – Portate limite di riferimento per il Po a Pontelagoscuro. Portate di magra ordinaria nelle sezioni idrometriche del Po

4.1. Definizione del DMV

Il valore del DMV non è definito nelle sezioni di Po a valle di Isola Serafini, in quanto non sono presenti sbarramenti cui può attribuirsi il concetto di DMV quale portata di rilascio. A Isola Serafini, il valore stabilito per il DMV è pari a 98 m³/s – Allegato B alla deliberazione 7/2002 CI.

<i>SEZIONE DEL FIUME PO</i>	<i>DMV [m³/s]</i>
La Loggia (traversa AEM)	10
Torino (traversa AEM)	16
S. Mauro Torinese (traversa ENEL)	16
Chivasso (traversa Canale Cavour)	21
Casale Monferrato (Traversa Lanza, Mellana, Roggia Fuga)	32
Isola Serafini	98

³⁸ Tale definizione deriva dall'analisi statistica dei minimi annui.

³⁹ Tutti i valori qui riportati sono ottenuti da elaborazioni del Servizio IdroMeteorologico di ARPA Emilia Romagna con dati aggiornati al 2010.

⁴⁰ Il valore qui riportato corrisponde alla Q₃₅₅, comunicato da Regione Piemonte e calcolato da ARPA Piemonte come media della Q355 osservata a Isola Sant'Antonio nel periodo 1998-2015.

⁴¹ Dato da inserire

⁴² Dato da inserire

4.2. Portate ecologiche

Le portate ecologiche sul Po non sono attualmente definite. Le linee guida recentemente pubblicate dalla CE esplicitano i criteri generali e di metodi di definizione delle portate ecologiche, da utilizzarsi come riferimento generale per la valutazione degli usi in atto e del rischio di compromissione degli obiettivi della DQA. Tali linee guida sono sintetizzate al Paragrafo 3.6 della Relazione Generale del presente piano. Si richiama qui che la definizione delle portate ecologiche, in assenza di risultati di studi situ-specifici sugli effetti ecologici delle alterazioni del deflusso, può essere, in via approssimata, basata solamente sulle analisi idrologiche.

Tuttavia, anche l'applicazione di tali metodi semplificati richiede una valutazione concertata, pertanto la definizione dei valori e delle metodologie specifiche che potranno essere adottate nel bacino del Po costituiscono una misura del presente Piano, da attuarsi fino alla pubblicazione delle Linee guida Nazionali da parte del MATTM.

In particolare, nella Guida 31 si sottolinea infatti che:

"data la loro importanza per il raggiungimento degli obiettivi ambientali e il potenziale impatto sugli usi delle misure necessarie per il conseguimento delle portate ecologiche, i processi di partecipazione pubblica risultano cruciali per il buon esito delle misure. Il successo in definitiva dipenderà dall'efficace interazione con le parti interessate, dai politici agli utenti locali, e dalla capacità di comunicare la necessità delle portate ecologiche a coloro i cui interessi siano toccati dal tema. Quindi il processo di partecipazione pubblica per la definizione delle portate ecologiche dovrebbe essere sviluppato in tutte le fasi previste per il processo di pianificazione della DQA, dalla progettazione, alla definizione del piano di attuazione fino all'implementazione efficace e al follow-up, garantendo la partecipazione continua nei successivi cicli di pianificazione."

A tal fine si richiama la necessità di analizzare la tematica anche alla luce delle possibilità offerte dai meccanismi previsti per l'applicazione delle deroghe al raggiungimento degli obiettivi della DQA, nei casi di costi sproporzionati e nei casi di eventi estremi.

Tuttavia, i criteri della valutazione dello stato del bilancio idrico riportati nei paragrafi che seguono sono stati progettati in modo da risultare, in prima battuta, in linea con le indicazioni pubblicate dalla Guida 31. In particolare, l'assunzione alla base delle soglie scelte, che si applicano alla scala mensile, è che un valore di WEI+ maggiore del 65% generi, nella maggior parte dei corpi idrici di valle, un'alterazione del regime idrologico consistente, tale da avere un impatto sullo stato del CI definito ai sensi della DQA⁴³.

4.3. Valori limite per l'indicatore WEI+, valori di riferimento per il riequilibrio del Bilancio idrico dal Piano Valtellina.

Nel bacino del Po è stato adottato, contestualmente al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, il Bilancio Idrico per il sottobacino dell'Adda sopralacuale⁴⁴. In tale Elaborato viene analizzato il bilancio idrico per il

⁴³ Si osserva che nelle tabelle riportate nella Guida 31, come in tutti gli altri documenti pubblicati o divulgati dalla Commissione Europea o dai gruppi di consulenti a supporto, si trovano in generale soglie per la diagnosi dell'alterazione idrologica più restrittive di quelle adottate nel presente Piano; le quali tuttavia possono essere giustificate in prima battuta dall'assunzione precedente nel Piano del Bilancio idrico per l'Adda sopralacuale.

⁴⁴ Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – Titolo III – Derivazioni di Acque Pubbliche e attuazione dell'art. 8, comma 3, della legge 102/90 – Allegato 1.

bacino dell'Adda sopralacuale, e viene descritta la metodologia per la definizione delle criticità del bilancio idrico.

Rimandando alla Relazione Generale, Capitolo 7, per l'introduzione completa all'argomento, si richiamano qui i livelli di criticità adottati nelle sei sezioni di riferimento dell'asta del fiume Po, tradotti dall'Elaborato PAI in termini di volumi:

- WEI+ mensile < 35%, criticità assente;
- WEI+ mensile tra il 35 e il 65%, criticità moderata;
- WEI+ mensile tra il 65 e l'80%, criticità media;
- WEI+ mensile tra l'80 e il 90%, criticità elevata;
- WEI+ mensile >90%, criticità molto elevata.

Si richiama che i valori riportati possono essere incrementati in caso di criticità locali su alcuni CI (presenza di aree protette, aree ad obiettivo speciale, intrusione cuneo salino, altri impatti specifici).

Al fine di ottenere un riferimento anche in termini di portata, è possibile tradurre i valori di WEI+ richiamati in valori di portata media mensile, pervenendo così alla seguente tabella di corrispondenti valori di soglie minime per il "saldo idrico" annuale calcolato, coerentemente alle metodologie del presente Piano, come differenza tra portata media mensile naturalizzata nelle sezioni di riferimento (Tabella 11 di pag. 43) e la portata media mensile richiesta dal sistema dei prelievi complessivamente a monte di ciascuna sezione di riferimento (Tabella 17 di pag. 61). Le corrispondenti criticità sono riportate in Tabella 22.

	<i>Q media Luglio [m³/s]</i>	<i>65% [m³/s]</i>	<i>35% [m³/s]</i>	<i>20% [m³/s]</i>	<i>10% [m³/s]</i>
Isola Sant'Antonio	420	273	147	84	42
Piacenza	864	562	302.4	173	86
Cremona	1174	763	411	235	117
Boretto	1204	783	421	241	120
Borgoforte	1346	875	471	269	135
Pontelagoscuro	1475	959	516	295	148

Tabella 22 – Portate corrispondenti alle % di utilizzo del volume disponibile per la definizione del livello di criticità in base al metodo del Bilancio idrico per l'Adda Sopralacuale, e corrispondente valore di durata.

Livello di criticità Luglio	Saldo idrico Qs m3/s - Sezioni di Po					
	Pontelagoscuro	Borgoforte	Boretto	Cremona	Piacenza	Isola Sant'Antonio
Assente WEI+ < 35%	Q>958	Q>875	Q>783	Q>763	Q>562	Q>263
Moderata WEI+ tra 35 e 65%	958<Q<516	875<Q<471	783<Q<421	763<Q<411	562<Q<302	263<Q<147
Media WEI+ tra 65 e 80%	516<Q<295	471<Q<270	421<Q<241	411<Q<235	302<Q<173	147<Q<84
Elevata WEI+ tra 80 e 90%	295<Q<148	270<Q<135	241<Q<120	235<Q<117	173<Q<86	84<Q<42
Molto elevata WEI+>90%	Q<148	Q<135	Q<120	Q<117	Q<86	Q<42

Tabella 23 - Livelli di criticità espressi in termini di saldo idrico per le sei stazioni di riferimento per il Po. Mese di Luglio

Va ricordato che i livelli di criticità contenuti nella Tabella 23 derivano da una applicazione tal quale dei livelli di criticità utilizzati per il Bilancio Idrico dell'Adda Sopralacuale. Pertanto gli stessi andranno verificati in ragione delle eventuali criticità locali.

4.4. Valutazione dello stato e delle misure necessarie

Rimandando al Capitolo 7 della Relazione Generale del Presente Piano, si richiamano qui le tabelle di riferimento per la valutazione della situazione relativamente al bilancio idrico. La valutazione avviene alla scala mensile, utilizzando la media dei valori di WEI+ relativo al mese peggiore, calcolato sul periodo più lungo a disposizione, e l'informazione circa lo stato dei corpi idrici impattati (a valle della sezione di riferimento per il calcolo di WEI+). Per la classificazione dello stato del bilancio si applicano pertanto le Tabella 9 e Tabella 10 di Relazione Generale, qui riproposte.

E: necessità di attuare misure per la riduzione del prelievo a monte. R: necessità di introdurre vincoli per non aumentare il livello di prelievo a monte. A: possibilità, previa verifica di impatto, di incrementare il prelievo a monte. R*: necessità di attuare verifiche per la valutazione dell'impatto del prelievo sullo stato chimico. In caso di assenza di impatto, applicazione misure tipo A.		Stato ecologico dei corpi idrici a valle della sezione di riferimento				
		Cattivo	Scarso	Sufficiente	Buono	Elevato
Danno potenziale per prelievo (stimato su WEI+)	WEI+ ≤35% (pressione nulla o molto bassa)	R*	R*	R*	A	R
	35%<WEI+≤65% (p. bassa)	R	R	R	A	R
	65<WEI+≤80% (p. media)	E	E	E	R	R
	80<WEI+≤90% (p. elevata)	E	E	E	E	E
	WEI+ >90% (p. molto elevata)	E	E	E	E	E

Tabella 24 - Tabella 9 di Relazione Generale per la valutazione dello stato del bilancio idrico in relazione allo stato ecologico dei CI di valle.

E: necessità di attuare misure per la riduzione del prelievo a monte. R: necessità di introdurre vincoli per non aumentare il livello di prelievo a monte. A: possibilità, previa verifica di impatto, di incrementare il prelievo a monte. R*: necessità di attuare verifiche per la valutazione dell'impatto del prelievo sullo stato chimico. In caso di assenza di impatto, applicazione misure tipo A.		Stato chimico dei corpi idrici a valle della sezione di riferimento	
		Non buono	buono
Danno potenziale per prelievo (stimato su WEI+)	WEI+ ≤35% (pressione nulla o molto bassa)	R*	A
	35%<WEI+≤65% (p. bassa)	R*	A
	65<WEI+≤80% (p. media)	R	A
	80<WEI+≤90% (p. elevata)	E	R
	WEI+ >90% (p. molto elevata)	E	R

Tabella 25 - Tabella 10 di Relazione Generale per la valutazione dello stato del bilancio idrico in relazione allo stato chimico dei CI di valle

In Tabella 24 e Tabella 25 sono richiamate anche le misure necessarie ai fini del raggiungimento degli obiettivi della DQA. Le modalità con cui dovranno essere applicate le misure tipo "E", "R", "A" e "R*" sono dettagliate nel Programma di Misure del Presente Piano, corrispondente al terzo pilastro del Programma di Misure del PdGPO 2015-2021.

Le valutazioni attualmente disponibili fanno riferimento allo scenario attuale. Altri scenari di riferimento sono individuati nella Relazione Generale del Piano, e dovranno essere implementati nell'arco del primo ciclo di attuazione delle Misure del Piano, tenendo conto dello stato di attuazione della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Scenari di riferimento sono definiti nel Piano del Bilancio Idrico:

1. SCENARIO 0 - contesto attuale. Stato attuale delle risorse idriche (usi, disponibilità, qualità), valutato nelle condizioni di:
 1. anno medio;
 2. anno scarso;
 3. anno molto scarso.

Lo "scenario 0" rappresenta la situazione di riferimento a partire dalla quale occorre intervenire per superare le eventuali criticità.

2. SCENARIO 1 - evoluzione del contesto attuale in funzione dell'**attuazione di misure di mitigazione**: stato delle risorse idriche (usi, disponibilità, qualità), valutato a partire dallo stato di cui allo scenario 0, nelle condizioni di:
 4. anno medio;
 5. anno scarso;
 6. anno molto scarso.
3. SCENARIO 2 - evoluzione del contesto attuale in funzione dei cambiamenti climatici, prospettati al 2020 e al 2050: stato delle risorse idriche (usi, disponibilità, qualità), valutato a partire dallo stato di cui allo scenario 1, in condizioni di:
 7. anno scarso;
 8. anno molto scarso.

5. STATO DEL BILANCIO IDRICO SUPERFICIALE

Lo stato del bilancio idrico per le sezioni di riferimento per l'asta del fiume Po viene presentato attraverso l'indicatore WEI+, coerentemente alle metodologie ed ai limiti esposti al Capitolo 7 della Relazione Generale e richiamati ai paragrafi 4.3 e 4.4 del presente Allegato.

Nella prima parte del capitolo è presentata la situazione media, cioè calcolata utilizzando la domanda idrica media annuale e mensile per il periodo 2000-2012 e la disponibilità idrica media, annuale e mensile, relativamente allo stesso periodo. Nella seconda parte sono analizzate le serie temporali di valori annuali e mensili di WEI+ in corrispondenza delle sezioni di riferimento, al fine di individuare la frequenza delle crisi.

5.1. WEI+ nel bacino del Po

La prima forma in cui viene presentato lo stato del bilancio idrico nel bacino del Po, in corrispondenza delle sei sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po è l'indicatore WEI+⁴⁵ calcolato a scala annuale ed a scala mensile.

Riferendosi ai concetti di *domanda media* e *prelievo effettivo* riportati al "Paragrafo 3.1 - Ricostruzione della domanda idrica media a monte delle sei sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta Po.", l'indicatore WEI+ per entrambe le scale temporali è stato calcolato in due modalità, ovvero ponendo al numeratore la domanda media, e successivamente ponendo al numeratore il cosiddetto prelievo effettivo simulato da modello, che tiene conto dell'effettiva disponibilità della risorsa nel punto di prelievo. Come intervallo di riferimento temporale per il calcolo si è scelto quello mensile, in base alle indicazioni della guida per il Reporting WISE, secondo cui i distretti caratterizzati da elevata variabilità stagionale devono essere caratterizzati attraverso il WEI+ relativo al mese peggiore.

Le linee guida europee sul calcolo del WEI + sottolineano che per tenere conto delle restituzioni di risorsa dopo l'uso, occorre che esse avvengano nello stesso corpo idrico e nello stesso passo di calcolo utilizzato per il WEI+. Pertanto, data la grande incertezza legata a tali fenomeni, di cui all'oggi non esiste alcuna misura, e la possibilità, da indagare, che le portate che riemergono costituiscano comunque vettori di inquinamento di origine agricola, esse non sono considerate nelle successive valutazioni alla scala mensile.

Richiamando la letteratura del settore che individua in un valore di WEI pari a 20% la soglia per riconoscere bacini idrografici soggetti a pressioni da prelievo sulla risorsa idrica, appare immediatamente evidente come i valori assunti dall'indicatore, sia mediamente, che di anno in anno (Figura 44) risultino compatibili con la realtà presente nel bacino del Po.

Analizzando i valori annuali emerge inoltre come negli anni caratterizzati da crisi idrica l'indicatore assuma in tutte le sezioni valori marcatamente più elevati che negli altri casi, avvicinandosi e a volte superando la soglia di criticità del 40%, che, sempre in base alla letteratura, denota stress idrico idrico⁴⁶. Si osserva anche che tutti i valori del WEI calcolato utilizzando i volumi di prelievo effettivo al posto dei volumi richiesti risultano consistentemente inferiori, denotando una situazione in cui la domanda rimane sistematicamente non soddisfatta, anche se con deficit di entità variabile.

⁴⁵ Si veda: "Paragrafo 1.4 - Fiume Po – Calcolo del bilancio idrico" e Relazione Generale per la definizione e la descrizione della metodologie di calcolo dell'indicatore.

⁴⁶ "WATER SCARCITY&DROUGHT INDICATORS'FACT SHEETS", V. 17/12/2013, CE - Service contract for the support to the follow-up of the Communication on Water scarcity and Droughts. Documento non ancora pubblicato ufficialmente.

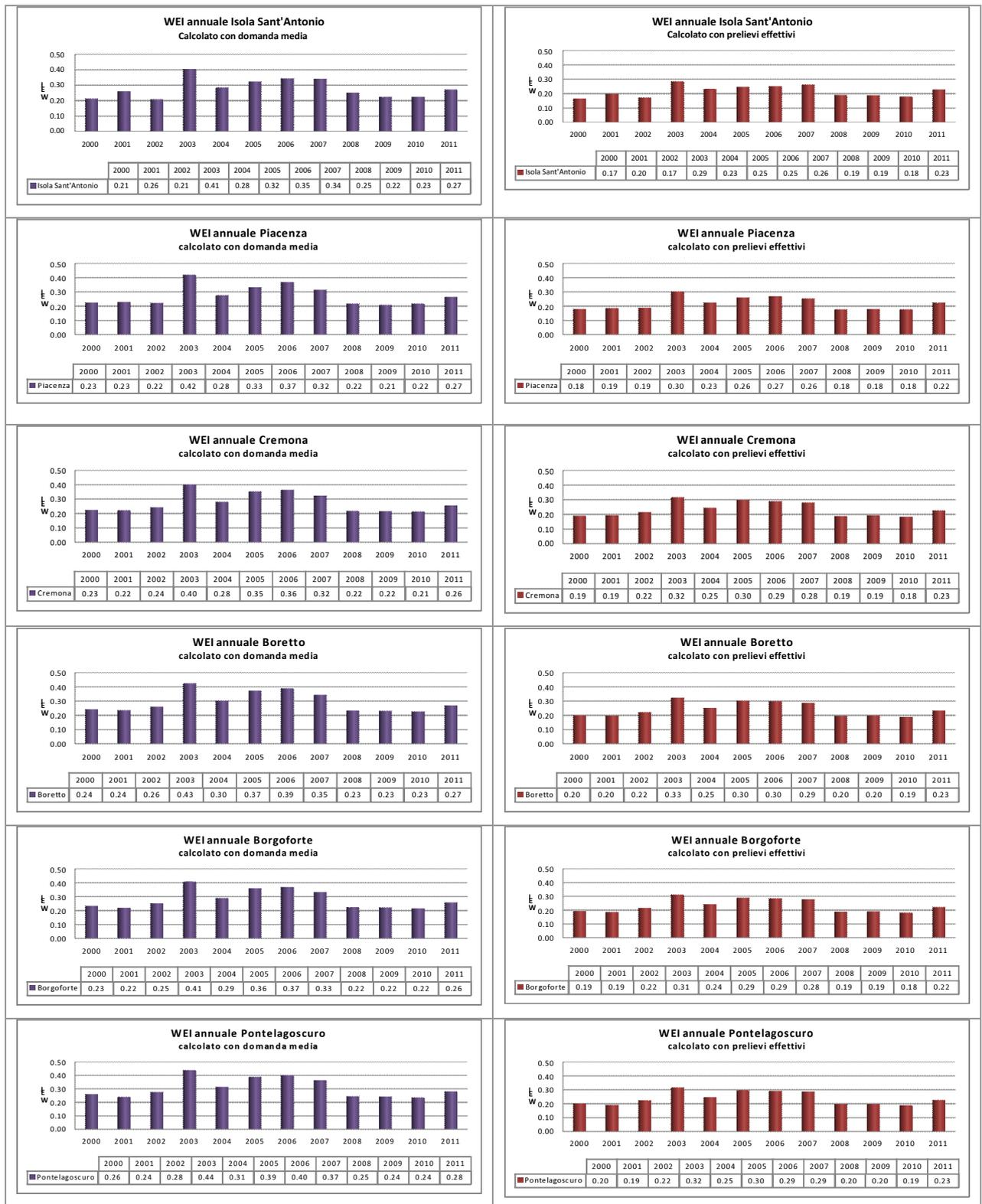


Figura 44 - Valori assunti annualmente dall'indice WEI nelle stazioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta Po, utilizzando i valori di *domanda* e *prelievo effettivo* simulati con il sistema DEWS-Po.

Dall'analisi complementare dell'andamento medio mensile dell'indice WEI+ (valori mensili ottenuti come media dei valori di ciascun mese dal 2000 al 2011) appare come il valore annuale, nonostante risulti coerente con i valori di riferimento riportati in letteratura, non sia sufficiente a descrivere le caratteristiche fondamentali dell'utilizzo idrico nel bacino del Po, il quale è concentrato nei mesi estivi caratterizzati dalla minor disponibilità idrica. Per tale ragione il WEI+ mostra una variabilità estrema nel corso dell'anno, presentando valori molto critici durante la stagione estiva, in particolare nei mesi di giugno e luglio (Figura 45).

Dal confronto tra i grafici nella colonna di sinistra con quelli nella colonna di destra, emerge che il deficit annuale è in realtà concentrato da aprile ad agosto, mesi in cui la domanda rimane significativamente non soddisfatta; in particolare si osserva che da Boretto procedendo verso valle, il grado di sfruttamento della risorsa calcolato in base al prelievo effettivo simulato si attesta a poco più del 60% della disponibilità media, nonostante la richiesta sia maggiore. I valori riportati sono tutti ottenuti dalla media di valori riferiti ai singoli mesi di giugno e luglio di ciascun anno; nelle singole annate secche, i valori della domanda superano il 100% della risorsa disponibile, mentre i valori di prelievo effettivo raggiungono o superano di poco l'80% della stessa.

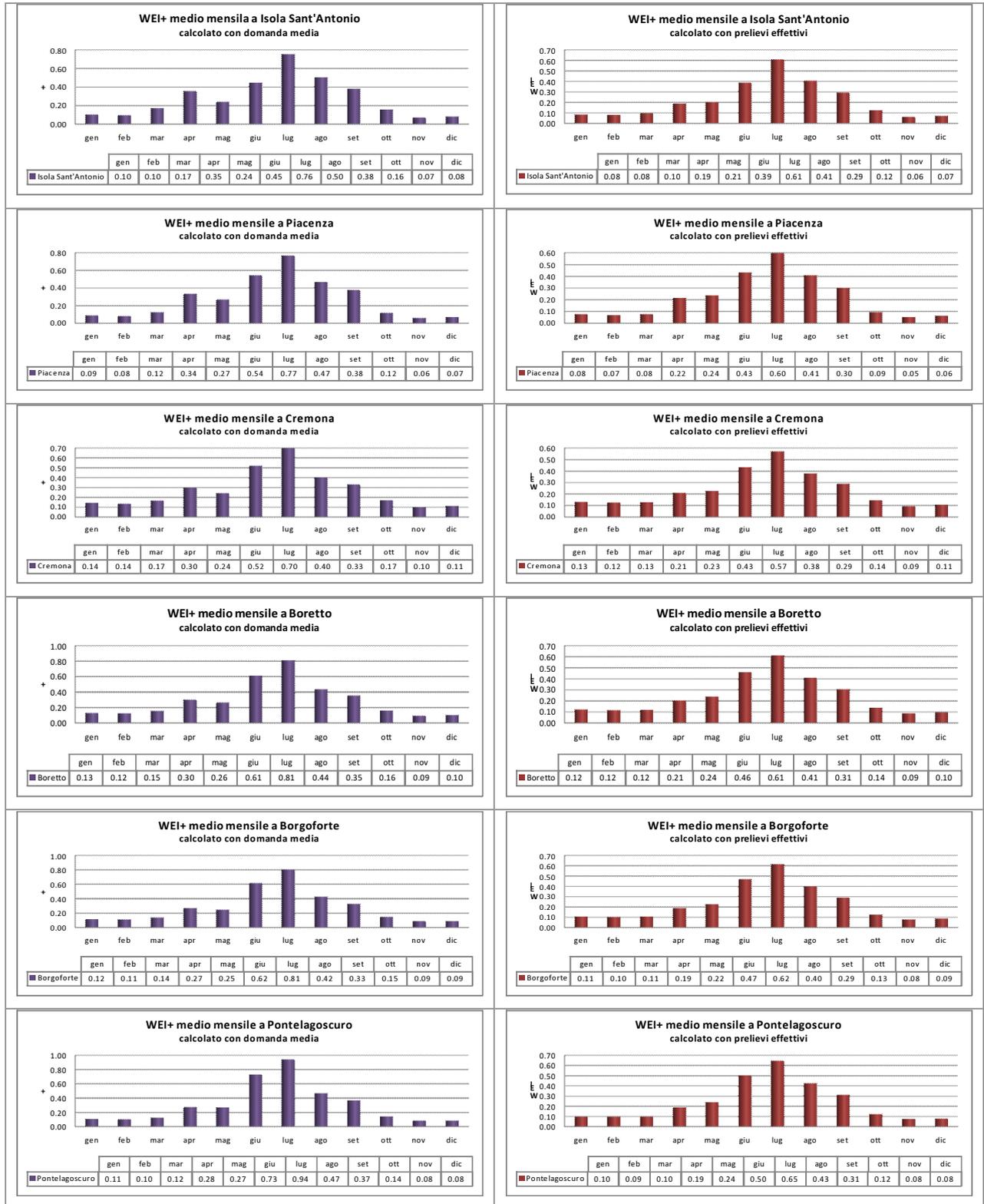


Figura 45 - Valori medi mensili dell'indice WEI+ calcolati per i bacini chiusi dalle sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po.

5.2. Saldo idrico

Il saldo idrico ha un significato molto simile a quello dell'indice WEI+, ma aggiunge l'informazione circa il livello di interferenza medio dei prelievi sul regime medio delle portate, in quanto il risultato finale è una portata che mediamente viene "lasciata defluire in alveo". Tale valore di portata sarà più direttamente confrontabile con il valore della portata ecologica, quando esso sarà definito..

Come nel paragrafo precedente, il saldo idrico per le sezioni di riferimento per il bilancio idrico dell'asta Po è stato calcolato sia con riferimento alla domanda media che alle portate simulate di prelievo effettivo (Figura 46). Si sono omessi i risultati del calcolo del saldo idrico in base alle portate di prelievo riconosciute dai disciplinari di concessione in quanto non aderente alla realtà (l'insieme delle portate concesse risulta spesso superiore alla disponibilità idrica).

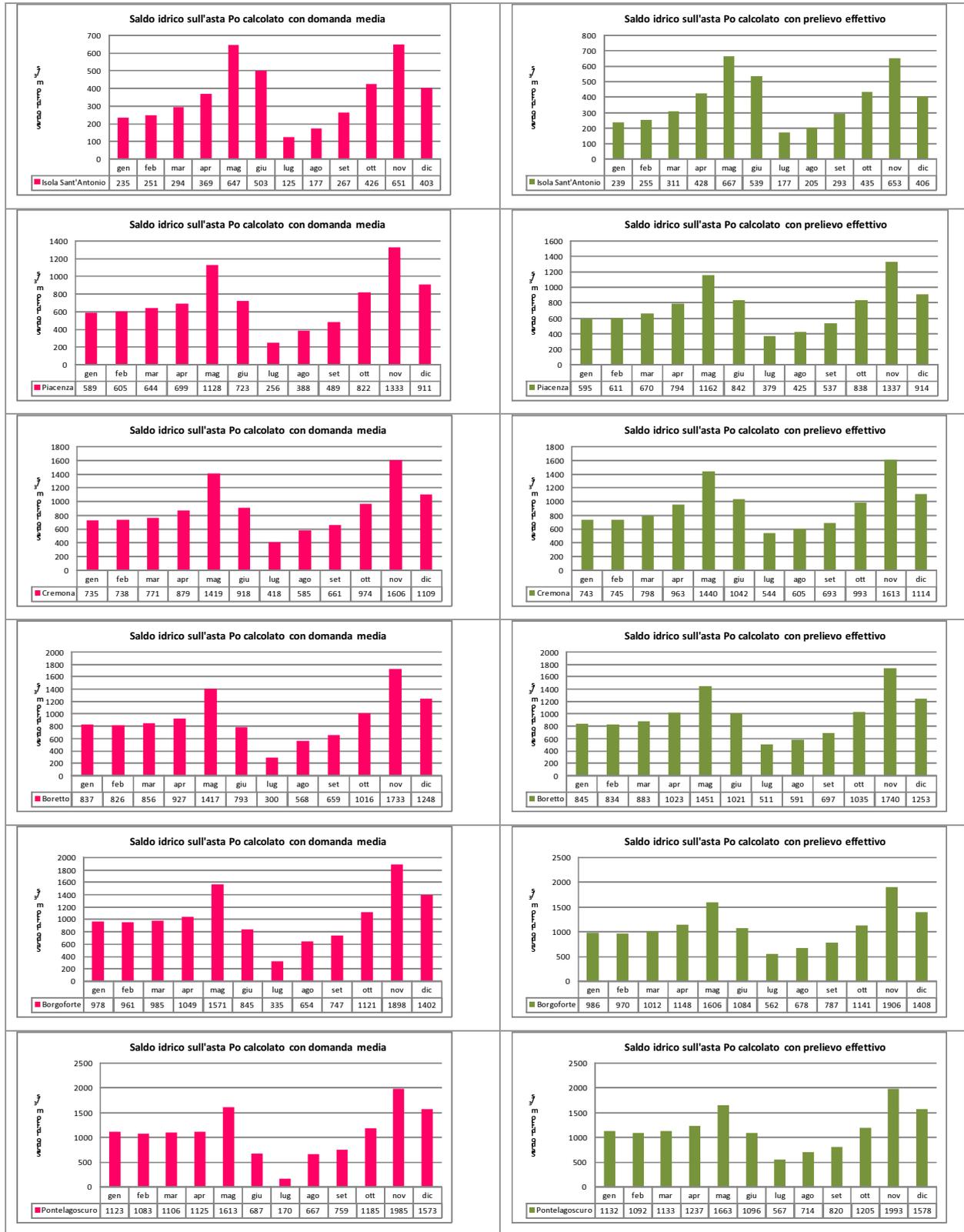


Figura 46 - Rappresentazione del saldo idrico medio mensile nelle sezioni di riferimento per il calcolo del bilancio idrico dell'asta del fiume Po

5.3. Bilancio idrico

Per completezza si riportano in Tabella 26 e Tabella 27 i volumi di bilancio idrico annuale, coerentemente alle indicazioni del DM 28/07/2004 (vedere Capitolo 7 della Relazione Generale del Presente Piano) nelle sezioni di riferimento, calcolati rispettivamente con riferimento alla domanda media ed ai volumi simulati di prelievo effettivo.

Bilancio idrico annuale calcolato con domanda media (Milioni di m ³)						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
2000	1658	3109	3880	4008	4425	4527
2001	811	1872	2549	2680	3134	3363
2002	1346	2545	3011	3019	3304	3329
2003	589	1106	1394	1455	1646	1734
2004	835	1736	2114	2196	2465	2602
2005	581	1064	1291	1344	1533	1620
2006	641	1151	1438	1471	1673	1720
2007	480	1070	1360	1374	1531	1530
2008	1009	2126	2770	2830	3122	3212
2009	1249	2449	3027	3170	3534	3743
2010	1190	2482	3222	3392	3830	4068
2011	1044	1862	2378	2453	2782	2920

Tabella 26 - Bilancio idrico nelle sezioni di Po - In base alla "domanda media stimata"

Bilancio idrico annuale calcolato con prelievo simulato effettivo (Milioni di m ³)						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
2000	1712	3224	3986	4165	4589	4786
2001	871	1984	2651	2833	3290	3611
2002	1381	2621	3078	3137	3427	3549
2003	663	1268	1550	1658	1864	2040
2004	884	1845	2214	2347	2623	2848
2005	652	1194	1417	1513	1717	1893
2006	714	1304	1584	1661	1877	2014
2007	542	1177	1459	1525	1691	1783
2008	1073	2230	2864	2975	3270	3451
2009	1292	2535	3104	3300	3670	3971
2010	1244	2588	3320	3541	3985	4307
2011	1089	1963	2471	2589	2924	3154

Tabella 27 - Bilancio idrico nelle sezioni di Po - In base a "prelievo effettivo simulato"

Nella Tabella 28 e Tabella 29 sono riportati gli stessi bilanci ma riferiti ai singoli mesi dell'anno.

Bilancio idrico medio mensile calcolato con domanda media (Milioni di m ³)						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	630	1577	1968	2242	2619	3009
feb	611	1474	1797	2012	2342	2640
mar	789	1726	2066	2293	2638	2963
apr	958	1812	2279	2403	2720	2915
mag	1734	3022	3801	3795	4207	4319
giu	1303	1875	2381	2056	2189	1780
lug	336	686	1119	805	898	456
ago	474	1039	1567	1520	1751	1787
set	692	1268	1713	1707	1937	1968
ott	1141	2202	2609	2721	3004	3173
nov	1686	3454	4164	4493	4919	5146
dic	1080	2439	2971	3343	3755	4212

Tabella 28 - Bilancio idrico medio mensile nelle sezioni di Po - In base alla domanda media

Bilancio idrico medio mensile calcolato con prelievo simulato effettivo (Milioni di m ³)						
	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gen	641	1595	1989	2263	2641	3031
feb	621	1490	1817	2031	2362	2660
mar	832	1793	2138	2365	2710	3035
apr	1110	2058	2495	2653	2975	3207
mag	1788	3111	3856	3886	4301	4454
giu	1398	2183	2701	2646	2809	2840
lug	474	1015	1458	1370	1505	1518
ago	549	1139	1620	1584	1816	1913
set	760	1391	1797	1807	2040	2126
ott	1165	2245	2660	2772	3057	3226
nov	1692	3465	4181	4511	4939	5167
dic	1086	2448	2985	3357	3770	4227

Tabella 29 - Bilancio idrico medio mensile nelle sezioni di Po - In base al prelievo effettivo simulato



5.4. Osservazioni sull'utilizzo dei valori di concessione

I disciplinari di concessione per l'utilizzo della risorsa idrica riconoscono un diritto a prelevare acqua dai corpi idrici naturali, in determinate quantità che possono variare o no nell'arco dell'anno in funzione dell'uso cui la risorsa è destinata.

Il diritto può essere esercitato se la risorsa è disponibile, ovvero fino a che le portate riconosciute nel disciplinare sono presenti nel corpo idrico, fatti salvi i vincoli ambientali (es. DMV). Anche vincoli strutturali possono costituire un ostacolo al pieno esercizio del diritto di prelievo, ad esempio nel caso in cui le opere di derivazione siano per qualche ragione dimensionate in modo da non consentire il prelievo della portata massima di concessione, o di consentirlo solo in determinate situazioni. Altri vincoli strutturali possono risiedere nelle caratteristiche del sistema distributivo, che può presentare inefficienze.

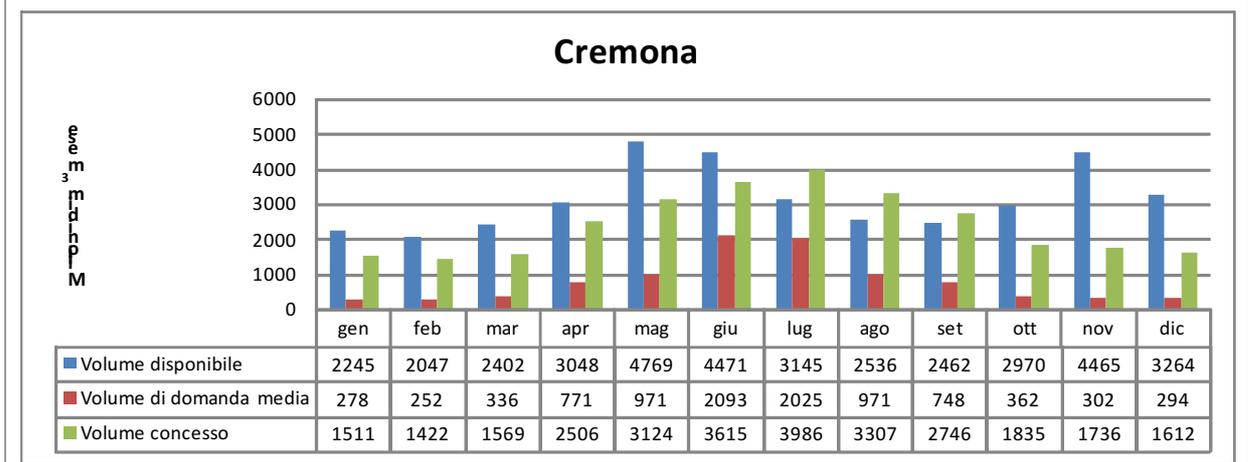
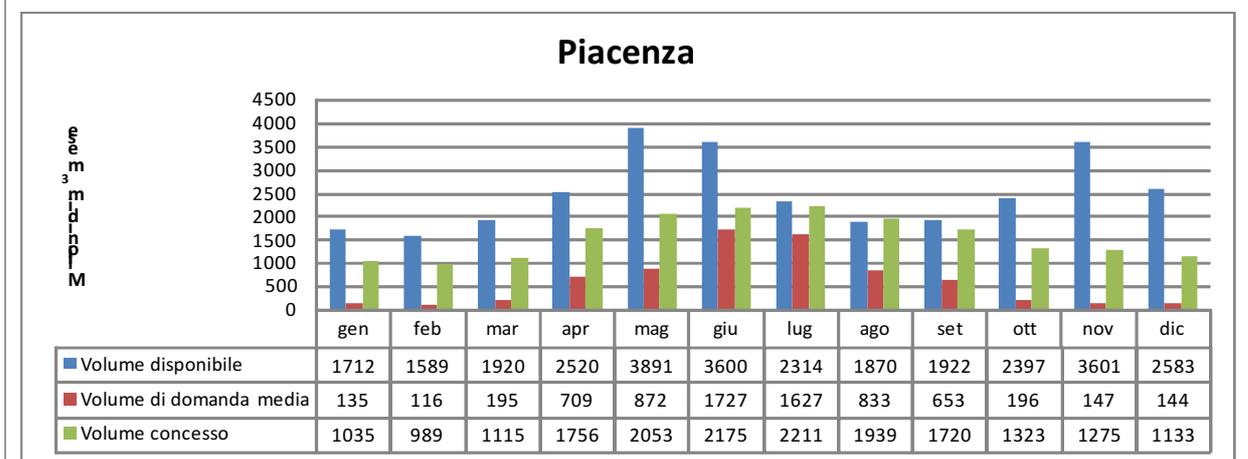
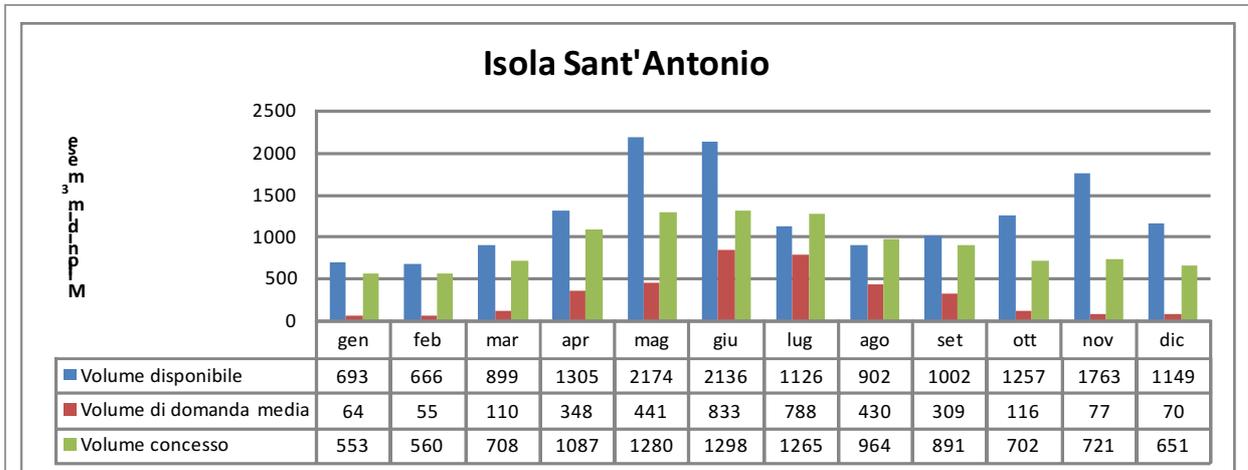
In generale la disciplina dei diritti all'uso della risorsa idrica sottintende una sorta di *precedenza* naturale per gli utenti di monte, spesso titolari di antichi diritti, per i quali la presenza di quantitativi di risorsa tali da soddisfare la domanda è più probabile, essendo i primi ad esercitare il diritto.

Oltre ai vincoli richiamati, a determinare la circostanza per cui il diritto di concessione non viene sempre esercitato nella sua totalità, vi sono anche vincoli di tipo gestionale e organizzativo dei servizi irrigui, per cui le derivazioni normalmente non funzionano H24, e, ovviamente la naturale evoluzione del fabbisogno di risorsa, che, tranne nel caso di usi peraltro marginali come ad esempio il raffreddamento o particolari tipi di idroelettrico, fa sì che la risorsa venga in linea di massima prelevata solo nei momenti di necessità.

Pertanto, l'utilizzo dei dati di concessione per la stima dei volumi di uso, sia che si intenda ricostruire la domanda media, sia che si intenda fare riferimento a quelli effettivamente prelevati, porta ad una sovrastima notevole del prelievo. Come richiamato al "*Paragrafo 3.2- Analisi delle concessioni*", l'Autorità di Bacino del Po ha svolto un'attività di stima dei volumi concessi, a partire dai dati contenuti:

- nei PTA;
- nei catasti delle derivazioni.

I valori, riportati nei diagrammi di Figura 47, evidenziano come, soprattutto muovendosi verso valle, emerga che il totale dei volumi concessi superi di gran lunga la disponibilità idrica media dei mesi estivi, il che significa che tutti i diritti non potrebbero essere esercitati in contemporanea, con vantaggio degli utenti di monte.



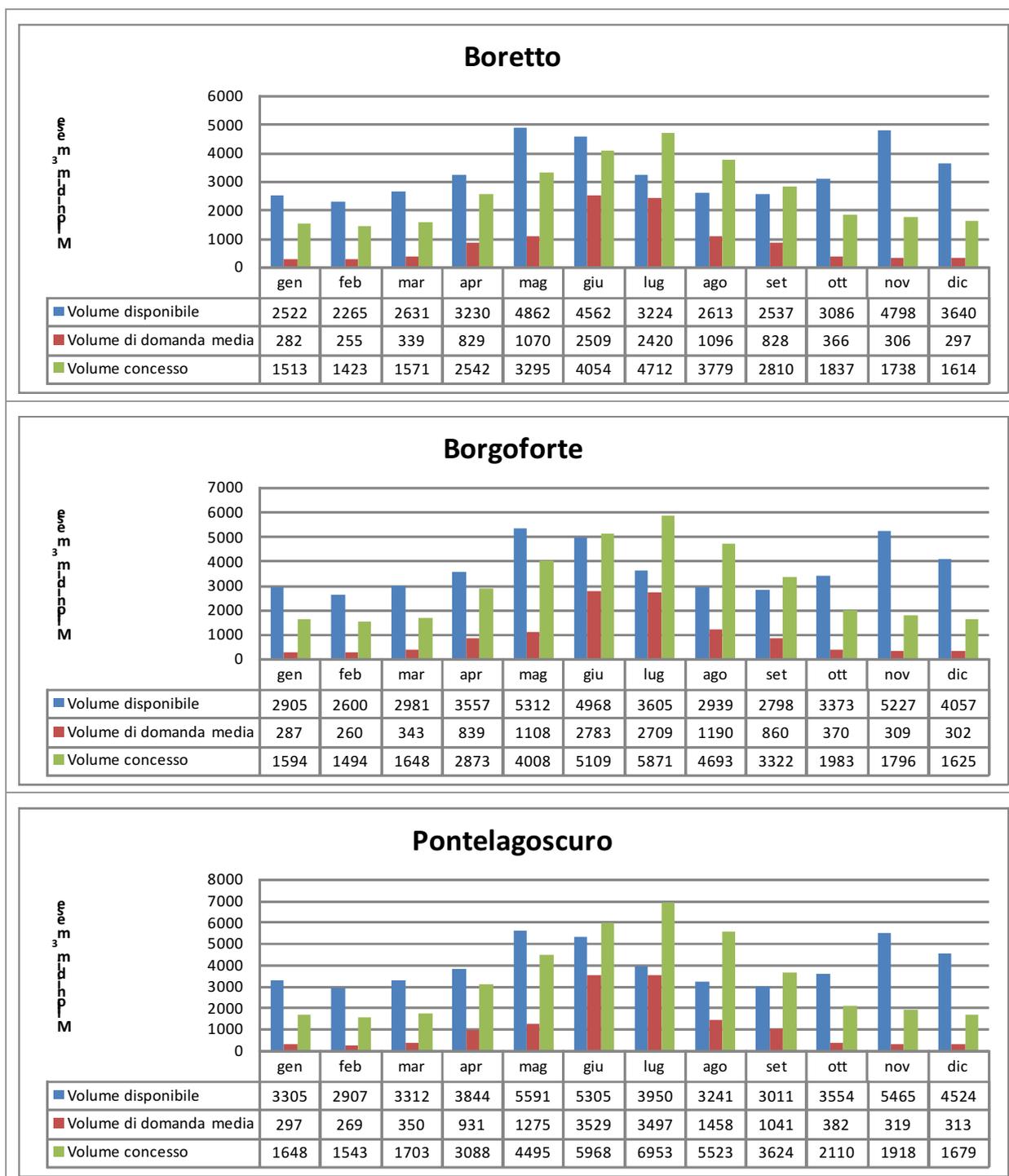


Figura 47 – Confronto tra risorsa potenziale, domanda idrica teorica e risorsa concessa nel bacino del Po - Milioni di m³/mese

5.5. Analisi della serie

Le elaborazioni presentate fino ad ora, in ottemperanza alle istanze nazionali e comunitarie di calcolo del bilancio idrico e rendicontazione circa il grado di utilizzo della risorsa idrica, hanno riguardato grandezze medie poste a confronto, ovvero gli usi medi mensili e annuali nel periodo analizzato sono stati confrontati con la disponibilità idrica media mensile e annuale nello stesso periodo.

L'elevatissima variabilità che caratterizza il clima del distretto padano, e di conseguenza il regime idrologico del fiume Po e la disponibilità di risorsa idrica, genera la presentazione di situazioni *idro-climatiche* lontane dalla media; in particolare nel periodo considerato dal 2000 al 2011, è stata particolarmente evidente l'alternanza di annate abbondanti e di annate scarse. Come presentato infatti al "*Paragrafo 1.1.3 - Idrologia degli ultimi dieci anni*" nell'intero periodo solo il 2004 ha presentato un regime di afflusso simile alla media di lungo periodo.

Per questa ragione senza togliere significato alle indagini precedentemente riportate, si ritiene opportuno presentare anche l'intera serie di valori mensili di saldo idrico simulato e WEI+, al fine di verificare la frequenza del superamento delle soglie di criticità.

5.5.1. Saldo idrico mensile

Nelle tabelle da Tabella 30 a Tabella 41, sono riportati per ciascuna sezione di riferimento per il bilancio idrico dell'asta del fiume Po, i valori del saldo idrico che si sono presentati mese per mese, confrontando la portata naturalizzata effettivamente disponibile in quel particolare mese **con la domanda di risorsa idrica media relativa allo stesso mese**. La presenza di valori negativi significa che la domanda media simulata non è stata soddisfatta in quanto la disponibilità idrica naturale era inferiore alla stessa, pertanto da una parte il sistema delle utenze ha subito una riduzione della fornitura richiesta, e dall'altra i corpi idrici del Po sono stati sottoposti ad una pressione particolarmente elevata.

Per la valutazione del livello di criticità è stata adottata la Tabella 23 di Paragrafo 4.3: le criticità rilevate attraverso l'indicatore saldo idrico corrispondono a quelle rilevate attraverso la soglia del WEI+ riportata in tabella, con le seguenti colorazioni:

Criticità assente	WEI+ 1-35%
Criticità moderata	WEI+ 35-65%
Criticità media	WEI+ 65-80%
Criticità elevata	WEI+ 80-90%
Criticità molto elevata	WEI+ >90%

Come si evince i mesi critici sono giugno e luglio; in particolare luglio presenta criticità anche negli anni che non sono stati segnati da disponibilità idrica particolarmente ridotta.



Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
1	2000	240	549	650	717	833	969
1	2001	328	953	1290	1503	1809	2047
1	2002	78	203	240	266	326	377
1	2003	308	752	940	1078	1256	1475
1	2004	370	784	915	1041	1155	1286
1	2005	167	439	535	597	696	835
1	2006	116	264	303	362	451	542
1	2007	188	462	539	584	658	722
1	2008	268	574	689	764	857	928
1	2009	293	746	956	1135	1320	1536
1	2010	194	602	791	913	1069	1244
1	2011	272	738	972	1085	1303	1519

Tabella 30 - Valori del saldo idrico relativi al mese di gennaio, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
2	2000	157	389	469	514	610	711
2	2001	230	770	1050	1170	1408	1653
2	2002	311	537	601	635	700	738
2	2003	160	474	588	654	791	933
2	2004	312	671	780	881	988	1084
2	2005	96	330	393	429	511	596
2	2006	297	538	616	701	806	893
2	2007	135	419	494	589	667	751
2	2008	210	468	570	628	730	806
2	2009	458	1177	1474	1679	1961	2177
2	2010	316	765	928	1042	1196	1335
2	2011	327	720	888	988	1165	1324

Tabella 31 - Valori del saldo idrico relativi al mese di febbraio, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
3	2000	109	297	362	424	507	585
3	2001	444	1106	1420	1633	1900	2110
3	2002	311	587	674	701	784	828
3	2003	95	362	467	512	612	733
3	2004	267	671	813	944	1100	1262
3	2005	104	326	383	413	489	557
3	2006	179	412	509	605	716	869
3	2007	116	357	425	488	558	625
3	2008	151	357	434	476	562	637
3	2009	517	1048	1230	1314	1477	1613
3	2010	399	840	1001	1109	1272	1438
3	2011	841	1367	1539	1656	1842	2019

Tabella 32 - Valori del saldo idrico relativi al mese di marzo, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
4	2000	488	864	1068	1066	1174	1178
4	2001	187	642	949	1125	1403	1682
4	2002	161	319	409	428	507	540
4	2003	70	250	358	400	488	580
4	2004	316	632	783	821	938	1023
4	2005	334	600	748	828	915	1013
4	2006	147	354	496	518	616	669
4	2007	135	286	372	397	458	508
4	2008	286	599	789	836	955	976
4	2009	1618	2406	2702	2728	2869	2846
4	2010	350	825	1079	1148	1290	1394
4	2011	341	611	797	831	979	1088

Tabella 33 - Valori del saldo idrico relativi al mese di aprile, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
5	2000	1048	1696	2119	2116	2282	2289
5	2001	822	1342	1692	1685	1928	1980
5	2002	1087	1941	2259	2214	2407	2332
5	2003	274	406	584	563	639	663
5	2004	754	1410	1678	1713	1888	1958
5	2005	326	552	680	674	751	779
5	2006	260	445	603	590	709	744
5	2007	354	471	588	567	616	595
5	2008	760	1296	1656	1581	1710	1643
5	2009	905	1668	2076	2184	2458	2789
5	2010	862	1788	2375	2400	2622	2684
5	2011	314	523	721	717	838	895

Tabella 34 - Valori del saldo idrico relativi al mese di maggio, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
6	2000	900	1044	1224	1104	1144	976
6	2001	597	933	1306	1163	1284	1132
6	2002	625	1069	1248	1106	1166	997
6	2003	143	108	210	69	72	-101
6	2004	408	477	593	464	517	379
6	2005	167	188	245	116	116	-58
6	2006	32	-4	74	-53	-38	-206
6	2007	437	771	954	816	832	597
6	2008	776	1318	1695	1630	1745	1655
6	2009	585	973	1216	1096	1163	1048
6	2010	762	1137	1417	1296	1364	1228
6	2011	602	667	840	710	768	595

Tabella 35 - Valori del saldo idrico relativi al mese di giugno, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.



Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
7	2000	176	306	494	362	393	203
7	2001	343	630	909	789	877	726
7	2002	288	431	551	421	456	275
7	2003	-27	-94	-23	-124	-128	-299
7	2004	55	145	250	124	163	19
7	2005	11	-8	26	-71	-71	-244
7	2006	9	-86	-27	-131	-133	-309
7	2007	36	134	271	137	150	-16
7	2008	197	550	958	825	896	724
7	2009	127	375	580	461	519	374
7	2010	122	237	387	277	334	218
7	2011	170	453	637	536	567	372

Tabella 36 - Valori del saldo idrico relativi al mese di luglio, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
8	2000	241	508	799	781	895	910
8	2001	175	452	735	719	842	884
8	2002	440	729	897	871	964	946
8	2003	68	98	197	184	218	221
8	2004	148	363	500	479	563	592
8	2005	145	259	342	328	367	350
8	2006	109	227	397	377	448	429
8	2007	139	324	502	466	517	504
8	2008	158	398	642	624	721	752
8	2009	123	382	603	588	691	723
8	2010	259	549	801	789	919	961
8	2011	118	367	604	603	702	734

Tabella 37 - Valori del saldo idrico relativi al mese di agosto, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
9	2000	244	389	555	542	636	647
9	2001	94	347	559	573	689	727
9	2002	555	897	1060	1063	1170	1228
9	2003	89	127	199	194	228	221
9	2004	91	259	362	365	428	473
9	2005	461	614	748	737	813	797
9	2006	802	1058	1174	1163	1232	1171
9	2007	130	332	481	464	528	509
9	2008	189	647	905	890	972	985
9	2009	243	441	598	592	679	693
9	2010	144	395	668	691	835	882
9	2011	162	364	621	629	756	777

Tabella 38 - Valori del saldo idrico relativi al mese di settembre, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.



Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
10	2000	2303	3921	4433	4475	4711	4657
10	2001	190	566	739	787	903	978
10	2002	418	718	800	869	961	1073
10	2003	135	264	298	315	364	395
10	2004	202	482	563	565	624	632
10	2005	454	716	821	886	1009	1095
10	2006	435	816	959	1009	1101	1195
10	2007	161	413	500	532	608	663
10	2008	125	384	497	510	588	655
10	2009	219	491	575	609	690	773
10	2010	344	750	984	1056	1209	1342
10	2011	127	345	519	578	691	761

Tabella 39 - Valori del saldo idrico relativi al mese di ottobre, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
11	2000	1183	3017	3961	4475	5020	5300
11	2001	173	473	594	656	758	856
11	2002	1286	2662	3076	3087	3279	3162
11	2003	522	902	1023	1163	1239	1260
11	2004	589	1321	1552	1651	1798	1942
11	2005	224	447	506	586	685	792
11	2006	232	475	569	620	700	769
11	2007	205	512	601	702	779	826
11	2008	677	1512	1890	1988	2152	2261
11	2009	283	616	713	765	849	919
11	2010	1149	2194	2693	2939	3232	3419
11	2011	1284	1859	2097	2167	2279	2320

Tabella 40 - Valori del saldo idrico relativi al mese di novembre, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

Mese	Anno	Isola Sant'Antonio	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
12	2000	442	1147	1500	1645	1918	2165
12	2001	105	327	390	430	508	592
12	2002	584	1521	1921	2108	2346	2684
12	2003	843	1399	1519	1634	1736	1843
12	2004	295	693	840	952	1064	1203
12	2005	164	394	465	612	716	886
12	2006	324	772	901	968	1047	1106
12	2007	158	415	495	548	637	721
12	2008	799	1585	1895	2141	2334	2611
12	2009	359	904	1149	1382	1527	1667
12	2010	540	1259	1588	1834	2149	2434
12	2011	227	512	647	725	841	960

Tabella 41 - Valori del saldo idrico relativi al mese di dicembre, dal 2000 al 2011, nelle sezioni di riferimento per il bilancio idrico del fiume Po, con indicazione dei livelli di criticità.

5.6. Squilibri e analisi dell'impatto potenziale

A partire dai risultati riportati a "Paragrafo 5.5.1- Saldo idrico mensile", è stato calcolato l'impatto potenziale applicando la metodologia di Paragrafo 7.2 della Relazione Generale. In Tabella 42 è riportato il calcolo per il caso peggiore, come si richiede nel manuale del Reporting WISE ai sensi della DQA, per la sezioni di Pontelagoscuro, corrispondente al mese di Luglio.

Valori medi di WEI+ sul mese (periodo 2000-2011)						
	Isola S. A.	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
gennaio	0.10	0.09	0.14	0.13	0.12	0.11
febbraio	0.10	0.08	0.14	0.12	0.11	0.10
marzo	0.17	0.12	0.17	0.15	0.14	0.12
aprile	0.35	0.34	0.30	0.30	0.27	0.28
maggio	0.24	0.27	0.24	0.26	0.25	0.27
giugno	0.45	0.54	0.52	0.61	0.62	0.73
luglio	0.76	0.77	0.70	0.81	0.81	0.94
agosto	0.50	0.47	0.40	0.44	0.42	0.47
settembre	0.38	0.38	0.33	0.35	0.33	0.37
ottobre	0.16	0.12	0.17	0.16	0.15	0.14
novembre	0.07	0.06	0.10	0.09	0.09	0.08
dicembre	0.08	0.07	0.11	0.10	0.09	0.08
Media anno:	0.28	0.28	0.28	0.30	0.28	0.31

Tabella 42 - Valori di WEI+ medio mensile nelle stazioni di riferimento

<p>E: necessità di attuare misure per la riduzione del prelievo a monte.</p> <p>R: necessità di introdurre vincoli per non aumentare il livello di prelievo a monte.</p> <p>A: possibilità, previa verifica di impatto, di incrementare il prelievo a monte.</p> <p>R*: necessità di attuare verifiche per la valutazione dell'impatto del prelievo sullo stato chimico. In caso di assenza di impatto, applicazione misure tipo A.</p>		Stato ecologico dei corpi idrici a valle della sezione di riferimento				
		Cattivo	Scarso	Sufficiente	Buono	Elevato
Danno potenziale per prelievo (stimato su WEI+)	WEI+ ≤35% (pressione nulla o molto bassa)	R*	R*	R*	A	R
	35%<WEI+≤65% (p. bassa)	R	R	R	A	R
	65<WEI+≤80% (p. media)	E	E	E	R	R
	80<WEI+≤90% (p. elevata)	E	E	E	E	E
	WEI+ >90% (p. molto elevata)	E	E	E	E	E

Figura 48 - Applicazione della valutazione dello stato del bilancio idrico a Pontelagoscuro per il mese di luglio. (caso peggiore).