



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

AGENZIA PROVINCIALE PER LE RISORSE IDRICHE E L'ENERGIA

**DOCUMENTO TECNICO
PER L'ANALISI DEI RISULTATI DEL BILANCIO IDRICO
PROVINCIALE E RELATIVI ALLEGATI CARTOGRAFICI
alla data 30 marzo 2012**

Trento, marzo 2013

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	L'EQUAZIONE DI BILANCIO IDRICO	1
	2.1 INQUADRAMENTO METODOLOGICO DEI BILANCI IDRICI	1
	2.2 MODELLO IDROLOGICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEI BILANCI IDRICI.....	2
3	L'ANALISI DEI RISULTATI DEI BILANCI IDRICI.....	4
	3.1 L'UTILIZZO DELLE CURVE MENSILI DI DURATA DELLE PORTATE MEDIE GIORNALIERE.....	4
	3.2 APPROCCIO METODOLOGICO PER L'ANALISI DEI RISULTATI DEL BILANCIO IDRICO	6
	3.2.1 L'Indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico.....	9

Allegati Cartografici

1 PREMESSA

Il **bilancio idrico**, secondo la definizione dettata dal D.M. 28 luglio 2004, si traduce nella comparazione, nel periodo di tempo considerato, fra le risorse idriche disponibili in un determinato bacino o sottobacino al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici e dei fabbisogni per i diversi usi antropici.

Il presente documento si propone di illustrare l'approccio metodologico adottato per la verifica della situazione del bilancio idrico nel territorio provinciale, intesa come confronto tra la disponibilità idrica presente nei corsi d'acqua ed il DMV previsto.

2 L'EQUAZIONE DI BILANCIO IDRICO

In termini matematici la definizione di bilancio idrico può essere espressa con la seguente disequazione:

$$Q_{\text{fluente naturale}} - Q_{\text{derivata antropica}} + Q_{\text{apporto antropico}} - Q_{\text{DMV}} \geq 0$$

dove il termine Q indica, in generale, la portata.

Per ogni sezione di interesse, questa equazione può essere riscritta come segue:

$$Q_{\text{fluente naturale}} - Q_{\text{derivata antropica}} + Q_{\text{apporto antropico}} \geq Q_{\text{DMV}}$$

nella quale la somma ($Q_{\text{fluente naturale}} - Q_{\text{derivata antropica}} + Q_{\text{apporto antropico}}$) equivale alla portata transitante realmente in alveo (al netto dell'effetto antropico derivatorio) ed il termine Q_{DMV} indica la portata di deflusso minimo vitale che deve essere presente nella medesima sezione. Pertanto, in un qualsiasi punto del reticolo idrico l'equilibrio del bilancio idrico risulta soddisfatto se la portata transitante realmente in alveo (Q_R) risulta maggiore, o al limite uguale, alla portata di DMV prevista nel medesimo punto (Q_{DMV}).

Fine ultimo dello studio del bilancio idrico quantitativo della Provincia è stato quindi l'analisi della disequazione:

$$Q_R \geq Q_{\text{DMV}}$$

ovvero la verifica della condizione di **equilibrio** del bilancio idrico se in alveo defluisce una portata superiore a quella di DMV previsto, e di disequilibrio in caso contrario.

Per ottenere dei risultati significativi riguardo all'equazione di bilancio idrico è stato sviluppato un modello idrologico (GEOTRANSF) personalizzato alle esigenze della Provincia, che ha permesso di ricostruire le portate naturali ($Q_{\text{fluente naturale}}$) in considerazione di quelle derivate concesse ($Q_{\text{derivata antropica}}$, $Q_{\text{apporto antropico}}$) e di quelle defluenti osservate in alveo (Q_R).

Per giungere alla creazione di tale modello idrologico è stato svolto un lungo lavoro che ha coinvolto la Provincia, ma anche l'Università degli Studi di Trento, secondo un approccio metodologico riportato di seguito.

2.1 INQUADRAMENTO METODOLOGICO DEI BILANCI IDRICI

Nell'ambito delle pianificazioni del settore ambientale il bilancio idrico assume un ruolo di sintesi degli aspetti quantitativi e di quelli qualitativi. Esso risulta subordinato ad un'azione conoscitiva che si espleta sia nella raccolta e razionalizzazione dei dati disponibili presso gli enti territoriali che nella determinazione di nuove informazioni a completamento del quadro

conoscitivo di base. In quest'ottica, i bilanci idrici sono stati sviluppati secondo i seguenti step temporali:

- definizione di un quadro conoscitivo di base tramite la raccolta delle informazioni disponibili presso l'amministrazione Provinciale ed i gestori dei grandi impianti idroelettrici;
- integrazione delle informazioni con attività sul territorio e, in particolare, misurazioni dirette delle portate dei corpi idrici;
- applicazione del codice di calcolo GEOTRANSF per la simulazione del ciclo idrologico e dell'effetto delle derivazioni a scala giornaliera;
- elaborazione di mappe relative ai coefficienti di deflusso e di curve di durata, aggregate a scala di sottobacino, per il complesso del territorio provinciale;
- per ogni bacino di primo livello, redazione di una relazione tecnica e di schede monografiche dei relativi sottobacini contenenti informazioni idrologiche e dati concessori;
- stesura di considerazioni in merito all'equilibrio del bilancio idrico e alle azioni per il suo raggiungimento o mantenimento a scala di bacino di primo livello, nel rispetto della normativa provinciale (applicazione del DMV, risparmio idrico).

2.2 MODELLO IDROLOGICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEI BILANCI IDRICI

A supporto della redazione dei bilanci idrici, il gruppo di idrologia del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trento ha sviluppato e implementato, per conto della Provincia Autonoma di Trento, il modello matematico computazionale GEOTRANSF.

GEOTRANSF è un modello in grado di simulare, in modo rapido ed efficace, i processi idrologici in continuo, sia a piccola che a grande scala, impiegando un approccio semi-distribuito per tempi di residenza di tipo geomorfologico.

Il modello è stato applicato a tutti i bacini di primo livello della Provincia che sono: Chiese, Sarca, Noce, Adige, Avisio, Brenta, Cismon, Vanoi, Fersina e Astico.

Il modello GEOTRANSF risponde ai seguenti requisiti:

- i) è un modello continuo in grado di riprodurre a scala giornaliera la variabilità dei deflussi in funzione delle forzanti meteorologiche;
- ii) riproduce adeguatamente l'effetto della neve sui deflussi giornalieri – sia nella fase di scioglimento che in quella di accumulo – fenomeni, questi, estremamente rilevanti nel contesto alpino;
- iii) è in grado di quantificare gli effetti sul bilancio giornaliero dei flussi di vapore conseguenti ai processi di evaporazione dal suolo e di traspirazione della vegetazione;
- iv) permette di valutare gli effetti di derivazioni e restituzioni a carico della rete idrografica;
- v) permette di valutare, a scala di bacino, gli effetti del prelievo di acque sotterranee che vengono restituite al suolo nell'ambito delle pratiche irrigue.

La modellazione ha riguardato il periodo 2000-2006 per i bacini di Chiese, Sarca e Noce, e il periodo 2000-2008 per tutti gli altri bacini (Adige, Avisio, Brenta, Cismon, Vanoi, Fersina e Astico).

Per ciascun bacino di primo livello la modellazione si è articolata in tre fasi:

Fase I: analisi dei dati e predisposizione degli input del modello

- I.1: il modello richiede informazioni di base come, ad esempio, le mappe del terreno (modello digitale del terreno, informazioni inerenti la geologia e l'uso del suolo), i dati di precipitazione e temperatura, i dati di portata misurati in continuo nell'area di studio, i dati di concessione e la mappa del deflusso minimo vitale (DMV) allegata al PGUAP (tav. III.6.3).

Tale fase ha visto:

- a) la definizione della struttura di drenaggio del singolo bacino e la sua suddivisione in macrobacini e sottobacini elementari di calcolo interconnessi tramite la rete idrica. Per l'intero territorio provinciale sono stati definiti 2165 sottobacini la cui superficie media è di circa 3 km²;
- b) la creazione dei file necessari per l'esecuzione del modello;
- c) l'individuazione di un numero congruo di punti di calibrazione, in funzione dei record di dati disponibili.

Fase II: calibrazione del modello

II.1: la calibrazione del modello avviene impiegando la tecnica "Particle Swarm Optimization" (PSO) che minimizza un'opportuna funzione obiettivo, rappresentata nel caso in esame dal confronto tra la portata misurata e la portata simulata in una definita sezione di controllo. La PSO consente di ricostruire la parametrizzazione dei processi di base che caratterizzano i deflussi superficiali e nel sottosuolo, fenomeni simulati all'interno di GEOTRANSF mediante modelli semplificati.

Nel caso specifico, la calibrazione è stata effettuata nelle sezioni di controllo con almeno due anni di dati.

Il corretto svolgimento di tale fase ha richiesto la conoscenza delle portate sottratte artificialmente ai bacini e delle modifiche al regime idrologico indotte dalla presenza di infrastrutture quali serbatoi e canali di derivazione (che talvolta creano anche diversioni di bacino). È stata sicuramente la fase più critica tra quelle che hanno portato alla costruzione del modello in quanto, come generalmente avviene, il successo delle elaborazioni è dipeso fortemente dall'accuratezza dei dati di input.

Il modello è stato quindi calibrato separatamente su tutti gli anni disponibili nel periodo 2001-2006 per Chiese, Sarca e Noce e nel periodo 2001-2008 per gli altri bacini, ottenendo altrettanti set di parametri. Tali calibrazioni hanno poi consentito di ricostruire le portate, riferite al periodo d'analisi, nelle sezioni prive di misurazioni di portata.

Fase III: validazione del modello ed applicazioni

III.1: la validazione è stata effettuata applicando GEOTRANSF con i parametri risultanti dalle calibrazioni condotte nel periodo 2001-2003 ai dati delle forzanti meteorologiche rilevate nel periodo 2004-2006 per Chiese, Sarca e Noce e con i parametri risultanti dalle calibrazioni condotte nel periodo 2001-2004 ai dati delle forzanti meteorologiche rilevate nel periodo 2005-2008 per gli altri bacini di primo livello Adige, Avisio, Brenta, Cison, Vanoi, Fersina e Astico.

Il confronto fra le portate giornaliere così ricavate e quelle misurate nelle stazioni idrometriche ha fornito una stima opportuna delle incertezze insite nel modello. I parametri ottenuti sono stati quindi utilizzati nella simulazione di differenti scenari che restituiscono la portata giornaliera fluente alla chiusura di ciascun sottobacino.

Tali scenari potranno essere impiegati nelle future simulazioni a supporto delle attività gestionali, di programmazione e di pianificazione da parte delle strutture provinciali preposte.

III.2: una delle applicazioni conseguenti la validazione del modello è stata la costruzione delle mappe dei coefficienti idrometrici e delle portate medie relative ai punti di chiusura di ogni sottobacino elementare di calcolo. L'aggregazione di tali informazioni, indicative del comportamento medio sul lungo periodo, è stata inizialmente svolta sui quattro periodi stagionali definiti per il DMV nella tavola III.6.3. del PGUAP. In seconda battuta sono state create anche le relative mappe a scala mensile.

III.3: una seconda applicazione è stata la costruzione, per ogni sottobacino elementare di calcolo, delle curve di durata stagionali (secondo la periodicità della mappa del DMV del PGUAP) e di quelle mensili.

Le attività descritte ai punti III.2 e III.3 sono state sviluppate in relazione ai seguenti scenari:

1. scenario reale attuale alla data del 30 marzo 2012 – **R0** (modellazione di derivazioni, restituzioni e rilasci del deflusso minimo vitale attuali; questi ultimi riguardano essenzialmente le grandi derivazioni idroelettriche, GDI, con i rilasci previsti da PGUAP, e quelle derivazioni i cui disciplinari di concessione ne stabiliscono la quantità da rilasciare);
2. scenario naturale (assenza di qualunque tipo di attività antropica di derivazione comprese le grandi derivazioni idroelettriche – GDI);
3. con l'attivazione dei prelievi delle sole GDI (assenza di altri tipi di prelievo) e l'attuazione dei rispettivi rilasci sperimentali attuati fino al 31 dicembre 2008 (2 l/s/km² previsti dal d.lgs. n. 463/1999);
4. scenario reale in assenza dei rilasci attualmente in atto (quelli a partire dal 1° gennaio 2009 relativi alle GDI) ma in presenza dei rilasci sperimentali delle GDI attuati fino al 31 dicembre 2008;
5. scenario naturale secco estremo e piovoso estremo (analisi svolta solo per i bacini Adige, Avisio, Brenta, Cismon, Vanoi, Fersina e Astico);
6. scenario reale post 2016 – **R1_{PGUAP}** (modellazione di tutte le derivazioni e restituzioni esistenti, con rilascio del DMV previsto da PGUAP da tutte le derivazioni).

Ai fini del bilancio idrico provinciale gli scenari reali, attuale (1) e post 2016 PGUAP (6), fornisco la disponibilità idrica alla chiusura di 2165 sottobacini sulla base della quale si deve verificare la condizione di equilibrio. Vale a dire che nell'equazione di bilancio idrico ($Q_R \geq Q_{DMV}$) essi stabiliscono la portata reale in alveo al netto dell'attività antropica, comprensiva dell'eventuale rilascio di DMV diversamente imposto nei due scenari considerati (R0 e R1_{PGUAP}). Dall'analisi dei risultati ottenuti in questi due scenari è stato definito l'indice **di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico** che fornisce indicazioni sui volumi d'acqua ancora sfruttabili dal corso d'acqua nell'ipotesi di rilascio di DMV.

3 L'ANALISI DEI RISULTATI DEI BILANCI IDRICI

3.1 L'UTILIZZO DELLE CURVE MENSILI DI DURATA DELLE PORTATE MEDIE GIORNALIERE

Il modello GEOTRANSF ricrea le portate medie giornaliere alla chiusura di 2165 sottobacini computazionali (con area media di 3 km²) partendo dai dati idrometrici osservati. A partire da queste serie di portata osservata, l'applicazione più importante ed innovativa del modello è la ricostruzione della portata giornaliera che transiterebbe in alveo senza l'azione antropica derivatoria (derivazione d'acqua, restituzione, rilascio del DMV,...). Infatti una volta nota tale portata è possibile desumere da essa quella reale che defluirebbe nell'applicazione dello scenario derivatorio attualmente in atto (R0) e quello che si verificherà alla fine del 2016 (R1_{PGUAP}).

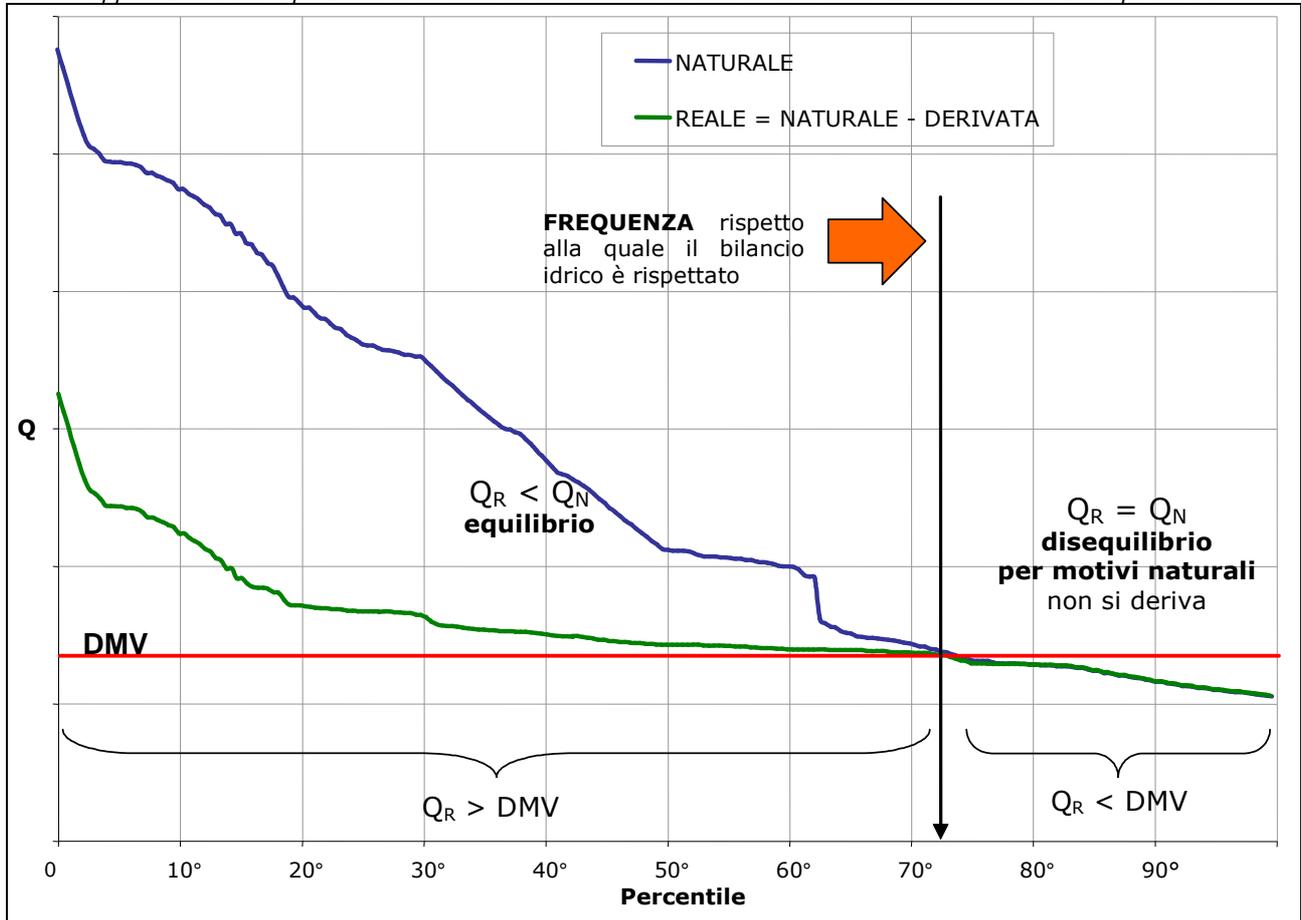
Nell'ambito della modellazione matematica sono state quindi ricostruite le curve mensili di durata delle portate medie giornaliere alla chiusura dei 2165 sottobacini computazionali in ognuno degli scenari previsti, oltre a quello naturale. Queste curve permettono di stabilire la frequenza (percentile) cumulativa di superamento dei singoli valori di portata, ossia il numero di giorni al mese in cui ciascuna portata è uguagliata o superata.

Se si ipotizza lo scenario in cui tutte le derivazioni rilasciano il deflusso minimo vitale, allora esse prelevano acqua solo quando in alveo vi è una portata superiore al DMV e solo quella in esubero rispetto ad esso; mentre si disattivano per valori inferiori al DMV ed a valle quindi transiterà solo il deflusso naturale. Cioè si verificheranno le seguenti condizioni:

$$\begin{array}{ll} \text{per } Q_N \geq Q_{DMV} & \text{derivazione in atto} \\ \text{per } Q_N < Q_{DMV} & \text{derivazione inattiva} \Rightarrow Q_{\text{derivata antropica}} = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} Q_R = Q_N - Q_{\text{derivata antropica}} \geq Q_{DMV} \\ Q_R = Q_N < Q_{DMV} \end{array}$$

In questa simulazione l'andamento delle curve di durata delle portate reali, per loro definizione, sarà al disotto di quello naturale e superiore o coincidente al deflusso minimo vitale (condizione per cui la derivazione può essere attiva); mentre, per portate inferiori al DMV, le curve di durata reale e naturale coincideranno.

Applicazione dell'equazione di bilancio idrico nel caso in cui **tutte** le derivazioni rilascino il DMV previsto.



Applicando l'equazione di bilancio idrico ($Q_R \geq Q_{DMV}$) alle curve mensili di durata delle portate degli scenari reali (R_0 e R_{1PGUAP}) si nota l'esistenza di un importante percentile che è la frequenza rispetto alla quale l'equazione è valida, cioè il numero di giorni al mese in cui in alveo transita una quantità d'acqua superiore al DMV e si ha quindi una situazione di equilibrio. Il valore di questa frequenza dipende logicamente dal valore stabilito per il deflusso minimo vitale, in particolare rispetto alle curve di durata della portata naturale. Se il DMV è "elevato" rispetto alla disponibilità idrica naturale, cioè la sua presenza in alveo è naturalmente garantita per relativamente pochi giorni al mese (percentile basso), allora nel caso di derivazioni che rilascino tutte il deflusso minimo vitale, l'equazione di bilancio idrico verrà rispettata per relativamente pochi giorni, ma il disequilibrio sarà comunque dovuto solo a motivi naturali. Ciò vale a maggior ragione nel caso contrario in cui il valore di DMV risulta "basso".

Un'analisi della frequenza di accadimento del deflusso minimo vitale previsto dalla tav. III.6.3 del PGUAP rispetto alle curve mensili di durata delle portate medie giornaliere naturali consentirebbe di valutare quanto tale DMV sia sostenibile rispetto alla disponibilità idrica che naturalmente defluirebbe in alveo, in assenza dell'impatto sul corso d'acqua provocato dal regime derivatorio.

Nello scenario in cui per i concessionari non vi è l'obbligo di rilasciare un deflusso minimo vitale, le derivazioni possono attingere risorsa senza limite inferiore (se non la portata massima di concessione) e intercettare il deflusso naturale anche quando in alveo transita una portata inferiore al DMV. Si verificheranno quindi le seguenti condizioni:

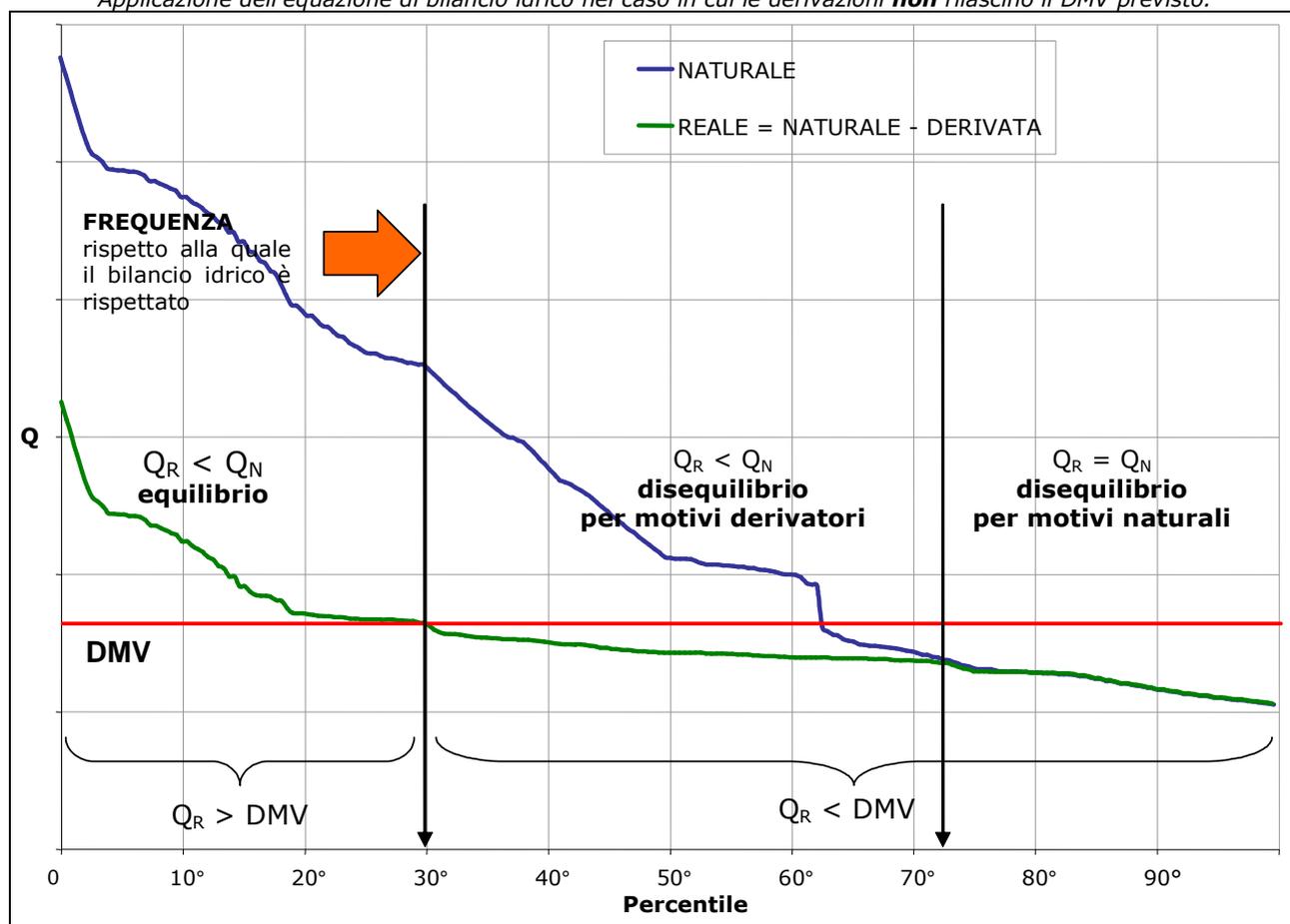
per $Q_N \geq Q_{DMV}$ derivazione in atto
 per $Q_N < Q_{DMV}$ derivazione sempre in atto

$$Q_R = Q_N - Q_{\text{derivata antropica}} \geq Q_{DMV}$$

$$Q_R = Q_N - Q_{\text{derivata antropica}} < Q_{DMV}$$

in questa ipotesi la curva di durata delle portate reali risulta inferiore a quella naturale anche per portate al di sotto dei valori del rilascio minimo vitale ($Q_R < Q_N$ per $Q < DMV$), e tale deficit idrico è sicuramente dovuto alla attività derivatoria in atto a monte.

Applicazione dell'equazione di bilancio idrico nel caso in cui le derivazioni **non** rilascino il DMV previsto.



3.2 APPROCCIO METODOLOGICO PER L'ANALISI DEI RISULTATI DEL BILANCIO IDRICO

Nello scenario reale attuale (R0) riprodotto dal modello dei bilanci idrici (GEOTRANSF) la situazione è molto complessa perché sul totale delle derivazioni in atto solo alcune rilasciano un deflusso minimo vitale, che a sua volta può essere quello previsto dalla tav. III.6.3 del PGUAP oppure un valore concordato per quantità e punto di rilascio con le strutture PAT competenti (come avviene per le grandi derivazioni idroelettriche). Questa situazione è quindi più simile all'ultimo dei due casi sopra analizzati. Mentre lo scenario post 2016 (R1_{PGUAP}) riprodotto dal modello idrologico ipotizzando che tutte le derivazioni attualmente in atto rilascino il DMV previsto nel PGUAP, ricalca il primo dei due casi che si è approfondito sopra.

Cercando quindi una metodologia di indagine replicabile in tutti gli scenari considerati (R0 e R1_{PGUAP}) si è scelto un approccio che ribadisse il principio che un sottobacino è in equilibrio se l'equazione di bilancio idrico non è soddisfatta solo per motivi naturali, mentre è in disequilibrio quando sono responsabili anche le derivazioni in atto (e pertanto è correggibile agendo sul regime derivatorio a monte).

Questo vuol dire che indipendentemente dal numero di giorni al mese in cui la portata reale è superiore al valore di DMV previsto (cioè dalla sua frequenza di accadimento), il criterio che determina la condizione di equilibrio di un sottobacino è stabilito dal fatto che l'eventuale deficit idrico sia dovuto alle sole condizioni naturali, cioè se per

$$Q_R < Q_{DMV}$$

$$Q_R \geq Q_N \Rightarrow \text{sottobacino in } \mathbf{equilibrio}$$

$$Q_R < Q_N \Rightarrow \text{sottobacino in } \mathbf{disequilibrio}$$

Per opportunità di calcolo si è visto che è possibile giungere alle medesime considerazioni ragionando con i volumi sottesi dalle curve mensili di durata delle portate giornaliere naturali (V_{DMV}^N) e reali (V_{DMV}^R) per valori di portata inferiori al DMV. Le condizioni che si possono ottenere sono quindi:

1. $V_{DMV}^R \geq V_{DMV}^N$: situazione in **equilibrio** rispetto al DMV in quanto l'equazione del bilancio idrico è sempre soddisfatta, tranne quando la portata reale è inferiore al DMV per motivi esclusivamente naturali e non derivatori;
2. $V_{DMV}^R < V_{DMV}^N$: situazione in **disequilibrio** rispetto al DMV in quanto l'equazione di bilancio idrico è compromessa dalle derivazioni antropiche in atto, e non solo da motivi naturali.

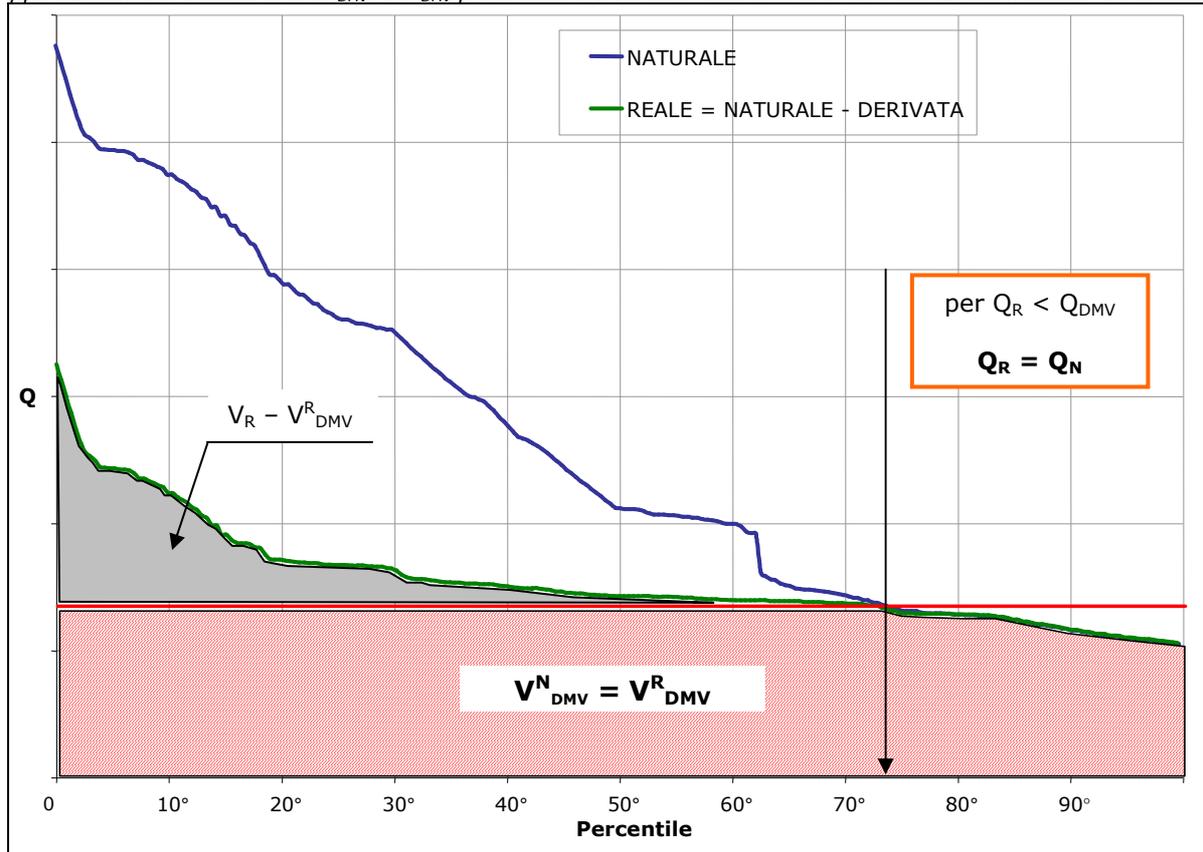
Come precedentemente osservato, la prima condizione è evidentemente rispettata nel caso di un sottobacino caratterizzato da eventuali derivazioni a monte che rilasciano tutte il DMV previsto. Si possono quindi fare le medesime considerazioni svolte prima tenendo conto che i volumi V_{DMV}^N e V_{DMV}^R non sono altro che le aree sottese dalle curve di durata naturale e reale, al di sotto della retta corrispondente al valore di DMV rispetto al quale si sta verificando l'equazione di bilancio idrico.

In questo caso la condizione di parità dei volumi sottesi ($V_{DMV}^R = V_{DMV}^N$) è valida qualunque sia il deflusso minimo vitale imposto e rilasciato dalle derivazioni di monte, indipendentemente dalla sua frequenza di accadimento o numero di giorni di presenza in alveo. Rimane ancora valida indipendentemente dall'entità delle derivazioni a monte; infatti nel caso limite in cui sia sfruttata l'intera risorsa idrica naturale, fatto salvo il DMV previsto, la curva di durata della portata reale prima si appiattirà sul valore costante del deflusso minimo vitale, per poi coincidere con la naturale dal momento in cui la portata in alveo risulta inferiore al DMV di rispetto. Anche in questo caso di sfruttamento estremo della risorsa il presupposto che i due volumi reale e naturale sottesi dal DMV coincidano ($V_{DMV}^R = V_{DMV}^N$) rimane valido, così come la condizione di equilibrio del bilancio idrico.

Invece la situazione $V_{DMV}^R > V_{DMV}^N$ si rileva quando nel sottobacino avvengono restituzioni di prelievi derivati in altri bacini; allora la curva di durata della portata reale può risultare superiore a quella naturale proprio per queste immissioni antropiche di risorsa idrica.

In queste condizioni di equilibrio di bilancio idrico è allora possibile un ulteriore sfruttamento derivatorio, solo se si applica il rilascio del deflusso minimo vitale e fino al limite di utilizzo di tutto il volume d'acqua ($V_R - V_{DMV}^R$) compreso tra la curva di durata della portata reale ed il DMV.

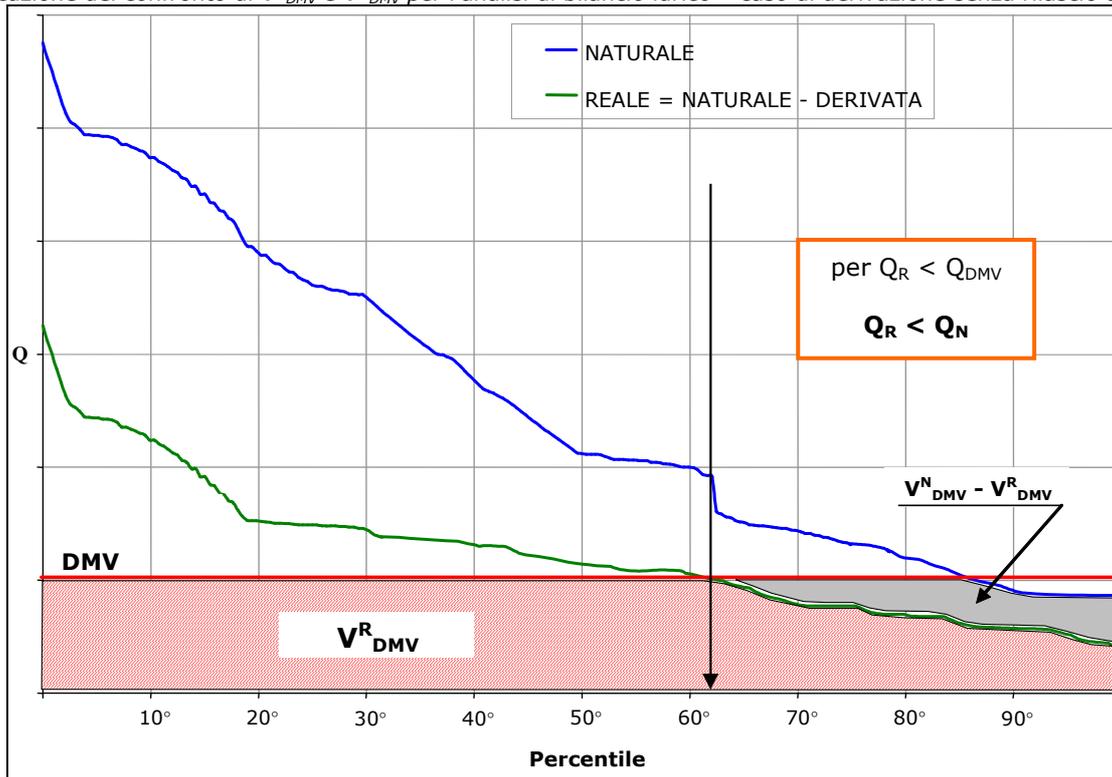
Applicazione del confronto di V_{DMV}^R e V_{DMV}^N per l'analisi di bilancio idrico - caso di derivazione con rilascio di DMV.



Anche per la seconda condizione vale quanto osservato in precedenza nel caso di un sottobacino caratterizzato da una derivazione a monte che non rilascia DMV. In questa situazione si è osservato che la curva di durata delle portate reali rimane al di sotto di quella naturale anche per valori di portata inferiori al DMV e quindi vale la condizione $V_{DMV}^R < V_{DMV}^N$.

In questa situazione di disequilibrio del bilancio idrico il deficit che bisognerebbe recuperare per tornare nella condizione di equilibrio corrisponde al volume d'acqua ($V_{DMV}^N - V_{DMV}^R$) compreso tra la curva di durata della portata naturale e reale, per valori inferiori al DMV.

Applicazione del confronto di V_{DMV}^R e V_{DMV}^N per l'analisi di bilancio idrico – caso di derivazione senza rilascio di DMV.



Questo approccio metodologico può essere adottato in tutti gli scenari previsti, basta avere l'accortezza di utilizzare come valori di riferimento del DMV per il calcolo dei diversi volumi (V_{DMV}^R , V_{DMV}^N), quelli stabiliti nelle varie ipotesi di rilascio di deflusso minimo vitale. Nell'analisi dello scenario reale attuale (R0) il DMV considerato è quello stabilito nella tav. III.6.3 del PGUAP, in quanto è questo il valore di riferimento anche se attualmente la sua applicazione è limitata e differenziata nei valori rilasciati.

3.2.1 L'Indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico

Le considerazioni sull'equilibrio del singolo bacino svolte sulla base del confronto tra V_{DMV}^R e V_{DMV}^N hanno permesso di approfondire lo studio degli impatti sui corsi d'acqua dovuti al loro sfruttamento e cioè di valutarne di fatto il bilancio idrico.

A tale scopo è stato creato un indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico che in base alle portate reali dei diversi scenari indica se la disponibilità idrica del sottobacino è stata compromessa dalle derivazioni in atto. In caso di disequilibrio del bilancio idrico esso restituisce anche la percentuale di volume d'acqua, rispetto a quello defluente in alveo, in deficit rispetto all'equilibrio, cioè il necessario per ritornare ad una situazione di pareggio. Mentre nel caso contrario determina quanto percentualmente è ancora possibile sfruttare, continuando a rimanere in una situazione di equilibrio del bilancio idrico.

La formula dell'indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico è diversa a seconda che il sottobacino sia in equilibrio oppure no, in quanto il volume d'acqua ancora sfruttabile o il volume di deficit idrico sono diversi.

Per cui riassumendo se il sottobacino è in **equilibrio**, cioè l'equazione di bilancio idrico non è soddisfatta solo per motivi naturali, è possibile in generale concedere ulteriori derivazioni che però, per mantenere la condizione inalterata, devono rilasciare il deflusso minimo vitale. Il volume percentuale ancora sfruttabile è valutato dall'indice di equilibrio che è dato da:

$$\phi = \frac{(V_R - V_{DMV}^R)}{V_R} \% \geq 0$$

con

$$V_{DMV}^R \geq V_{DMV}^N$$

dove V_R è il totale volume d'acqua transitante in alveo, mentre V_{DMV}^R è quello sotteso dal DMV nello scenario reale.

Invece se il sottobacino è in **disequilibrio**, cioè l'equazione di bilancio idrico non è soddisfatta per motivi di sfruttamento idrico, la situazione derivatoria è in generale compromessa ed il suo deficit è quantificabile dalla seguente formula:

$$\phi = \frac{(V_{DMV}^R - V_{DMV}^N)}{V_R} \% < 0$$

con

$$V_{DMV}^R < V_{DMV}^N$$

In ambedue i casi il raggiungimento o il mantenimento delle condizioni di equilibrio sono soddisfatti nell'ipotesi che le derivazioni coinvolte nel sottobacino di appartenenza rilascino il DMV previsto.

I valori dell'indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico per lo scenario reale attuale (R0), calcolati per ciascun sottobacino computazionale, sono rappresentati in 12 mappe mensili riportate negli allegati cartografici. Tali mappe indicano con diverse gradazioni di colore rosso i bacini in cui la disponibilità idrica allo sfruttamento è compromessa e sono quindi in disequilibrio, mentre quelli con gradazioni di colore blu sono in una situazione di equilibrio e sono ancora sfruttabili, se viene però rilasciato il DMV previsto.

Per capire in termini numerici la condizione di rispetto dell'equazione di bilancio idrico nell'intero territorio provinciale, è stato riportato mensilmente il numero di sottobacini computazionali per cui la disponibilità idrica risulta compromessa o in equilibrio con l'attività derivatoria attuale.

Tabella della distribuzione del numero mensile dei 2165 bacini computazionali divisi per classi di indice di equilibrio e disequilibrio

Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
tot. Sfruttato	78	113	72	58	41	63	78	72	88	53	18	57
$\phi > 75\%$	14	12	9	8	5	9	11	9	6	9	7	7
$\phi > 50\%$	23	15	23	18	12	10	25	24	20	22	9	11
$\phi > 25\%$	41	45	45	40	34	50	54	48	48	40	23	34
$\phi > 15\%$	40	36	34	45	37	34	56	40	31	41	35	28
$\phi < 15\%$	369	388	488	552	531	524	543	448	455	431	377	279
DISEQUILIBRIO	565	609	671	721	660	690	767	641	648	596	469	416

Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\phi > 75\%$	688	544	756	750	1160	1007	778	934	825	821	1387	1091
$\phi > 50\%$	649	624	449	460	255	354	514	426	519	584	260	531
$\phi > 25\%$	211	269	241	148	50	74	67	114	85	125	37	71
$\phi > 15\%$	22	64	18	40	16	15	19	17	33	13	3	22
$\phi < 15\%$	30	55	30	46	24	25	20	33	55	26	9	34
EQUILIBRIO	1600	1556	1494	1444	1505	1475	1398	1524	1517	1569	1696	1749

La medesima informazione è stata dettagliata per i diversi bacini di primo livello ed esplicitata con grafici a barre che, riproducendo le medesime scale cromatiche delle 12 mappe degli allegati cartografici, permettono di comprendere meglio anche la loro distribuzione percentuale.

Analogamente alle mappe relative allo scenario reale attuale R0, sono state create anche quelle relative all'indice di equilibrio e disequilibrio del bilanciamento idrico per lo scenario post 2016 (R1_{PGUAP}) in cui tutte le derivazioni attualmente in atto rilasceranno il DMV previsto dalla Tav. III.6.3 del PGUAP, che però rientrano in ragionamenti successivi che non sono inclusi nel presente documento.

GENNAIO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	10	3	18	2	12	19	14	
φ > 75%	1	2	3		2	5	1	
φ > 50%	1	1	10	2	4	5		
φ > 25%	4		11	6	7	10	3	
φ > 15%	3	5	11	4	8	7	2	
φ < 15%	54	27	88	40	21	66	71	2
DISEQUILIBRIO	73	38	141	54	54	112	91	2
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	257	67	20	46	162	44	81	11
φ > 50%	23	90	146	30	113	98	129	20
φ > 25%	36	24	55	3	39	34	20	
φ > 15%		4	2		3	1	12	
φ < 15%	3	5	9		7		6	
EQUILIBRIO	319	190	232	79	324	177	248	31

APRILE								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	7	5	15	3	9	7	11	1
φ > 75%	1	1		1	1	3	1	
φ > 50%	1	1	7	3	3	2	1	
φ > 25%	4	6	3	7	5	8	6	1
φ > 15%	8	8	11	2	3	8	5	
φ < 15%	97	61	117	60	53	68	94	2
DISEQUILIBRIO	118	82	153	76	74	96	118	4
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	218	71	49	31	149	127	98	7
φ > 50%	19	40	135	26	119	49	53	19
φ > 25%	34	24	22		27	17	21	3
φ > 15%		5	2		7		26	
φ < 15%	3	6	12		2		23	
EQUILIBRIO	274	146	220	57	304	193	221	29

LUGLIO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	18	4	7	4	10	20	15	
φ > 75%		1		1	4	1	4	
φ > 50%	1	10	4	4	2	4		
φ > 25%	10	7	18	5	4	5	5	
φ > 15%	15	8	6	11	5	9	2	
φ < 15%	138	38	109	59	53	77	67	2
DISEQUILIBRIO	182	68	144	84	78	116	93	2
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	125	115	146	17	160	88	119	8
φ > 50%	75	31	78	32	120	53	102	23
φ > 25%	5	8	4		11	24	15	
φ > 15%	3		1		4	6	5	
φ < 15%	2	6			5	2	5	
EQUILIBRIO	210	160	229	49	300	173	246	31

OTTOBRE								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	6	3	10	1	8	17	8	
φ > 75%	2	1	2	2	1	1		
φ > 50%	6	4	2	2	1	4	3	
φ > 25%	3	5	13	4	7	4	4	
φ > 15%	5	5	7	11	2	8	3	
φ < 15%	111	28	104	42	37	64	44	1
DISEQUILIBRIO	133	46	138	62	56	98	62	1
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	199	92	99	30	207	89	98	7
φ > 50%	27	65	130	37	80	75	145	25
φ > 25%	30	16	3	4	22	23	27	
φ > 15%		2	1		3	3	4	
φ < 15%	3	7	2		10	1	3	
EQUILIBRIO	259	182	235	71	322	191	277	32

FEBBRAIO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	11	7	30	6	16	26	17	
φ > 75%	1		5	2	2	2		
φ > 50%	2		3	1	2	5	2	
φ > 25%	3	3	15	5	6	9	3	1
φ > 15%	1	8	5	3	6	9	4	
φ < 15%	48	34	97	37	21	61	89	1
DISEQUILIBRIO	66	52	155	54	53	112	115	2
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	242	49	7	20	136	22	58	10
φ > 50%	40	78	117	54	114	96	105	20
φ > 25%	11	40	60	5	62	45	45	1
φ > 15%	5	5	23		4	13	14	
φ < 15%	28	4	11		9	1	2	
EQUILIBRIO	326	176	218	79	325	177	224	31
242	49	7	20	136	22	58	10	

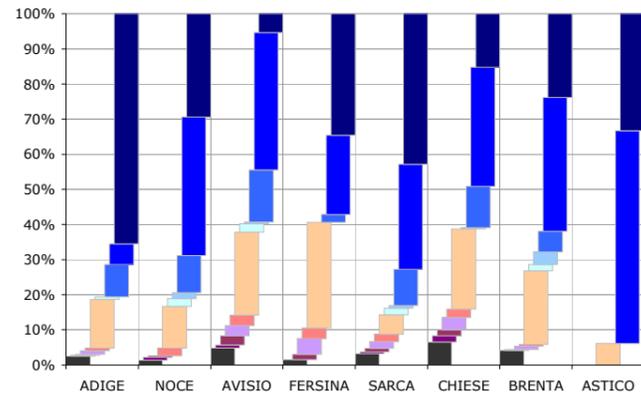
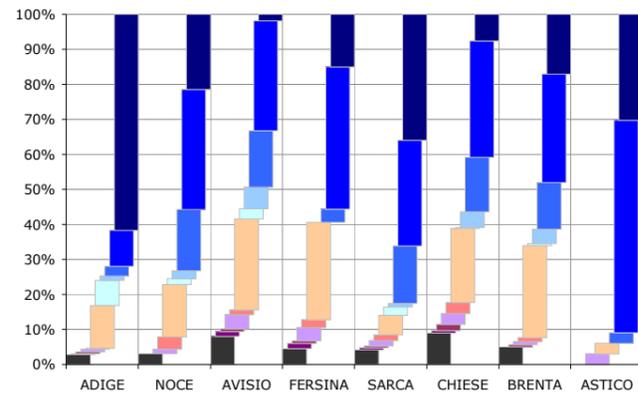
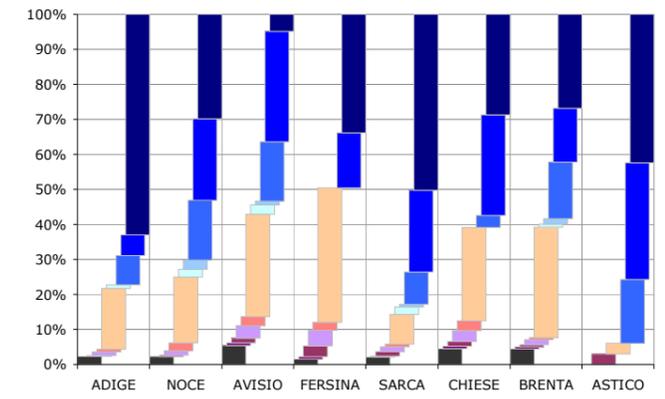
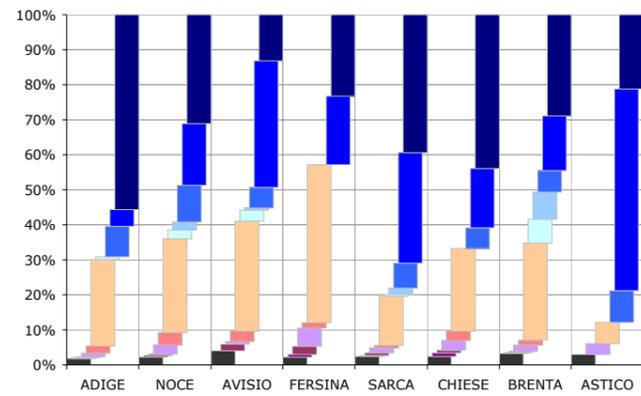
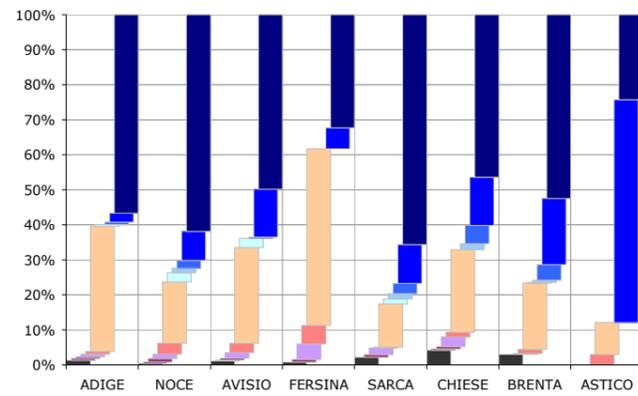
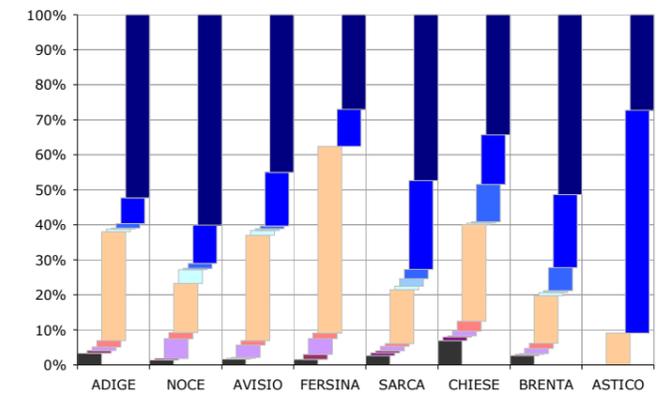
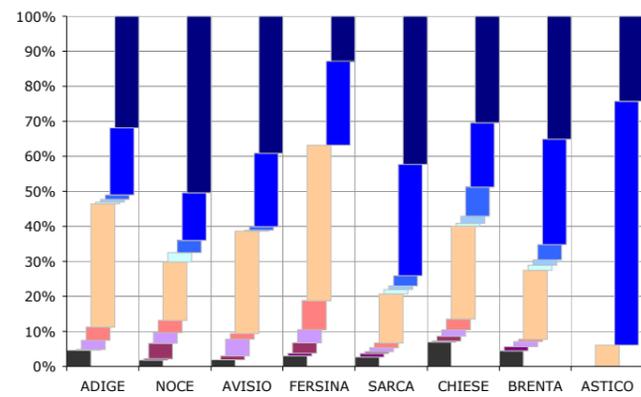
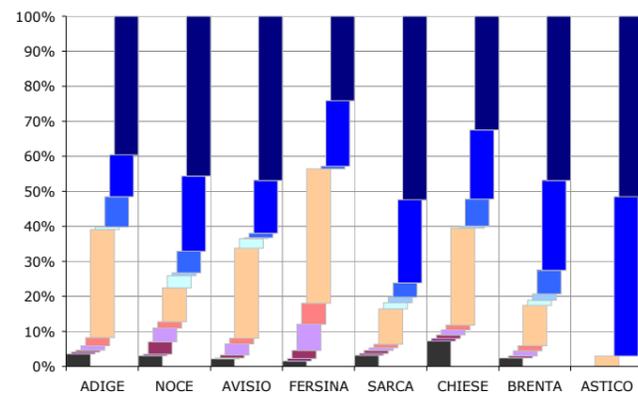
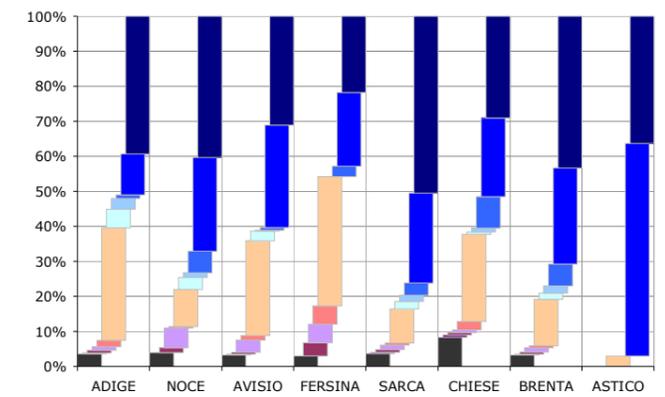
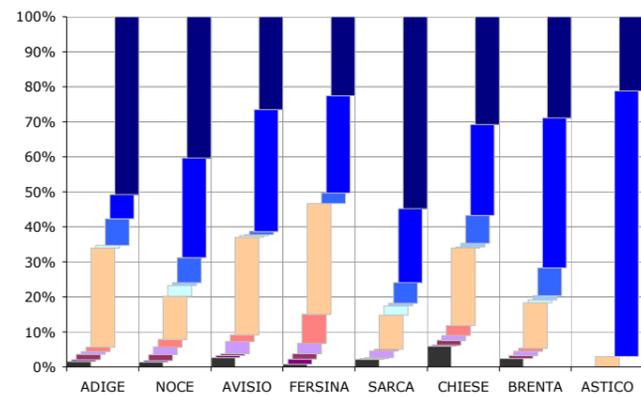
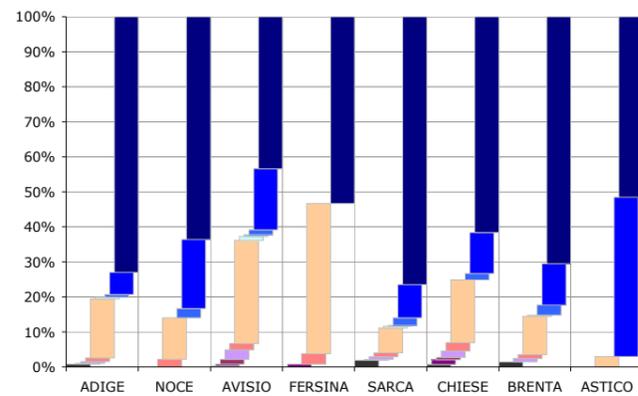
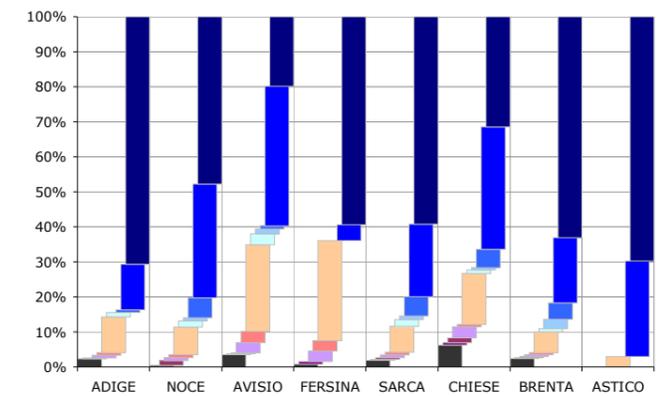
MAGGIO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	5	1	4	1	8	12	10	
φ > 75%	2	1	1			1		
φ > 50%	2	2	2	1	3	2		
φ > 25%	3	3	6	6	7	8	1	
φ > 15%	3	7	10	7	1	4	4	1
φ < 15%	140	40	102	67	47	68	64	3
DISEQUILIBRIO	155	54	125	82	66	95	79	4
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	222	141	186	43	248	134	178	8
φ > 50%	10	19	51	8	42	40	64	21
φ > 25%	3	5	1		11	15	15	
φ > 15%		3			6	5	2	
φ < 15%	2	6	10		5		1	
EQUILIBRIO	237	174	248	51	312	194	260	29

AGOSTO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	14	7	8	2	12	21	8	
φ > 75%	2	1	1	1	2	2		
φ > 50%	2	8	3	3	3	3	2	
φ > 25%	5	9	12	10	3	4	5	
φ > 15%	9	4	6	8	4	4	5	
φ < 15%	121	22	96	51	38	80	39	1
DISEQUILIBRIO	153	51	126	75	62	114	59	1
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	155	104	175	32	198	94	159	17
φ > 50%	47	49	56	25	90	57	87	15
φ > 25%	34	14	5	1	15	22	23	
φ > 15%		2	1		6	2	6	
φ < 15%	3	8	10		7		5	
EQUILIBRIO	239	177	247	58	316	175	280	32

NOVEMBRE								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	3		1		7	2	5	
φ > 75%			2	1		4		
φ > 50%	1		5		1	2		
φ > 25%	2		10		3	5	3	
φ > 15%	4	5	7	4	4	7	4	
φ < 15%	66	27	110	57	27	52	37	1
DISEQUILIBRIO	76	32	135	62	42	72	49	1
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	286	145	162	71	289	178	239	17
φ > 50%	25	45	65		36	34	40	15
φ > 25%	3	6	5		8	5	10	
φ > 15%			2		1			
φ < 15%	2	4	4		2		1	
EQUILIBRIO	316	196	238	71	336	217	290	32

MARZO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	9	5	20	2	8	13	15	
φ > 75%			3	1	1	2	2	
φ > 50%	1	1	5	4	5	4	2	1
φ > 25%	4	3	13	6	5	9	5	
φ > 15%	3	5	10	3	3	8	2	
φ < 15%	68	43	109	51	32	77	107	1
DISEQUILIBRIO	85	57	160	67	54	113	133	2
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	247	68	18	45	190	83	91	14
φ > 50%	23	53	118	21	88	83	52	11
φ > 25%	33	39	63		35	10	55	6
φ > 15%		6	4		3		5	
φ < 15%	4	5	10		8		3	
EQUILIBRIO	307	171	213	66	324	176	206	31
247	68	18	45	190	83	91	14	

GIUGNO								
Bacini in disequilibrio con la situazione derivatoria								
	ADIGE	NOCE	AVISIO	FERSINA	SARCA	CHIESE	BRENTA	ASTICO
tot. Sfruttato	13	3	6	2	10	20	9	
φ > 75%		1	1		3	3	1	
φ > 50%	3		1	2	2	1	1	
φ > 25%	4	13	13	6	5	4	5	
φ > 15%	7	4	5	2	3	8	5	
φ < 15%	122	32	112	71	58	80	46	3
DISEQUILIBRIO	149	53	138	83	81	116	67	3
Bacini in equilibrio con la situazione derivatoria								
φ > 75%	205	137	168	36	179	99	174	9
φ > 50%	29	25	57	14	96	41	71	21
φ > 25%	5	3	3		10	31	22	
φ > 15%	1	1	2		8	1	2	
φ < 15%	3	9	5		4	1	3	
EQUILIBRIO	243	175	235	50	297			

GENNAIO**FEBBRAIO****MARZO****APRILE****MAGGIO****GIUGNO****LUGLIO****AGOSTO****SETTEMBRE****OTTOBRE****NOVEMBRE****DICEMBRE**

■ > 75% ■ > 50% ■ > 25% ■ > 15% ■ < 15%

■ < 15% ■ > 15% ■ > 25% ■ > 50% ■ > 75%

ALLEGATI CARTOGRAFICI

