

**RELAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO
AL SECONDO AGGIORNAMENTO
DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE**



Gennaio 2024

Foto: Ghiacciaio liquido (Cima Fradusta, Pale di San Martino) di Michele Vettorazzi

INDICE

<u>1.</u>	<u>INTRODUZIONE AL BILANCIO IDRICO DELLA PROVINCIA DI TRENTO</u>	<u>1</u>
1.1.	OBIETTIVI DELL'AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO	2
1.2.	RICHIAMO AL PTA (2022 – 2027)	2
1.3.	ATTUAZIONE DEL PRIMO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE (2013)	4
1.3.1.	MONITORAGGI E FUTURE PROSPETTIVE DI RIORDINO DELLA RETE IDROMETRICA	6
1.4.	IL BILANCIO IDRICO IN ALTRE AMMINISTRAZIONI	6
1.5.	LE TIPOLOGIE GENERALI DI MISURE ADOTTATE PER IL BILANCIO IDRICO	7
<u>2.</u>	<u>STATO DEL BILANCIO IDRICO: QUANTITÀ</u>	<u>8</u>
2.1.	GLI SCENARI DI RIFERIMENTO PER IL SECONDO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE	9
2.2.	GLI INDICI IDROLOGICI PER LA DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO E LORO APPLICAZIONE	10
2.2.1.	INDICE DI EQUILIBRIO E DISEQUILIBRIO DI BILANCIO IDRICO (WBI – WATER BALANCE INDEX)	10
2.2.2.	INDICATORE DI SFRUTTAMENTO (WEI+ – WATER EXPLOITATION INDEX)	13
2.2.3.	INDICE SINTETICO (SINTETICO)	15
<u>3.</u>	<u>APPLICAZIONI DEI RISULTATI OTTENUTI DALLE ANALISI SVILUPPATE PER LA DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO</u>	<u>18</u>
3.1.	VALUTAZIONE DELL'INDICE DI EQUILIBRIO E DISEQUILIBRIO DI BILANCIO IDRICO MENSILE (WBI) AI SOTTOBACINI ELEMENTARI DI CALCOLO	18
<u>4.</u>	<u>STATO DEL BILANCIO IDRICO: QUANTITÀ/QUALITÀ</u>	<u>20</u>
<u>5.</u>	<u>LE MISURE DI RIEQUILIBRIO PREVIGENTI NEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE</u>	<u>22</u>
<u>6.</u>	<u>SINTESI DELLE MISURE DI RIEQUILIBRIO DEL BILANCIO IDRICO PREVISTE DALLE NORME VIGENTI (PGUAP E PTA)</u>	<u>25</u>
<u>7.</u>	<u>PERIODICITÀ DELL'AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE</u>	<u>27</u>
<u>Allegato tecnico: analisi propedeutiche alla definizione del secondo aggiornamento del bilancio idrico provinciale</u>		<u>29</u>
<u>Allegato cartografico</u>		<u>99</u>

- mappa dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.1 della Relazione di accompagnamento)
- mappa dell'indicatore di sfruttamento del mese peggiore (WEI+) definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.2 della Relazione di accompagnamento)
- mappa dell'indice SINTETICO definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.3 della Relazione di accompagnamento)
- mappa delle misure di riequilibrio del bilancio idrico applicate ai corpi idrici (rif. Capitolo 5 della Relazione di accompagnamento)
- mappe dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo e mensile definito ai sottobacini elementari di calcolo del modello idrologico (rif. Capitolo 3.1 della Relazione di accompagnamento)

1. INTRODUZIONE AL BILANCIO IDRICO DELLA PROVINCIA DI TRENTO

Il bilancio idrico, secondo la definizione dettata dal D.M. 28 luglio 2004, nel quale sono state definite le linee guida per la sua predisposizione, 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 i fabbisogni per i diversi usi antropici.

Il bilancio idrico costituisce uno strumento analitico mediante il quale è possibile effettuare la valutazione della disponibilità delle risorse idriche, al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici, e della compatibilità con gli usi delle acque; ma anche effettuare l'analisi e la comprensione delle interazioni con lo stato di qualità dei corpi idrici e sviluppare scenari di gestione delle risorse idriche compatibili con la tutela qualitativa e quantitativa.

La conoscenza delle componenti del ciclo idrologico e di conseguenza della disponibilità delle risorse idriche, risulta infatti necessaria a tutelare tali risorse non solo dal punto di vista quantitativo, promuovendone un utilizzo sostenibile nel lungo periodo, ma anche dal punto di vista qualitativo, garantendo che gli utilizzi previsti non pregiudichino il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) della Provincia Autonoma di Trento reso esecutivo con D.P.R. 15 febbraio 2006 ha definito il primo bilancio idrico provinciale e ne ha dettata la disciplina al CAPO II (Bilancio idrico) delle norme di attuazione, dove il riferimento è in particolare agli articoli 4 e 5 di seguito riportati.

All'art. 4 comma 2 delle norme di attuazione si indica che: *"Il bilancio idrico è diretto, in particolare, ad assicurare **l'equilibrio tra la disponibilità di risorse reperibili o attivabili nell'area di riferimento ed i fabbisogni per i diversi usi**, nel rispetto dei criteri e degli obiettivi stabiliti dagli articoli 1 e 2 della legge 5 gennaio 1994, n. 36 e tenendo comunque conto dell'equilibrio tra la disponibilità e i fabbisogni valutato complessivamente a scala di bacino di rilievo nazionale. Esso è definito in funzione della capacità di sostenere ecosistemi acquatici articolati e di assicurare la presenza durevole di riserve idriche di elevata qualità, omogeneamente distribuite sul territorio"*.

Al comma 3 si specifica: *"Il presente piano (PGUAP) indica **misure volte ad assicurare l'equilibrio del bilancio idrico**, tenendo conto dei fabbisogni, delle disponibilità, del minimo deflusso necessario alla vita dei fiumi, delle capacità di ravvenamento della falda e delle destinazioni d'uso delle risorse compatibili con le loro caratteristiche qualitative e quantitative"*.

Al comma 4 si indica che: *"**L'equilibrio del bilancio idrico è finalizzato alla tutela quantitativa e qualitativa della risorsa**, in modo da consentire un consumo idrico sostenibile e da **concorrere al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale** definiti dal piano provinciale di cui all'articolo 3, comma 10. 5"*.

All'art. 5 comma 1 specifica che: *"Per le finalità dell'articolo 4, la Provincia redige e aggiorna periodicamente la proposta di bilancio idrico per aree omogenee e, sulla base di queste, per l'intero territorio provinciale, correlandone le indicazioni con quelle derivanti dalle azioni di monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee"*.

Il bilancio idrico provinciale contenuto nel PGUAP del 2006 è stato aggiornato successivamente ed il primo aggiornamento è stato approvato con deliberazione di Giunta Provinciale n. 1996 del 27 settembre 2013. Con la presente documentazione ci si appresta ad approvare il secondo aggiornamento.

Nelle norme di attuazione del PGUAP sopracitate si evidenzia la stretta connessione con il Piano di tutela delle acque, definita mediante l'obiettivo di raggiungimento dell'equilibrio del bilancio idrico ovvero la tutela quali-quantitativa della risorsa idrica e attraverso la definizione di specifiche misure volte ad assicurare l'equilibrio del bilancio idrico.

1.1. Obiettivi dell'aggiornamento del bilancio idrico

Per ottemperare a quanto sopra disposto dalle norme di attuazione del PGUAP in tema di bilancio idrico e in allineamento con quanto disposto anche dal Piano di tutela delle acque provinciale recentemente approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 2320 del 16 dicembre 2022, è stata sviluppata una proposta metodologica a livello provinciale per la definizione delle misure volte ad assicurare l'equilibrio del bilancio idrico ai sensi dell'art. 4 in grado di raccordare:

1. i risultati del nuovo bilancio idrico aggiornato;
2. le misure ritenute efficaci al raggiungimento e mantenimento degli obiettivi di qualità per i corpi idrici definite nell'Allegato G, con riferimento anche alle esenzioni e agli obiettivi di qualità inseriti nell'Allegato N;
3. la metodologia di valutazione Ex Ante provinciale definita a seguito della sperimentazione prevista dall'Allegato L.

1.2. Richiamo al PTA (2022 – 2027)

In Provincia di Trento è stato recentemente adottato il nuovo **Piano di tutela delle acque (2022-2027)**. Il Piano aggiorna il precedente Piano di tutela delle acque adottato nel 2015. Il PTA fornisce un quadro conoscitivo della situazione quali-quantitativa dei corpi idrici, superficiali e sotterranei, ed un quadro aggiornato delle pressioni antropiche presenti sul territorio provinciale che possono influenzarne lo stato ambientale, anche al fine di individuare gli interventi volti a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dalla normativa vigente. L'articolo 11 della Direttiva europea 2000/60/CE prevede infatti che per ciascun Distretto idrografico venga redatto un programma di misure allo scopo di far raggiungere ai corpi idrici gli obiettivi di qualità di cui all'art.4 della Direttiva stessa.

Nello specifico l'Allegato G del PTA recepisce a livello provinciale ed esplicita le misure individuate ed inserite appunto nei Piani di gestione distrettuali. Pur mantenendosi nel medesimo quadro di riferimento normativo, a riguardo preme evidenziare che i due Distretti di riferimento della Provincia di Trento (Distretto delle Alpi Orientali e Distretto Padano) hanno applicato approcci metodologici differenti per la definizione dei rispettivi Programmi delle Misure inseriti nei Piani di Gestione Distrettuali.

Le misure sono state individuate dalle strutture provinciali competenti e sono state ritenute efficaci per la mitigazione delle diverse tipologie di pressioni che insistono sui 51 corpi idrici fluviali, 9 corpi idrici lacustri e 1 corpo idrico sotterraneo che non raggiungono gli obiettivi di qualità. Sono state individuate inoltre le misure di mantenimento dello stato di qualità dei 44 corpi idrici fluviali e 1 lacustre che raggiungono gli obiettivi ma per i quali si ritiene sussista un rischio di scadimento.

L'elenco di questi corpi idrici, delle pressioni significative e degli impatti riscontrati su di essi è riportato come accennato precedentemente nell'Allegato G del PTA. Le principali pressioni antropiche insistenti sulle acque del territorio provinciale sono distinguibili in tre macrocategorie: inquinamento puntuale (generato principalmente dagli scarichi in acque superficiali di impianti di depurazione delle acque reflue urbane e degli impianti industriali), inquinamento diffuso (nel nostro territorio legato all'attività agricola e concentrato prevalentemente nei fondovalle) e problematiche idromorfologiche (riconducibili da un lato alla necessità di garantire la sicurezza idraulica del territorio e dall'altro al forte sfruttamento delle acque a fini idroelettrici, che va a sovrapporsi alle altre esigenze derivatorie sul territorio).

Il nuovo PTA è stato integrato inoltre con l'armonizzazione e il recepimento dei Decreti Direttoriali (29/STA e 30/STA del 2017) dell'allora MATTM, che disciplinano, attraverso specifiche linee guida, le modalità di valutazione ambientale Ex Ante delle derivazioni idriche, nonché le modalità per il rilascio del deflusso ecologico. La valutazione Ex Ante, disciplinata appunto dal DD 29/STA/2017 sopracitato e recepito nell'Allegato L del PTA, rappresenta la valutazione del rischio che, per effetto di una nuova derivazione, i corpi idrici da questa interessati possano riportare un deterioramento della loro qualità, ovvero possano non raggiungere gli obiettivi ambientali.

Gli obiettivi ambientali per le acque superficiali interne, le acque di transizione, le acque marino costiere e sotterranee, sono definiti all'articolo 4 della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE e recepiti a livello nazionale dal D.Lgs. 152/2006, allegato 1 parte terza. Gli obiettivi di qualità e la definizione delle esenzioni per i corpi idrici a rischio per la PAT sono contenuti nell'Allegato N del PTA.

Le esenzioni da questi obiettivi sono definite all'articolo 4 della medesima direttiva, che descrive le condizioni ed i processi applicativi per cui il raggiungimento di un buono stato o potenziale ecologico può essere graduale o non raggiunto, o può esserne consentito il deterioramento. Le esenzioni includono le seguenti tipologie: la proroga dei termini fissati per cui il buono stato deve essere raggiunto entro il 2027 o non appena le condizioni naturali lo consentano dopo il 2027 (art. 4, comma 4), il conseguimento di obiettivi ambientali meno rigorosi a determinate condizioni (art. 4, comma 5), il deterioramento temporaneo dello stato dovuto a circostanze naturali o di forza maggiore ragionevolmente imprevedibili (art. 4, comma 6), il deterioramento dello stato del corpo idrico superficiale o sotterraneo o mancato raggiungimento del buono stato potenziale a seguito di nuove modifiche delle caratteristiche fisiche di un corpo idrico superficiale o di alterazioni del livello di corpi idrici sotterranei o a seguito di nuove attività sostenibili di sviluppo umano (art. 4, comma 7).

L'Allegato H contiene i presupposti metodologici per lo sviluppo dell'analisi economica, gli usi dell'acqua per i servizi idrici civili e per l'agricoltura, i canoni di concessione e il recupero dei costi ambientali e della risorsa. L'analisi economica in esso contenuta ha l'obiettivo di approfondire, seppure in maniera parziale, alcuni aspetti inerenti l'applicazione del principio del "recupero dei costi" e del principio "chi inquina paga" così come richiesto dalla Direttiva Quadro Acque tenendo conto per

quanto possibile degli indirizzi forniti con il manuale operativo e metodologico per l'implementazione dell'analisi economica di cui al DD n. 574/STA del 6 dicembre 2018.

L'Allegato M è dedicato al ruolo dei cambiamenti climatici e presenta un catalogo di possibili misure di adattamento ai cambiamenti climatici che riguardano la gestione qualitativa e quantitativa delle risorse idriche. Le misure sono state selezionate dal più ampio set di azioni individuate dalla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e successivamente ampliate dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

1.3. Attuazione del primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale (2013)

Successivamente all'approvazione del bilancio idrico del 2013 è stato adottato il PTA 2015 con Del.G.P. n. 233 del 16 febbraio 2015. All'interno dell'art. 7 delle norme di attuazione PTA 2015 è stata introdotta una specifica misura di attuazione del Bilancio idrico solo per le concessioni ad uso idroelettrico.

L'art. 7 al comma 1 lettera i) delle norme di attuazione del PTA (2015) specifica che il rilascio delle concessioni di piccole derivazioni idroelettriche è consentito purché sulla base del bilancio idrico provinciale approvato con deliberazione della Giunta provinciale del 27 settembre 2013 n.1996 l'intero tratto del corso d'acqua sotteso dalla derivazione sia caratterizzato da un indice di equilibrio medio annuo maggiore del 15%). Con l'adozione del PTA (2022-2027) si è deciso di non utilizzare più tale misura, le motivazioni di tale scelta sono dettagliatamente spiegate nell'Allegato L al capitolo "1.1.5. *Riordino dei criteri di ammissibilità ex art. 7 PTA 2015 secondo il paradigma dei servizi ecosistemici*".

Per quanto riguarda invece il caso di nuove derivazioni o di varianti sostanziali di concessioni richieste in seguito all'adozione del primo aggiornamento del bilancio idrico, la struttura competente al rilascio di titoli a derivare (SGRIE) ha attuato il bilancio idrico provinciale valutandolo in sede di istruttoria della concessione. In particolare si evidenziano i mesi interessati dalla concessione che risultano in condizione di disequilibrio, sottolineando che comunque con il rilascio del deflusso minimo vitale previsto dal PGUAP, il nuovo prelievo o la variante di concessione non altera la condizione di equilibrio o di disequilibrio del bacino sul quale insiste.

Nella Relazioni di sintesi del bilancio idrico approvato nel 2013 sono state inserite diverse considerazioni e indicazioni sulle misurazioni idrometriche aggregate per bacini di primo livello, legate in particolare ad esigenze di tipo ambientale.

Si fa presente che nel decennio dal 2013 al 2023, la Provincia tramite i soggetti coinvolti nella produzione del dato idrometrico, ha condotto diverse attività che rispondono alle indicazioni contenute nella Relazione di sintesi del bilancio idrico del 2013. Tra queste attività vi sono la progettazione di interventi migliorativi per la misura delle portate di magra, gli interventi di sistemazione delle sezioni di misura (ad es. la stazione sull'Avisio a Masi di Cavalese, la stazione sul Fersina a Canezza, la stazione sul Sarca a Preore) e la progettazione dell'ampliamento della rete di monitoraggio idrometrico.

In un'ottica di miglioramento continuo e al fine di dare continuità a quanto indicato nella citata Relazione di sintesi anche in questo aggiornamento, si ritiene di mantenere le indicazioni di massima

stabilite nella Relazione di sintesi del 2013, a cui riferirsi nella scelta futura della priorità degli interventi. Di seguito si riportano le principali criticità individuate nel monitoraggio idrologico.

Bacino del fiume Adige

- Carenza di misure idrometriche su sottobacini sia in destra che sinistra idrografica del Fiume Adige e necessità di adeguamento a misurazioni di magra per alcune stazioni idrometriche esistenti.
- La falda del fondovalle necessita di un sistematico e periodico monitoraggio.

Bacino del fiume Noce

- Carenza di misure idrometriche su corsi d'acqua afferenti l'invaso di S. Giustina ed in generale la parte bassa del bacino del Noce.
- Necessità di adeguare alcune stazioni idrometriche esistenti per la misura dei regimi di magra.
- Carenza di misurazioni in continuo relative alle sorgenti carsiche in destra idrografica del Noce.

Bacino del torrente Fersina

- Carenza di misure idrometriche sul torrente Silla e rio Negro e necessità di adeguamento a misurazioni di magra per alcune stazioni idrometriche esistenti sul Fersina.
- La falda del fondovalle necessita di un sistematico e periodico monitoraggio.

Bacino del torrente Avisio

- Vulnerabilità a fenomeni siccitosi della Val di Cembra.
- Carenza di misure idrometriche sul rio Cadino e necessità di adeguamento a misurazioni di magra per alcune stazioni idrometriche esistenti.

Bacino del fiume Brenta

- Carenza di misure idrometriche su sottobacini e necessità di adeguamento a misurazioni di magra per alcune stazioni idrometriche esistenti.
- Carenza di misurazioni in continuo relative alle sorgenti carsiche in destra idrografica del fiume Brenta.
- La falda del fondovalle necessita di un sistematico e periodico monitoraggio.

Bacino del torrente Cismon

- Carenza di misure idrometriche su sottobacini e necessità di adeguamento a misurazioni di magra per alcune stazioni idrometriche esistenti.

Bacino del torrente Vanoi

- Scarsità di misure idrometriche su tutto il bacino.

Bacino del torrente Astico

- Vulnerabilità a fenomeni siccitosi per gli approvvigionamenti sull'altipiano Cimbri.
- Adeguamento della stazione idrometrica sull'Astico a Busatti.

Bacino del fiume Sarca

- Carenza di misure idrometriche su alcuni corsi d'acqua secondari (immissari nel Sarca in destra idrografica in Val Rendena, immissari in sinistra idrografica del Sarca provenienti dal gruppo del Brenta, torrente Duina, torrente Massangla in Val di Ledro).
- Necessità di adeguare alcune stazioni idrometriche esistenti per la misura dei regimi di magra.
- La falda del fondovalle necessita di un sistematico e periodico monitoraggio.

Bacino del fiume Chiese

- Carenza di misure idrometriche sul Chiese tra gli invasi di Malga Boazzo e Ponte Morandin e sul torrente Palvico.
- La falda del fondovalle necessita di un sistematico e periodico monitoraggio.

1.3.1. Monitoraggi e future prospettive di riordino della rete idrometrica

In Provincia di Trento il monitoraggio idrometrico coinvolge una molteplicità di attori: il Servizio Prevenzione rischi e CUE che cura l'acquisizione del dato, il Servizio Bacini Montani quale autorità idraulica deputata alla manutenzione delle sezioni idrometriche, la componente di gestione ambientale rappresentata da APPA e APRIE che detta le linee di indirizzo di gestione degli alvei. Per migliorare e rendere più affidabile il monitoraggio idrometrico per tutti i regimi di portata (in particolare quello di magra, poiché l'attuale sistema di misurazione idrometrica è nato principalmente alla prevenzione delle piene), per la sicurezza idraulica, per qualità paesaggistica e ambientale, si deve trovare un punto di equilibrio che soddisfi le esigenze di tutti gli attori coinvolti.

A tal fine si attiverà un gruppo di lavoro (formato da APPA, APRIE, SBM, SPR e CUE e Servizio Agricoltura) che individuerà un set di stazioni idrometriche di riferimento, di cui si dovrà garantire la continuità di funzionamento, in modo che sia possibile allungare le serie storiche delle portate misurate ed ampliare il quadro conoscitivo di supporto ai futuri aggiornamenti del bilancio idrico provinciale, alle valutazioni dell'effetto dei cambiamenti climatici e al raggiungimento degli obiettivi di qualità.

Si evidenzia che nell'ambito di un incremento delle sezioni di monitoraggio idrometrico si dovrà tener conto della sempre minore significatività delle sezioni soggette al rilascio del DMV sia per la caratterizzazione dei deflussi dei bacini, sia per il loro contributo a misurare eventuali trend dovuti ai cambiamenti climatici. Si evidenzia quindi l'importanza del monitoraggio quantitativo in continuo di sezioni che non sottendono derivazioni in grado di alterare significativamente il deflusso (ad esempio stazioni su corsi d'acqua secondari) in quanto solo tali sezioni sono in grado di cogliere eventuali effetti indotti dai cambiamenti climatici.

1.4. Il bilancio idrico in altre amministrazioni

In un'ottica di approfondimento e confronto, sono stati visionati alcuni documenti che si riferiscono ai bilanci idrici approvati da altre amministrazioni: il PGUAP della Provincia di Bolzano (2017), il piano di bacino stralcio del fiume Arno (2010) del Distretto Appennino Settentrionale, il piano stralcio sul bilancio idrico (2009) della Regione Liguria, il bilancio idrico nel PTA (2021) della Regione Piemonte. Per

quanto riguarda il Distretto Padano, cui parte del territorio della Provincia di Trento afferisce, è stato visionato il Piano di bilancio idrico (2016), aggiornato nel 2021.

Gli indici utilizzati per la definizioni del bilancio idrico sono diversi nelle varie amministrazioni, le regioni appartenenti al Distretto Padano hanno seguito l'approccio padano perfezionandolo in relazione alla loro realtà. Anche la PAT ha preso in considerazione l'approccio Padano, scegliendo poi di seguire una strada simile, ma diversa nel rispetto delle proprie peculiarità. Per maggiori approfondimenti si rimanda al Cap. 4 (Raffronto tra stato di qualità ecologica dei corpi idrici superficiali e indici idrologici) dell'Allegato Tecnico.

In generale per la definizione delle misure di riequilibrio del bilancio idrico si può rilevare che tutte le Amministrazioni hanno usato metodi specifici, ma non sono state indicate misure specifiche applicate ai corpi idrici. Il riferimento per la definizione del bilancio idrico per tutte le amministrazioni sono le sezioni di chiusura di bacini più grandi di quelli afferenti ai corpi idrici.

1.5. Le tipologie generali di misure adottate per il bilancio idrico

Le misure individuate nelle varie Amministrazioni sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- 1) *misure generali per risparmio idrico;*
- 2) *misure generali per il riequilibrio del bilancio idrico (non si fa riferimento alla tutela quali quantitativa, né ai corpi idrici) comprensive delle misure per l'aggiornamento delle reti di monitoraggio;*
- 3) *misure specifiche per il riequilibrio del bilancio idrico finalizzato alla tutela quali quantitativa della risorsa (legate al corpo idrico o bacino), individuate solo dal Distretto Padano.*

Si specifica che analoghe indicazioni di buon uso della risorsa idrica e di risparmio idrico sono già in essere e applicate nella Provincia di Trento da molti anni poiché sono contenute anche nelle norme di attuazione dell'attuale PGUAP: oltre agli articoli 4 e 5 dedicati al bilancio idrico, vi sono specifiche disposizioni anche negli articoli 6 (Revisione ed adeguamento delle utilizzazioni), art. 7 (Criteri per l'utilizzazione delle acque pubbliche, in particolare al comma 2) art. 11 (Deflusso minimo vitale), art. 12 (Adeguamento delle reti), art. 13 (Misuratori di portata), art. 14 (Disposizioni per il risparmio e per il riutilizzo delle risorse idriche) e in successive delibere applicative adottate dalla struttura competente alla gestione delle risorse idriche ed anche in linea generale nel più recente PTA. Tali previsioni sono in linea generale attuate in sede di istruttoria di rilascio, variante o rinnovo di concessioni idriche, dedicando specifici paragrafi di verifica e attestazione di rispetto delle previsioni normative e pianificatorie del PGUAP: in questo modo si definiscono, per ogni aspetto richiamato (adeguamento, criteri per l'utilizzo, Deflusso Minimo Vitale, disciplina dei misuratori di portata), le premesse al rilascio di una concessione a derivare o sua variante o rinnovo e le conseguenti prescrizioni nel determinato dell'atto provvedimentale.

Le singole tipologie di misure possono essere classificate nel seguente modo: di tipo *fisico tecnologico*, legate alla *governance* o di legate all'aumento della *conoscenza e ai cambiamenti comportamentali*.

In sintesi le misure individuate dalle varie amministrazioni per il **RISPARMIO IDRICO** di tipo fisico e tecnologico sono: l'installazione di dispositivi tecnologici di risparmio; l'adozione di dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi d'acqua derivati secondo le modalità e indicazioni regionali

anche al fine di razionalizzare i sistemi di controllo; l'individuazione, nelle concessioni ad uso irriguo, di specifiche modalità di irrigazione in ragione delle tipologie delle colture e della disponibilità idrica; l'individuazione, nelle concessioni ad uso irriguo, di specifiche modalità di irrigazione in ragione delle tipologie delle colture e della disponibilità idrica. Le misure di risparmio idrico legate alla governance sono: la promozione e/o incentivazione delle strutture consortili irrigue; la promozione di una Politica tariffaria differenziata in ragione del consumo ed utilizzo della risorsa. Altre misure più legate alla conoscenza e ai cambiamenti comportamentali sono: incentivazione dell'uso razionale dell'acqua, contenimento dei consumi per uso civile, nei processi produttivi e in agricoltura, informazione e sensibilizzazione al risparmio idrico delle diverse tipologie di utenza.

Altre indicazioni generali sono finalizzate al **RIEQUILIBRIO del bilancio idrico**, che concorre alla tutela quali-quantitativa delle acque e costituisce misura fondamentale per affrontare i cambiamenti climatici ed è perseguito attraverso una serie coordinata di azioni, volte a consentire un consumo idrico sostenibile.

Alcune misure di governance per il riequilibrio sono: riordino irriguo; revisione dei titoli di concessione; protocolli di gestione dinamica delle criticità quantitative stagionali, revisione delle regole operative degli invasi esistenti di cui al disciplinare di concessione. Altre sono misure più di tipo fisico tecnologico, quali: ricorso ai trasferimenti di acqua in rapporto agli usi strategici della risorsa; realizzazione di nuove capacità di invaso; uso, temporaneo e compatibile, delle acque sotterranee di falda freatica in funzione di soccorso dell'irrigazione.

Le misure specifiche per il riequilibrio del bilancio idrico finalizzato alla tutela quali quantitativa della risorsa meritano un discorso a parte poiché sono state definite dal Distretto Padano attraverso uno specifico percorso metodologico contenuto nel Piano di bilancio idrico redatto nel 2016 e poi aggiornato nel 2021 (con l'estensione del Distretti ad altri territori) sono contenute al seguente link: <https://pianobilancioidrico.adbpo.it/piano-del-bilancio-idrico/>. Dall'incrocio infine degli indicatori del Distretto Padano ne escono in linea generale misure che riguardano l'efficientamento delle reti di distribuzione e misure per una miglior gestione della risorsa idrica. I principi generali di tale approccio metodologico per la definizione di misure specifiche per il riequilibrio del bilancio idrico finalizzato alla tutela quali-quantitativa della risorsa è stata preso a riferimento per la definizione della metodologia della PAT contenuta nel presente documento (rif. Capitolo 5) per la definizione di misure per il raggiungimento dell'equilibrio del bilancio idrico.

2. STATO DEL BILANCIO IDRICO: QUANTITÀ

Per il primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale è stato adottato il **modello idrologico GeoTransf**, che è stato sviluppato dal gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Alberto Bellin, docente del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento, opportunamente perfezionato per tenere conto dell'esigenza di simulare anche l'impatto di tutte le derivazioni presenti sul territorio provinciale. Per questo secondo aggiornamento è stato impiegato il medesimo modello idrologico, affinato e potenziato per migliorarne la prestazione, adeguandolo anche alle nuove necessità concernenti la gestione delle concessioni idriche. Inoltre, in fase di aggiornamento del bilancio idrico provinciale, è stato anche attualizzato il periodo di riferimento della

situazione idrologica e delle utilizzazioni idriche modellate, passando dal precedente 2000 – 2008 al più attuale 2011 – 2018.

Il modello *GeoTransf*, dettagliatamente descritto nell'Allegato tecnico, permette di replicare il comportamento idrologico di un bacino, ricostruendo i deflussi nei corsi d'acqua a partire dalle forzanti meteorologiche misurate al suolo e in funzione degli attingimenti antropici che sfruttano la risorsa idrica impattandola anche in modo consistente. È quindi un ottimo strumento di supporto alla pianificazione perché possiede alcuni vantaggi:

- essere facilmente riproducibile e controllabile;
- estrarre agevolmente le informazioni;
- agevolare la costruzione di scenari ipotetici di sfruttamento idrico e di cambiamento climatico.

Pertanto anche in questo aggiornamento del bilancio idrico è stato possibile riprodurre l'impatto dei prelievi idrici sulle portate in alveo, utilizzando degli scenari di simulazione rappresentativi della condizione di sfruttamento o non sfruttamento (scenario naturalizzato) i cui effetti si desiderano analizzare. È stato quindi possibile individuare i corpi idrici superficiali (tipizzati nel nuovo PTA) che evidenziano situazioni di vulnerabilità della disponibilità idrica, utilizzando alcuni indici idrologici che forniscono una misura dell'impatto dei prelievi, e per essi pianificare le misure di riequilibrio per il bilancio idrico.

2.1. Gli scenari di riferimento per il secondo aggiornamento del bilancio idrico provinciale

Lo scenario più importante e significativo per quantificare l'impatto delle attività umane di prelievo della risorsa idrica è quello naturalizzato (o naturale), in cui sono assenti. Di fatto gli indici idrologici utilizzati per la definizione del bilancio idrico provinciale, sono tutti definiti confrontando lo scenario naturalizzato con quello di sfruttamento idrico più simile alla situazione reale, in modo da replicare il più fedelmente possibile l'impatto sulla risorsa da parte delle attività antropiche.

Per questo motivo gli scenari di simulazione usati hanno come intervallo temporale di riferimento idrologico il periodo dal 2011 al 2018, impiegato anche per la calibrazione del modello idrologico *GeoTransf*. In questo modo è stato possibile rafforzare l'attendibilità dei risultati, poiché si è potuto eseguire annualmente la calibrazione del modello, e per ciascuna simulare la condizione di utilizzazione idrica da parte delle attività umane. Il bilancio idrico è quindi stabilito in base a uno scenario naturalizzato e a uno di sfruttamento, ottenuti dall'unione di otto singoli anni di simulazione: per ciascun anno dal 2011 al 2018 alla condizione naturalizzata sono stati simulati gli effetti delle utilizzazioni idriche formalmente in atto all'aprile del 2019.

Gli scenari di riferimento per questo secondo aggiornamento del bilancio idrico hanno le seguenti caratteristiche di modellazione:

- Periodo di riferimento idrologico: 2011 – 2018, la scelta del periodo è stata vincolata alla disponibilità e attendibilità dei dati idrologici monitorati alle stazioni idrometriche e ai misuratori di portata installati alle derivazioni delle grandi concessioni idroelettriche (come dettagliato nell'Allegato tecnico);
- Condizione derivatoria:
 - **SCENARIO NATURALIZZATO**: nessuna concessione attiva.
 - **SCENARIO REALE**:

- Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
- Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione e in conformità con quanto stabilito dal Del.G.P. n. 2378/2015 per l'adeguamento del rilascio entro il 31 dicembre 2016, applicato all'intero periodo idrologico.

2.2. Gli indici idrologici per la definizione del bilancio idrico e loro applicazione

L'elaborazione dello scenario naturalizzato e di quello reale con il modello *Geotransf* ha permesso di costruire le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere che defluiscono alla chiusura di tutti i corpi idrici superficiali tipizzati. **Tali risultati sono stati opportunamente rielaborati per ottenere degli indici rappresentativi dell'impatto delle utilizzazioni antropiche sulla risorsa idrica**, con valenza applicativa.

Per una corretta interpretazione degli **indici idrologici** scelti per la definizione del bilancio idrico provinciale, occorre evidenziare due importanti considerazioni. La prima riguarda il fatto che *GeoTransf* modella le derivazioni ipotizzando che possano prelevare solo se all'opera di presa transitano portate superiori al DMV, se previsto, e fino alla quantità massima concessa, indipendentemente dal reale fabbisogno dell'utilizzatore. Questo implica che il volume prelevato modellato sia probabilmente superiore ai volumi medi realmente derivati, specie da alcune tipologie di concessioni (es. agricolo, potabile, industriale ecc). Pertanto lo scenario reale a cui si riferiscono gli indici idrologici adottati è rappresentativo del massimo sfruttamento di risorsa, a prescindere dal reale fabbisogno. A ciò si deve aggiungere che per il loro calcolo si utilizzano le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere, definite applicando la metodologia più cautelativa (denominata "POR Period of Record" spiegata in Allegato tecnico), specie nei valori idrologici minimi. Per questi due motivi **gli indici idrologici scelti per la definizione del bilancio idrico provinciale rappresentano la situazione di maggiore impatto delle utilizzazioni sulla risorsa idrica che defluisce in alveo.**

2.2.1. Indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI – Water Balance Index)

In pieno rispetto della definizione di bilancio idrico dettata dal D.M. 28 luglio 2004, **l'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico, utilizzando i risultati delle simulazioni dello scenario naturalizzato e reale, verifica se nel corso d'acqua transita una portata superiore al DMV stabilito dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.** Se ciò avviene l'intero bacino è considerato in equilibrio. In caso contrario si può ancora definire in equilibrio qualora il deficit non sia dovuto alle derivazioni antropiche presenti: in altri termini, è considerato in equilibrio quel corso d'acqua che presenta portate inferiori al valore di DMV sempre e solo per motivi naturali. Per stabilire ciò, è possibile confrontare i deflussi dello scenario reale con quello naturalizzato, in cui le utilizzazioni idriche non sono attive; se coincidono quando sono inferiori al DMV stabilito dal PGUAP, allora il bacino è definito in equilibrio altrimenti è in disequilibrio per motivi antropici.

In conformità con questa distinzione, l'indice WBI è calcolato in modo diverso a seconda che il bacino sia in condizione di equilibrio oppure no, in modo da essere positivo nel primo caso e negativo nel secondo. Per un bacino in condizione di equilibrio l'indice esprime, esclusivamente per lo scenario reale, il volume d'acqua percentuale che transita in alveo per portate superiori al DMV, rispetto a quello totale: in altre parole fornisce **il surplus idrico disponibile oltre al deflusso minimo vitale.**

Mentre nel caso di un bacino in condizione di disequilibrio il WBI stabilisce **quanto DMV non è presente in alveo** solo a causa di prelievi cui è permesso non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da PGUAP o rilasciarne una quantità inferiore.

Il WBI è un indice potenzialmente utile per valutare l'impatto delle derivazioni sullo stato ecologico del corso d'acqua, in base alla presenza in alveo del deflusso minimo vitale: valori negativi dell'indice WBI, infatti, **mettono in luce una potenziale problematica di portata insufficiente per la conservazione degli ecosistemi acquatici o per i fabbisogni antropici**. Infatti, oltre a stabilire se l'assenza di DMV in alveo è dovuta a condizioni naturali (ad esempio siccità) o per la pressione derivatoria, l'indice WBI fornisce anche un'indicazione di un possibile fallimento nel soddisfacimento dei fabbisogni antropici.

Al contrario valori positivi dell'indice WBI indicano **che i prelievi antropici presenti non depauperano la risorsa idrica al punto da portare il regime del corso d'acqua sotto i limiti di DMV indicati dalla normativa; per cui i fabbisogni antropici sono potenzialmente soddisfatti**. Inoltre un maggiore valore dell'indice indica che in alveo è disponibile una maggiore quantità d'acqua oltre il DMV, con conseguenti effetti benefici sul sistema ecologico fluviale.

Un'altra caratteristica dell'indice WBI che lo rende un valido indice per la pianificazione è che la concessione di nuovi prelievi in un bacino in condizione di equilibrio di bilancio idrico, che rilasciano tutti il deflusso minimo vitale pari a quella previsto dal PGUAP, determina una riduzione del surplus oltre al DMV, senza mai arrivare al disequilibrio: la situazione limite è la presenza in alveo del solo DMV o della portata naturalizzata, nel caso di siccità. Diversamente se si concedono nuove derivazioni cui è permesso non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da normativa o di rilasciarne una quantità inferiore a esso, è possibile che il bacino interessato passi alla condizione di disequilibrio: ciò dipende se l'apporto idrico dell'interbacino tra il nuovo prelievo e la chiusura del bacino è o non è superiore al mancato rilascio di DMV.

Invece **i bacini con WBI in disequilibrio possono riequilibrarsi solo se tutti i prelievi coinvolti lasciano defluire a valle una portata pari al deflusso minimo vitale**: ciò può avvenire solo adeguando al rilascio del DMV previsto nel PGUAP, tutte quelle derivazioni cui è stato possibile non applicarlo in base a specifiche disposizioni. Infatti, **anche il rilascio di nuove concessioni con un deflusso minimo vitale o un deflusso ecologico superiore a quanto stabilito dal PGUAP, non migliora la condizione di disequilibrio**. Ciò è dovuto al fatto che se alla nuova opera di presa giunge una portata inferiore al DMV a causa di prelievi posti a monte, la derivazione non la capterà e il deflusso (inferiore al DMV) continuerà a transitare a valle tale e quale. Viceversa se alla sezione della nuova presa non defluiscono portate inferiori al DMV e se il bacino è in disequilibrio, vuol dire che nell'interbacino a valle ci sono derivazioni che sicuramente non rilasciano il deflusso minimo vitale da PGUAP, che semplicemente continueranno a prelevare anche il rilascio maggiorato, e pertanto l'effetto della sua applicazione sarà annullato.

È stato possibile definire il WBI per tutti i 2313 sottobacini elementari di calcolo e a livello mensile. Per la sua applicazione al bilancio idrico si è scelto di utilizzare il suo valore annuo riferito ai bacini dei corpi idrici superficiali tipizzati nel nuovo PTA.

Per l'individuazione delle soglie del WBI annuo, si è fatto ricorso all'esperienza maturata nell'applicazione dell'indice con il primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale. Sono state così individuate due classi di equilibrio idrico e tre di disequilibrio secondo i seguenti valori di WBI annuo:

WBI	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ	NULLO
annuo	< -15%	-15% ÷ -5%	-5% ÷ 0%	0 ÷ 15%	> 15%

L'applicazione dell'indice WBI annuo ai corpi idrici superficiali ha evidenziato la seguente situazione:

	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ	NULLO	NN*	tot
WBI	18	42	24	12	294	8	398
annuo	5%	11%	6%	3%	74%	2%	

(*) I corpi idrici NN sono quelli per cui non è stato possibile calcolare l'indice.

dove le diverse classi indicano con

NULLO: i corpi idrici che sottendono bacini in equilibrio con WBI superiore al 15%, per i quali non dovrebbero esserci problemi di disponibilità idrica per soddisfare i fabbisogni antropici e per la conservazione degli ecosistemi acquatici;

BASSO EQ: i corpi idrici che sottendono bacini in equilibrio con WBI inferiore al 15% sono tipicamente quelli a valle di serbatoi e dighe delle grandi concessioni idroelettriche, caratterizzate da un'elevata portata massima di concessione e dal rilascio di un deflusso minimo vitale superiore a quello previsto dal PGUAP;

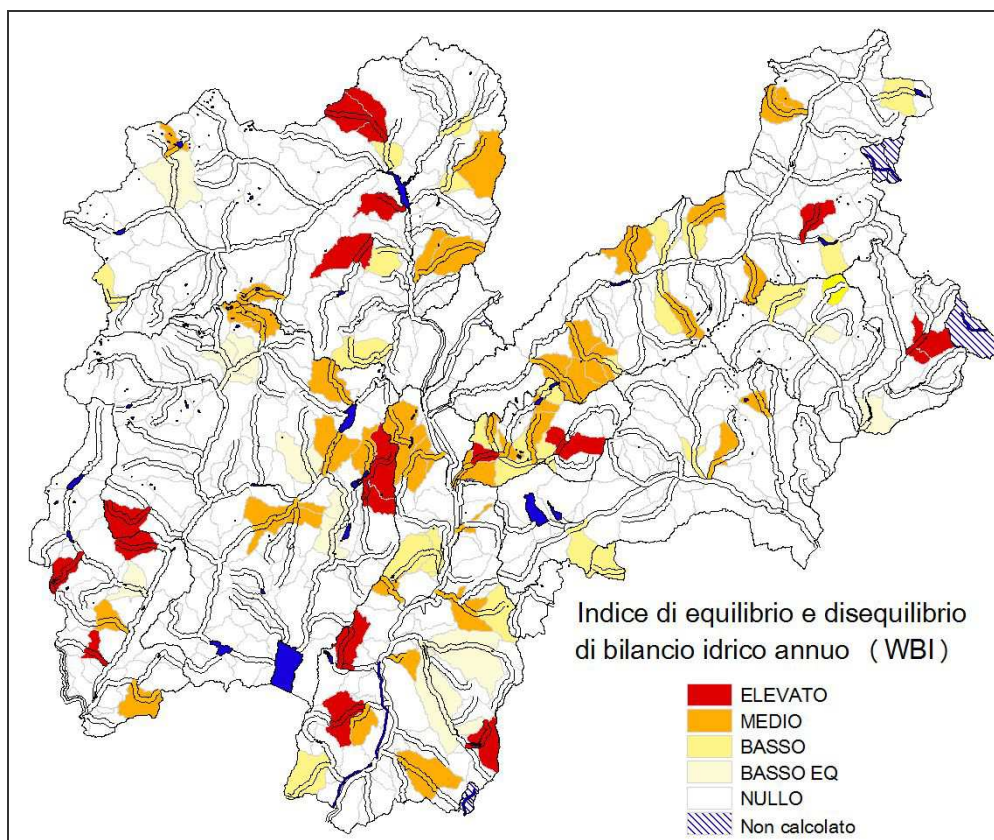
BASSO: in questo caso ricadono bacini caratterizzati dal fatto che quando in alveo non defluisce il deflusso minimo vitale, la portata mancante a causa dei prelievi idrici è mediamente inferiore al 5% del DMV, sicuramente un valore "trascurabile" se si considera che la sua determinazione si basa su uno scenario di sfruttamento massimo e con l'utilizzo di curve di durata costruite con la metodologia più cautelativa per il regime di magra;

MEDIO: l'inserimento di questa soglia dell'indice WBI ha permesso di ripartire in modo proporzionalmente omogeneo il numero di corpi idrici in disequilibrio in tre classi;

ELEVATO: a questa classe appartengono i corpi idrici caratterizzati solitamente da uno sfruttamento idrico importante e dalla presenza di molte derivazioni a cui è permesso non rilasciare il DMV o rilasciarlo in parte.

In base all'indice WBI si rileva che in Provincia il 77% dei corpi idrici superficiali è in equilibrio di bilancio idrico: mentre per il 23% è probabile una mancanza del deflusso minimo vitale in alveo, con valori superiori al 15% del DMV per almeno 18 corpi idrici (pari al 5%).

Di seguito si riporta la mappa dell'indice di equilibrio e disequilibrio (WBI) annuo, definito per i corpi idrici superficiali della Provincia.



2.2.2. Indicatore di sfruttamento (WEI+ – Water Exploitation Index)

Il **WEI+** è un indicatore di sfruttamento mensile della risorsa, utile a identificare quei bacini più facilmente soggetti a “stress idrico” per scarsità idrica (e non per siccità), ed è quindi particolarmente efficace nell’indicare la sostenibilità degli utilizzi idrici. È però un indicatore definito con diverse formulazioni, per cui la sua applicazione richiede attenzione e specifiche scelte metodologiche: a tale fine il Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell’Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità di ISPRA ha istituito un gruppo di lavoro nel Comitato Tecnico di Coordinamento Nazionali degli Osservatori permanenti distrettuali per gli utilizzi idrici.

In questo aggiornamento del bilancio idrico provinciale il **WEI+** è stato calcolato mensilmente come rapporto tra il volume consumato di risorsa idrica e il volume rinnovabile disponibile (per approfondimenti all’Allegato tecnico), usando le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere dello scenario reale e di quello naturalizzato.

Per la sua applicazione nel bilancio idrico provinciale è stato adottato l’indicatore di sfruttamento annuale, scegliendolo fra il **WEI+** più elevati dell’anno, in modo che rappresenti il mese con maggiore stress idrico. Si ricorda a questo proposito che, per come il modello *GeoTransf* simula il funzionamento di tutte le derivazioni idriche attive, lo scenario reale corrisponde a quello di massimo sfruttamento della risorsa da parte di tutti gli utilizzatori, indipendentemente dal loro reale fabbisogno: pertanto il **WEI+ annuale corrisponde alla situazione di stress idrico sicuramente peggiore.**

Le soglie dell’indicatore **WEI+** che individuano le classi di sfruttamento idrico sono quelle adottate dal Distretto Padano nel loro Piano Stralcio di Bilancio Idrico, con la sola eccezione dell’accorpamento in un’unica classe per **WEI+** superiori all’80%:

WEI+	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO
	> 80%	80% ÷ 65%	65% ÷ 35%	< 35%

L'applicazione dell'indicatore WEI+ ai corpi idrici superficiali ha evidenziato la seguente situazione:

	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO	NN*	tot
WEI+	40	38	66	246	8	398
mese	10%	9%	17%	62%	2%	

(*) I corpi idrici NN sono quelli per cui non è stato possibile calcolare l'indice.

in cui si rileva che: 40 corpi idrici pari al 10 % del totale (398 corpi idrici) hanno un WEI+ elevato, 38 corpi idrici pari al 9 % hanno un WEI+ medio, 66 corpi idrici pari al 17% hanno un WEI+ basso e 246 corpi idrici pari al 62% hanno un WEI+ nullo.

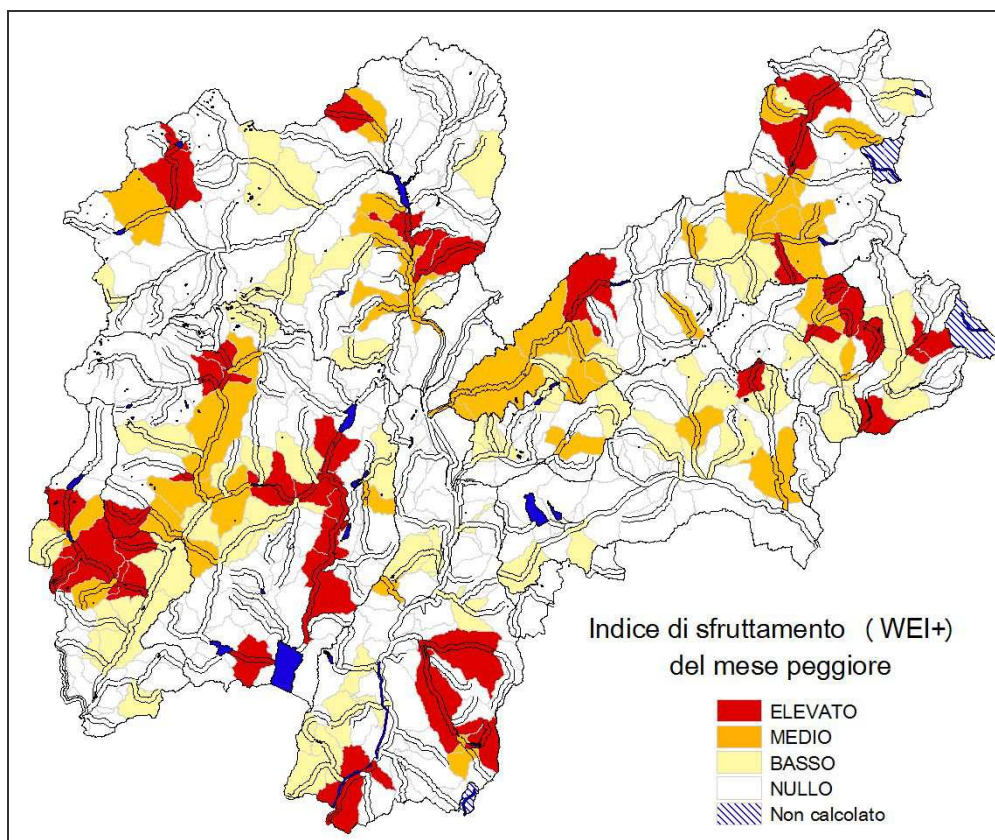
Analizzando invece quali sono i mesi con maggior stress idrico per ciascuno dei corpi idrici superficiali, si ottiene la seguente tabella:

WEI+	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
ELEVATO	2		2	7	12	5	4	6	1			1
MEDIO		1		5	6	12	1	4	5		1	3
BASSO	4	6	9	10	10	3	10	3	8	1		2
NULLO	32	35	9	24	11	10	35	27	29	7	7	20
tot	38	42	20	46	39	30	50	40	43	8	8	26
%	10%	11%	5%	12%	10%	8%	13%	10%	11%	2%	2%	7%

In cui è possibile notare che dei 40 corpi idrici con WEI+ elevato, il mese peggiore per 12 di questi è maggio, per 12 dei 38 caratterizzati da uno sfruttamento medio è giugno, mentre dei 66 con sfruttamento basso per 10 è stato aprile, per altri 10 maggio ed altri 10 luglio.

Se ne deduce che il periodo primaverile estivo è il peggiore in termini di sfruttamento, poiché oltre alle concessioni annuali, in primavera si avviano anche le concessioni irrigue stagionali che impattano notevolmente sul sistema concessorio poiché sono dissipative, ovvero non restituiscono al corso d'acqua l'acqua prelevata.

Di seguito si riporta la mappa dell'indice di sfruttamento (WEI+) del mese peggiore, definito per tutti i corpi idrici superficiali della Provincia.



2.2.3. Indice sintetico (SINTETICO)

Le linee guida (*“Linee guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori permanenti per gli utilizzi idrici”*, giugno 2018) di ISPRA prevedono l’uso dell’indicatore di sfruttamento WEI+ nella pianificazione di bilancio idrico, come pure nel Piano Siccità. Ma se in quest’ultimo caso lo sfruttamento intenso di un corso d’acqua è connesso alla siccità poiché ne aumenta lo stress idrico, per la determinazione del bilancio idrico è meno pertinente: **secondo la definizione dettata dal D.M. è infatti fondamentale comprendere se la disponibilità idrica in alveo è sufficiente per i fabbisogni antropici (indice di sfruttamento, WEI+), al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici, vale dire il deflusso minimo vitale**. Le stesse linee guida di ISPRA riportano che la definizione delle soglie del WEI+ dovrà essere oggetto di approfondimenti da parte del Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici, in modo da tenere conto del deflusso minimo vitale o deflusso ecologico.

A dimostrazione del fatto che il WEI+ non è correlato alla presenza del DMV in alveo, può capitare che un bacino caratterizzato da uno sfruttamento basso, perché i prelievi hanno portate concesse limitate rispetto alla risorsa naturalmente presente in alveo, sia comunque in disequilibrio di bilancio idrico, se è stato permesso ad alcune tipologie di concessione di non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da PGUAP o rilasciarne una quantità inferiore. Viceversa un bacino in cui è presente anche una sola derivazione cui è concessa una elevata portata di prelievo e che rilascia un deflusso minimo vitale decisamente superiore a quanto è previsto nel PGUAP (classicamente le derivazioni idroelettriche presso le dighe rilasciano un DMV accorpato con quello di altre derivazioni), è caratterizzato da un elevato sfruttamento idrico, rimanendo comunque nella condizione di equilibrio di bilancio idrico. Infine può succedere che due bacini con il medesimo valore di WEI+ siano in equilibrio o in disequilibrio di bilancio idrico a seconda se alle derivazioni presenti è applicato il DMV da PGUAP.

Per i motivi appena specificati, si è pensato di utilizzare un **indice che sintetizzi l'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) con l'indicatore di sfruttamento (WEI+)**. Ovviamente questo nuovo indice sintetico è stabilito a scala annuale utilizzando il WBI annuo e l'indicatore WEI+ del mese con il massimo sfruttamento idrico, definiti per ciascun corpo idrico superficiale.

		WBI ANNUO			
		in DISEQUILIBRIO			in EQUILIBRIO
WEI+ MESE PEGGIORE		ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO
		< -15%	-5 ÷ -15%	0 ÷ -5%	0 ÷ 15% ≥ 15%
ELEVATO	> 80%	ELEVATO	ELEVATO	MEDIO	BASSO EQ NULLO EQ
MEDIO	65 ÷ 80%	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO EQ
BASSO	35 ÷ 65%	BASSO	BASSO	NULLO	BASSO EQ NULLO EQ
NULLO	≤ 35%	NULLO	NULLO	NULLO	BASSO EQ NULLO EQ

Le classi del nuovo indice individuano i bacini dei corpi idrici con diversa propensione a una potenziale problematica di portata insufficiente per la conservazione degli ecosistemi acquatici e/o per i fabbisogni antropici di utilizzazione della risorsa idrica, individuando quelli più vulnerabili alla disponibilità idrica:

- nelle classi ELEVATO e MEDIO rientrano quei bacini in disequilibrio di bilancio idrico e con uno sfruttamento idrico medio – elevato che sono per questo i più vulnerabili alla disponibilità idrica a causa dell'impatto derivatorio, sia in termini di mancato deflusso del DMV (WBI) sia per quanto riguarda il soddisfacimento dei fabbisogni idrici (WEI+);
- in classe BASSO fanno parte i bacini che avendo o uno sfruttamento medio con un disequilibrio basso o uno sfruttamento basso con disequilibrio medio – elevato sono meno vulnerabili e generalmente impattati dall'effetto cumulativo di piccoli prelievi di tipo dissipativo;
- nella classe NULLO sono compresi invece i bacini poco sfruttati e quindi con minor rischio di non poter soddisfare i fabbisogni antropici, e con una percentuale di deficit del DMV comunque mediamente inferiore a -15%;
- nella classe BASSO EQ sono presenti in realtà solo bacini con sfruttamento idrico medio – elevato, a valle di serbatoi e dighe delle grandi concessioni idroelettriche, che rilasciano un deflusso minimo vitale superiore a quello imposto dal PGUAP, e sono quindi in equilibrio;
- infine nella classe NULLO EQ rientrano i bacini minimamente vulnerabili alla disponibilità idrica sia per il soddisfacimento dei fabbisogni antropici sia per l'ecosistema acquatico (surplus di DMV superiore al 15%).

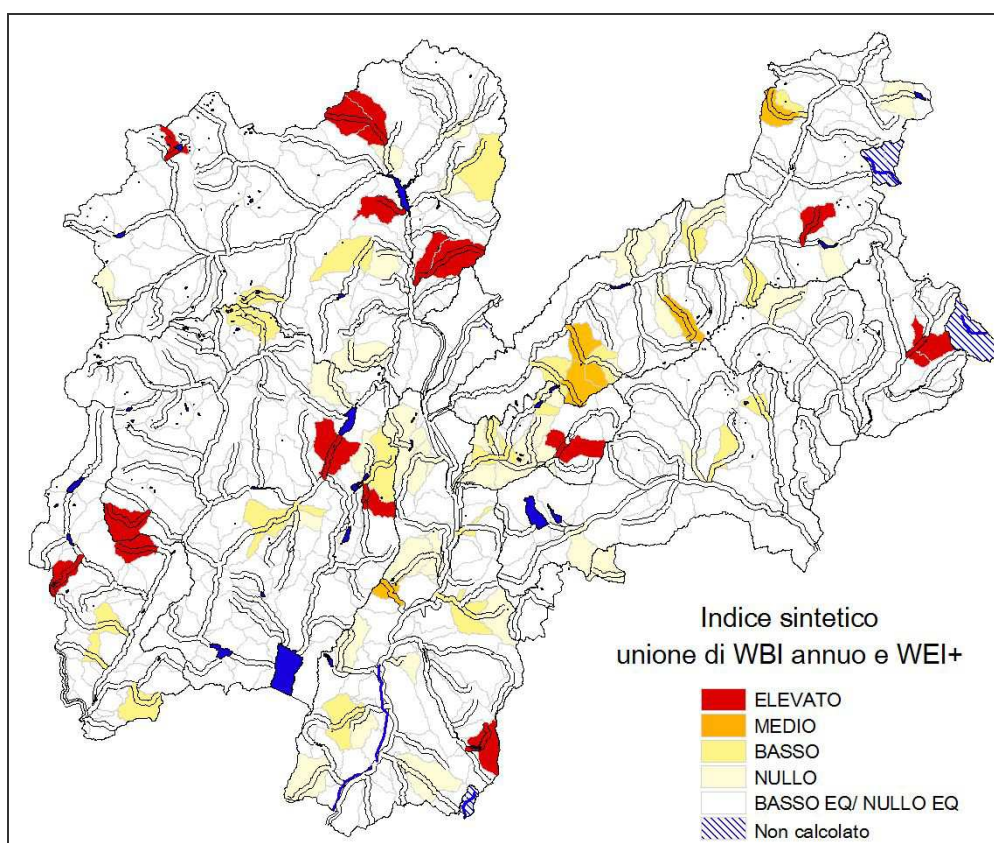
L'applicazione dell'indice sintetico ai corpi idrici superficiali tipizzati ha evidenziato la seguente situazione:

		WBI ANNUO			
		in DISEQUILIBRIO			in EQUILIBRIO
WEI+ MESE PEGGIORE		ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO
		< -15%	-5 ÷ -15%	0 ÷ -5%	0 ÷ 15% ≥ 15%
ELEVATO	> 80%	7	4	0	10 19
MEDIO	65 ÷ 80%	5	5	1	1 26
BASSO	35 ÷ 65%	5	18	12	1 30
NULLO	≤ 35%	1	15	11	0 219

SINTETICO	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO	BASSO EQ	NULLO EQ	NN	tot
	16	5	24	39	12	294	8	398
	4%	1%	6%	10%	3%	74%	2%	

Per l'indice sintetico si rileva che 16 corpi idrici pari al 4% hanno un'elevata vulnerabilità di disponibilità idrica, 5 corpi idrici sono mediamente vulnerabili mentre la maggior parte, corrispondente a 294 corpi idrici pari al 74%, sono minimamente problematici riguardo al soddisfacimento dei fabbisogni antropici di uso della risorsa e alla presenza in alveo del deflusso minimo vitale.

Di seguito si riporta la mappa dell'indice sintetico, definito per tutti i corpi idrici superficiali della Provincia.



L'indice sintetico per come è costruito, è strettamente connesso con l'indice di equilibrio e disequilibrio, per cui quando il WBI di un corpo idrico è negativo l'indice sintetico corrisponde alle classi elevato, medio, basso e nullo caratterizzate dalla condizione di disequilibrio di bilancio idrico e da diversi gradi di sfruttamento. Viceversa se per un corpo idrico il WBI è positivo, allora l'indice sintetico corrisponde alle classi BASSO EQ (con WBI BASSO EQ) e NULLO EQ (con WBI NULLO), indipendentemente dall'indicatore di sfruttamento WEI+. Questo implica che anche per l'indice sintetico vale quanto osservato per l'indice di equilibrio e disequilibrio: le concessioni rilasciate successivamente all'aggiornamento del bilancio idrico (riferito alla condizione concessoria attiva in aprile 2019), che in ogni caso rilasceranno il DMV stabilito dal PGUAP, non possono alterare la condizione di equilibrio o disequilibrio del corpo idrico di appartenenza. Inoltre se il corpo idrico è in disequilibrio, cioè ha un indice sintetico tra il NULLO ed ELEVATO, l'unico modo per cambiare la sua condizione di bilancio idrico è l'applicazione del rilascio del DMV a tutte le concessioni presenti. Per questo motivo l'indice sintetico è stato scelto come riferimento per la pianificazione del bilancio idrico e per l'individuazione delle misure di riequilibrio.

3. APPLICAZIONI DEI RISULTATI OTTENUTI DALLE ANALISI SVILUPPATE PER LA DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO

Nello svolgimento delle analisi propedeutiche, descritte nell'Allegato tecnico, per la definizione del nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, sono emersi degli strumenti che possono essere impiegati per altri fini, solitamente di tipo gestionale, come la definizione dell'indice di alterazione del regime idrologico (IARI), l'analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici, l'utilizzo degli indici idrologici mensili nelle procedure di concessione o di valutazione Ex Ante, e altre esigenze che potrebbero emergere in futuro che non è possibile prevedere sulla base dello stato attuale delle conoscenze. In generale si rimanda il dettaglio delle modalità di applicazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni del modello *GeoTransf*, svolte nelle attività propedeutiche alla definizione del bilancio idrico, ai singoli provvedimenti che ne daranno adempimento; per alcune di esse è invece possibile anticiparne l'applicazione, che viene descritta nei prossimi capitoli.

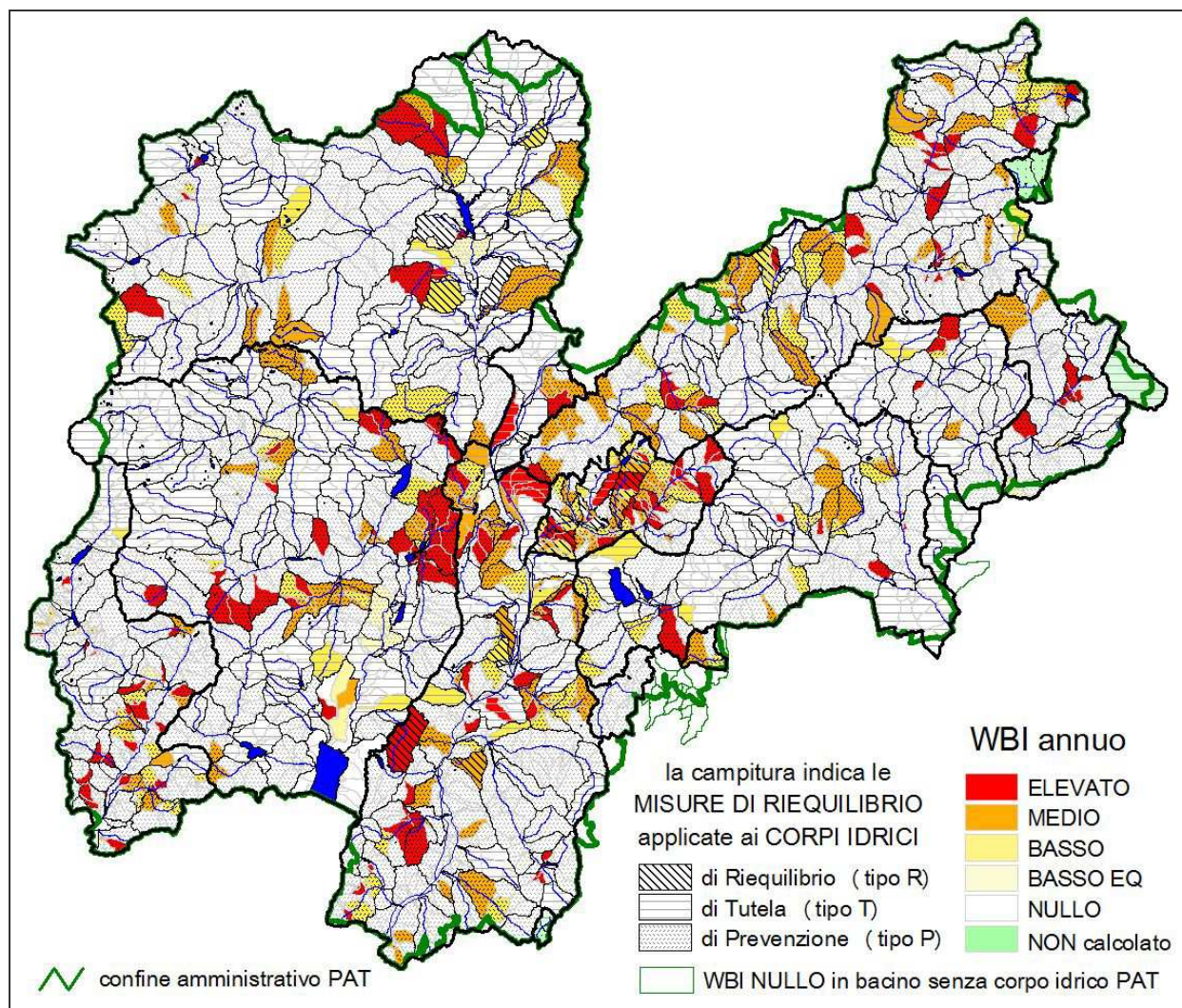
3.1. Valutazione dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico mensile (WBI) ai sottobacini elementari di calcolo

In continuità con quanto attuato dalla struttura competente al rilascio di titoli a derivare (SGRIE) in seguito all'approvazione del bilancio idrico provinciale del 2013 (§1.3 "*Attuazione del primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale (2013)*"), si è deciso di inserire anche nel suo secondo aggiornamento l'indice di equilibrio e disequilibrio (WBI) stabilito a una scala di maggior dettaglio temporale e spaziale rispetto a quelle di riferimento, vale a dire: WBI definito mensilmente a livello dei bacini elementari di calcolo utilizzati dal modello idrologico *GeoTransf*. In questo modo in sede di istruttoria di concessione, sarà possibile continuare ad applicare le modalità di valutazione del bilancio idrico, ancora in essere.

Pertanto sono allegate a questa relazione (nell'Allegato tecnico e cartografico), le 13 mappe che rappresentano il WBI annuale e mensile valutato ai sottobacini di calcolo della modellazione idrologica, ai quali, in ogni caso, si applicano solo le misure di riequilibrio del bilancio idrico previste a livello di

corpo idrico, come definite nel capitolo 5 (*"LE MISURE DI RIEQUILIBRIO PREVIGENTI NEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE"*).

Di seguito si riporta la mappa dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo applicato ai sottobacini elementari di calcolo del modello idrologico *GeoTransf*. In essa oltre a riprodurre le diverse classi dell'indice idrologico (sottobacini colorati), sono evidenziate le misure di riequilibrio applicate ai corpi idrici superficiali (campitura dei sottobacini) e il confine amministrativo della Provincia.



Dall'osservazione della mappa emergono alcune riflessioni. La prima riguarda la corrispondenza tra la classe dell'indice WBI dei bacini dei corpi idrici superficiali, e quella definita al sottobacino elementare di modellazione, collocato subito a monte della sezione finale del corpo idrico. In alcuni casi, infatti, si riscontra una discordanza che è dovuta ai limiti intrinseci della modellazione idrologica: in particolare riguarda l'automatizzazione, tramite l'uso di un Digital Elevation Model (in questo caso il DEM della Provincia), della definizione delle direzioni di drenaggio che ha effetto sulla correttezza del reticolo idrografico virtuale, usato nella modellazione (per maggiori dettagli si può fare riferimento all'Allegato tecnico). Per tenere conto di ciò, l'assegnazione del sottobacino elementare di calcolo come riferimento per ciascun corpo idrico superficiale, è stata puntualmente stabilita e verificata.

Nondimeno per alcuni corpi idrici, che corrispondono quasi esclusivamente ai tratti di pianura dei corsi d'acqua (specie se pensili) dove la problematica è più evidente, si è dovuto ricorrere a degli espedienti, che sono la causa della mancata corrispondenza tra WBI annuo dei corpi idrici superficiali e quello del sottobacino elementare posto alla loro chiusura. Di seguito si riporta l'elenco dei corpi idrici che hanno evidenziato questa incongruenza.

Corpo Idrico	Denominazione
A10000000000413tn	lago di Fedaia
A2000000000051tn	t. Fersina
B0510000000041tn	t. Maso
A002A1F001011tn	fossa Maestra di Aldeno
B0A2A1F001011tn	La Vena
E151000000000505tn	lago di Molveno
E2000000000071tn	f. Chiese

Una seconda osservazione che si evidenzia nella mappa, riguarda la presenza di sottobacini elementari di calcolo che non rientrano in bacini di corpi idrici tipizzati nel PTA provinciale (individuati da una linea di confine sottile e verde), per cui non sono previste misure di riequilibrio di bilancio idrico, a maggior ragione se si considera che possiedono tutti un WBI annuo NULLO.

Infine sono presenti nella mappa moltissime aree non ricadenti nei bacini afferenti i corpi idrici tipizzati nel PTA provinciale (linea spessa nera dei bacini idrografici principali), ma compresa all'interno del confine amministrativo della Provincia (linea spessa di colore verde): anche per essi non sono previste misure di riequilibrio del bilancio idrico.

4. STATO DEL BILANCIO IDRICO: QUANTITÀ/QUALITÀ

Per il raggiungimento dell'equilibrio di bilancio idrico, finalizzato alla tutela quantitativa e qualitativa della risorsa (art. 4 del PGUAP), si è proceduto collegando per ogni corpo idrico superficiale l'informazione idrologica con gli obiettivi di qualità definiti nel PTA: o per meglio dire, per tutti i corpi idrici è stato possibile unire l'analisi delle pressioni e degli impatti svolte nel PTA, assieme agli obiettivi di qualità e alle misure per raggiungerli (se possibile entro il 2027) stabiliti sempre nel PTA, con l'indice idrologico sintetico, calcolato in questo aggiornamento del bilancio idrico.

Si riporta di seguito la tabella in cui i corpi idrici superficiali tipizzati sono stati divisi in base al loro stato ecologico e alla loro vulnerabilità di disponibilità idrica, stabilita dalle sei classi dell'indice idrologico sintetico.

		STATO ECOLOGICO DEL CORPO IDRICO				
		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NQ*
Indice SINTETICO	ELEVATO		14	2		
	MEDIO	1	4			
	BASSO	2	19	2	1	
	NULLO	1	28	8	1	1
	BASSO EQ		12			
	NULLO EQ	72	178	37	5	2
	NN*	2	5	1		
Totale		78	260	50	7	3
						398

(*) I corpi idrici NN sono quelli per cui non è stato possibile calcolare l'indice, mentre gli NQ non hanno uno stato ecologico definito.

Si può notare la presenza di 3 corpi idrici a cui non è stato assegnato lo stato ecologico: lago di Garda, lago d'Idro e lago di Terlago. In particolare la classificazione dei laghi di Garda e Idro è di competenza rispettivamente della regione Veneto e della regione Lombardia, mentre il lago di Terlago non è stato monitorato in quanto sotto soglia dimensionale, e non essendo possibile effettuare l'accorpamento non gli è stato attribuito lo stato ecologico, come a tutti i corpi idrici lacustri naturali non monitorati. Infine per quanto riguarda l'attribuzione della qualità ecologica, i corpi idrici "fortemente modificati" sono stati accorpati a quelli naturali del medesimo stato ecologico, vale a dire i "potenzialmente buoni" con i "buoni", i "potenzialmente sufficienti" con i "sufficienti", eccetera.

Ancora, a 8 corpi idrici non è stata attribuita una classe dell'indice sintetico perché non è stato possibile modellarli per diversi motivi: due corpi idrici sono canali totalmente artificiali senza bacino direttamente afferente (il canale della centrale di Ala e il canale Biffis nel bacino dell'Adige), mentre gli altri 6 ricadono all'esterno dei principali bacini di simulazione (Adige, Fersina, Avisio, Noce, Brenta-Vanoi-Cismon, Astico, Sarca e Chiese).

Come specificato nel Cap. 4 (*Raffronto tra stato ecologico dei corpi idrici superficiali e indici idrologici*) dell'Allegato tecnico, le analisi condotte sembrano evidenziare una correlazione tra stato ecologico e indice sintetico solo nei casi in cui il corpo idrico ha uno stato ecologico almeno buono, mentre non è certa per gli altri casi (sufficiente e scarso). Infatti, 306 corpi idrici su 398 sono in condizione di equilibrio, e di questi 262 appartengono a uno stato ecologico buono o elevato; nello stesso tempo, di 16 corpi idrici con indice sintetico elevato, quindi particolarmente sfruttati e in grave disequilibrio di bilancio idrico, 14 sono nonostante ciò in stato ecologico buono. Questo probabilmente è dovuto al fatto che le cause della scarsa qualità dei corpi idrici non siano da attribuire solamente alla pressione derivatoria sulla disponibilità idrica in alveo: è quindi necessario considerare **assieme all'indice sintetico** anche le valutazioni risultate nell'analisi **delle pressioni e degli impatti** svolte nella redazione del PTA, tenendo conto anche delle **misure previste** nel medesimo piano, **per il raggiungimento degli obiettivi di qualità della DQA**.

5. LE MISURE DI RIEQUILIBRIO PREVIGENTI NEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Con questo secondo aggiornamento del bilancio idrico provinciale è stata fatta una fotografia aggiornata dello stato quantitativo della risorsa idrica ed elaborati gli indicatori idrologici precedentemente descritti. Successivamente è stato verificato che le misure contenute nel Piano di tutela delle acque, redatto sulla base di quanto previsto dal primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale del 2013, forniscono delle precise indicazioni rispetto alle criticità emerse in questo secondo aggiornamento. Alla luce delle verifiche effettuate quanto previsto dalle norme di attuazione del PTA (2022-2027) è concorde con quanto evidenziato da questo secondo aggiornamento del bilancio idrico.

Le diverse tipologie di misura quali-quantitative per il riequilibrio del corpo idrico, al fine di raggiungere gli obiettivi di qualità della DQA, sono state individuate prendendo in considerazione l'indice sintetico, che dà un'indicazione del suo stato di bilancio idrico, inteso come vulnerabilità alla disponibilità idrica che tiene conto della conservazione degli ecosistemi acquatici e dei fabbisogni antropici di utilizzazione della risorsa idrica, e il suo stato ecologico definito nel PTA (2022-2027).

La tabella di valutazione che ha permesso di identificare le misure da adottare è la seguente:

SINTETICO	STATO ECOLOGICO MEDESIMO CI			
	SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	ELEVATO
ELEVATO	R	R	P	T
MEDIO	R	R	P	T
BASSO	R	R	P	T
NULLO	R	R	P	T
BASSO EQ	T	T	P	T
NULLO EQ	T	T	P	T

In essa sono individuate tre aree che individuano le misure idonee per il riequilibrio di bilancio idrico:

MISURE di tipo R – Riequilibrio del bilancio idrico (area ARANCIONE): sono compresi i corpi idrici in stato ecologico SCARSO o SUFFICIENTE particolarmente vulnerabili alla disponibilità idrica, sia per il soddisfacimento dei fabbisogni antropici che per la conservazione degli ecosistemi acquatici (indice sintetico ELEVATO, MEDIO, BASSO e NULLO), per i quali la condizione idrologica è una concausa dello scadimento del corpo idrico; sono quindi necessari **interventi di riequilibrio agendo sulle concessioni esistenti** (adeguamento del rilascio del DMV ai valori previsti da PGUAP, diminuzione della dotazione idrica, eccetera), in modo da **ridurre la pressione derivatoria**.

MISURE di tipo T – Tutela del bilancio idrico (area GIALLA): sono individuati i corpi idrici in stato ecologico SCARSO e SUFFICIENTE che ricadono nelle classi di indice sintetico corrispondenti ad una situazione di equilibrio di bilancio idrico (BASSO EQ e NULLO EQ); in questo caso la disponibilità idrica è non vulnerabile e le cause dello scadimento dello stato ecologico dei corpi idrici sono molto più complesse e non necessariamente collegate alla portata in alveo, pertanto in via cautelativa la misura prevista è di **non aumento della pressione derivatoria**. In quest'area sono compresi anche i corpi idrici in stato ecologico ELEVATO, che corrispondono spesso a bacini di testata in cui non ci sono pressioni

derivatorie tali da determinare uno scadimento della qualità dell'acqua, per cui cautelativamente si prevede anche in questo caso di non aumentare lo sfruttamento idrico.

MISURE di tipo P – Prevenzione del bilancio idrico (area VERDE): solo per i corpi idrici in stato ecologico BUONO è possibile concedere nuove derivazioni, indipendentemente dall'indice sintetico. Questa scelta è giustificata dal fatto che gli indici idrologici sono generalmente calcolati a partire dalla portata in alveo, mentre per la definizione dello stato ecologico si prendono in considerazione tutti i fattori che riguardano l'intero ecosistema acquatico. Quindi per comprendere in modo esaustivo l'impatto di nuove concessioni nei bacini direttamente afferenti i corpi idrici che appartengono a questa categoria, sono necessari opportuni e dettagliati approfondimenti degli aspetti idrologici e qualitativi che saranno sviluppati nel **procedimento di valutazione ex ante, in particolare se il corpo idrico è a rischio di non mantenimento dello stato ecologico buono.**

Vale la pena di evidenziare di seguito l'applicazione ai corpi idrici superficiali degli indicatori contenuti in questo aggiornamento:

SINTETICO	STATO ECOLOGICO MEDESIMO CI				NQ*
	SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	ELEVATO	
ELEVATO		2	14		1
MEDIO			4	1	
BASSO	1	2	19	2	
NULLO	1	8	28	1	
BASSO EQ			12		2
NULLO EQ	5	37	178	72	
NN*		1	5	2	

(*) I corpi idrici NN sono quelli per cui non è stato possibile calcolare l'indice, mentre gli NQ non hanno uno stato ecologico definito.

Per i quali le misure di riequilibrio di bilancio idrico da applicare ai corpi idrici ricadenti nelle tre aree sono riportate di seguito:

MISURE di tipo R: art. 2 comma 2 (Condizioni per il rilascio delle concessioni idriche) delle norme di attuazione del PTA (2022-2027), in cui si sancisce che nei corpi idrici fluviali in stato ecologico sufficiente, scarso ed elevato, e nei relativi bacini afferenti, non sono in ogni caso ammesse nuove concessioni, salvo, in relazione ai soli bacini afferenti, le derivazioni non dissipative che vengono restituite prima della confluenza con i corpi idrici.

Art. 15 (Attuazione delle misure) delle NdA del PTA, che prescrive l'applicazione delle misure da adottare per il raggiungimento degli obiettivi di qualità riportate nelle schede contenute nell'ALLEGATO G.

Con riguardo alle sole CONCESSIONI ESISTENTI appartenenti ai bacini direttamente afferenti i 14 corpi idrici a cui applicare misure di tipo R, sono già state stabilite nelle tabelle contenute nell'Allegato G del PTA che riguardano specificatamente la **mitigazione degli impatti idrologici**, ma che si configurano anche come **misure di riequilibrio del bilancio idrico**:

MISURA 1: Assoggettamento o aumento del rilascio del DMV fino ai valori previsti nel Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche in occasione di rinnovi/varianti alle concessioni d'acqua pubblica ricadenti nel corpo idrico interessato dalla misura;

MISURA 2: Diminuzione della dotazione idrica delle concessioni ad uso irriguo fino ai valori di fabbisogno previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche in occasione di varianti/rinnovi d'acqua pubblica ricadenti nel corpo idrico interessato dalla misura. Revisione dei parametri delle concessioni in sede di varianti/rinnovi ai fini del rispetto del bilancio idrico e idrogeologico a scala di sottobacino;

MISURA 3: Imposizione di stazioni di misura della portata in alveo su tratti sottesi o a valle della restituzione di concessioni d'acqua ad uso idroelettrico in occasione di procedimenti di rinnovo/riassegnazione delle concessioni a derivare o procedure di assoggettabilità alla VIA;

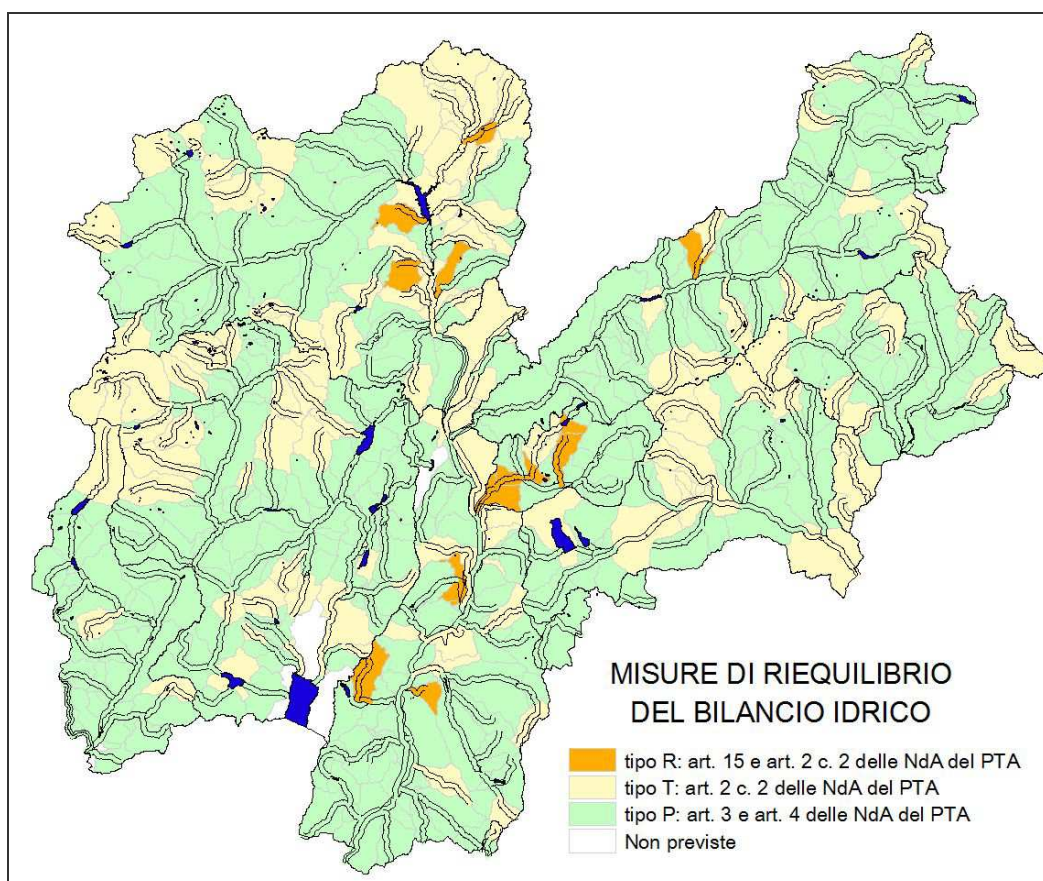
Si riportano di seguito i 14 corpi idrici con misure di tipo R, assieme a quelle misure idrologiche previste nella Tabella 12 del citato Allegato G al PTA.

Corpo Idrico	Denominazione	MISURE nell'All. G al PTA
A002A1F001011tn	fossa Maestra di Aldeno	MISURA 1
A0A4010000021tn	t. Arione	MISURA 1
A0Z3000200011tn	rio Coste	MISURA 1
A1A5010000021tn	rio Val di Gambis	MISURA 1
A200000000051tn	t. Fersina	MISURA 1
A200000000061tn	t. Fersina	MISURA 1
A202000000041tn	t. Silla	MISURA 1
A2A3010000011tn	rio Negro	MISURA 1 e 2
A304A20010011tn	rio Rosna	MISURA 1 e 2
A352010000021tn	t. Sass	MISURA 1 e 2
A003010000011tn	r. Gresta r. Molini	MISURA 1 e 2
A20200000000616tn	lago Serraia	MISURA 2
A3A3A10010011tn	rio Ribosc	MISURA 1 e 3
A3Z2010000021tn	rio Pongaiola	MISURA 1 e 3

MISURE di tipo T: art. 2 comma 2 (Condizioni per il rilascio di concessioni idriche) delle norme di attuazione del PTA (2022-2027), in cui si sancisce che nei corpi idrici fluviali in stato ecologico sufficiente, scarso ed elevato, e nei relativi bacini afferenti, non sono in ogni caso ammesse nuove concessioni, salvo, in relazione ai soli bacini afferenti, le derivazioni non dissipative che vengono restituite prima della confluenza con i corpi idrici.

MISURE di tipo P: art. 3 (Misure per il rilascio di concessioni su corpi idrici fluviali in stato di qualità o potenziale ecologico buono o buono "instabile") e art. 4 (Valutazione ambientale Ex Ante delle derivazioni idriche) che stabiliscono che per i corpi idrici superficiali in stato buono, e ai corrispondenti bacini afferenti, si applica la valutazione Ex Ante.

Di seguito si riporta la mappa dei corpi idrici superficiali con l'applicazione delle 3 tipologie di misure di riequilibrio previste.



6. SINTESI DELLE MISURE DI RIEQUILIBRIO DEL BILANCIO IDRICO PREVISTE DALLE NORME VIGENTI (PGUAP E PTA)

Con riferimento a tutte le considerazioni sopra esposte, l'equilibrio del bilancio idrico si ottiene con l'attuazione integrata sia di misure di risparmio idrico, sia di misure di riequilibrio finalizzate alla tutela qualitativa della risorsa idrica legate al corpo idrico, tali misure di fatto sono già contenute negli strumenti di pianificazione della Provincia di Trento attualmente vigenti.

Si riportano di seguito una sintesi delle principali azioni e misure ritenute più significative che devono essere attuate per il raggiungimento/mantenimento dell'equilibrio del Bilancio Idrico ai sensi dell'art. 4 delle norme di attuazione del PGUAP:

- Raggiungimento degli obiettivi di **RISPARMIO IDRICO** indicati nel PGUAP con azioni messe in campo in sede di rinnovo o autorizzazione di concessioni. Azioni di adeguamento

dell'infrastrutturazione della rete idrica e attuazione di politiche mirate alla riduzione delle perdite e all'ottimizzazione dell'utilizzo, si dovranno affiancare anche alla raccolta e razionalizzazione dei dati inerenti l'utilizzo delle acque al fine di verificarne i livelli reali di efficienza e la loro evoluzione temporale

rif. artt. 6, 7 e 14 delle norme di attuazione del PGUAP.

- Attuazione delle **misure di tipo R per il RIEQUILIBRIO del bilancio idrico finalizzate alla tutela quali quantitativa della risorsa** inserite nel **Programma delle misure** dell'Allegato G del PTA. Applicazione delle misure di mitigazione degli impatti idrologici (riportate nel Cap. 4) in sede di rinnovo o varianti di concessioni ricadenti nei corpi idrici interessati dalla misura, da attuarsi mediante l'adeguamento del rilascio del DMV fino ai valori previsti dal PGUAP e la diminuzione della dotazione idrica per concessioni a uso irriguo fino ai valori di fabbisogno previsti dal PGUAP. Imposizione di stazioni di misura della portata in alveo su tratti sottesi o a valle della restituzione di concessioni d'acqua ad uso idroelettrico in occasione di procedimenti di rinnovo/riassegnazione delle concessioni a derivare o procedure di assoggettabilità alla VIA

rif. artt. 4 e 5 delle norme di attuazione del PGUAP, e art. 2 comma2 e art. 15 delle norme di attuazione del PTA (2022-2027), rif. ALLEGATO G - Programma delle misure: misure da adottare per il raggiungimento degli obiettivi di qualità del PTA.

- Attuazione delle **misure di tipo T per il RIEQUILIBRIO del bilancio idrico finalizzate alla tutela quali quantitativa della risorsa**, nei corpi idrici fluviali in stato ecologico sufficiente, scarso ed elevato e relativi bacini afferenti, non sono in ogni caso ammesse nuove concessioni, salvo, in relazione ai soli bacini afferenti, le derivazioni non dissipative che vengono restituite prima della confluenza con i corpi idrici.

rif. art. 2 comma 2 delle norme di attuazione del PTA (2022-2027).

- Attuazione delle **misure di tipo P per il RIEQUILIBRIO del bilancio idrico finalizzate alla tutela quali quantitativa della risorsa**, tramite l'applicazione della valutazione ambientale Ex Ante alle nuove concessioni su corpi idrici fluviali e relativi bacini afferenti in stato di qualità o potenziale ecologico buono o buono "instabile".

rif. artt. 3 e 4 delle norme di attuazione del PTA (2022-2027).

- Attuazione della misura di miglioramento delle conoscenze attraverso **l'integrazione delle reti di monitoraggio quantitativo delle acque superficiali e sotterranee**, per fornire osservazioni più puntuali sulle portate (in particolare quelle di deflusso ordinario), e sui livelli piezometrici al fine di orientare il quadro conoscitivo anche a supporto delle valutazioni degli effetti dei cambiamenti climatici, della definizione dell'aggiornamento del bilancio idrico provinciale e della gestione delle concessioni idriche. A tal fine si istituisce un gruppo di lavoro che coinvolge tutti gli attori interessati (formato da APPA, APRIE, SBM, SPR e CUE e Servizio Agricoltura) per l'individuazione di un set di stazioni idrometriche di riferimento.

rif. art. 37 delle norme di attuazione del PGUAP, rif. ALLEGATO M –Il ruolo dei cambiamenti climatici delle norme di attuazione del PTA (2022-2027).

7. PERIODICITÀ DELL'AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE

L'art. 5 delle norme di attuazione del PGUAP al comma 4 prevede che "il bilancio idrico, in prima stesura individuato con l'approvazione del PGUAP è rivisto con cadenza periodica e comunque in occasione di situazioni siccitose o alluvionali di particolari criticità". Questo secondo aggiornamento del bilancio idrico 2023 ha assunto come scenario di riferimento per la modellazione il periodo di riferimento idrologico tra il 2011 ed il 2018, ed utilizza come condizione derivatoria quella con le concessioni attive ad aprile 2019. Di conseguenza è stato modellato l'anno 2017 che è risultato particolarmente siccitoso, così come il 2014 particolarmente piovoso.

Si evidenzia la necessità di cadenzare l'aggiornamento del bilancio idrico in sintonia con il Piano di Tutela delle Acque, poiché i due strumenti pianificatori sono strettamente correlati. Vista l'onerosità richiesta dalla modellistica utilizzata per la definizione del bilancio idrico, si suggerisce che il prossimo aggiornamento avvenga non con ciclo di pianificazione del 2027 ma con il successivo. Si auspica che in futuro sia possibile allungare il riferimento idrologico (in questo momento 2011 – 2018) in modo da comprendere una maggiore variabilità idrologica, più rappresentativa del periodo.

ALLEGATO TECNICO:
ANALISI PROPEDEUTICHE
ALLA DEFINIZIONE DEL SECONDO AGGIORNAMENTO
DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE

INDICE

1.	LA MODELLAZIONE IDROLOGICA	37
1.1.	IL MODELLO <i>GeoTRANSF</i> : MODELLAZIONE DEL CICLO IDROLOGICO	37
1.1.1.	IL MODELLO CONCETTUALE DI <i>GeoTRANSF</i>	38
1.1.2.	GLI INPUT DEL MODELLO: IL DATABASE IDROLOGICO	40
1.1.3.	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE DEL MODELLO <i>GeoTRANSF</i>	41
1.2.	IL MODELLO <i>GeoTRANSF</i> : MODELLAZIONE DELL'EFFETTO DELLE UTILIZZAZIONI	42
1.2.1.	LA MODELLAZIONE DELLE GRANDI CONCESSIONI IDROELETTRICHE (GDI)	42
1.2.2.	LA MODELLAZIONE DELLE "PICCOLE" CONCESSIONI	43
1.2.3.	LA MODELLAZIONE DEI PRELIEVI SUPERFICIALI, DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE E DELLE RESTITUZIONI	45
1.3.	IL MODELLO <i>GeoTRANSF</i> : AGGIORNAMENTI MODELLISTICI	47
1.3.1.	L'AGGIORNAMENTO DEL MODULO NEVE E DEL MODULO GHIACCIAIO	47
1.3.2.	L'AGGIORNAMENTO DELLA MODELLAZIONE DEL RILASCIO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE	48
1.3.3.	I MIGLIORAMENTI DELLA MODELLAZIONE DEI PRELIEVI	49
1.4.	IL MODELLO <i>GeoTRANSF</i> : OUTPUT DISPONIBILI	50
1.4.1.	LE PORTATE MEDIE GIORNALIERE IN ALVEO	51
1.4.2.	I VOLUMI PRELEVATI DALLE DERIVAZIONI	53
2.	IL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE	53
2.1.	LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO ATTUALIZZATA AL PERIODO 2011 – 2018	53
2.1.1.	LA PRE-ANALISI DEI DATI DI PORTATA DELLE STAZIONI IDROMETRICHE DISPONIBILI PER LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO <i>GeoTRANSF</i>	54
2.1.2.	LE STAZIONI IDROMETRICHE IMPIEGATE PER LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO <i>GeoTRANSF</i>	54
2.1.3.	I MISURATORI DI PORTATA IMPIEGATI PER LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO <i>GeoTRANSF</i>	57
2.2.	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE SVILUPPATI	62
2.2.1.	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE PER IL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE	62
2.2.2.	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE PER LA DEFINIZIONE DELL'INDICE DI ALTERAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO (IARI)	63
2.2.3.	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA RISORSA IDRICA	64
2.3.	I DATI DI INPUT PER IL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO E CONFRONTO CON IL PRECEDENTE	66
2.3.1.	LE FORZANTI METEOROLOGICHE	66
2.3.2.	LE PORTATE MONITORATE	73
2.4.	LE DERIVAZIONI IMPLEMENTATE NEL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO E IL CONFRONTO CON IL PRECEDENTE	74
2.4.1.	LA SITUAZIONE DERIVATORIA IMPLEMENTATA PER IL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO	74

2.4.2. IL CONFRONTO CON LA SITUAZIONE DERIVATORIA UTILIZZATA PER IL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO	76
2.5. LA SITUAZIONE DEL RILASCIO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE NEL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO	78
3. <u>GLI INDICI IDROLOGICI UTILIZZATI NEL NUOVO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO PROVINCIALE</u>	78
3.1. INDICE DI EQUILIBRIO E DISEQUILIBRIO DEL BILANCIO IDRICO (WBI)	79
3.2. INDICATORE DI SFRUTTAMENTO IDRICO MENSILE (WEI+)	84
3.3. INDICE SINTETICO	85
3.4. APPLICAZIONE DEGLI INDICI IDROLOGICI AI CORPI IDRICI TIPIZZATI	89
3.5. CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI CON QUELLI DEL PRIMO AGGIORNAMENTO DEL BILANCIO IDRICO	92
4. <u>RAFFRONTO TRA STATO ECOLOGICO DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI E INDICI IDROLOGICI</u>	93

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Confronto delle portate medie del periodo 2000 – 2008 tra bilancio idrico attuale e nuovo aggiornamento.	54
Tabella 2 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Adige.	55
Tabella 3 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del torrente Fersina.	55
Tabella 4 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Noce.	55
Tabella 5 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del torrente Avisio.	56
Tabella 6 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Brenta, torrente Vanoi e Cismon.	56
Tabella 7 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Sarca.	57
Tabella 8 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Chiese.	57
Tabella 9 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Adige.	58
Tabella 10 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Noce.	58
Tabella 11 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del t. Avisio.	59
Tabella 12 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del t. Cismon.	59
Tabella 13 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Sarca.	60
Tabella 14 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Chiese.	61
Tabella 15 – Precipitazione media annua del periodo di riferimento registrata alle 78 stazioni meteorologiche impiegate nel primo e nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico.	68
Tabella 16 – Temperatura media annuale del periodo di riferimento registrata alle 78 stazioni meteorologiche impiegate nel primo e nel secondo aggiornamento del bilancio idrico.	71
Tabella 17 – Portata media annuale del periodo di riferimento registrata alle stazioni idrometriche attendibili impiegate nel primo e nel secondo aggiornamento del bilancio idrico.	73
Tabella 18 – Portate [m ³ /s] medie annue concesse alle derivazioni da acque superficiali, divise per bacini principali e utilizzi.	75
Tabella 19 – Portate [m ³ /s] medie annue concesse alle derivazioni da falda, divise per bacini principali e utilizzi.	75
Tabella 20 – Raffronto della situazione derivatoria tra il bilancio idrico vigente e l'attuale aggiornamento.	76
Tabella 21 – Confronto delle portate medie annue, diviso per tipo di utilizzo, tra il primo e il secondo aggiornamento del bilancio idrico.	77
Tabella 22 – Schema per la definizione dell'indicatore di sfruttamento mensile WEI+.	88
Tabella 23 – Schema per la definizione dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico WBI.	88
Tabella 24 – Schema per la definizione del nuovo indice sintetico, tramite WBI annuo e WEI+ del mese più sfruttato.	89

Tabella 25 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali dell’indice WBI annuo.	90
Tabella 26 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato.	91
Tabella 27 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali degli indici WBI annuo e WEI+.	91
Tabella 28 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali dell’indice sintetico (unione di WBI annuo e WEI+).	92
Tabella 29 – Raffronto tra primo e secondo aggiornamento del bilancio idrico dell’indice WBI annuo e WEI+, definiti per i sottobacini elementari di calcolo.	93
Tabella 30 – Attribuzione per ogni stato ecologico del numero di corpi idrici superficiali ricadenti nelle diverse classi dell’indice sintetico, dell’indice WBI annuo e dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato.	95
Tabella 31 – Attribuzione per ogni stato ecologico della percentuale dei corpi idrici superficiali ricadenti nelle diverse classi dell’indice sintetico, dell’indice WBI annuo e dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato.	96
Tabella 32 – Attribuzione alle classi dell’indice sintetico, dell’indice WBI annuo e dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato di tutti i corpi idrici superficiali, del numero di quelli a valle ricadenti nei diversi stati ecologici.	97

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Struttura generale del modello <i>GeoTransf</i>	38
Figura 2 – Struttura di confluenza di bacini elementari.	39
Figura 3 – Modello concettuale del bilancio idrologico dei sottobacini elementari computazionali.	40
Figura 4 – Schema concettuale di modellazione dei serbatoi	43
Figura 5 – Struttura del modello <i>GeoTransf</i> : prelievi e restituzioni	45
Figura 6 – Schema concettuale di modellazione dei prelievi superficiali	46
Figura 7 – Modellazione di derivazioni con rilascio DMV e portata massima concessa Q_{max}	46
Figura 8 – Modello concettuale del bilancio energetico implementato nei moduli <i>Neve</i> e <i>Ghiacciaio</i>	47
Figura 9 – Costruzione di una curva di durata annua delle portate medie giornaliere	51
Figura 10 – Andamento della precipitazione annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche, dal 1988 al 2018: in verde gli anni di riferimento per il primo aggiornamento del bilancio idrico vigente, in rosso quelli del secondo.	69
Figura 11 – Confronto della precipitazione mensile mediata sulle 78 stazioni meteorologiche nei due periodi di riferimento.	70
Figura 12 – Andamento della temperatura media annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche, dal 1988 al 2018: in verde gli anni di riferimento per il bilancio idrico vigente, in rosso quelli del suo attuale aggiornamento.	72
Figura 13 - Confronto della temperatura media mensile mediata sulle 78 stazioni meteorologiche nei due periodi di riferimento.	73
Figura 14 – Rappresentazione della ripartizione delle portate medie annue nei diversi tipi di utilizzo, considerate nel primo e nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico.	77
Figura 15 – Esempio della condizione di equilibrio di bilancio idrico: le portate dello scenario reale e naturalizzato coincidono per valori inferiori al DMV	80
Figura 16 – Esempio della condizione di disequilibrio di bilancio idrico: le portate dello scenario reale e naturalizzato non coincidono per valori inferiori al DMV.	81
Figura 17 – Effetto di una nuova derivazione in un bacino in equilibrio di bilancio idrico: a sinistra con rilascio di un DMV superiore a quanto previsto da PGUAP, mentre a destra con DMV inferiore.	83
Figura 18 – Effetto di una nuova derivazione in un bacino in disequilibrio di bilancio idrico: a sinistra la situazione reale dovuta a un prelievo che rilascia un DMV inferiore al valore di PGUAP, a destra una nuova concessione a valle con un rilascio superiore.	83
Figura 19 – Esempio di calcolo dell'indicatore di sfruttamento WEI+ tramite l'uso delle curve di durata mensile delle portate dello scenario reale e naturalizzato	85
Figura 20 – Esempio di un bacino in equilibrio di bilancio idrico e poco sfruttato (WEI+ nullo).	86
Figura 21 – Esempio di un bacino in disequilibrio di bilancio idrico, ma poco sfruttato (WEI+ nullo).	87
Figura 22 – Esempio di un bacino in equilibrio di bilancio idrico, ma molto sfruttato (WEI+ basso)	87
Figura 23 – Mappa dell'applicazione ai corpi idrici superficiali dell'indice WBI annuo	90
Figura 24 – Mappa dell'applicazione ai corpi idrici superficiali dell'indicatore WEI+ del mese più sfruttato.	91

Figura 25 – Mappa dell'indice sintetico (unione di WBI annuo e WEI+), applicato ai corpi idrici superficiali.....	92
---	----

1. LA MODELLAZIONE IDROLOGICA

La modellazione idrologica permette di ricostruire i deflussi nei corsi d'acqua superficiali a partire dalle forzanti meteorologiche misurate al suolo. Questo tipo di risultato è funzionale all'elaborazione di indici idrologici volti a fornire una chiara visione della disponibilità di risorse idriche e dell'impatto legato al loro sfruttamento, e pertanto utile alla definizione del bilancio idrico.

Per il primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, che è stato approvato con deliberazione di Giunta Provinciale n. 1996 del 27 settembre 2013, è stato adottato il modello idrologico *GeoTransf*, che è stato sviluppato negli anni dal gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Alberto Bellin, docente del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento, opportunamente perfezionato per tenere conto dell'esigenza di poter simulare l'impatto di tutte le derivazioni presenti sul territorio provinciale.

Per il secondo aggiornamento del bilancio idrico provinciale è stato impiegato il medesimo modello idrologico *GeoTransf*, affinato e potenziato per migliorarne la prestazione, adeguandolo anche a nuove esigenze concernenti la gestione delle concessioni idriche. Inoltre, in fase di aggiornamento del bilancio idrico provinciale, è stato anche attualizzato il periodo di riferimento della situazione idrologica e delle utilizzazioni idriche modellate, passando dal precedente 2000 – 2008 al più attuale 2011 – 2018.

1.1. Il modello *GeoTransf*: modellazione del ciclo idrologico

Di seguito si descrive brevemente il funzionamento del modello *GeoTransf*; per un maggiore approfondimento riguardo agli algoritmi di calcolo impiegati, le specifiche tecniche di calibrazione e validazione del modello e le modalità di modellazione dei prelievi, si può fare riferimento alle relazioni allegate alla delibera di approvazione del bilancio idrico attualmente in vigore (Del.G. n. 1996/2013).

GeoTransf è un modello idrologico continuo in grado di simulare contemporaneamente sia i processi naturali di produzione del deflusso che l'effetto dovuto alla presenza di opere di impatto antropico (dighe, serbatoi, gronde, prelievi, restituzioni). Il modello è basato su un approccio di tipo semi – distribuito che consente di coniugare velocità di calcolo e accuratezza della modellazione attraverso l'utilizzo di un modello concettuale per tempi di residenza. Il vantaggio principale di questo tipo di approccio è di limitare la quantità di informazioni necessarie per la sua applicazione rispetto ai modelli distribuiti che richiedono invece la conoscenza dettagliata di molte grandezze fisiche specifiche delle varie zone che compongono un bacino, quali i parametri idraulici dei terreni, lo spessore del suolo, l'orografia del territorio e molti altri ancora. Su grande scala è attualmente impossibile determinare tutti questi dati. Spesso invece tutto ciò di cui si dispone, è un modello digitale del terreno, la carta geologica e di uso del suolo e poche altre informazioni. Questa mancanza di informazioni disponibili e l'applicazioni su grandi scale spaziali e temporali giustificano l'utilizzo di modelli semi – distribuiti che consentono, attraverso formule empiriche o derivanti da modelli fisicamente basati semplificati, di descrivere i principali fenomeni di interesse in maniera sufficientemente accurata per riprodurre un bilancio idrologico attendibile.

La struttura generale del modello *GeoTransf* è rappresentata nello schema sottostante. Le parti principali che lo costituiscono sono un database idrologico, che contiene i dati caratterizzanti il bacino in esame (derivati da DEM, carta geologica, carte dell'uso del suolo, precipitazioni, temperature e portate misurate), e diversi moduli e sotto-moduli interconnessi fra loro, atti a descrivere la generazione del deflusso e i meccanismi di trasporto dell'acqua nella rete idrografica.

Il modello include inoltre alcuni moduli che consentono di considerare l'effetto delle utilizzazioni e di gestire sia i prelievi sia le restituzioni in alveo o in falda. Si possono così inserire nel bilancio le piccole concessioni e le grandi, che comportano spesso diversioni anche significative tra i sottobacini.

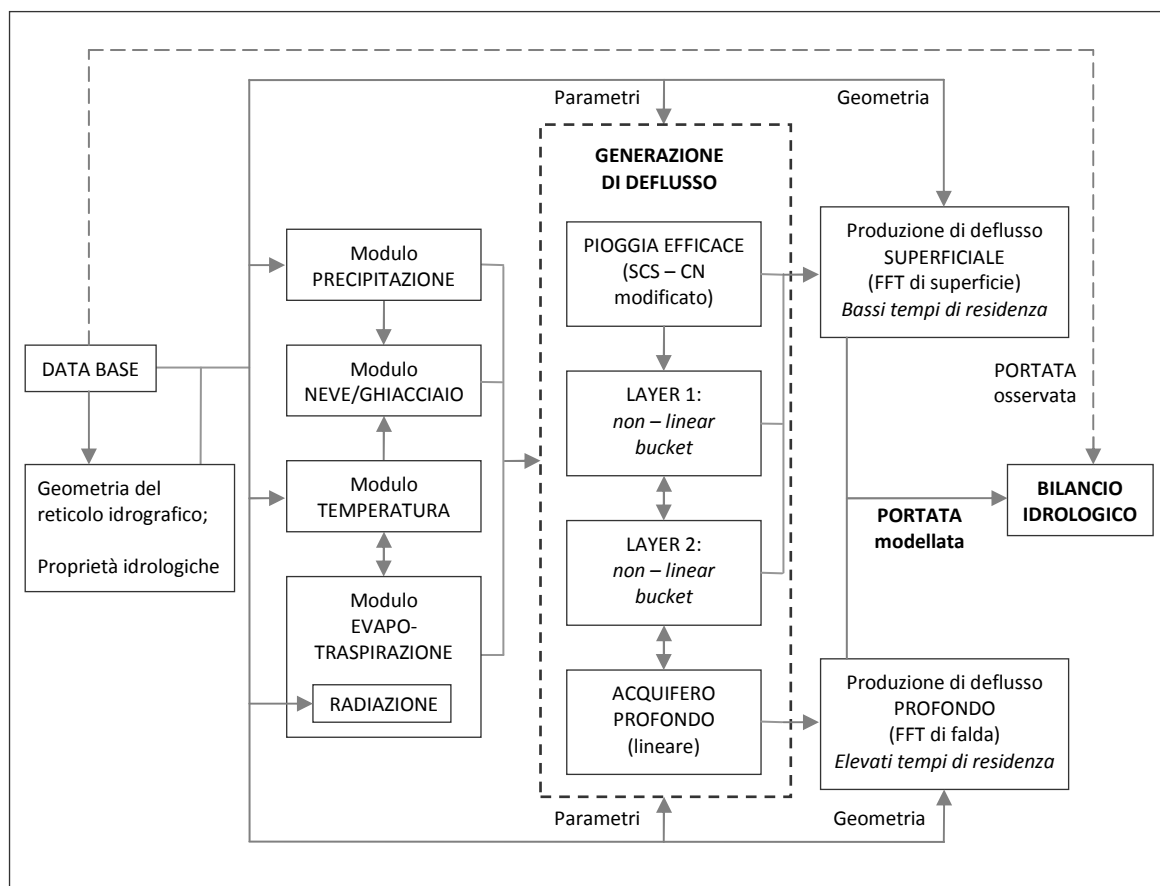


Figura 1 – Struttura generale del modello *GeoTransf*

1.1.1. Il modello concettuale di *GeoTransf*

Il modello *GeoTransf* è applicato separatamente a ciascun bacino principale della Provincia (tipicamente quelli di primo livello: Adige, Fersina, Avisio, Noce, Brenta–Vanoi–Cismon, Astico, Sarca e Chiese), che viene suddiviso in sottobacini elementari (detti anche “computazionali” o di calcolo) connessi alla sezione di chiusura mediante il reticolo idrografico. Gli elementi morfologici di base sono quindi i sottobacini nei quali prevalgono i processi di infiltrazione, redistribuzione e generazione del deflusso (tali processi sono comunemente chiamati processi di versante) ed i canali, che raccolgono i deflussi generati dai sottobacini e li convogliano verso la sezione di chiusura; in essi prevalgono quindi i processi di trasferimento. Nella Figura 2 è riportato un esempio di suddivisione in sottobacini con l’individuazione del percorso che, mediante canali collegati in serie, connette uno di essi alla sezione di chiusura del bacino principale. Le forzanti meteorologiche esterne (precipitazioni e temperatura), misurate nelle stazioni meteorologiche contenute nel bacino, sono distribuite spazialmente mediante

l'interpolatore geostatistico "ordinary kriging" nel caso della precipitazione, e mediante interpolazione lineare con la quota nel caso delle temperature. In questo modo a ogni sottobacino è assegnata una precipitazione ed una temperatura, corrispondenti ognuna alla media spaziale riferita all'area del medesimo sottobacino.

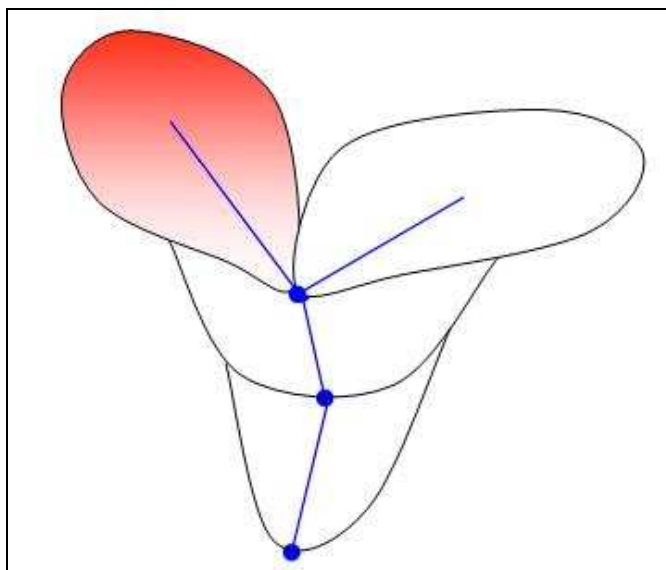


Figura 2 – Struttura di confluenza di bacini elementari.

La risposta idrologica di ogni sottobacino è calcolata seguendo lo schema concettuale riportato nella Figura 3, secondo il quale lo spessore di suolo idrologicamente attivo è suddiviso in due strati. Nel primo strato avvengono i processi di infiltrazione e redistribuzione, nel secondo avviene la generazione del deflusso. Il primo strato (layer 1) si estende fino alla profondità di 1 m e sulla sua superficie insistono le forzanti meteoriche (precipitazione e temperatura), che governano i processi di accumulo/fusione nivo-glaciale e l'evapotraspirazione. La quantità d'acqua che raggiunge la superficie, costituita dalla pioggia e dall'eventuale fusione nivale (quest'ultimo può essere presente anche in assenza di precipitazioni se vi sono le condizioni idonee di temperatura e vi è la presenza della neve al suolo), è suddivisa fra deflusso superficiale e infiltrazione. Il primo è calcolato mediante il metodo SCS ed è trasferito direttamente nel canale che raccoglie i deflussi del sottobacino. Il secondo è dunque ottenuto per differenza fra la precipitazione, eventualmente incrementata della fusione nivale, e il deflusso superficiale. Il primo strato è sede dei processi di evapotraspirazione, che concorrono a ridurre la quantità d'acqua disponibile per l'infiltrazione verso lo strato sottostante (layer 2). L'alimentazione di quest'ultimo dipende esponenzialmente dal contenuto d'acqua del primo layer. Questo equivale a ipotizzare che il flusso nel primo strato avvenga in condizioni di parziale saturazione e che il gradiente di suzione sia prossimo allo zero, per cui domina la gravità. Il secondo strato, a sua volta, produce del deflusso che entra nel canale, mentre una parte dell'acqua contenuta nello strato si infila in profondità e non rientra nella rete. La legge di generazione del deflusso è del tipo esponenziale, come nel primo strato (layer 1). In entrambi gli strati, il contenuto d'acqua è calcolato e continuamente aggiornato ad ogni step di calcolo mediante il bilancio idrologico che considera ingressi e uscite, tra cui anche la presenza di derivazioni da pozzo che vengono applicate idealmente al secondo layer.

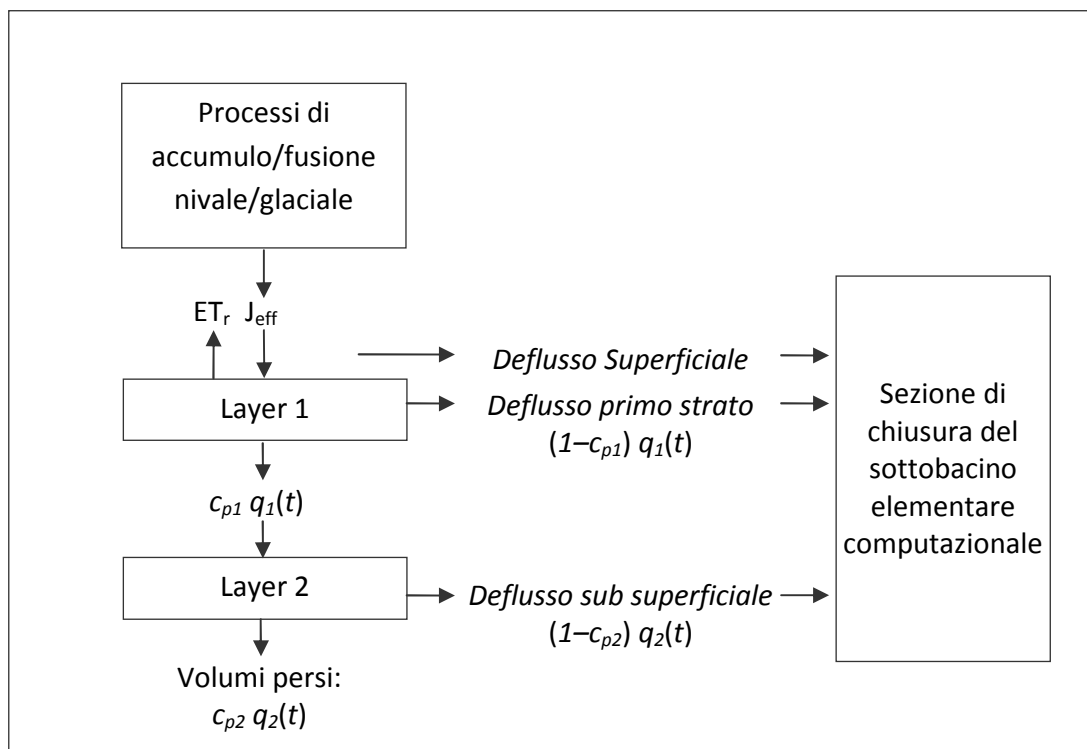


Figura 3 – Modello concettuale del bilancio idrologico dei sottobacini elementari computazionali.

1.1.2. Gli input del modello: il database idrologico

Il Database (Figura 1) è la base di partenza per lo studio idrologico di un bacino idrografico e contiene tutti i dati idrologici, idrogeologici, meteorologici, topografici di cui il modello ha bisogno per eseguire le simulazioni. Il modello *GeoTransf* utilizza un database contenente i seguenti dati:

- Digital Elevation Model (DEM): è usato per l'analisi geomorfologica con l'utilizzo di un GIS (Geographic Information System), che permette di creare la mappa di accumulazione da cui stabilire le direzioni di drenaggio dei sottobacini elementari fino alla sezione di chiusura del bacino principale;
- mappe d'uso del suolo e geologia, per ottenere informazioni concernenti la distribuzione spaziale delle proprietà idrologiche del suolo, che sono essenziali per il calcolo dell'evapotraspirazione, della precipitazione efficace, della filtrazione e del deflusso sub-superficiale;
- dati di precipitazione e di temperatura massima e minima giornaliere, misurati dalle stazioni termo – pluviometriche interne o in prossimità ai limiti del bacino;
- dati di portata in alveo a partire dai dati idrometrici registrati alle stazioni di monitoraggio e dalle corrispondenti scale di deflusso, utilizzati principalmente per la fase di calibrazione del modello;
- dati sull'uso delle acque, cioè i dati di utilizzo delle risorse idriche (derivazioni e restituzioni), per la modellazione dell'effetto delle derivazioni sulla portata di deflusso in alveo;
- dati sui sistemi di adduzione (canali di gronda, serbatoi e dighe) delle grandi concessioni idroelettriche, fondamentali per una loro corretta modellazione;
- dati di immissioni puntuali di portata, come gli scarichi dei depuratori in alveo.

A questi si aggiungono delle grandezze che sono stimate attraverso formule empiriche:

- dati sulla radiazione solare, ricavati tramite modelli;

- dati di ETp ricavati tramite modelli che utilizzano altri dati quali temperatura e radiazione solare.

Tramite l'analisi dei dati contenuti in queste informazioni, è stata definita la struttura di drenaggio di ogni bacino principale (Adige, Fersina, Avisio, Noce, Brenta–Vanoi–Cismon, Astico, Sarca e Chiese) e la sua suddivisione in sottobacini elementari di calcolo interconnessi tramite il reticolo idrografico, sono riprodotte le infrastrutture di prelievo/restituzione di tutte le derivazioni idriche, e vengono individuati i punti utili alla calibrazione del modello. Da questo processo si creano infine i file di input necessari per l'esecuzione di *GeoTransf*.

1.1.3. Gli scenari di simulazione del modello *GeoTransf*

Il modello *GeoTransf* permette di replicare il comportamento idrologico di un bacino, ricostruendo i deflussi nei corsi d'acqua a partire dalle forzanti meteorologiche misurate al suolo e in funzione degli attingimenti antropici che sfruttano la risorsa idrica impattandola anche in modo consistente. È quindi un ottimo strumento di aiuto alla pianificazione perché possiede alcuni vantaggi:

- di essere facilmente riproducibile e controllabile;
- di estrarre agevolmente le informazioni;
- di agevolare la costruzione di scenari ipotetici di sfruttamento idrico e di cambiamento climatico.

È quindi possibile stabilire degli scenari di simulazione che riproducono l'effetto finale sulle portate in alveo, dovuto alle precipitazioni e temperature inserite in input al modello, ma anche alle derivazioni e restituzioni che si stabilisce di modellare per valutarne l'impatto e le conseguenze.

Calibrazione del modello GeoTransf

Per fare tutto ciò è stato necessario innanzitutto eseguire la calibrazione del modello *GeoTransf*, o per meglio dire stimare i parametri utilizzati negli algoritmi di calcolo dei processi idrologici modellati (Figura 3), in maniera che replichino nel migliore dei modi il comportamento realmente osservato nei deflussi monitorati lungo i corsi d'acqua.

Tale stima si esegue utilizzando algoritmi automatici di calibrazione che richiedono la presenza di misure di dati sia di input che di output; gli input per essere applicati quali forzanti del modello, gli output misurati per essere confrontati numericamente e/o graficamente con gli output del modello.

Il calibratore utilizzato per il modello idrologico *GeoTransf* è il P.S.O. (Particle Swarm optimization) che minimizza un'opportuna funzione obiettivo che, nel caso in esame, rappresenta il confronto tra la portata misurata e la portata simulata in una definita sezione di controllo. La P.S.O. consente quindi di ricostruire la parametrizzazione dei processi di base che caratterizzano i deflussi superficiali e nel sottosuolo e di avere anche una stima dell'incertezza intrinseca del modello stesso.

In tal senso è importante ricordare che i valori misurati utilizzati come input e quelli di controllo degli output forniti dal modello, sono anch'essi soggetti a errori, sia strumentali che di osservazione. Ad esempio, due fattori delicati in un modello idrologico sono da una parte le misure di precipitazione che, anche se precise, sono in ogni caso puntuali e non riproducono fedelmente l'input globale spazializzato; e dall'altra le misure di portata che non sono direttamente misurate, ma stimate tramite le idrometrie e l'applicazione della scala di deflusso della sezione di monitoraggio. È sicuramente

questa la fase più critica tra quelle che portano alla costruzione del modello in quanto, come generalmente avviene, il successo delle elaborazioni dipende fortemente dall'accuratezza dei dati.

Simulazioni del modello GeoTransf

Una volta eseguita la calibrazione del modello, i parametri ottenuti sono utilizzati per le simulazioni di differenti scenari che restituiscono la portata giornaliera fluente alla chiusura di ciascun sottobacino elementare, che è attesa in base al periodo di riferimento idrologico e al contesto di sfruttamento della risorsa che sono stati applicati.

Il periodo di riferimento idrologico si riferisce alle forzanti meteorologiche che appunto influiscono direttamente sulla risposta idrologica, e quindi sulla disponibilità di risorsa idrica naturalmente in alveo. Queste sono precipitazione, temperatura minima e massima giornaliere misurate in un preciso periodo storico, sia esso un anno o una decade o un trentennio.

Definito lo scenario meteorologico riferito all'arco temporale che si desidera riprodurre, gli scenari di simulazione consistono nell'applicare al modello delle condizioni derivatorie che possono essere reali oppure ipotetiche, ma in ogni caso devono essere rappresentative della condizione di sfruttamento i cui effetti sulla risorsa si desiderano analizzare. Lo scenario più significativo è quello in cui sono assenti tutte le attività antropiche di utilizzazione idrica: è questo lo scenario naturalizzato (o naturale) rispetto al quale vengono determinati molti indici idrologici, o per lo meno i più utilizzati nella definizione del bilancio idrico (§3. *Gli indici idrologici utilizzati nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale*).

1.2. Il modello GeoTransf: modellazione dell'effetto delle utilizzazioni

Il modello idrologico *GeoTransf* permette di ricostruire a scala giornaliera i deflussi in alveo, in una determinata sezione, utilizzando in ingresso informazioni quali: modello digitale del terreno (DEM), geologia e uso del suolo, ubicazione e curva delle aree dei ghiacciai, misure di precipitazione e temperatura giornaliere. Poiché *GeoTransf*, come precedentemente illustrato, effettua il bilancio idrologico suddividendo l'area in sottobacini elementari (computazionali), per ognuno di essi viene utilizzato il dato medio areale dei parametri di input.

Nel caso siano presenti utilizzi antropici della risorsa idrica, *GeoTransf* è in grado di modellare separatamente, e ove possibile consequenzialmente, i singoli prelievi e restituzioni utilizzando la mappatura dei loro punti (coordinate della derivazione/restituzione, tipo di derivazione, uso prevalente della risorsa, portata massima concessa) e tenendo conto anche dell'eventuale rilascio del deflusso minimo vitale (DMV).

1.2.1. La modellazione delle grandi concessioni idroelettriche (GDI)

Per quanto riguarda le grandi concessioni idroelettriche, vista la loro capacità di modificare totalmente i deflussi naturali, è di fondamentale importanza riprodurre il più fedelmente possibile il loro impatto ricorrendo all'equazione di continuità dei serbatoi, se presenti, e alle leggi idrauliche che regolano il deflusso delle gronde di adduzione.

Per fare ciò è però necessario conoscere con precisione la loro struttura (ubicazione dei punti di prelievo, serbatoi o dighe, condotte forzate e restituzioni) e il loro funzionamento idraulico (portate affluenti, derivate o turbinate, portate scaricate in alveo e curva dei volumi degli invasi per i serbatoi o dighe), tutte informazioni utilizzate da *GeoTransf* per la risoluzione dell'equazione di continuità dei serbatoi:

$$dV/dt = Q_{in} - Q_{out} = Q_{in} - Q_{turbinata} - Q_{scaricata} \text{ (DMV)}$$

dove il livello dell'invaso (e il volume disponibile dV) varia in funzione del deflusso entrante (Q_{in}) e uscente (Q_{out}) applicato alla curva dei volumi; la portata scaricata è dettata dal rilascio del DMV imposto, eventualmente aumentata dalla tracimazione dal serbatoio oltre il livello massimo consentito, mentre la portata turbinata è determinata sul valore realmente osservato, compatibilmente con la disponibilità idrica del serbatoio calcolata dal modello. Se nella diga non c'è abbastanza volume utile per supportare ambedue i deflussi (portata turbinata e DMV), *GeoTransf* dà comunque priorità alla portata scaricata, cioè il DMV, e riduce la produzione: se durante la simulazione il serbatoio si svuota allora ambedue le portate si azzerano.

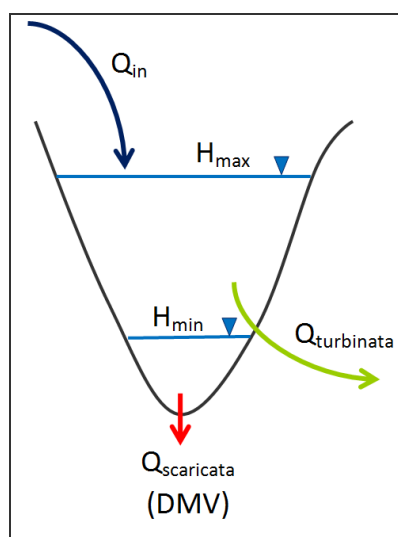


Figura 4 – Schema concettuale di modellazione dei serbatoi

È bene sottolineare che esistono delle imprecisioni riguardo a queste necessarie informazioni, e sono legate essenzialmente al fatto che le portate (turbinate e in ingresso al serbatoio) non sono misurate direttamente. In linea generale le portate turbinate sono stabilite applicando un coefficiente energetico alla produzione elettrica dell'impianto, unico dato certo, che è tenuto costante nel tempo. A sua volta l'incertezza delle portate turbinate si ripercuote sulla determinazione di quelle in ingresso ai serbatoi, che soffrono anche della difficoltà di conoscere in modo sufficientemente accurato la curva dei volumi di invaso.

1.2.2. La modellazione delle “piccole” concessioni

Al fine di riuscire a riprodurre in modo corretto l'andamento delle portate del corso d'acqua alla sezione di chiusura del bacino, è necessario tenere in considerazione anche i prelievi di risorsa idrica che sono effettuati al suo interno (da corso d'acqua principale o da versante) da parte di concessioni più modeste rispetto alle grandi idroelettriche. Nonostante ciò i volumi derivati sono comunque impattanti e vanno pertanto a modificare il comportamento “naturale” del corso d'acqua, vale a dire

l'andamento della portata all'interno dell'asta fluviale. Per tener conto di questi effetti, il modello fa riferimento ai dati disponibili delle concessioni, o meglio alle portate massime concesse (in quanto idraulicamente certe, a differenza delle portate medie) e al DMV eventualmente rilasciato. Per semplicità, si è scelto di raggruppare le tipologie di questi prelievi in due categorie principali, in base al modo con cui impattano sul ciclo idrologico e conseguentemente sulla modalità con cui *GeoTransf* le simula: la prima è costituita dalle tipologie di derivazioni che prelevano dal deflusso superficiale (da reticolo idrografico o da versante), mentre la seconda da quello di falda. Fanno quindi parte della prima categoria tutte le derivazioni cosiddette superficiali (da corsi d'acqua, canali, rogge, laghi, sorgenti, impluvi, eccetera), mentre la seconda è composta esclusivamente dai prelievi da pozzo (e in minor parte da sondaggi).

Per quanto riguarda la modellazione delle restituzioni idriche, se per le grandi derivazioni idroelettriche avvengono sempre in alveo dalle centrali di produzione, nel caso delle "piccole" concessioni non è sempre così, poiché esistono prelievi, detti dissipativi, che non riconsegnano in alveo la risorsa prelevata. Per questo motivo sono anch'esse raggruppate in due categorie, secondo la modalità con cui la risorsa ritorna disponibile nel ciclo idrologico: la prima comprende gli utilizzi che prevedono una reimmissione nel terreno (uso irriguo, antibrina innevamento, lavaggio inerti, eccetera), mentre la seconda le reimmissioni in alveo (uso idroelettrico, ittigenico, industriale, civile potabile, civile generico, eccetera).

Questi raggruppamenti per tipi di prelievo e di utilizzo sono possibili dal momento che nella schematizzazione del modello molte tipologie si comportano in modo del tutto analogo. In particolare, facendo riferimento allo schema di funzionamento di *GeoTransf* (Figura 5), all'interno del bacino elementare di riferimento i prelievi sono modellati nel seguente modo:

- Le derivazioni che avvengono da pozzo sono trattate come se la portata venisse emunta dal secondo layer, poiché da un punto di vista concettuale si presta a rappresentare il livello di fluttuazione della falda. Nel caso in cui il layer per la modellazione delle concessioni da pozzo si svuoti completamente, si può affermare che il livello della falda si sta abbassando eccessivamente, mettendo in crisi la risorsa idrica sotterranea. La restituzione dei volumi prelevati avviene, secondo il tipo di utilizzo, nel primo layer (reimmissione nel terreno) o in alveo; in questo ultimo caso significa aggiungere la portata prelevata alla portata modellata.
- I prelievi superficiali sono invece modellati sottraendo le portate concesse alla "naturale" generata dal sottobacino; la restituzione può in questo caso essere effettuata o nel primo layer (nel caso, ad esempio, di utilizzo agricolo) o in alveo.

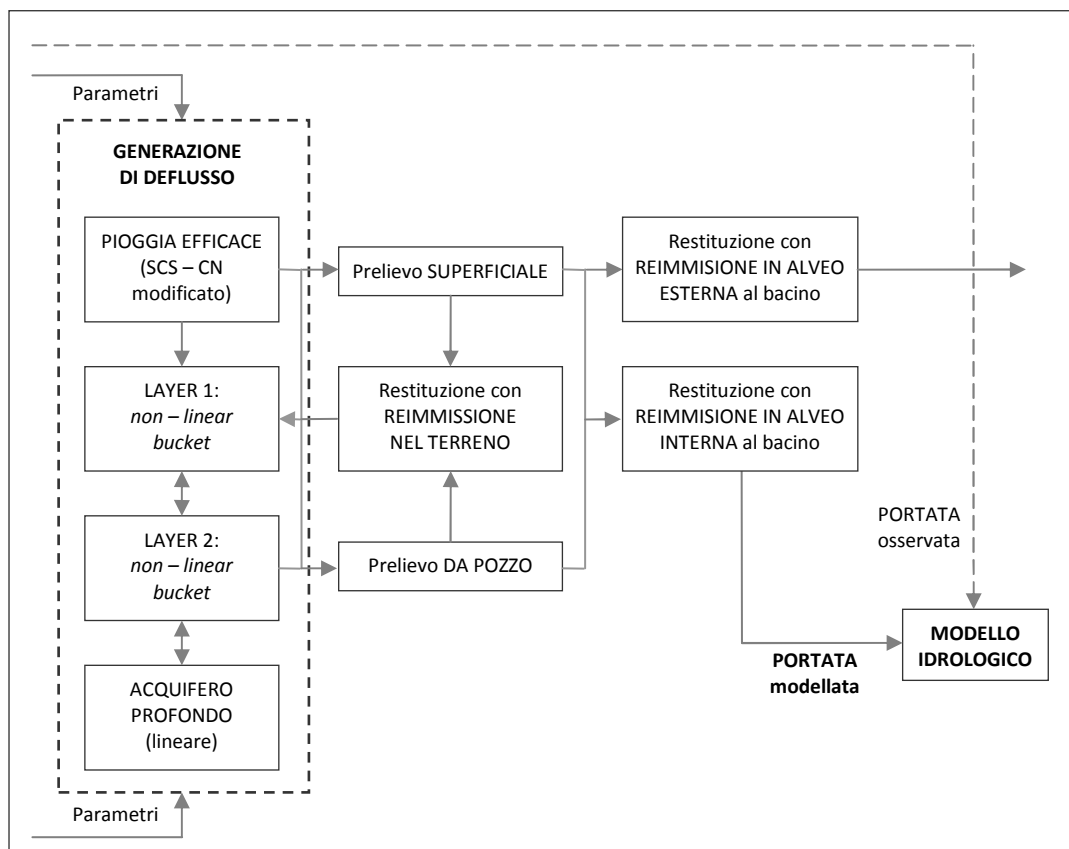


Figura 5 – Struttura del modello *GeoTransf*: prelievi e restituzioni

1.2.3. La modellazione dei prelievi superficiali, del deflusso minimo vitale e delle restituzioni

Entrando nel dettaglio della trattazione, nella prospettiva di simulare correttamente l'effetto del deflusso minimo vitale (DMV) applicato alle singole derivazioni e il conseguente impatto sulla disponibilità di risorse idriche, la modellazione dei prelievi superficiali in *GeoTransf* avviene come segue:

1. Ogni derivazione concessa è considerata singolarmente.
2. A ogni derivazione concessa è assegnata un'area drenante calcolata sulla base della mappa di accumulazione generata sul bacino in base al DEM utilizzato nell'analisi cartografica.

Data la potenziale incertezza che caratterizza tale mappa e l'approssimazione con cui sono state inserite nel database gestionale delle concessioni idriche provinciali (GEDI) le informazioni che riguardano la localizzazione delle opere di presa, è stato deciso di associare al singolo prelievo la massima area drenante ricercata all'interno di un buffer (con raggio di 50 m) dalle coordinate del punto di derivazione.

3. A ogni singola derivazione concessa è associato un valore del DMV, che può essere quello stabilito dal titolo di concessione, oppure quello ottenuto moltiplicando automaticamente l'area drenante all'opera di presa (come da punto 2) per il valore tendenziale ($l/s/km^2$) riportato nella mappa della tavola III.6.2 del PGUAP.
4. Per ogni bacino elementare di calcolo è previsto che le singole derivazioni che prelevano e/o restituiscono al suo interno, siano risolte in maniera consequenziale seguendo il criterio dell'area

drenante (la prima a essere risolta è caratterizzata dalla minore area drenante, l'ultima dalla maggiore); in questo modo è calcolata la portata effettivamente disponibile in corrispondenza dell'opera di presa, poiché si tiene conto dell'effetto dei prelievi e delle restituzioni di monte.

In questo modo dal bilancio idrologico medio giornaliero del bacino il modello *GeoTransf* determina la portata effettivamente disponibile all'opera di presa (punto 4), e ne simula l'effetto sul deflusso di valle tenendo conto che può prelevare solo se presenti all'imbocco portate superiori al DMV, se previsto, e fino alla quantità massima di concessione (schema in Figura 6 e Figura 7).

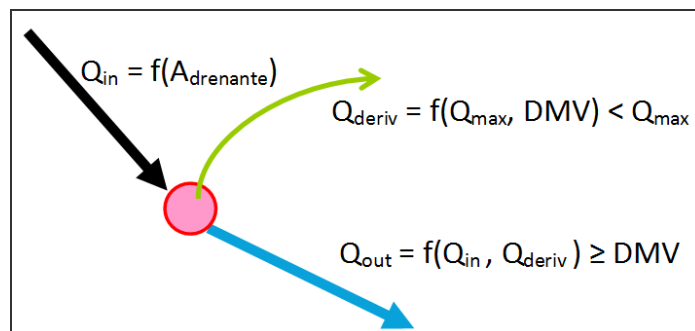


Figura 6 – Schema concettuale di modellazione dei prelievi superficiali

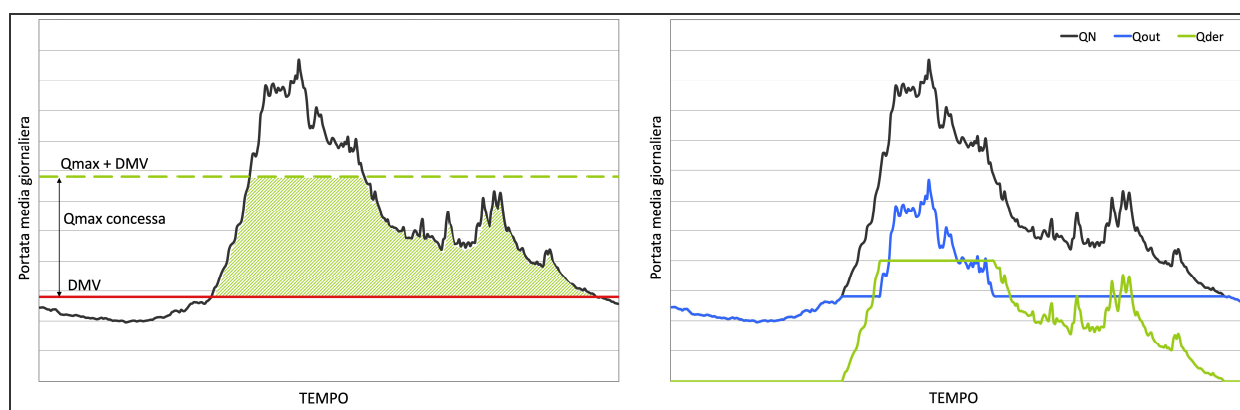


Figura 7 – Modellazione di derivazioni con rilascio DMV e portata massima concessa Q_{max}

Al fine di consentire un migliore adattamento alle informazioni disponibili, è stato scelto di modellare anche la restituzione di determinate tipologie di uso attraverso i rilasci gestiti dai depuratori. Questi ultimi sono, infatti, trattati in *GeoTransf* come immissioni di portata in punti ben definiti sul territorio. La loro introduzione implica che tutte le derivazioni il cui destino finale è proprio un impianto di depurazione sono simulate solo come prelievo senza l'eventuale restituzione. Quest'ultima viene, infatti, computata nel dato di portata restituito in corrispondenza del depuratore stesso. Tuttavia, questo meccanismo introduce delle approssimazioni, dettate dal fatto che non si conoscono esattamente quali derivazioni siano restituite solo a valle del processo di depurazione per opera degli impianti identificati sul territorio. Per questo motivo si lavora per categorie di utilizzo, associando alla restituzione tramite depuratore tutte le derivazioni appartenenti a una serie definita di categorie legate all'uso civile e industriale, sempre che non siano disponibili i punti di reimmissione dell'acqua prelevata.

Inoltre, possono esistere derivazioni per le quali non sono specificate le coordinate di restituzione e che non appartengono alle categorie di concessioni che transitano per i depuratori identificati. È questo il caso dell'uso zootecnico, per il quale la restituzione avviene direttamente alla chiusura del sottobacino di prelievo.

1.3. Il modello *GeoTransf*: aggiornamenti modellistici

Come illustrato in prefazione, in seguito all'approvazione del primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, avvenuto con deliberazione di giunta n. 1996/2013, è stato necessario apportare delle modifiche al modello *GeoTransf* per migliorarne la prestazione e per adeguarlo a nuove esigenze concernenti la gestione delle concessioni idriche, in particolare al rilascio del deflusso minimo vitale.

1.3.1. L'aggiornamento del modulo Neve e del modulo Ghiacciaio

Per migliorare la risposta del modello nella sua applicazione ad ambienti montani è stato perfezionato il modulo di *GeoTransf* che riproduce le dinamiche nivo-glaciali. In particolare all'interno del progetto europeo OrietGate "A structured network for integration of climate knowledge into policy and territorial planning" (2012-2015), cui la Provincia ha partecipato con un progetto pilota in cui si sono valutati gli effetti dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica, è stato fondamentale migliorare la modellazione della fusione nivale e glaciale. Per questo motivo, rispetto alla versione precedente di *GeoTransf*, sono stati modificati i due moduli *Neve* e *Ghiacciaio*, introducendo un approccio basato sul bilancio di energia. Di seguito si descrive brevemente il funzionamento di questi moduli all'interno di *GeoTransf*; per un approfondimento maggiore si rimanda al report finale prodotto all'interno del progetto Orientgate (sito di riferimento www.orientgateproject.org).

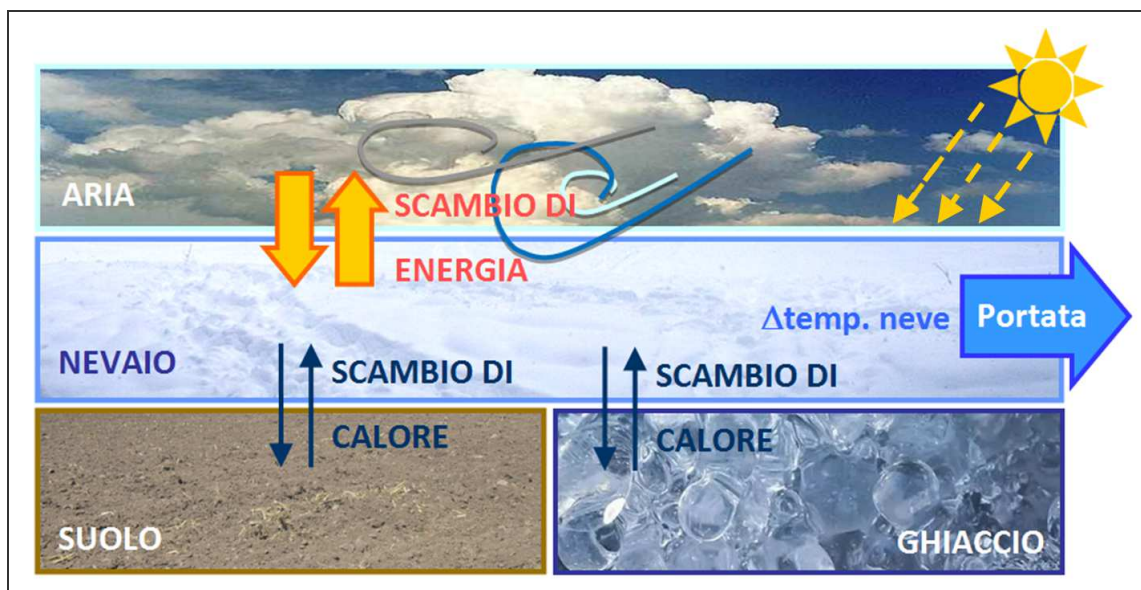


Figura 8 – Modello concettuale del bilancio energetico implementato nei moduli *Neve* e *Ghiacciaio*.

I nuovi moduli *Neve* e *Ghiacciaio* permettono di modellare l'accumulo e la fusione della neve al suolo con un approccio fisicamente basato che consente di considerare, oltre all'effetto della temperatura dell'aria, anche quello della radiazione solare e termica, quello del vento e del terreno o del ghiaccio sottostante, secondo lo schema di Figura 8.

Lo strato di neve al suolo scambia materia ed energia con lo strato d'aria a esso adiacente per evaporazione/condensazione e per convezione; inoltre esso riceve dal sole e dall'atmosfera energia radiante a onda corta (luce solare) e a onda lunga (termica). Nel modello *Neve* si considera anche lo scambio di calore per conduzione con il suolo, mentre nel modello *Ghiacciaio* lo scambio di calore avviene con il corpo del ghiacciaio, considerato a temperatura costante e prossima allo zero. Il bilancio positivo o negativo di energia della neve al suolo è poi convertito in un cambio di temperatura interna

o in una quota di acqua fusa, che è quindi fornito come input al modello idrologico *GeoTransf*. Il modulo *Ghiacciaio* prevede che anche lo strato superficiale del corpo glaciale sia considerato nel bilancio di energia: questo permette quindi di stimare anche la frazione di ghiaccio fusa una volta estinto tutto il manto nevoso sopra di esso.

Per quanto riguarda il secondo modulo, questo permette di modellare il comportamento dei ghiacciai una volta fornita la curva che lega spessore massimo del ghiaccio e la superficie del corpo glaciale. In questa maniera è possibile stimare nel tempo i deflussi provenienti dalla fusione dei ghiacciai, che giocano un ruolo importante nei piccoli bacini di monte.

I moduli *Neve* e *Ghiacciaio* sono inseriti all'interno della struttura del modello *GeoTransf* in modo da lavorare anch'essi sulle unità idrologiche elementari dei sottobacini. Ciò significa che anche questi due moduli ricevono come input i valori medi, a livello di sottobacino, delle forzanti meteoriche, come temperatura e precipitazione, e forniscono in output la risposta media del bacino.

1.3.2. L'aggiornamento della modellazione del rilascio del deflusso minimo vitale

Il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP), reso esecutivo con D.P.R. 15 febbraio 2006, ha stabilito i rilasci da imporre alle derivazioni idriche al fine di assicurare la permanenza nei corsi d'acqua del Deflusso Minimo Vitale (DMV), inteso come la portata minima necessaria a garantirne l'integrità ecologica. Il DMV è stabilito attraverso l'applicazione di una portata specifica (in l/s/km²), assegnata tramite la mappa della tavola III.6.2 del PGUAP, moltiplicata per l'area del bacino sottesa all'opera di presa della concessione. Per gli attingimenti da sorgente è previsto invece il rilascio di un DMV pari al 20% della portata istantanea emergente alla captazione.

Le norme del PGUAP prevedono l'obbligo del rilascio del deflusso minimo vitale per tutte le nuove concessioni, successive all'entrata in vigore del medesimo piano. In molti casi, specialmente per le utilizzazioni per uso idroelettrico e/o per motivi per lo più di carattere ambientale, è stato imposto un deflusso decisamente superiore al DMV stabilito nel PGUAP. In altri casi, che hanno riguardato specificatamente le grandi concessioni idroelettriche, è stato scelto di accorpare il DMV di più derivazioni e di rilasciarlo da un unico punto, solitamente dal corpo diga o dal serbatoio, in modo da ottenere un duplice effetto. Da una parte l'aumento della portata di rilascio del deflusso minimo vitale, ottenuto sommando anche i piccoli rilasci da derivazioni su corsi d'acqua minori, non può che migliorare l'effetto sull'ecosistema acquatico del torrente a valle della diga. Dall'altra parte l'accorpamento del DMV permette di risparmiare sul costo economico degli interventi da realizzare sulle singole opere di presa, agendo solo sul corpo diga (modificando gli organi di scarico esistenti o realizzandone di nuovi ad hoc); così facendo è anche possibile sfruttare il salto e la portata rilasciata per produrre energia, che compensa in parte la perdita di produzione idroelettrica dovuta al rilascio di DMV.

Per questi motivi, nella prima versione del modello *GeoTransf* il rilascio del deflusso minimo vitale è simulato in soli due modi: o applicando il valore stabilito nel titolo di concessione di ogni utilizzazione oppure calcolandolo automaticamente per tutte le derivazioni, secondo la definizione prescritta nel PGUAP. In ambedue i casi il DMV rappresenta un valore soglia; nei fatti l'opera di presa inizia a derivare solo quando in alveo è disponibile una portata eccedente quella del deflusso minimo vitale e deriva tale eccedenza nei limiti della sua capacità massima (portata massima concessa), secondo lo schema seguente:

$$\begin{aligned} \text{se } Q_{in} \leq Q_{DMV} \quad & Q_{der} = 0 \\ \text{se } Q_{in} > Q_{DMV} \quad & Q_{der} = Q_{in} - Q_{DMV} \leq Q_{max} \end{aligned}$$

Successivamente all'approvazione del primo aggiornamento del bilancio idrico, le tipologie di rilascio del DMV si sono diversificate, risultando in certi casi molto più complesse di quanto previsto nel PGUAP. Inoltre con il primo gennaio 2017, come stabilito dalla deliberazione di Giunta n. 2378 del 18 dicembre 2015 e dalla successiva n. 977 del 2019, anche le concessioni rilasciate antecedentemente all'entrata in vigore del PGUAP si sono dovute adeguare al rilascio del deflusso minimo vitale, ma non nelle quantità previste dalla tavola III.6.3: per le derivazioni superficiali è stato applicato un valore specifico a soglia pari 2 l/s per km² di bacino sotteso, mentre per gli attingimenti da sorgenti significative un valore percentuale pari al 20% della portata passante alla captazione.

Per effetto di tutto ciò, è stato necessario ampliare la capacità del modello *GeoTransf* di simulare differenti modi di applicazione del deflusso minimo vitale, oltre a quella a soglia già prevista. Nello specifico sono state introdotte anche le seguenti modalità di rilascio del DMV:

- applicazione di un DMV percentuale (%) della portata in ingresso alla presa (Q_{in}):

$$\text{se } Q_{DMV} = \% \cdot Q_{in} \quad Q_{der} = Q_{in} - \% \cdot Q_{in} \leq Q_{max}$$
- applicazione di un DMV fisso a soglia (Q_{DMV}) fino a quando in alveo (Q_{in}) non transita una portata superiore; al suo superamento la presa rilascia oltre al DMV fisso, una percentuale (%) della portata eccedente la soglia:

$$\begin{aligned} \text{se } Q_{in} \leq Q_{DMV} \quad & Q_{der} = 0 \\ \text{se } Q_{in} > Q_{DMV} \quad & Q_{der} = Q_{in} - Q_{DMV} - \% \cdot (Q_{in} - Q_{DMV}) \leq Q_{max} \end{aligned}$$
- applicazione di un DMV fisso a soglia (Q_{DMV}) fino a quando in alveo (Q_{in}) non transita una portata superiore; al suo superamento la presa rilascia il DMV fisso più una percentuale (%) della portata al suo imbocco:

$$\begin{aligned} \text{se } Q_{in} \leq Q_{DMV} \quad & Q_{der} = 0 \\ \text{se } Q_{in} > Q_{DMV} \quad & Q_{der} = Q_{in} - Q_{DMV} - \% \cdot Q_{in} \leq Q_{max} \end{aligned}$$

Occorre tenere presente che qualunque sia il modo di applicazione del deflusso minimo vitale, la derivazione è sempre e comunque limitata dalla sua massima capacità di prelievo, vale a dire dalla portata massima di concessione (Q_{max}) oltre la quale inizia a rilasciare il surplus in alveo.

1.3.3. I miglioramenti della modellazione dei prelievi

Il modello *GeoTransf* tratta le derivazioni da corso d'acqua simulando giornalmente la disponibilità idrica in alveo in corrispondenza di ogni punto di prelievo. Per ognuno di questi applica il rilascio di deflusso minimo vitale, secondo le regole descritte nel precedente capitolo, e stabilisce la portata transitante a valle in base alla capacità massima dell'opera di presa. Va da sé che ai fini di una corretta modellazione degli effetti dei prelievi sulla risorsa disponibile, è fondamentale stabilire il più precisamente possibile la posizione di ogni derivazione; da essa dipende, infatti, il calcolo dell'area sottesa dall'opera di presa, conseguentemente il suo ordine di simulazione all'interno del bacino elementare e quindi la portata disponibile al suo imbocco (come descritto al punto 2 e 4 del capitolo 1.2.3).

Il fatto che nella precedente versione di *GeoTransf*, per rimediare all'imprecisione della mappa di accumulazione, al singolo prelievo fosse associata la massima area drenante all'interno di un buffer dalle coordinate del punto di derivazione, significa che implicitamente gli attingimenti da corso d'acqua erano modellati assegnandoli a quello con area drenante massima, se presente nel loro intorno di 50 metri. Quindi se la derivazione si trovava in prossimità del corso d'acqua principale era assegnata automaticamente a esso, anche se in realtà non era così: un chiaro esempio di questo possibile errore riguarda le derivazioni dalle numerose rogge del fondovalle dell'Adige. Allo stesso tempo se l'opera di presa era stata collocata erroneamente e risultava all'esterno del buffer di 50 metri dal corso d'acqua da cui realmente deriva, la precedente versione di *GeoTransf* le assegnava un'area drenante sbagliata: quindi nel caso in cui la derivazione prelevasse da un fiume (ad esempio dall'Adige) era modellata con una portata all'imbocco inferiore alla realtà. In questo modo si inseriva una evidente incertezza nella stima degli effetti delle derivazioni sulla risorsa disponibile, specialmente per quelle collocate nei bacini di fondovalle dove alla imprecisione dovuta ad un reticolo di corsi d'acqua minori decisamente più denso (prossimo ai torrenti o fiumi principali), si aggiunge quella di un terreno pianeggiante per cui l'affidabilità della mappa di accumulazione generata dal modello in base al DEM si riduce notevolmente.

Per questi motivi sono stati implementati in *GeoTransf* degli aggiornamenti che cercano di eliminare il più possibile queste imprecisioni: fondamentalmente è stata inserita nel modello una verifica dell'attribuzione automatica del prelievo al corso d'acqua principale (nel buffer di 50 metri), utilizzando la codifica ufficiale del reticolo idrografico provinciale.

Entrando nel dettaglio della trattazione, gli strumenti a corredo del modello *GeoTransf* consentono di calcolare le mappe delle direzioni di drenaggio e di accumulazione dell'intero territorio provinciale, generate a partire dal DEM. In funzione di esse è ricreato un reticolo idrografico computazionale, che viene georeferenziato in modo da poterlo sovrapporre a quello ufficiale definito dalla Provincia, per verificarne la corrispondenza con i corsi d'acqua principali. In questo modo, nella versione aggiornata, è stato possibile assegnare al reticolo computazionale un codice alfanumerico che corrisponde ai primi 10 caratteri di quello ufficialmente stabilito dalla Provincia; ugualmente nel database gestionale delle concessioni idriche provinciali è stato attribuito il medesimo codice alle derivazioni da corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico ufficiale. Per questi prelievi è così possibile imporre al modello la corretta area drenante, cercando la corrispondenza tra il codice del corso d'acqua utilizzato da *GeoTransf* e quello attribuito alla derivazione nel database gestionale.

Un ulteriore miglioramento inserito nel modello successivamente all'approvazione del primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, è stata la possibilità di simulare correttamente le derivazioni che prelevano in serie nel medesimo corso d'acqua. È questo il caso ormai diffuso di prelievi idroelettrici direttamente dal canale di restituzione di una centrale idroelettrica, che rilasciano un deflusso minimo vitale in alveo.

1.4. Il modello *GeoTransf*: output disponibili

Come è stato detto più volte il modello idrologico *GeoTransf* permette di conoscere le portate che defluiscono in alveo alle sezioni di chiusura dei sottobacini elementari di calcolo, riferite ad un certo scenario di simulazione, vale a dire calcolate con forzanti meteorologiche e condizione di sfruttamento antropico che rappresentano la situazione ideale allo scopo prefissato.

Gli output prodotti da *GeoTransf* sono principalmente di due tipi: le portate medie giornaliere alle chiusure dei bacini e i volumi medi del periodo idrologico derivati agli attingimenti modellati.

1.4.1. Le portate medie giornaliere in alveo

Le curve di durata mensile della portata media giornaliera

La curva di durata delle portate permette di rappresentare in maniera completa e compatta l'intero campo di variazione delle portate che transitano in una sezione di un corso d'acqua; è quindi uno degli strumenti grafici fra i più efficaci e di più ampio utilizzo operativo, specie ingegneristico, per valutare l'entità della risorsa idrica attesa. Può essere costruita utilizzando valori di portata orari, giornalieri, mensili o relativi ad altri intervalli di riferimento, ma in generale nella maggior parte delle applicazioni ingegneristiche ci si avvale dei valori giornalieri.

La durata di una portata media giornaliera riferita a una sezione è l'intervallo di tempo in cui le portate del corso d'acqua si mantengono superiori o uguali al valore considerato. Per curva di durata si intende quindi la rappresentazione grafica della relazione fra tutti i valori assunti dalla portata nel corso d'acqua nel periodo di osservazione e le rispettive durate. Le curve di durata possono essere intese anche come curve di frequenza, rapportando la durata alla lunghezza dell'intero periodo di osservazione. Per la costruzione pratica di queste curve si parte dal diagramma cronologico delle portate medie giornaliere (idrogramma delle portate), se ne dispone i valori in ordine decrescente o crescente, e si calcola per ciascuna di esse la percentuale di giorni in cui la portata è uguagliata o superata: in Figura 9 nell'idrogramma (a sinistra) è rappresentata la durata di tre differenti portate con linee colorate diversamente che sono riportate anche nella curva di durata (a destra). In ogni caso i tratti iniziali delle curve di durata sono quelli di interesse per le analisi di piena mentre i tratti terminali sono ovviamente quelli di interesse per le analisi di magra.

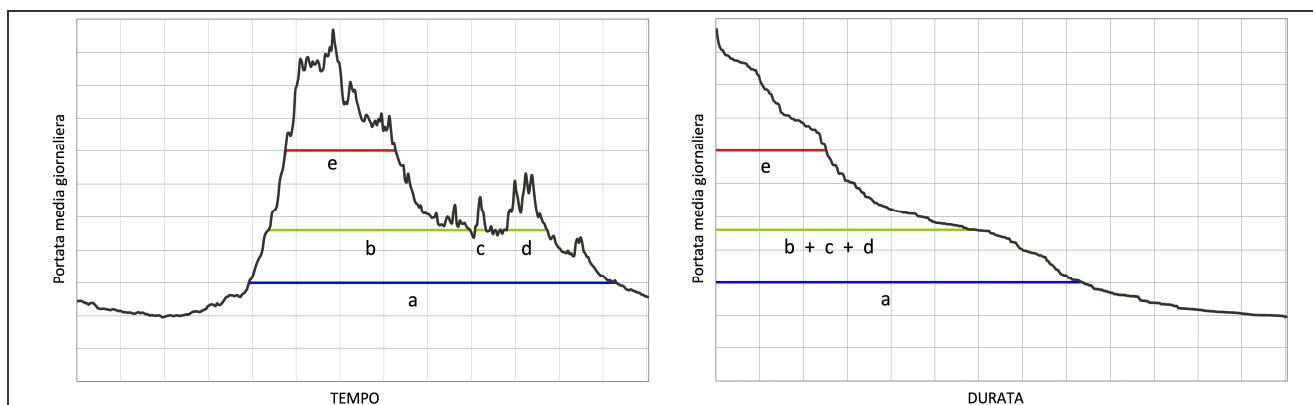


Figura 9 – Costruzione di una curva di durata annua delle portate medie giornaliere.

Un output di *GeoTransf* sono appunto le curve di durata mensile della portata media giornaliera, modellata alla sezione finale di ogni bacino computazionale (e quindi anche a quella di chiusura del bacino principale). Di fatto per tutte le portate medie giornaliere transitanti a ciascuna sezione di chiusura del sottobacino elementare, il modello calcola la loro frequenza di accadimento mensile utilizzando gli idrogrammi di ciascun mese, diversamente dall'usuale metodologia che invece utilizza l'anno solare o l'anno idrologico. Inoltre si avvale dell'approccio metodologico denominato "POR – Period of Record" per cui considera contemporaneamente tutti i valori simulati nell'intero periodo di riferimento idrologico, per costruire un'unica curva di durata totale mensile. In questo modo questo

tipo di curve è fortemente influenzato dalle situazioni estreme (periodi secchi o periodi umidi) che accumulandosi nel tratto iniziale (portate elevate) o in quello finale (portate di magra) ne determinano la forma. Il metodo alternativo che si sarebbe potuto impiegare, denominato “AFDC – Annual Flow Duration Curve”, calcola le curve di durata di ciascun anno per poi mediarle in un’unica curva, perdendo in questo modo informazioni importanti sui valori massimi e minimi assoluti di portata (che corrispondono con questo tipo di approccio ai valori medi di tutti i massimi e di tutti i minimi). Per tutti questi motivi per la definizione del bilancio idrico provinciale è stato deciso di utilizzare le curve di durata mensile calcolate con il metodo POR, in quanto più cautelative specialmente per i valori idrologici minimi.

Idrogramma delle portate medie giornaliere

Il Piano di Tutela delle Acque è il documento di pianificazione provinciale che individua le misure per raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale per corsi d’acqua, laghi e acque sotterranee, in risposta alle richieste della direttiva quadro acque (Direttiva 2000/60/CE) e in attuazione della normativa nazionale di recepimento (D.Lgs. n. 152/2006 “Norme in materia ambientale”). In particolare la Direttiva ambisce al raggiungimento del buono stato ecologico e chimico di tutte le acque, superficiali e sotterranee, all’interno del territorio dell’Unione Europea.

Per riuscire a classificare la qualità ecologica dei corsi d’acqua in modo omogeneo all’interno di ciascun bacino idrografico nazionale, è necessario ricorrere all’individuazione e tipizzazione dei corpi idrici superficiali secondo la metodologia prevista dal D.M. n. 131/2008. Con la sua applicazione sono stati identificati i corpi idrici superficiali corrispondenti a tratti omogenei del reticolo idrografico provinciale, definiti in base a caratteristiche geografiche, climatiche, morfologiche e di pressioni dovute all’azione dell’uomo: essi sono l’unità a cui fare riferimento per riportare e accertare la conformità agli obiettivi ambientali di cui al D.Lgs. n. 152/2006.

Anche i processi idromorfologici (come regime idrologico, trasporto solido e biota, continuità fluviale, presenza di vegetazione della fascia riparia, impatti di opere artificiali, eccetera) che condizionano l’assetto dei corsi d’acqua devono essere valutati ai sensi della direttiva quadro acque, in modo da stabilire lo stato idromorfologico di un corpo idrico fluviale e valutarne le alterazioni che potrebbero compromettere il raggiungimento degli obiettivi di qualità.

A tal fine uno degli indici che si deve impiegare è quello di alterazione del regime idrologico (IARI) che valuta le eventuali modificazioni dovute all’impatto dei prelievi idrici rispetto alla situazione idrologica di riferimento, vale a dire la condizione naturale o naturalizzata che è quella che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche. La condizione di riferimento per il regime idrologico è definita da una serie almeno ventennale di portate che possono essere assunte come naturali. Solitamente tali dati di portata non sono disponibili; o perché le serie disponibili non hanno la necessaria numerosità e continuità o perché negli anni, il bacino sotteso alla sezione di misura idrometrica ha subito una antropizzazione che non permette di considerare la serie come rappresentativa della condizione naturale.

Inoltre l’esperienza ha evidenziato che l’indice IARI è alterato anche da anni particolarmente secchi o umidi, indipendentemente dalla presenza di sfruttamento antropico (come riportato anche da ARPA Emilia Romagna nell’allegato tecnico 4a “*Aggiornamento dell’indice di alterazione idrologica IARI ai fini dell’applicazione della DQ 2000/60/CE in Emilia-Romagna*” del settembre 2020), e visto che in realtà

tale indice ha lo scopo di evidenziare proprio le alterazioni dovute all'impatto derivatorio e non a motivi naturali, è meglio utilizzare i risultati della modellistica piuttosto che i dati di portata monitorati.

Per questo motivo è stato inserito come output del modello *GeoTransf* anche l'idrogramma delle portate giornaliere, calcolate solo nei sottobacini elementari la cui sezione di chiusura coincide con quella dei corpi idrici superficiali tipizzati nel PTA adottato.

1.4.2. I volumi prelevati dalle derivazioni

Il modello *GeoTransf* riproduce l'effetto della presenza di una derivazione idrica sulla portata che defluisce in alveo, secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti (§ 1.2.2 e § 1.2.3): simula l'afflusso proveniente da monte all'ingresso dell'opera di presa (in funzione dell'area drenante sottesa e dell'effetto delle altre derivazioni a monte) e, in base alla portata massima concessa e al rilascio di deflusso minimo vitale imposto, calcola quanto viene derivato e quanto continua a scorrere a valle. Quindi un altro output che *GeoTransf* fornisce sono i volumi d'acqua prelevati mensilmente dalle derivazioni, mediati nel periodo di riferimento idrologico dello scenario di simulazione.

2. Il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale

Il bilancio idrico provinciale attualmente vigente (approvato con deliberazione di giunta n. 1996/2013) è stato definito rispetto al periodo di riferimento idrologico 2000 – 2008, vale a dire utilizzando per la calibrazione del modello *GeoTransf* le forzanti meteorologiche e le portate misurate dal 2000 al 2008 (per maggiori dettagli e approfondimenti si può fare riferimento alle relazioni allegate alla delibera di approvazione). Le attività propedeutiche al suo aggiornamento sono iniziate nel 2019, per cui è stato deciso di aggiornare il periodo di riferimento idrologico della modellazione fino alla fine del 2018; allo stesso tempo era stato inizialmente deciso di allungarlo ad almeno venti anni in modo da rendere statisticamente più robusta la risposta del modello. Man mano che le attività progredivano, sono però emersi problemi nei dati di portata necessari per la calibrazione, che hanno imposto una riduzione del periodo di riferimento idrologico agli ultimi 8 anni, vale a dire 2011 – 2018.

2.1. La calibrazione del modello aggiornata al periodo 2011 – 2018

Come spiegato nel precedente capitolo (§1.1.3), la fase di calibrazione del modello idrologico è estremamente importante e delicata, in quanto permette di impostare i parametri dei processi che caratterizzano i deflussi superficiali e nel sottosuolo, condizionando quindi gli output del modello stesso, ovvero la portata fluente in alveo alle chiusure dei sottobacini elementari di calcolo e i volumi prelevati dalle concessioni.

È già stato spiegato come il calibratore utilizzato per il modello idrologico *GeoTransf* stabilisca i set di parametri di calibrazione, minimizzando la differenza tra la portata misurata e quella simulata in una definita sezione di controllo. Per questo motivo è fondamentale svolgere una dettagliata analisi dei dati di portata utilizzati in questa fase, in modo da calibrare il modello solo con quelli più affidabili e accurati. Di seguito si espongono i risultati di tale analisi svolta sulle portate monitorate alle stazioni idrometriche gestite dall'Ufficio Dighe della Provincia e sui dati registrati ai misuratori di portata installati alle derivazioni delle concessioni idroelettriche.

2.1.1. La pre-analisi dei dati di portata delle stazioni idrometriche disponibili per la calibrazione del modello *GeoTransf*

Prima di avviare la fase di calibrazione del modello, per tutte le stazioni idrometriche è stato svolto un confronto tra le portate utilizzate per la definizione del primo aggiornamento del bilancio idrico (2013) e quelle disponibili per il nuovo aggiornamento (2023); logicamente la comparazione ha riguardato solo il periodo di sovrapposizione 2000 – 2008.

L'analisi ha evidenziato che per alcune stazioni idrometriche le differenze tra le portate medie del periodo 2000 – 2008 usate nei due casi sono notevoli, sia in sovrastima che in sottostima. Non essendo note le cause di questi scostamenti poiché le sezioni non sono state spostate nel tempo, né hanno subito alterazioni morfologiche per eventi di piena che avrebbero potuto alterare la sezione di deflusso (e quindi la curva di deflusso), e siccome i dati storici sarebbero dovuti rimanere in ogni caso inalterati, è stato deciso di ridurre il periodo di riferimento idrologico agli anni dal 2011 al 2018, eliminando in questo modo l'intervallo problematico (di sovrapposizione).

Primo (2013) VS secondo (2023) aggiornamento del bilancio idrico		Qmed [m ³ /s]	ΔQ in [l/s] e [%]	Primo (2013) VS secondo (2023) aggiornamento del bilancio idrico		Qmed [m ³ /s]	ΔQ in [l/s] e [%]
t. Aviana a Avio	2013	0.34	299.6	f. Chiese a Condino	2013	0.93	598.2
	2023	0.64	88.9%		2023	1.53	64.0%
t. Avisio a Soraga	2013	5.78	50.3	f. Noce a Mezzolombardo	2013	34.13	2661.4
	2023	5.83	0.9%		2023	36.79	7.8%
t. Avisio a Masi di Cavalese	2013	7.74	11428.4	f. Noce a Malè	2013	14.26	-3322.6
	2023	19.17	147.7%		2023	10.94	-23.3%
t. Avisio a Lavis	2013	4.79	715.6	t. Rabbies a S. Bernardo di Rabbi	2013	2.14	116.8
	2023	5.50	14.9%		2023	2.25	5.5%
f. Brenta a Borgo Valsaguna	2013	4.11	-185.9	t. Sporeggio a Maso Milano	2013	1.48	-135.6
	2023	3.92	-4.5%		2023	1.35	-9.2%
f. Brenta a Grigno	2013	12.57	687.3	t. Vermigliana a Vermiglio	2013	2.80	-438.0
	2023	13.26	5.5%		2023	2.36	-15.6%
t. Cison a Fiera di Primiero	2013	1.70	79.8	f. Sarca a Preore	2013	3.18	-402.9
	2023	1.78	4.7%		2023	2.78	-12.7%
f. Chiese a Ponte dei Todeschi	2013	8.76	3480.2	f. Sarca a Pinzolo	2013	2.54	-231.0
	2023	12.24	39.7%		2023	2.31	-9.1%

Tabella 1 – Confronto delle portate medie del periodo 2000 – 2008 tra bilancio idrico attuale e nuovo aggiornamento.

2.1.2. Le stazioni idrometriche impiegate per la calibrazione del modello *GeoTransf*

Il modello *GeoTransf*, come spiegato nei capitoli precedenti (§ 1.1.1), è applicato separatamente a ciascun bacino principale della Provincia, vale a dire a: Adige, Fersina, Noce, Avisio, Brenta–Vanoi–Cison, Astico, Sarca e Chiese. Per ciascun di questi bacini è stata quindi svolta una calibrazione ad hoc, utilizzando sezioni di controllo che appartengono alla rete di monitoraggio idrometrico dell'Ufficio Dighe. Per il solo bacino del torrente Astico, tuttavia, per mancanza di dati di portata aggiornati al periodo di riferimento idrologico adottato in questo nuovo aggiornamento del bilancio idrico, è stato scelto di mantenere il set di calibrazione del modello del precedente bilancio, cioè 2000 – 2008.

Di seguito per ciascun bacino principale sono elencate le stazioni idrometriche utilizzate per la calibrazione del modello *GeoTransf* e si riportano quelle non impiegate a causa di problematiche emerse in fase di analisi dei dati.

Bacino del fiume Adige

Corso d'acqua	Nome Stazione
f. Adige	Marco
f. Adige	San Michele all'Adige
f. Adige	Trento San Lorenzo
t. Leno	Rovereto Ponte Zigherane
t. Aviana	Avio

Tabella 2 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Adige.

Oltre alle sezioni elencate in tabella, erano disponibili anche le portate misurate a Villa Lagarina e Vò Destro sul fiume Adige, ma non sono state utilizzate nella calibrazione del modello poiché sono state ritenute poco utili a migliorare il quadro conoscitivo della situazione idrologica del bacino. Nel fiume Adige scorrono i deflussi di un bacino idrografico che comprende l'Alto Adige e gli affluenti del torrente Noce e Avisio, per una superficie complessiva di oltre 10000 km². Poiché lo scopo di utilizzare i dati di stazioni idrometriche intermedie per la calibrazione è quello di ricostruire l'alimentazione dell'interbacino frapposto a due sezioni successive e considerando l'incertezza che caratterizza le misure di portata (o meglio le scale di portata), appare evidente che ricostruire l'alimentazione dell'interbacino tra Trento Ponte San Lorenzo e Villa Lagarina risulta poco attendibile, così come tra Marco e Vo' Destro.

Invece le portate disponibili a altre due stazioni idrometriche, Sant'Anna sul torrente Leno di Vallarsa e Stedileri sul Leno di Terragnolo, non sono state utilizzate per la calibrazione del modello perché ridondanti con quelle registrate ai misuratori degli impianti di San Colombano e di Maso Corona, risultate dall'analisi dei dati più affidabili.

Bacino del torrente Fersina

Corso d'acqua	Nome Stazione
t. Fersina	Canezza
t. Fersina	Trento Fersina

Tabella 3 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del torrente Fersina.

Bacino del fiume Noce

Corso d'acqua	Nome Stazione
f. Noce	Malè
f. Noce	Cogolo Pejo
t. Vermigliana	Vermiglio
t. Rabbies	San Bernardo di Rabbi

Tabella 4 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Noce.

Dall'analisi dei dati di portata delle stazioni idrometriche disponibili nel bacino, è risultata la necessità di escludere le sezioni di Pellizzano e di Mezzolombardo – Ponte Rupe sul fiume Noce, quella di Maso Milano sul torrente Sporeggio e quella di Terres sul torrente Tresenica.

Per quanto riguarda la stazione di Pellizzano, le portate monitorate non sono risultate coerenti né con quelle valutate presso le stazioni limitrofe (Cogolo Pejo e Malè) né con gli apporti degli affluenti (Vermigliana). Mentre per le stazioni di Terres e di Maso Milano, i dati di portata forniti non sono stati

ritenuti affidabili, soprattutto per quanto riguarda la componente di base del deflusso. Infine le portate misurate alla stazione di Mezzolombardo sono risultate non coerenti con quelle scaricate dalla centrale di Mezzocorona, che in fase di analisi di congruenza dei dati sono state reputate più affidabili.

Bacino del torrente Avisio

Corso d'acqua	Nome Stazione
t. Avisio	Campitello Avisio
t. Avisio	Predazzo

Tabella 5 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del torrente Avisio.

Nella fase di pre-analisi delle sezioni idrometriche disponibili nel bacino, sono state escluse quelle di Masi di Cavalese e di Lavis sul torrente Avisio, in quanto considerate poco affidabili ai fini della definizione quantitativa del bilancio idrico. Mentre per la stazione di Soraga, nonostante i dati di portata siano stati ritenuti incongruenti con le misure di valle, è stato comunque condotto un tentativo di calibrazione che non ha dato risultati utilizzabili e si è quindi optato per la sua esclusione.

Bacini del fiume Brenta, del torrente Vanoi e del torrente Cismon

Corso d'acqua	Nome Stazione
f. Brenta	Grigno Ponte Filippini
f. Brenta	Levico Ponte Cervia
t. Centa	Aonè
t. Larganza	Roncegno
t. Chieppena	Villa Agnedo
t. Maso	Ponte delle Carrette
t. Vanoi	Caoria Ponte Belfe

Tabella 6 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Brenta, torrente Vanoi e Cismon.

L'analisi di congruenza dei dati misurati alle sezioni idrometriche presenti nei bacini di Brenta–Vanoi–Cismon ha rivelato la necessità di escludere per la calibrazione del modello *GeoTransf* la stazione di Borgo Valsugana e di Ospedaletto sul fiume Brenta, quella di Grigno sul torrente Grigno e quella di Fiera di Primiero sul torrente Cismon.

I motivi dell'esclusione delle stazioni idrometriche di Borgo Valsugana e di Ospedaletto, sono determinati dal fatto che le portate monitorate non risultano coerenti né con quelle delle sezioni di monte (Levico Ponte Cervia e Borgo Valsugana) né con gli apporti degli affluenti (t. Larganza, t. Maso e t. Chieppena). Invece per la stazione idrometrica sul torrente Grigno a Grigno e quella sul Cismon a Fiera di Primiero, è stato comunque condotto un tentativo di calibrazione con i dati di portata forniti, che però non ha dato risultati utilizzabili e si è quindi optato per la loro esclusione.

Bacino del fiume Sarca

Corso d'acqua	Nome Stazione
f. Sarca	Preore
t. Sarca di Campiglio	Ponte delle Seghe
t. Sarca di Campiglio	Ponte Piazza
t. Sarca di Nambrone	Pian Nambron

Tabella 7 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Sarca.

Oltre alle sezioni elencate in tabella, sul fiume Sarca erano disponibili anche le portate misurate alle stazioni idrometriche di Ragoli e Pinzolo che, similmente a quanto visto per Villa Lagarina e Vò Destro sul fiume Adige, sono risultate di fatto estremamente coerenti con quella di Preore, ma non sono utili a migliorare il quadro conoscitivo della situazione idrologica del bacino; pertanto il modello è stato calibrato con la sola sezione di Preore.

Un'altra stazione idrometrica presente nel bacino del fiume Sarca, ma non usata in fase di calibrazione del modello, è quella di Ponte Arche per la quale sono stati eseguiti alcuni tentativi di calibrazione, che hanno però evidenziato l'impossibilità di riprodurre il segnale monitorato.

Infine al posto delle portate misurate alla sezione del ponte Santa Maria sul t. Sarca di Val Genova è stato scelto di utilizzare quelle registrate al misuratore installato alla vasca dell'impianto di Santa Massenza, posta subito a monte, in quanto l'analisi dei dati ne ha stabilito una maggiore affidabilità.

Bacino del fiume Chiese

Corso d'acqua	Nome Stazione
f. Chiese	Condino
f. Chiese	Ponte dei Tedeschi
t. Adanà	Pieve di Bono

Tabella 8 – Elenco sezioni idrometriche usate per la calibrazione del bacino del fiume Chiese.

2.1.3. I misuratori di portata impiegati per la calibrazione del modello *GeoTransf*

Come spiegato nei capitoli precedenti, è fondamentale, per una corretta modellazione idrologica, riprodurre il più fedelmente possibile l'impatto delle grandi concessioni idroelettriche sui deflussi in alveo. A tal fine il modello *GeoTransf* ricorre all'equazione di continuità dei serbatoi e alle leggi idrauliche che regolano il deflusso delle gronde di adduzione; per questa ragione ha quindi la necessità di conoscere lo schema di funzionamento idraulico, così come le portate affluenti, derivate o turbinate.

In realtà queste portate misurate dalle grandi concessioni idroelettriche (GDI) sono state utili anche in fase di calibrazione del modello, per avere informazioni sui deflussi in zone del territorio provinciale non coperte dalla rete di monitoraggio dell'Ufficio Dighe o con idrometri ritenuti non attendibili. In questi casi la ridondanza di dati di portata sono tornati utili per svolgere appunto analisi comparate e stabilirne l'affidabilità.

Di seguito per ciascun bacino principale sono indicate le prese, identificate con il loro codice univoco, allacciate ai misuratori di portata, i cui dati sono stati impiegati nella fase di calibrazione del modello *GeoTransf*.

Bacino del fiume Adige

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
rio Cavallo	Presa	GDI21AD-2D3
rio Val delle Pignatte	Presa	GDI21AD-2D4
rio Mous	Presa	GDI21AD-2D5
t. Leno di Terragnolo	Presa	GDI21AD-2D1
rio Pasaul	Presa	GDI21AD-2D2
rio Val Prigioni	Invaso di Speccheri	GDI19AD-1D2
t. Leno di Vallarsa	Invaso di Busa	GDI19AD-1D3
t. Leno di Vallarsa	Invaso di San Colombano	GDI21AD-3D1
rio Lago di Pra' da Stua	Invaso di Pra' da Stua	GDI18AD-3D3

Tabella 9 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Adige.

Le derivazioni dal torrente Leno di Terragnolo e dal rio Pazaul alimentano la vasca di Stedileri, le cui portate sono convogliate nell'impianto di San Colombano e si aggiungono a quelle captate dal rio Cavallo, rio Mous e rio Pignatte. Dall'analisi dei misuratori è stato possibile ricostruire il prelievo cumulato da queste ultime tre opere di presa, e utilizzarlo per la calibrazione delle rispettive aree di alimentazione. Analogamente, le portate misurate alla vasca di Stedileri sono state utilizzate per la calibrazione delle aree di alimentazione delle opere di presa sul torrente Leno di Terragnolo e sul rio Pazaul.

Bacino del fiume Noce

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
rio Careser	Invaso di Careser	GDI01NO-1D1
rio Lago delle Marmotte	Presa	GDI01NO-1D2
f. Noce	Invaso di Pian Palù	GDI02NO-2D1
rio di Vegaia	Presa	GDI02NO-2D2
rio Cadini	Presa	GDI02NO-2D3
rio Taviela	Presa	GDI02NO-2D4
f. Noce	Invaso di Santa Giustina	GDI03NO-1D1
t. Pescara	Presa	C/14543D1

Tabella 10 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Noce.

Il modello *GeoTransf* è stato calibrato anche alle sezioni in ingresso ai tre invasi artificiali presenti nel bacino del torrente Noce: Careser, Pian Palù e Santa Giustina. Invece la sezione concernente l'invaso di Mollaro, pur essendo stata oggetto di tentativi di calibrazione, è stata esclusa a causa di incongruenze con i dati di portata registrati in sezioni di misura limitrofe e relativi all'invaso di Santa Giustina (impianto di Taio). Infine la vasca di carico in località Malga Mare, vista la sua ridotta dimensione con capacità di regolazione giornaliera, non è stata assunta a sezione di calibrazione, in quanto di difficile trattazione.

In fase di analisi dei dati registrati ai misuratori installati all'impianto idroelettrico di Cogolo (relativi a entrambe le derivazioni di Malga Mare e di Pian Palù), è stato evidenziato che in alcuni mesi tutti i valori di portata sono risultati affetti da un errore di unità di misura che è stato opportunamente corretto.

Bacino del torrente Avisio

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
t. Avisio	Invaso di Fedaia	GDI05AV-1D1
t. Avisio	Invaso di Pezzè di Moena	GDI06AV-1D1
t. Avisio	Invaso di Stramentizzo	GDI09AV-1D1
t. Travignolo	Invaso di Forte Buso	GDI07AV-1D1

Tabella 11 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del t. Avisio.

Poiché l'unica sezione di monitoraggio presente nell'interbacino tra l'invaso di Stramentizzo e la confluenza nel fiume Adige è stata scartata in quanto considerata poco attendibile ai fini quantitativi (stazione idrometrica di Lavis), non è stato possibile calibrare ad hoc il modello *GeoTransf* in questo tratto finale di bacino del torrente Avisio: pertanto è stato scelto di applicare il set di parametri calibrati alla sezione dell'invaso di Stramentizzo.

Bacino del torrente Cismon

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
t. Noana	Invaso di Val Noana	GDI11BR-1D7
rio Val di Stua	Presa	GDI11BR-1D8
rio Caorva	Presa	GDI11BR-1D9
t. Cismon	Invaso di Schener	GDI14BR-1D1

Tabella 12 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del t. Cismon.

Vista la limitata disponibilità di dati utilizzabili per la calibrazione del bacino del torrente Cismon, si è dovuto fare ricorso anche alle portate registrate ai misuratori delle grandi concessioni idroelettriche riportate in tabella. È necessario, a tal fine, evidenziare i limiti di queste misure emersi in fase di analisi dati:

- la portata in ingresso all'invaso di Val Noana è risultata leggermente sovrastimata in quanto è stata valutata tramite la misura della frazione turbinata alla centrale di Noana, che comprende anche l'apporto in galleria di derivazione delle acque provenienti dalle prese sul rio Val di Stua e rio Caorva;
- Il medesimo problema si è presentato anche per la portata in ingresso all'invaso di Schener, in quanto è compreso anche l'apporto della presa dal rio val Rosna che alimenta la centrale di Moline.

Bacino del fiume Sarca

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
t. Arnò	Presa	C/0812D1
centrale La Rocca	Presa	GDI22SA-1D18
rio Maftina	Presa	GDI22SA-1D2
rio Finale	Presa	GDI22SA-1D3
rio Bedù di Villa	Presa	GDI22SA-1D4
rio Bedù di Pelugo	Presa	GDI22SA-1D5
rio Vagugn	Presa	GDI22SA-1D6
rio Ruina	Presa	GDI22SA-1D7
t. Sarca di Val Genova	Invaso di Val Genova	GDI22SA-1D8
f. Sarca	Invaso di Ponte Pià	GDI22SA-2D1
lago di Ledro	Presa	GDI24SA-2D1

Tabella 13 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Sarca.

Si può notare dagli invasi elencati nella tabella dei misuratori usati per la calibrazione del modello *GeoTransf* per il bacino del fiume Sarca, che non sono compresi due importanti laghi regolati: il lago di Molveno e quello di Cavedine. Per ambedue i casi, l'uso delle portate registrate ai misuratori dell'impianto di Santa Massenza e di Torbole per il calcolo dell'afflusso naturale ai rispettivi laghi di Molveno e Cavedine ha prodotto stime poco attendibili e pertanto non sono state impiegate nella calibrazione del modello e nelle successive simulazioni. Così come suggerito da prof. Alberto Bellin e dall'ing. Maddalena Stanchina (2000) nell'analisi di bilancio del lago di Molveno, le porzioni di bacino sottese al lago di Molveno, di Toblino e di Cavedine sono state calibrate utilizzando i parametri ottenuti alla sezione di Ponte Plaza.

Un'osservazione specifica deve essere fatta invece per le portate misurate all'idrometro di Preore e quelle calcolate alla diga di Ponte Pià. In sede di calibrazione è stata riscontrata un'incongruenza volumetrica non trascurabile, probabilmente legata all'intercettazione da parte della diga di venute sotterranee alimentate da condotti carsici. In particolare, le precipitazioni che alimentano l'interbacino tra la sezione di Preore e l'invaso di Ponte Pià non sono sufficienti a giustificare i maggiori volumi in ingresso monitorati alla diga. Sono molti gli indizi a supporto di questa ipotesi:

- Gli idrometri a monte di Ponte Pià sono risultati tutti coerenti tra loro, e congruenti con le precipitazioni che alimentano l'interbacino; segno questo che le acque che scorrono in superficie nel tratto a valle della vasca di val di Genova possono ritenersi tendenzialmente ben monitorate, a meno delle incertezze che solitamente caratterizzano le scale delle portate.
- La discrepanza volumetrica era stata notata anche nell'esecuzione dei primi bilanci idrici; ciò supporta l'ipotesi che anche il bilancio delle portate in gioco al nodo di Ponte Pià sia tendenzialmente affidabile.
- Il coefficiente udometrico calcolato con le portate monitorate alla sezione di Ponte Plaza, sul t. Sarca di Campiglio alimentato dal massiccio del Brenta, è risultato nettamente inferiore rispetto al quello monitorato alla stazione di Pian Nambron (t. Sarca di Nambrone): da cui si evince che il massiccio del Brenta, nella zona di monte, mostra coefficienti udometrici medio bassi. Ciò è probabilmente legato al carattere fortemente carsico del massiccio, che comporta potenziali perdite per infiltrazione. Tali perdite potrebbero riemergere poi in fondo valle, attraverso dotti

carsici; per cui è plausibile ritenere che l'invaso di Ponte Pià possa intercettare volumi aggiuntivi rispetto a quanto prodotto dall'interbacino e ai deflussi diretti dal Sarca.

Tuttavia questa tesi ha bisogno di essere confermata attraverso studi specifici, non rilevanti in questa sede.

Bacino del fiume Chiese

Corso d'acqua	Tipo derivazione	Codice identificativo
f. Chiese	Invaso di Malga Boazzo	GDI26CH-2D1
rio Val Bona	Presa	GDI26CH-2D2
rio Val di Fai	Presa	GDI26CH-2D3
rio Risac	Presa	GDI26CH-2D4
f. Chiese	Invaso di Ponte Morandino	GDI26CH-3D1
t. Adanà	Presa	GDI26CH-3D2
t. Revegler	Presa	GDI26CH-3D3
t. Filos	Presa	GDI26CH-3D4
f. Chiese	Invaso di Cimego	GDI26CH-4D1
rio Sorino	Presa	GDI26CH-2D8
rio Serolo	Presa	GDI26CH-2D9
rio Giulis	Presa	GDI26CH-2D10
rio Val Scura	Presa	GDI26CH-2D11
rio Pissola	Presa	GDI26CH-2D12
affl. dx rio Cimego	Presa	GDI26CH-2D13
rio Santa Barbara	Presa	C/2395D1

Tabella 14 – Elenco delle opere allacciate a misuratori di portata, usate per la calibrazione del bacino del f. Chiese.

Vista la limitata disponibilità di dati utilizzabili per la calibrazione del bacino del fiume Chiese, si è dovuto fare ricorso anche alle portate registrate ai misuratori delle grandi concessioni idroelettriche riportate in tabella. È necessario, a tal fine, evidenziare i limiti di queste misure emersi in fase di analisi dati:

- i valori di portata utilizzati per il rio Santa Barbara sono stati ricavati a partire dalle misure effettuate dal concessionario EscoBim e Comuni del Chiese S.p.A. sulla condotta dell'impianto idroelettrico (pratica di concessione C/2395), a cui sono stati addizionati i valori di DMV imposti in fase di rinnovo della concessione (2016).
- Non è presente alcun misuratore di portata né sul canale di derivazione sussidiaria a pelo libero che preleva le acque dal torrente Danerba e dal rio Copidello e le convoglia verso l'invaso di Malga Bissina né tantomeno nella galleria in pressione che trasporta le portate derivate (unitamente ai prelievi dai torrenti Campo, Savio, Signorine e Re di Castello) verso il pozzo piezometrico in corrispondenza della centrale di Boazzo. Poiché in tale pozzo piezometrico si immettono anche le acque della Val di Leno (torrenti Rondon, Predon, Monocola, Rossola, Gellino, Larga) e l'unico misuratore di portata presente è installato subito a monte del gruppo turbine della centrale di Boazzo (a valle del pozzo), non è stato possibile estrapolare l'entità dei deflussi provenienti dalla sola diga di Malga Bissina. Per questo motivo l'invaso di Malga Bissina non è stato utilizzato come punto di calibrazione del modello, e al bacino sotteso sono stati applicati i parametri calibrati alla sezione di controllo subito a valle, vale a dire quella dell'invaso di Malga Boazzo.

- L'analisi dei dati registrati da vari misuratori presso gli impianti idroelettrici in esame ha evidenziato che in alcuni mesi tutti i valori di portata risultano affetti da un errore di unità di misura che è stato opportunamente corretto.
- L'analisi delle portate turbinate alla centrale di Cimego e provenienti dal solo ramale di Malga Boazzo ha evidenziato che, talvolta, l'entità dei prelievi dal canale di gronda immissario che raccoglie le acque dei torrenti Sorino, Serol, Giulis, Val Scura, Pissola e Cimego risulta superiore rispetto ai valori di portata misurata in ingresso alle macchine. Tale aspetto è stato corretto, imponendo come valore turbinato il massimo fra quello misurato sulla galleria secondaria che si immette in località Boniprati e quello registrato dal misuratore a monte della centrale. Tale correzione ha riguardato il 14% dei dati analizzati nel decennio 2008 – 2018.

2.2. Gli scenari di simulazione sviluppati

Una volta calibrato, il modello *GeoTransf* è stato utilizzato per le simulazioni di differenti scenari, in cui sono state applicate diverse configurazioni di forzanti meteorologiche e di prelievi idrici, rappresentative della condizione di sfruttamento i cui effetti sulla risorsa si sono voluti analizzare.

Come spiegato nel precedente capitolo "*Gli scenari di simulazione del modello GeoTransf*", lo scenario più importante e significativo è quello naturalizzato (o naturale) in cui sono assenti tutte le attività umane di prelievo dell'acqua. Infatti tutti gli indici idrologici utilizzati nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale sono definiti confrontando lo scenario naturalizzato con quello di sfruttamento idrico, dando in questo modo una misura dell'impatto delle derivazioni sulla risorsa.

Per questo motivo sono state eseguite tre linee temporali di simulazioni: la prima è servita per la definizione del bilancio idrico attualizzato fino al 2018, una per il calcolo dello IARI (§ 1.4.1) e la terza per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica.

2.2.1. Gli scenari di simulazione per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale

Per l'aggiornamento del bilancio idrico provinciale era necessario riprodurre oltre lo scenario naturalizzato, anche quello più simile alla situazione reale, in modo da replicare il più fedelmente possibile l'impatto sulla risorsa da parte delle attività antropiche. Per questo motivo gli scenari di simulazione usati hanno il medesimo intervallo temporale di riferimento idrologico applicato per la calibrazione del modello, vale a dire il periodo dal 2011 al 2018. In questo modo è stato possibile rafforzare l'attendibilità dei risultati, poiché, esattamente com'è stato fatto per il primo aggiornamento del 2013, si è potuto eseguire una calibrazione annuale del modello, e per ciascuna simulare la condizione di utilizzazione idrica da parte delle attività umane. Il bilancio idrico è quindi stabilito in base a uno scenario naturalizzato e a uno di sfruttamento, ottenuti dall'unione di otto singoli anni di simulazione: per ciascun anno dal 2011 al 2018 alla condizione naturalizzata sono stati simulati gli effetti delle utilizzazioni idriche formalmente in atto all'aprile del 2019. Le "piccole" derivazioni superficiali sono state tutte modellate al massimo della portata loro concessa, limitata solo dalla disponibilità idrica in alveo in corrispondenza della presa e dall'eventuale rilascio del deflusso minimo vitale, stabilito nella concessione (come descritto in § 1.2.3). Mentre le grandi derivazioni idroelettriche sono state modellate in modo da riprodurre il più fedelmente possibile le portate turbinate e rilasciate giornalmente dal 2011 al 2018 ("*La modellazione delle grandi concessioni*

idroelettriche (GDI)"). È questo uno scenario di massimo sfruttamento della risorsa, giacché è stato praticamente ipotizzato che tutti prelievi, indipendentemente dal reale fabbisogno, possano derivare la massima portata concessa, se disponibile in alveo. Questa ipotesi produce un impatto notevole sulle portate nei corsi d'acqua, specie per effetto di alcune tipologie di utilizzo: la più evidente è quella per uso irriguo, il cui fabbisogno è molto variabile in quanto dipende dalle coltivazioni irrigate, dalla stagione e dalle condizioni meteorologiche.

Riassumendo gli scenari di simulazione usati per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale hanno le seguenti caratteristiche di modellazione:

- Periodo di riferimento idrologico: 2011 – 2018
- Calibrazioni e simulazioni annuali dal 2011 al 2018
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione e in conformità con quanto stabilito dal DGP n. 2378/2015 per l'adeguamento del rilascio entro il 31 dicembre 2016, applicato all'intero periodo idrologico.
 - SCENARIO REALE con DMV PGUAP:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: in aggiunta a quanto modellato nello scenario reale, alle concessioni senza obbligo del rilascio del DMV è stato attuato quanto previsto dal PGUAP, applicato all'intero periodo idrologico.

2.2.2. Gli scenari di simulazione per la definizione dell'indice di alterazione del regime idrologico (IARI)

Per il calcolo dell'indice di alterazione del regime idrologico (IARI) è necessaria, come condizione di riferimento, una serie almeno ventennale di portate medie giornaliere che possono essere assunte come naturali; se non disponibili, come spesso succede, è consentito utilizzare la modellazione idrologica per ricreare gli idrogrammi dello scenario naturalizzato. Per questo motivo il modello *GeoTransf* è stato appositamente calibrato sul lungo periodo, vale a dire il trentennio dal 1989 al 2018. In questo caso la calibrazione non è stata fatta per ogni singolo anno, ma è stato definito il set di parametri che caratterizza il comportamento idrologico medio nel trentennio considerato, vale a dire che è stata mediamente minimizzata la differenza tra la portata misurata e quella simulata in ognuna delle sezioni di calibrazione descritte nei paragrafi precedenti. In alcuni casi in assenza di dati di portata utilizzabili è stata applicata la parametrizzazione risultata dalla calibrazione svolta per l'aggiornamento del bilancio idrico. Lo scenario derivatorio è sempre quello definito con le concessioni attive all'aprile 2019, in cui le derivazioni sono simulate come descritto nel capitolo 1.2 (*La modellazione dei prelievi superficiali, del deflusso minimo vitale e delle restituzioni*). In questo caso però alle derivazioni è stato applicato il rilascio di DMV previsto in concessione prima dell'applicazione del DGP n. 2378/2015 e ssmm, quindi nelle condizioni precedenti il 31 dicembre 2016.

Riassumendo gli scenari di simulazione eseguiti per la definizione dell'indice di alterazione idrologica (IARI) hanno le seguenti caratteristiche di modellazione:

- Periodo di riferimento idrologico: 1989 – 2018
- Calibrazione media trentennale e un'unica simulazione trentennale
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione al 31 dicembre 2016, applicato all'intero periodo idrologico.

2.2.3. Gli scenari di simulazione per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica

All'interno del progetto europeo OrientGate ("Integrating Climate Knowledge into Planning" 2012-2015), è stato possibile definire l'impatto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica dei bacini del fiume Noce e del fiume Brenta. Sono stati scelti come bacini campione perché, presentando caratteristiche geomorfologiche e di sfruttamento antropico differenti, si è pensato che potessero fornire indicazioni rappresentative di tutto il territorio provinciale. Difatti nel bacino del Noce sono presenti importanti zone glaciali e diversi sistemi di sfruttamento idroelettrico di grandi dimensioni, mentre in quello del Brenta non si trovano né aree glaciali né impianti idroelettrici con grandi bacini di accumulo.

Gli scenari climatici di riferimento del progetto si basano su due possibili scenari futuri di emissione dei gas serra in atmosfera (Representative Concentration Pathways – RCP) scelti tra quelli adottati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Il primo scenario, RCP4.5, prevede la stabilizzazione delle emissioni di gas serra grazie ad adeguate politiche di mitigazione, mentre il secondo scenario, RCP8.5, assume l'ipotesi di assenza di politiche di mitigazione e quindi prevede un continuo aumento delle emissioni di gas serra. Per la definizione degli scenari climatici futuri è stato utilizzato il lavoro svolto nell'ambito della modellazione climatica dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), che si è occupato della regionalizzazione del modello climatico globale CMCC-CM, applicandolo su tutta la nostra provincia e non solo sui due bacini campione.

All'interno del progetto OrientGate, per prevedere gli effetti dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di risorsa idrica nel bacino del fiume Noce e in quello del fiume Brenta, è stato impiegato il modello idrologico *GeoTransf*, applicando come forzanti meteorologiche, le precipitazioni e le temperature simulate dal modello climatico nei due scenari di emissione (RCP4.5 e 8.5), con riferimento a un medio (2021–2050) e lungo (2041–2070) periodo di previsione.

Con l'occasione del nuovo aggiornamento del bilancio idrico si è pensato di utilizzare quanto è stato sviluppato nel progetto OrientGate, per prevedere nel medio e nel lungo termine gli effetti dei cambiamenti climatici, su tutto il territorio provinciale. In questo caso il periodo di riferimento idrologico attuale con cui confrontare gli scenari futuri di cambiamento climatico è l'intervallo temporale trentennale 1989 – 2018. Le forzanti meteorologiche applicate al modello riferite a questo

periodo non sono state però quelle misurate alle stazioni di monitoraggio, ma le precipitazioni e le temperature simulate dall'applicazione del modello climatico CMCC-CM.

Pertanto gli scenari di simulazione usati per valutare l'effetto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica provinciale hanno le seguenti caratteristiche di modellazione.

Per ciascuno scenario di emissione RCP4.5 e RCP8.5:

- Periodo di riferimento idrologico: 1989 – 2018, applicazione delle forzanti meteo del modello climatico CMCC-CM previste nei due scenari di emissione RCP4.5 e 8.5
- Calibrazione media trentennale e un'unica simulazione trentennale
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO ATTUALE: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE ATTUALE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione dopo il 31 dicembre 2016 in conformità con il DGP n. 2378/2015, o, in assenza di rilascio DMV, si è applicato quanto previsto dal PGUAP, all'intero periodo idrologico.
- Periodo di riferimento idrologico (scenario futuro di medio termine): 2021 – 2050, applicazione delle forzanti meteo del modello climatico CMCC-CM previste nei due scenari di emissione RCP4.5 e 8.5
- Unica simulazione trentennale con parametri di calibrazione determinati per gli scenari attuali
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO FUTURO A MEDIO TERMINE: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE FUTURO A MEDIO TERMINE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione dopo il 31 dicembre 2016 in conformità con il DGP n. 2378/2015, o, in assenza di rilascio DMV, si è applicato quanto previsto dal PGUAP, all'intero periodo idrologico.
- Periodo di riferimento idrologico (scenario futuro di lungo termine): 2041 – 2070, applicazione delle forzanti meteo del modello climatico CMCC-CM previste nei due scenari di emissione RCP4.5 e 8.5
- Unica simulazione trentennale con parametri di calibrazione determinati per gli scenari attuali
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO FUTURO A LUNGO TERMINE: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE FUTURO A LUNGO TERMINE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione dopo il 31 dicembre 2016 in conformità con il DGP n. 2378/2015, o, in assenza di rilascio DMV, si è applicato quanto previsto dal PGUAP, all'intero periodo idrologico.

Attualmente la Provincia, con l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente (APPA), è in fase di stesura della Strategia Provinciale di Mitigazione e Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Tra le attività del programma di lavoro "Trentino Clima 2021 – 2023", che delinea il percorso verso la Strategia, è previsto lo sviluppo di nuovi scenari climatici futuri di riferimento, aggiornati per la nostra Provincia, utilizzando un approccio cosiddetto "di ensemble" (ossia utilizzando più modelli climatici per stimare l'incertezza delle proiezioni modellistiche), mutuato dall'insieme dei modelli climatici resi disponibili dal consorzio EURO-CORDEX. Gli scenari di simulazione sviluppati con il nuovo aggiornamento del bilancio idrico per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica dovranno quindi essere opportunamente aggiornati alla luce di questi nuovi scenari climatici.

2.3. I dati di input per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico e confronto con il precedente

L'importanza degli input idrologici e la loro influenza sulla qualità dell'output del modello idrologico è stata spiegata molte volte nella relazione, per cui si rimanda ai capitoli § 1.1.2 e 1.1.3, e per le portate ai § 1.1.3 e 2.1, per tutti gli approfondimenti al riguardo. Di seguito sono riportate invece le analisi di confronto delle condizioni idro-meteorologiche di riferimento attuali con quelle del precedente bilancio idrico (2013), per verificare come sono cambiate e come ciò ha influenzato gli output di simulazione.

2.3.1. Le forzanti meteorologiche

La precipitazione rappresenta una delle quattro fasi del ciclo idrologico, ma è sicuramente il modo principale in cui l'acqua atmosferica ritorna sulla Terra, sotto forma di pioggia, neve o grandine: solo una parte di quest'acqua alimenta il deflusso superficiale, raggiungendo il reticolo idrografico. La temperatura in questa fase del ciclo idrologico ha un'influenza notevole, in quanto stabilisce lo stato della precipitazione (pioggia o neve), determina i tempi di residenza dell'acqua nei nevai e ghiacciai stabilendone l'accumulo e la fusione, impatta i processi di evapotraspirazione e di infiltrazione, e così di seguito.

La precipitazione è quindi l'input principale di un modello idrologico, ma anche la temperatura è sostanziale, specie per un modello come *GeoTransf* che riproduce dettagliatamente anche i principali processi strettamente connessi ad essa (Figura 1). Inoltre negli ultimi anni la temperatura, con il suo costante aumento, è diventata sempre più influente nel determinare la quantità d'acqua disponibile nel reticolo idrografico e nella falda sotterranea.

Nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale sono stati utilizzati i dati di precipitazione, temperatura massima e minima giornaliera di 82 stazioni meteorologiche della rete di monitoraggio provinciale gestita dall'Ufficio Previsioni e Pianificazione, e 6 della rete della Fondazione Edmund Mach (FEM). L'ufficio provinciale che si occupa del monitoraggio meteorologico esegue costantemente la validazione dei propri dati, assegnando a ciascuno dei codici che stabiliscono l'affidabilità di ciascuno; in tal modo è stato possibile selezionare velocemente e accuratamente le precipitazioni e le temperature utilizzabili nelle diverse simulazioni, sia annuali che trentennali. Diversamente la FEM non compie alcun tipo di validazione del dato meteo pubblicato sul loro sito e pertanto per le sei stazioni utilizzate è stata svolta un'analisi di affidabilità dei dati di precipitazione e temperatura.

Dati di precipitazione

Il confronto tra le precipitazioni del periodo 2000 – 2008 utilizzate nel primo aggiornamento del bilancio idrico (2013) e quelle del 2011 – 2018 impiegate nel secondo, è stato possibile solo per 78 stazioni meteorologiche, poiché nel frattempo una decina di esse è stata dismessa o perché la consistenza della serie storica dei dati non ha permesso di calcolare una media rappresentativa del periodo.

Nella Tabella 15 è riportata per ciascuna delle 78 stazioni meteorologiche la precipitazione annua mediata sul periodo 2000 – 2008 del bilancio idrico in vigore dal 2013, quella media del periodo 2011 – 2018 a cui si riferisce il suo aggiornamento e la variazione percentuale. Nella tabella le celle colorate in azzurro si riferiscono alle stazioni che hanno evidenziato un aumento della precipitazione nell'ultimo intervallo temporale superiore al 10%, mentre quelle in rosa le stazioni con una riduzione superiore a 10%: in questo modo è immediatamente visibile come nell'ultimo periodo c'è stato un generale aumento della piovosità, con il colmo avvenuto nel 2014 anno fra i più piovosi per molte stazioni.

Precipitazione annua [mm]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var. %	Precipitazione annua [mm]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var. %
Arco Bruttogosto	966.0	1103.8	+ 14%	Spormaggiore	1048.6	1161.5	+ 11%
Coredo	890.7	970.7	+ 9%	Campestrin	880.9	1005.5	+ 14%
Segno	995.1	1005.7	+ 1%	Tremalzo	1498.3	1715.0	+ 14%
Arsio	943.7	1012.0	+ 7%	Passo Brocon	1402.7	1418.5	+ 1%
Caldonazzo	1121.8	1152.5	+ 3%	Passo Sommo	1284.2	1294.1	+ 1%
Storo	1259.9	1419.2	+ 13%	Malga Bissina	1534.9	1577.7	+ 3%
Paneveggio	1103.7	1281.7	+ 16%	Levico Terme	1067.2	1134.0	+ 6%
Centa	1148.8	1382.0	+ 20%	Pontarso	1014.1	1263.2	+ 25%
Bieno	1140.8	1347.9	+ 18%	Pieve Tesino	1236.9	867.7	- 30%
Passo Cereda	1359.2	1701.5	+ 25%	Lavarone	1423.9	1336.9	- 6%
Canal San Bovo	1315.2	1497.2	+ 14%	S. Michele all'Adige	1036.4	1105.1	+ 7%
Pian Palù	928.7	1059.4	+ 14%	Malè	845.4	957.7	+ 13%
Careser	884.2	822.7	- 7%	Passo Mendola	854.5	948.3	+ 11%
Cogolo Pont	788.7	775.9	- 2%	Denno	1195.4	1103.4	- 8%
Mezzana	831.8	1025.3	+ 23%	Pian Fedaia	1094.2	1465.9	+ 34%
S. Bernardo di Rabbi	781.8	935.0	+ 20%	Cima Paganella	926.4	1040.8	+ 12%
Tres	850.3	810.9	- 5%	Zambana	1036.5	1085.7	+ 5%
Passo Costalunga	1072.0	1268.4	+ 18%	Passo Rolle	1409.2	1469.5	+ 4%
Pezzè di Moena	921.9	1046.0	+ 13%	Trento Laste	951.4	1028.2	+ 8%
Passo Valles	1203.0	1434.4	+ 19%	Trento Roncafort	958.4	986.6	+ 3%
Val Cadino	983.3	1013.4	+ 3%	Sant'Orsola	972.5	1050.5	+ 8%
Gresta	688.0	910.7	+ 32%	Rovereto	966.6	981.3	+ 2%
Aldeno	991.1	1012.0	+ 2%	Pinzolo	1154.0	1207.2	+ 5%
Terragnolo	1031.5	1308.8	+ 27%	Tione	1201.4	1239.8	+ 3%
Speccheri	1521.3	1504.8	- 1%	Folgaria	1184.7	1197.1	+ 1%
Loppio	1055.5	1189.6	+ 13%	Ronzo Chienis	1106.2	1323.0	+ 20%
Ronchi di Ala	1244.4	1409.1	+ 13%	Romeno	910.1	974.8	+ 7%
Val di Genova	1081.2	1096.6	+ 1%	Passo Tonale	1234.1	1244.1	+ 1%
Pradalago	1197.7	1396.1	+ 17%	Pejo	957.9	962.2	0%
Rifugio Grostè	1234.5	1388.7	+ 12%	Cavalese	809.0	878.9	+ 9%
Arnò	1180.0	1371.4	+ 16%	Monte Bondone	1365.3	1530.7	+ 12%
La Rocca	1291.0	1087.9	- 16%	Predazzo	1037.9	1194.1	+ 15%
Montagne	1159.5	1303.0	+ 12%	Telve	1042.0	1211.5	+ 16%
Nembia	1124.9	1066.7	- 5%	Cles	990.3	997.8	+ 1%
Santa Massenza	843.9	992.3	+ 18%	Fondo	941.4	974.0	+ 3%
Lago di Cavedine	1065.8	1269.6	+ 19%	Bezzecca	1286.9	1440.1	+ 12%
Torbole	987.8	975.6	- 1%	Ala	951.2	1119.3	+ 18%
Tenno	988.4	1191.0	+ 20%	Mezzolombardo	1041.6	1086.5	+ 4%
Forte d'Ampola	1350.5	1640.7	+ 21%	Pergine Valsugana	1123.9	1088.0	- 3%

Tabella 15 – Precipitazione media annua del periodo di riferimento registrata alle 78 stazioni meteorologiche impiegate nel primo e nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico.

Nella successiva Figura 10 è invece riportato l'andamento dal 1988 al 2018 della precipitazione annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche. Nel grafico sono rappresentati in verde gli anni del periodo idrologico preso a riferimento nel primo aggiornamento del bilancio idrico, e in rosso quelli del secondo. Come commentato precedentemente emerge chiaramente l'anno 2014 come il più piovoso della serie, subito seguito dal 2002. Nello stesso tempo sono evidenti gli anni dal 2003 al 2007 che sono meno piovosi dell'intero periodo 2011 – 2018, tranne il 2015 che è invece il più scarso della serie.

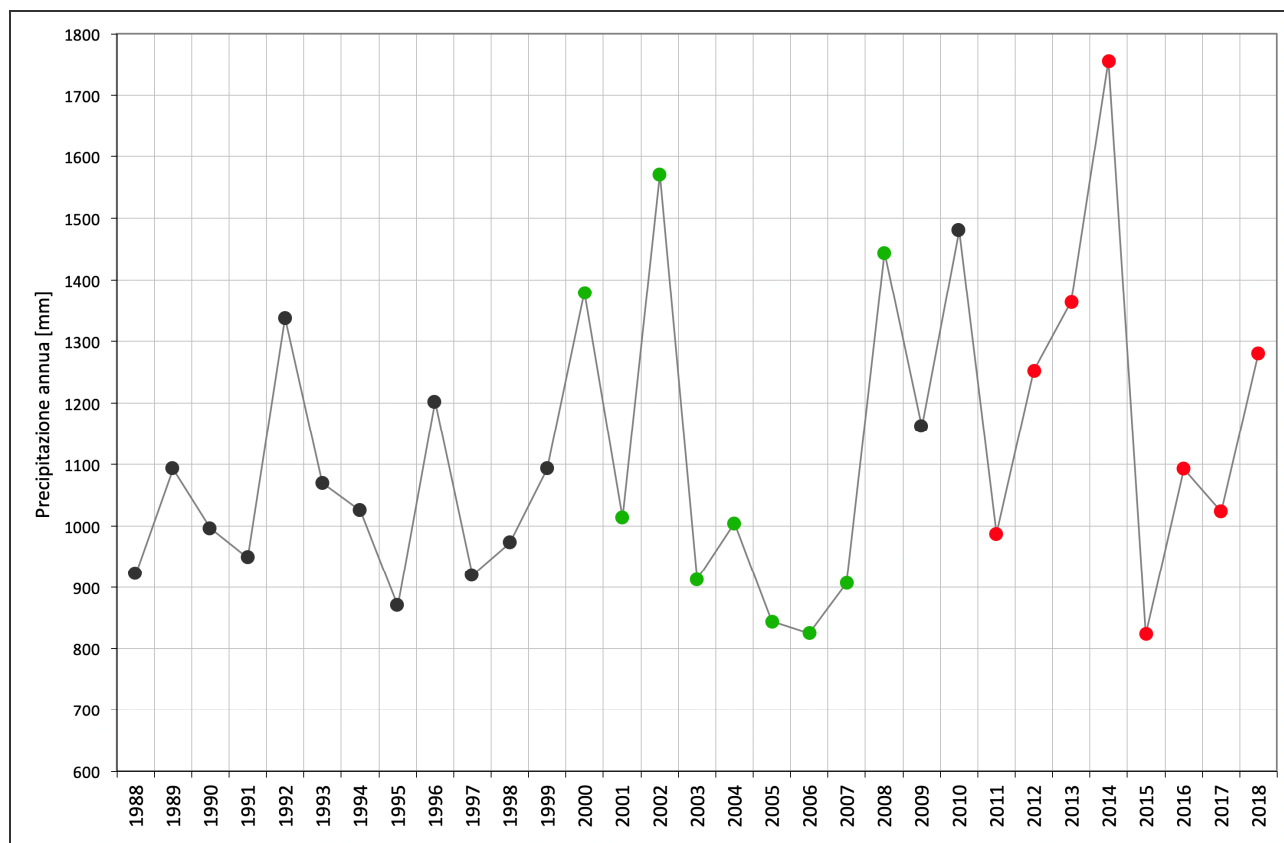


Figura 10 – Andamento della precipitazione annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche, dal 1988 al 2018: in verde gli anni di riferimento per il primo aggiornamento del bilancio idrico vigente, in rosso quelli del secondo.

Per comprendere invece come sono variati gli apporti mensili medi nei due periodi di riferimento è stato calcolato il valore medio mensile di tutte le 78 stazioni, ottenendo il seguente grafico.

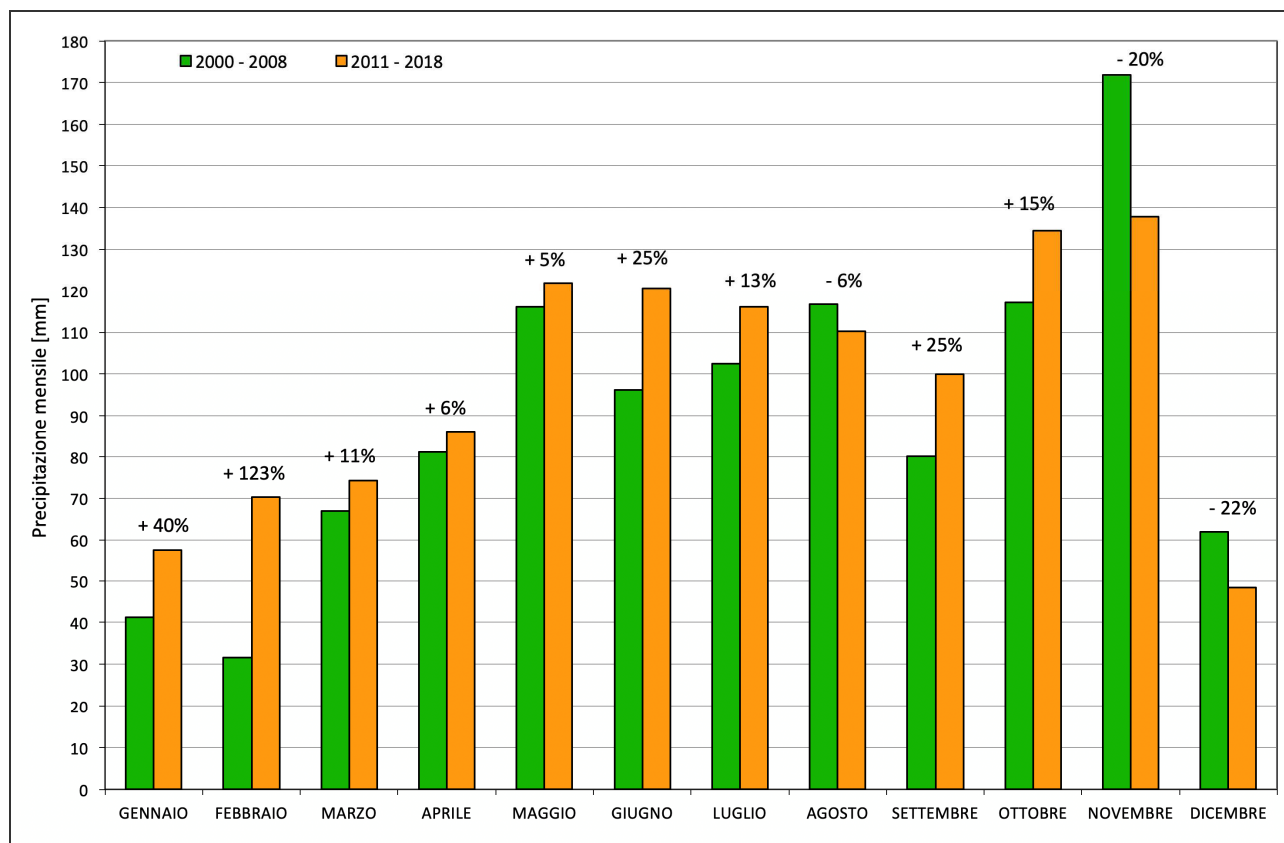


Figura 11 – Confronto della precipitazione mensile mediata sulle 78 stazioni meteorologiche nei due periodi di riferimento.

In Figura 11 sono indicate anche le variazioni percentuali della precipitazione mensile media del periodo 2011 – 2018 rispetto a quella del periodo 2000 – 2008; anche in questo caso tutti i mesi nell'ultimo intervallo temporale sono risultati più piovosi rispetto al precedente, tranne novembre e dicembre con un calo del 20% e agosto con - 6%, confermando quanto osservato per la precipitazione annuale.

Dati di temperatura media

Per le medesime 78 stazioni meteorologiche utilizzate per il confronto della precipitazione, è stata svolta un'analisi di raffronto della temperatura media registrata nel periodo 2000 – 2008, riferimento del bilancio idrico vigente, e quella del periodo 2011 – 2018, riferimento del nuovo aggiornamento. Nella Tabella 16 sono quindi riportate le temperature medie dei due intervalli temporali e la loro variazione. In particolare le celle colorate si riferiscono alle stazioni che, nell'ultimo periodo di riferimento, hanno mostrato un aumento della temperatura superiore a + 0.5°C: è immediatamente evidente come questo riguarda la maggioranza delle stazioni. Anche nella successiva Figura 12, dove è riportato l'andamento dal 1988 al 2018 della temperatura media annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche, è nuovamente evidente come nel periodo di riferimento dell'attuale aggiornamento del bilancio idrico (anni colorati in verde) sono stati registrati gli anni più caldi della serie, con il culmine nel 2014, anche se per 22 stazioni il massimo è avvenuto nel 2015, per 18 nel 2017 e per 17 nel 2011.

Temperatura media annua [°C]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var.	Temperatura media annua [°C]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var.
Arco Bruttogosto	13.8	14.1	+ 0.2	Spormaggiore	11.4	12.3	+ 0.8
Coredo	10.6	11.4	+ 0.8	Campestrin	5.1	7.5	+ 2.4
Segno	11.4	12.5	+ 1.1	Tremalzo	6.2	6.8	+ 0.6
Arsio	9.7	11.3	+ 1.6	Passo Brocon	5.8	5.7	0.0
Caldonazzo	10.8	12.1	+ 1.2	Passo Sommo	7.4	8.1	+ 0.7
Storo	11.6	12.0	+ 0.4	Malga Bissina	5.0	5.7	+ 0.6
Paneveggio	4.9	6.2	+ 1.3	Levico Terme	11.1	11.9	+ 0.8
Centa	10.6	11.0	+ 0.4	Pontarso	9.0	9.0	0.0
Bieno	10.1	11.0	+ 0.9	Pieve Tesino	9.5	10.2	+ 0.6
Passo Cereda	6.4	7.2	+ 0.9	Lavarone	8.2	8.7	+ 0.5
Canal San Bovo	10.2	10.6	+ 0.4	S. Michele all'Adige	12.8	13.1	+ 0.3
Pian Palù	5.0	6.1	+ 1.1	Malè	10.2	10.0	- 0.1
Careser	0.4	0.8	+ 0.4	Passo Mendola	7.8	8.5	+ 0.7
Cogolo Pont	8.0	9.7	+ 1.6	Denno	11.2	12.2	+ 1.0
Mezzana	9.2	8.8	- 0.3	Pian Fedaia	3.4	3.7	+ 0.3
S. Bernardo di Rabbi	7.2	8.8	+ 1.6	Cima Paganella	2.4	3.5	+ 1.1
Tres	9.5	10.4	+ 0.9	Zambana	13.2	13.2	+ 0.1
Passo Costalunga	3.7	5.1	+ 1.4	Passo Rolle	3.8	3.9	0.0
Pezzè di Moena	7.2	7.5	+ 0.3	Trento Laste	13.0	13.6	+ 0.6
Passo Valles	3.1	3.8	+ 0.7	Trento Roncafort	12.7	13.3	+ 0.6
Val Cadino	7.9	8.4	+ 0.6	Sant'Orsola	10.7	11.0	+ 0.4
Gresta	10.8	11.5	+ 0.7	Rovereto	13.9	14.4	+ 0.5
Aldeno	13.6	13.3	- 0.2	Pinzolo	9.4	10.2	+ 0.9
Terragnolo	11.0	11.3	+ 0.2	Tione	10.8	11.2	+ 0.4
Speccheri	9.9	11.6	+ 1.7	Folgaria	9.4	9.3	0.0
Loppio	11.6	13.1	+ 1.6	Ronzo Chienis	9.2	10.4	+ 1.2
Ronchi di Ala	10.9	11.8	+ 0.9	Romeno	9.0	10.0	+ 1.0
Val di Genova	7.6	8.5	+ 0.9	Passo Tonale	4.3	4.8	+ 0.5
Pradalago	3.2	3.5	+ 0.4	Pejo	6.8	7.4	+ 0.6
Rifugio Grostè	2.1	2.7	+ 0.6	Cavalese	8.7	9.3	+ 0.5
Arnò	8.9	7.6	- 1.3	Monte Bondone	5.7	6.7	+ 1.0
La Rocca	9.9	10.8	+ 1.0	Predazzo	8.9	9.5	+ 0.6
Montagne	10.3	10.6	+ 0.3	Telve	11.7	12.3	+ 0.6
Nembia	9.4	10.0	+ 0.7	Cles	10.7	11.7	+ 1.0
Santa Massenza	12.5	13.6	+ 1.1	Fondo	10.3	10.9	+ 0.6
Lago di Cavedine	11.7	12.3	+ 0.6	Bezzecca	10.1	10.3	+ 0.2
Torbole	14.2	15.2	+ 1.0	Ala	13.5	14.4	+ 0.8
Tenno	12.1	12.6	+ 0.4	Mezzolombardo	12.3	13.1	+ 0.8
Forte d'Ampola	8.8	9.5	+ 0.7	Pergine Valsugana	11.3	12.2	+ 0.9

Tabella 16 – Temperatura media annuale del periodo di riferimento registrata alle 78 stazioni meteorologiche impiegate nel primo e nel secondo aggiornamento del bilancio idrico.

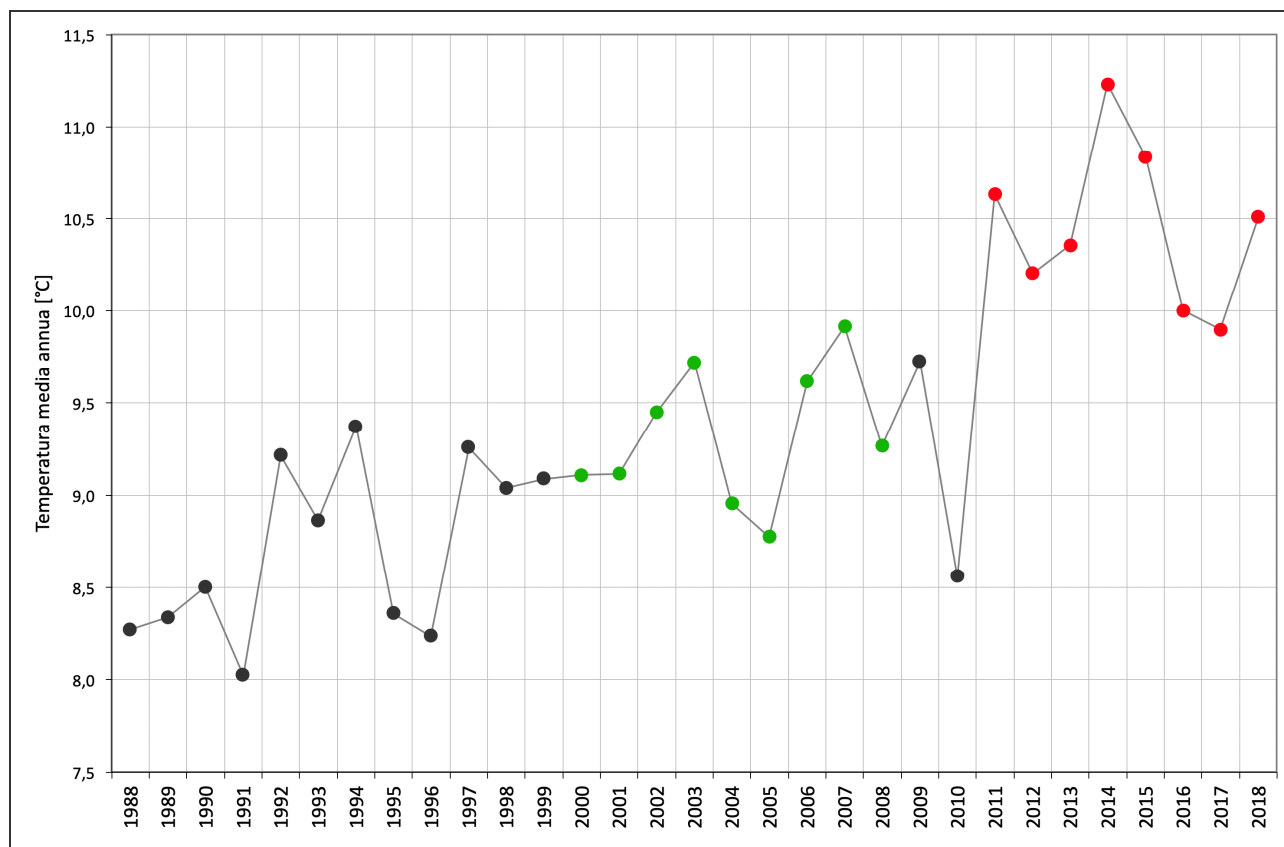


Figura 12 – Andamento della temperatura media annua mediata sulle 78 stazioni meteorologiche, dal 1988 al 2018: in verde gli anni di riferimento per il bilancio idrico vigente, in rosso quelli del suo attuale aggiornamento.

Per comprendere invece come sono variate le temperature medie mensili nei due periodi di riferimento è stato calcolato il valore medio mensile di tutte le 78 stazioni, ottenendo il seguente grafico. In esso sono anche segnalate, in gradi Celsius, le variazioni di temperatura misurate tra l'intervallo 2011 – 2018 e quello 2000 – 2008; si può facilmente notare che quasi tutti i mesi, tranne maggio e giugno, sono risultati più caldi, in alcuni casi con un aumento superiore al grado (aprile, agosto, settembre, novembre e dicembre).

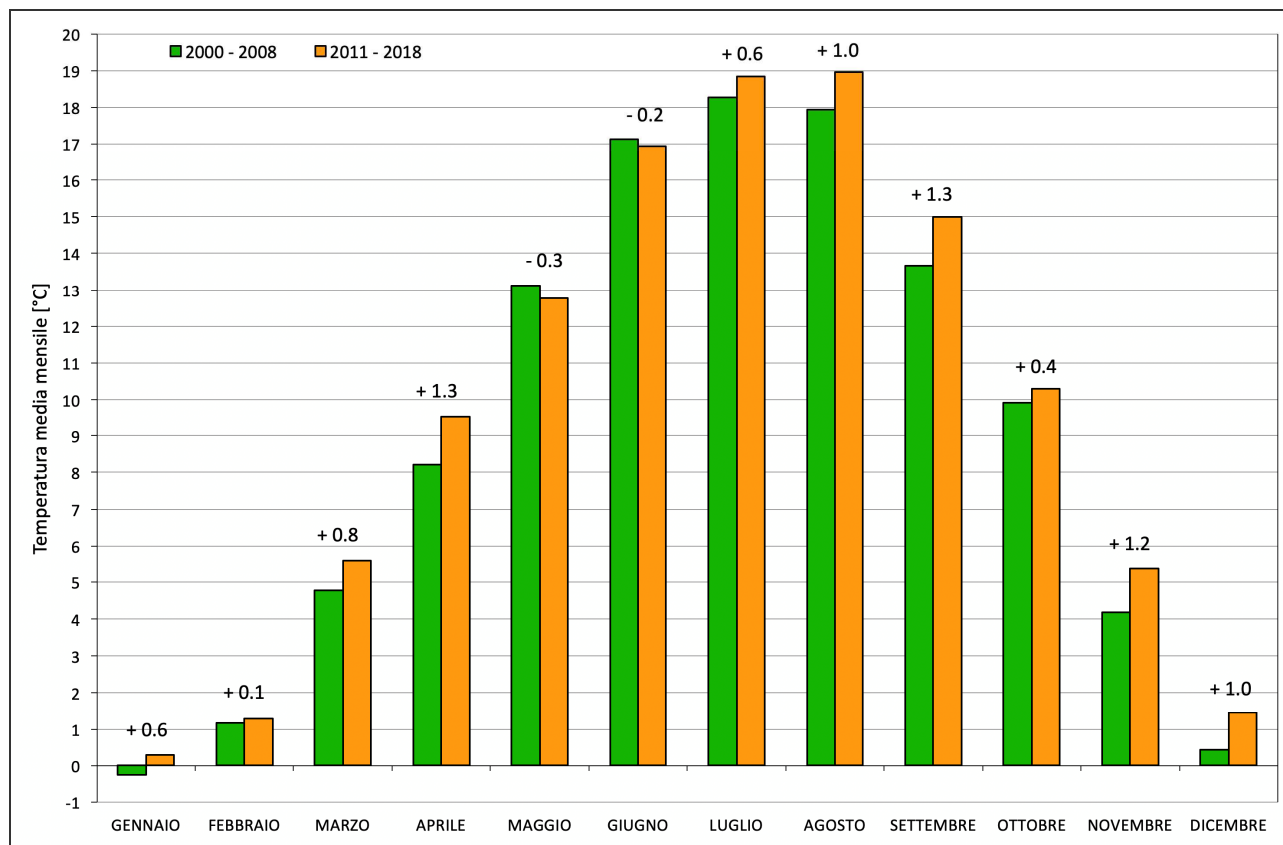


Figura 13 - Confronto della temperatura media mensile mediata sulle 78 stazioni meteorologiche nei due periodi di riferimento.

2.3.2. Le portate monitorate

Nel capitolo “La calibrazione del modello attualizzata al periodo 2011 – 2018” è stata dettagliatamente spiegata la fase di pre-analisi dei dati di portata delle stazioni idrometriche a disposizione per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale. Di seguito si analizzano invece le variazioni di deflusso con il periodo idrologico di riferimento precedente (2000 – 2008) per le sole sezioni che sono risultate attendibili. Dalla Tabella 17 come la variazione di portata media annua nei due periodi non è così evidente come per precipitazione e temperatura, probabilmente anche per problemi legati alla difficoltà di misura correttamente il deflusso in alveo. Ad ogni modo è evidente una tendenza negli ultimi anni ad un aumento delle portate (celle colorate in azzurro), come è più lampante per le precipitazioni.

Portata media annua [m ³ /s]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var. [%]
f. Adige a S. Michele	154.39	162.34	+ 5%
f. Adige a Trento	184.29	205.30	+ 11%
f. Adige a Marco	67.46	71.34	+ 6%
t. Leno a Rovereto	4.19	3.87	- 8%
t. Fersina a Trento	2.60	2.36	- 9%
f. Noce a Malè	10.94	10.68	- 2%
t. Vermigliana	2.36	2.21	- 7%

Portata media annua [m ³ /s]	Media 2000 – 2008	Media 2011 – 2018	Var. [%]
t. Rabbies a S. Bernardo	2.25	1.84	- 18%
f. Brenta a Grigno	13.26	15.44	+ 16%
f. Brenta a Levico	1.87	3.14	+ 68%
t. Maso a Pte Carrette	2.63	1.97	- 25%
t. Larganza a Roncegno	1.67	0.85	- 49%
t. Vanoi a Caoria	3.93	4.46	+ 14%
f. Chiese a Condino	1.53	2.72	+ 77%

Tabella 17 – Portata media annuale del periodo di riferimento registrata alle stazioni idrometriche attendibili impiegate nel primo e nel secondo aggiornamento del bilancio idrico.

2.4. Le derivazioni implementate nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico e il confronto con il precedente

Per definire il bilancio idrico provinciale è fondamentale valutare l'impatto delle utilizzazioni antropiche sulla risorsa idrica, sia riguardo alla portata defluente negli alvei dei corsi d'acqua sia in termini di volumi idrici disponibili ai prelievi. Il modello *GeoTransf* permette appunto di svolgere questa valutazione in quanto, oltre a modellare la risposta idrologica dei singoli sottobacini elementari di calcolo, riproduce anche il comportamento di tutte le derivazioni antropiche considerate, con particolare attenzione a quelle delle grandi concessioni idroelettriche (al riguardo si può fare riferimento al capitolo 1.2 "*Il modello GeoTransf: modellazione dell'effetto delle utilizzazioni*").

Con il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale le derivazioni considerate nello scenario reale di riferimento (§2.2.1) si riferiscono alle concessioni formalmente in atto all'aprile 2019; si tratta della medesima condizione utilizzata in occasione dell'analisi della pressione derivatoria svolta per il Piano di Tutela delle Acque (2023) e per il report sullo stato di attuazione del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) del 2021.

Di seguito si riporta un'analisi delle utilizzazioni implementate per l'aggiornamento del bilancio idrico attuale e un confronto con la situazione derivatoria considerata nel precedente aggiornamento.

2.4.1. La situazione derivatoria implementata per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico

Per il secondo aggiornamento del bilancio idrico provinciale sono state considerate rappresentative della condizione di sfruttamento antropico della risorsa idrica, tutte le concessioni formalmente attive nell'aprile 2019, ma di queste, esattamente come per l'analisi delle pressioni derivatorie svolta per il PTA, sono state escluse le derivazioni temporanee, quelle di soccorso e quelle legate agli usi multipli (che per loro natura prevedono più utilizzi a parità di risorsa utilizzata, già considerata nella concessione idrica principale). Inoltre, successivamente allo studio svolto per il PTA, sono state esaminate più dettagliatamente tutte quelle concessioni che avevano attingimenti da opere esistenti, vale a dire da manufatti già realizzati. In questi casi si è verificato se questo tipo di derivazione impattava sulla portata del corso d'acqua, impiegando un'opera di presa esistente per prelevare altra risorsa, o se diversamente non aumentava il volume derivato poiché la utilizzava in serie da un'altra concessione.

Per questi motivi le derivazioni simulate nello scenario reale di riferimento per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico (§2.2.1), pur essendo congruenti con quanto riportato nel PTA e nel report di attuazione 2021 del PGUAP, non sono completamente allineate.

Nel dettaglio i punti di derivazione considerati sono più di 15000 di cui 5418 prelevano dalla falda sotterranea, 6849 da sorgenti, 52 da laghi e 2885 da corsi d'acqua superficiali; a questi si devono ancora aggiungere 152 derivazioni delle grandi concessioni idroelettriche (26 da lago e 126 da corso d'acqua). Per quanto riguarda l'entità della risorsa idrica prelevata, circa il 70% delle derivazioni non supera il mezzo litro al secondo e il 93% non supera i 10 litri al secondo.

Se ci si focalizza sulle sole derivazioni da acque superficiali, che comprendono anche sorgenti e laghi, la distribuzione delle portate medie annue derivate per i diversi utilizzi nei bacini principali è riportata in

Tabella 18; in essa l'uso idroelettrico è distinto tra quello delle grandi concessioni (GDI) e le piccole (PDI), a seconda se la potenza nominale installata è superiore o inferiore a 3000 kW.

Bacino	Agricolo	Civile	Industriale	Pescicoltura	Innevamento	Raffreddamento	Altro	GDI	PDI	TOTALE
Adige	12.123	1.691	0.020	0.643	0.010		0.016	256.900	6.314	277.716
Avisio	0.180	1.456	0.086	0.305	0.112		0.011	23.105	9.028	34.283
Fersina	0.236	0.601	0.008	0.116	0.002	0.010	0.112		4.583	5.667
Noce	3.958	2.127	0.179	0.435	0.029	0.053	0.078	65.176	38.756	110.789
Brenta	0.827	1.359	0.993	2.207	0.003	0.018	0.035	3.737	11.582	20.761
Vanoi	0.001	0.088	0.006	0.043	0.001			8.517	0.400	9.057
Cismon	0.001	0.279		0.094	0.012	0.010	0.020	19.057	1.552	21.025
Sarca	0.669	1.888	0.200	10.878	0.034	0.012	0.016	55.402	10.947	80.047
Chiese	0.051	0.516	0.079	2.957				22.907	2.100	28.610
Senaiga	0.0003	0.006			0.004				0.150	0.160
Astico	0.0001	0.049	0.001		0.009				0.093	0.151
PAT	18.046	10.061	1.571	17.676	0.216	0.102	0.288	454.802	85.504	588.267

Tabella 18 – Portate [m³/s] medie annue concesse alle derivazioni da acque superficiali, divise per bacini principali e utilizzi.

Anche in questo caso, nonostante la base dati condivisa e congruente con quella utilizzata per il Piano di Tutela delle Acque e per lo stato di attuazione del PGUAP, la pressione derivatoria considerata per la definizione del bilancio idrico provinciale è differente, in quanto, nel modellare l'impatto dei prelievi sulla risorsa, è stato considerato un solo utilizzo per derivazione, quello principale.

Nella successiva Tabella 19 sono invece riportate le portate medie annue attinte da falda sotterranea, sempre divise per utilizzi e bacini principali.

Bacino	Agricolo	Civile	Industriale	Pescicoltura	Innevamento	Raffreddamento	Altro	GDI	PDI	TOTALE
Adige	1.201	0.848	0.836	0.047	0.018	0.749	0.038			3.737
Avisio	0.031	0.113	0.021	0.071	0.020		0.012			0.268
Fersina	0.050	0.101	0.044	0.002		0.021	0.001			0.218
Noce	0.042	0.066	0.020	0.026	0.001	0.021	0.001			0.175
Brenta	0.300	0.110	0.087	0.329		0.035	0.001			0.861
Vanoi		0.002	0.0003							0.002
Cismon		0.043			0.001	0.001			0.363	0.408
Sarca	0.203	0.274	0.886	0.762	0.0001	0.204	0.004			2.333
Chiese	0.014	0.034	0.243	3.718		0.002				4.010
Senaiga										
Astico	0.00001	0.001			0.002					0.003
PAT	1.841	1.590	2.136	4.954	0.043	1.033	0.056		0.363	12.015

Tabella 19 – Portate [m³/s] medie annue concesse alle derivazioni da falda, divise per bacini principali e utilizzi.

2.4.2. Il confronto con la situazione derivatoria utilizzata per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico

I fattori che impattano sulla risorsa idrica che defluisce in alveo sono quelli “naturali”, come le forzanti meteorologiche, e quelli antropici, come appunto i prelievi idrici. I primi sono già stati analizzati confrontando precipitazioni, temperature e portate dei due periodi di riferimento 2000 – 2008 e 2011 - 2018 (§ 2.3.1 e 2.3.2). Può essere interessante confrontare anche la situazione derivatoria utilizzata come riferimento per la definizione del bilancio idrico attualmente in vigore (adottato nel 2013) con quella impiegata per il suo attuale aggiornamento.

Nel precedente bilancio idrico i punti di derivazioni considerati si riferivano alla situazione del marzo 2012 e sono stati più di 14000 (ma meno di 15000), di cui 4944 da falda sotterranea, 6553 da sorgente, 62 da laghi e 2895 da corsi d’acqua superficiali, a cui si devono aggiungere le medesime derivazioni delle grandi concessioni idroelettriche (26 da lago e 126 da corso d’acqua). Logicamente i prelievi simulati non sono i medesimi, ma quelli in comune nei due scenari sono la quasi totalità, come riportato in Tabella 20.

	Bilancio idrico 2013 (marzo 2012)	Numero derivazioni	Aggiornamento (aprile 2019)
“Piccole”	+ 796	13658	+ 1546
GDI		152	
Totale	14606	13810	15356

	Bilancio idrico 2013 (marzo 2012) [m³/s]	Portata media annua [m³/s]	Aggiornamento (aprile 2019) [m³/s]
“Piccole”	+ 47.71	100.14	+ 45.34
GDI		454.80	
Totale	602.65	554.94	600.28

Tabella 20 – Raffronto della situazione derivatoria tra il bilancio idrico vigente e l’attuale aggiornamento.

Interessante invece il raffronto sulle portate medie annue simulate nelle due condizioni, in quanto sono il fattore fondamentale di impatto sulla risorsa disponibile: logicamente dato che le GDI sono rimaste invariate nei due periodi e che rappresentano circa il 90% della portata derivata, lo scarto tra i due scenari è nel 10% che rimane. Questa differenza, pari a poco più di 2000 litri al secondo, è variamente spalmata in base alla tipologia d’uso (si veda Tabella 21), in particolare è notevolmente diminuita la portata per uso idroelettrico a favore di quello agricolo e per le piscicoltura. Probabilmente questo spostamento è legato al fatto che spesso alle concessioni irrigue e per la piscicoltura è associato anche l’utilizzo idroelettrico, che sfrutta però la medesima acqua prelevata; con il nuovo aggiornamento, per questi casi, è stata stabilita come utilizzazione principale quella agricola e ittiogenica, e non l’idroelettrica.

Tipo di utilizzo	1° aggiornamento bilancio idrico 2013 (marzo 2012) [m ³ /s]	2° aggiornamento bilancio idrico (aprile 2019) [m ³ /s]	Variazione Portata media annua [m ³ /s]	Variazione Portata media annua [%]
Agricolo	12.71	19.89	+ 7.17	+ 36%
Civile	11.16	11.65	+ 0.49	+ 4%
Industriale	3.63	3.71	+ 0.07	+ 2%
Pescicoltura	19.80	22.63	+ 2.83	+ 13%
Innevamento	0.24	0.26	+ 0.02	+ 8%
Raffreddamento	1.04	1.14	+ 0.10	+ 9%
Altro	0.47	0.34	- 0.12	- 35%
Piccolo Idroelettrico	98.81	85.87	-12.95	- 15%
TOTALE	147.86	145.48	- 2.38	- 2%

Tabella 21 – Confronto delle portate medie annue, diviso per tipo di utilizzo, tra il primo e il secondo aggiornamento del bilancio idrico.

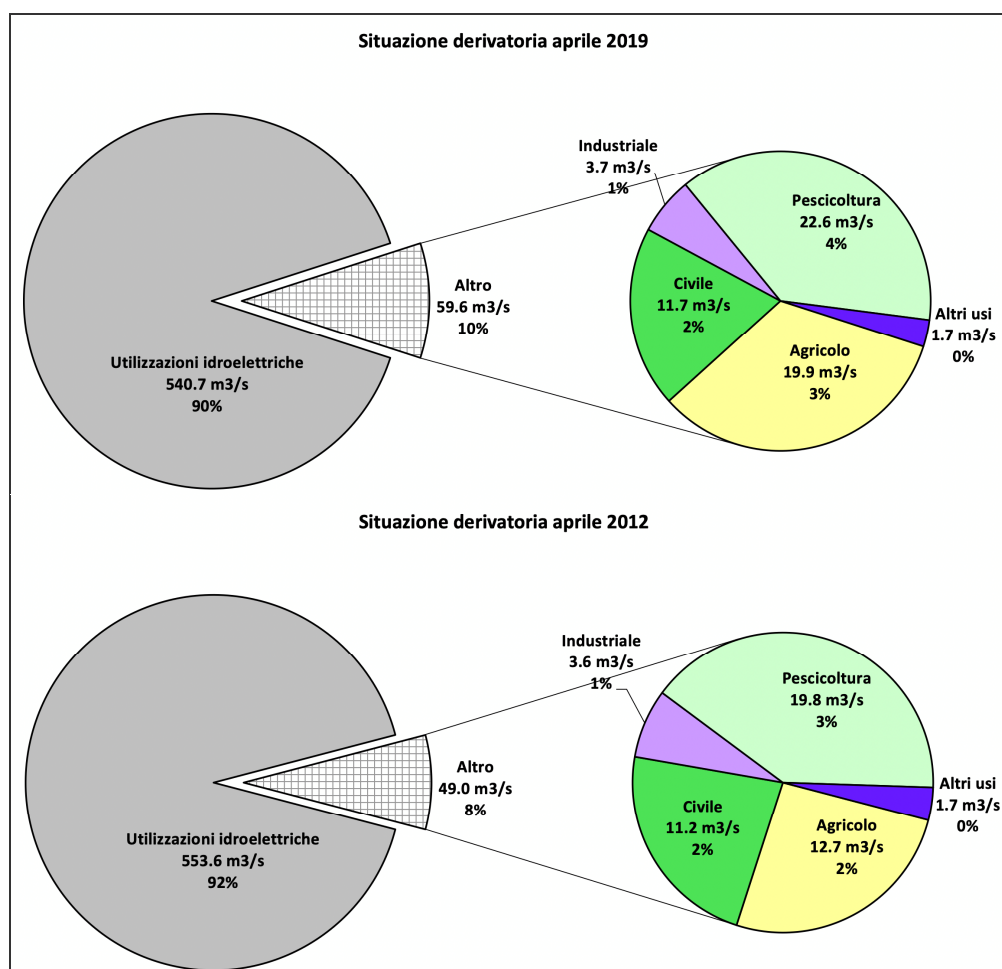


Figura 14 – Rappresentazione della ripartizione delle portate medie annue nei diversi tipi di utilizzo, considerate nel primo e nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico.

2.5. La situazione del rilascio del Deflusso Minimo Vitale nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico

Con l'entrata in vigore del Piano di Tutela delle Acque (PTA – Del.G.P. n. 233 del 16 febbraio 2015), ha trovato applicazione la disciplina dei rilasci del Deflusso Minimo Vitale, attraverso l'utilizzo di una specifica cartografia dei valori tendenziali introdotta con il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (tavola III.6.2). Tale disciplina è mirata a riequilibrare la presenza del deflusso in alveo, ed è iniziata già nel 1999 con i rilasci sperimentali effettuati dalle 167 derivazioni delle grandi concessioni idroelettriche (GDI), poi adeguati ai valori del PGUAP una volta entrato in vigore. Le norme di attuazione del precedente PTA (2015) stabilivano la gradualità di applicazione del DMV per le derivazioni esistenti non ancora assoggettate al suo rilascio, prevedendo che si adeguassero dal 31 dicembre 2016. Con la deliberazione della Giunta Provinciale n. 2378 del 18 dicembre 2015 e successiva modificazione con Del.G.P. n. 977/2019, sono state stabilite le modalità dell'adeguamento di queste derivazioni.

Quindi successivamente al 31 dicembre 2016, facendo riferimento alla situazione derivatoria di aprile 2019 utilizzata per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, il rilascio del DMV è applicato a 1351 derivazioni (1252 prelievi da corsi d'acqua o laghi, 99 da sorgenti) su un totale di 9938 captazioni da acque superficiali (2937 da corsi d'acqua o laghi, 6849 da sorgenti e 152 GDI).

Riguardo invece all'applicazione del rilascio del DMV dalle derivazioni superficiali delle concessioni attive a marzo 2012 che sono state considerate per il bilancio idrico attualmente in vigore, le captazioni coinvolte sono state 388 (381 da corsi d'acqua o laghi, 7 da sorgenti) su un totale di 9662 derivazioni (2957 da corsi d'acqua o laghi, 6553 da sorgenti e 152 GDI).

Quindi nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale (situazione derivatoria di aprile 2019), l'applicazione dell'adeguamento del rilascio del DMV alle derivazioni superficiali delle concessioni attive prima dell'entrata in vigore del PGUAP, ha incrementato da 4.0% a 13.6% la percentuale di rilasci del deflusso minimo vitale rispetto al numero totale di prelievi.

Inoltre alcuni prelievi, con il primo dicembre 2017 o con data successiva a marzo 2012 (situazione derivatoria del bilancio idrico in vigore), hanno aumentato o modificato il rilascio del deflusso minimo vitale. In particolare questo adeguamento ha coinvolto 21 derivazioni di cui 17 di grandi concessioni idroelettriche che, come spiegato più volte, impattano maggiormente sulla risorsa idrica in alveo. Le GDI coinvolte riguardano le concessioni di Malga Mare (GDI01NO-1), di Cogolo I – Malga Mare (GDI02NO-1), di Caoria (GDI07AV-1) e di Santa Massenza II (GDI22SA-2).

3. Gli indici idrologici utilizzati nel nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale

L'uso di un modello idrologico completo come *GeoTransf* offre un ottimo contributo alla pianificazione poiché, come è stato spiegato nei capitoli precedenti, permette di ricostruire ipotetici scenari di sfruttamento idrico e di valutarne l'impatto sulla risorsa disponibile in alveo. Per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico sono stati scelti come scenari di riferimento quelli riportati nel

capitolo 2.2.1 (*Gli scenari di simulazione per il nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale*), vale a dire:

- Periodo di riferimento idrologico: 2011 – 2018
- Condizione derivatoria:
 - SCENARIO NATURALIZZATO: nessuna concessione attiva.
 - SCENARIO REALE:
 - Concessioni: quelle attive ad aprile 2019 applicate all'intero periodo idrologico;
 - Deflusso minimo vitale: quello definito in concessione e in conformità con quanto stabilito dal DGP n. 2378/2015 per l'adeguamento del rilascio entro il 31 dicembre 2016, applicato all'intero periodo idrologico.

Perciò d'ora in poi l'uso dei termini "scenario naturalizzato" e "scenario reale" sarà collegato con le specifiche riportate sopra (e in § 2.2.1).

L'elaborazione dello scenario naturalizzato e di quello reale ha permesso di ricostruire le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere che defluiscono alla chiusura di ciascun sottobacino elementare di calcolo (per approfondimenti § 1.4.1). Tali risultati sono stati opportunamente rielaborati per ottenere degli indici rappresentativi dell'impatto delle utilizzazioni antropiche sulla risorsa idrica, con valenza applicativa.

Per una corretta interpretazione degli indici idrologici scelti per la definizione del bilancio idrico provinciale, occorre evidenziare due importanti considerazioni. La prima riguarda il fatto che *GeoTransf* modella le derivazioni (§ 1.2) ipotizzando che, indipendentemente dalle reali necessità dell'utilizzatore, prelevino la portata massima concessa, compatibilmente con il deflusso in alveo e comunque rispettando il DMV, se previsto. Questo implica che il volume prelevato modellato sia probabilmente superiore ai volumi medi realmente derivati, specie da alcune tipologie di concessioni (es. agricolo, potabile, industriale ecc). Pertanto lo scenario reale a cui si riferiscono gli indici idrologici adottati è rappresentativo del massimo sfruttamento di risorsa da parte di tutti gli utilizzatori, a prescindere dal loro reale fabbisogno. A ciò si deve aggiungere che per il loro calcolo si utilizzano le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere, definite applicando metodologie più cautelative, specie nei valori idrologici minimi (§ "*Le curve di durata mensile della portata media giornaliera*"). Per questi due motivi gli indici idrologici scelti per la definizione del bilancio idrico provinciale rappresentano la situazione più sfavorevole nella valutazione dell'impatto delle utilizzazioni sulla risorsa idrica che defluisce in alveo.

3.1. Indice di equilibrio e disequilibrio del bilancio idrico (WBI)

L'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI – Water Balance Index) è stato sviluppato per il primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale e pertanto si rimanda al "*Documento tecnico per l'analisi dei risultati del bilancio idrico provinciale e relativi allegati cartografici alla data del 30 marzo 2012*", allegato alla deliberazione di Giunta Provinciale n. 1996 del 27 settembre 2013, per maggiori dettagli esplicativi.

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. L'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico, utilizzando i risultati delle simulazioni dello scenario naturalizzato e reale, cerca semplicemente di verificare se nel corso d'acqua transita una portata superiore al DMV stabilito dal Piano Generale delle Acque Pubbliche. Se ciò avviene l'intero sottobacino sotteso dal corso d'acqua è considerato in equilibrio. In caso contrario si può ancora definire in equilibrio qualora il deficit non sia dovuto alle derivazioni antropiche presenti: in altri termini, è considerato in equilibrio quel corso d'acqua che presenta portate inferiori al valore di DMV sempre e solo per motivi naturali. Per stabilire ciò, è possibile confrontare i deflussi dello scenario reale con quello naturalizzato, in cui le utilizzazioni idriche non sono attive; se coincidono quando sono inferiori al DMV stabilito dal PGUAP, allora il sottobacino è definito in equilibrio (come rappresentato nella Figura 15), altrimenti è in disequilibrio per motivi antropici.

Sulla base di questa distinzione l'indice WBI è calcolato in modo diverso a seconda che il sottobacino sia in condizione di equilibrio oppure no. Nel primo caso è definito, nello scenario reale, in modo che esprima il volume d'acqua percentuale che transita in alveo alla chiusura del sottobacino per portate superiori al DMV, rispetto a quello totale: vale a dire il surplus idrico disponibile, oltre al deflusso minimo vitale (area azzurra in Figura 15).

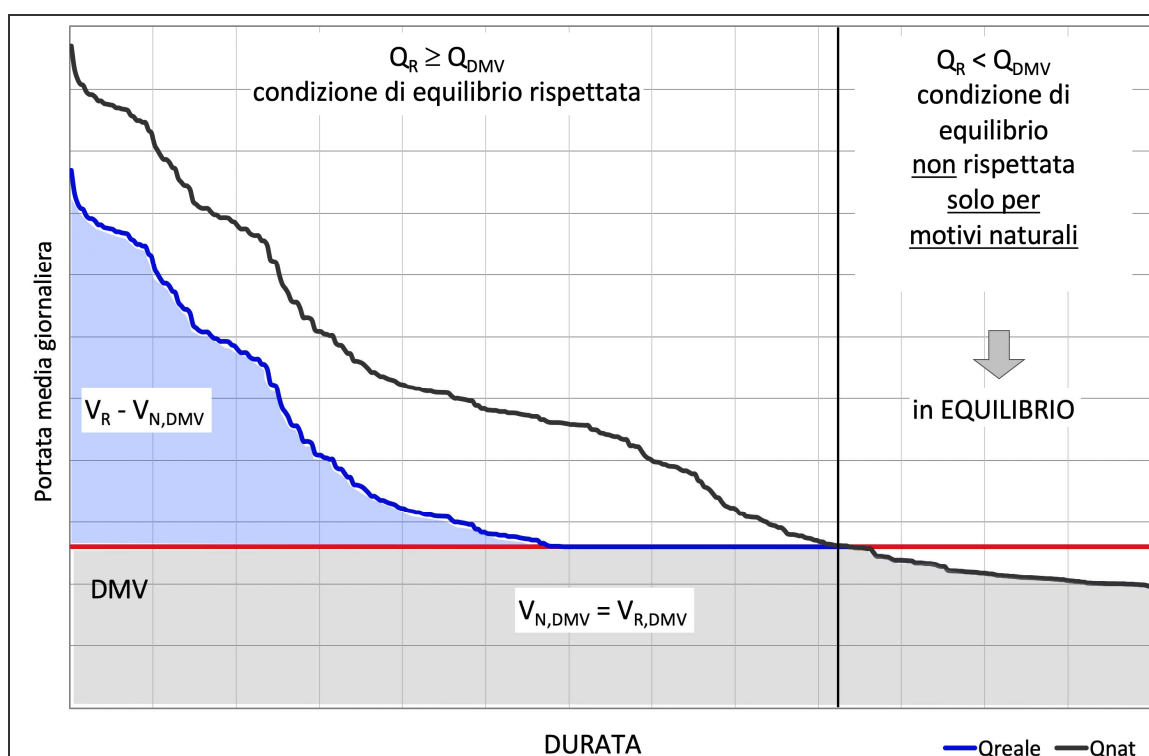


Figura 15 – Esempio della condizione di equilibrio di bilancio idrico: le portate dello scenario reale e naturalizzato coincidono per valori inferiori al DMV.

Mentre nel secondo caso il WBI stabilisce, nello scenario reale e naturalizzato, il volume idrico percentuale di disequilibrio, o in altre parole quanto DMV non è presente in alveo (area rossa in Figura 16), a causa di prelievi a cui è permesso non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da PGUAP o rilasciare una quantità inferiore ad esso.

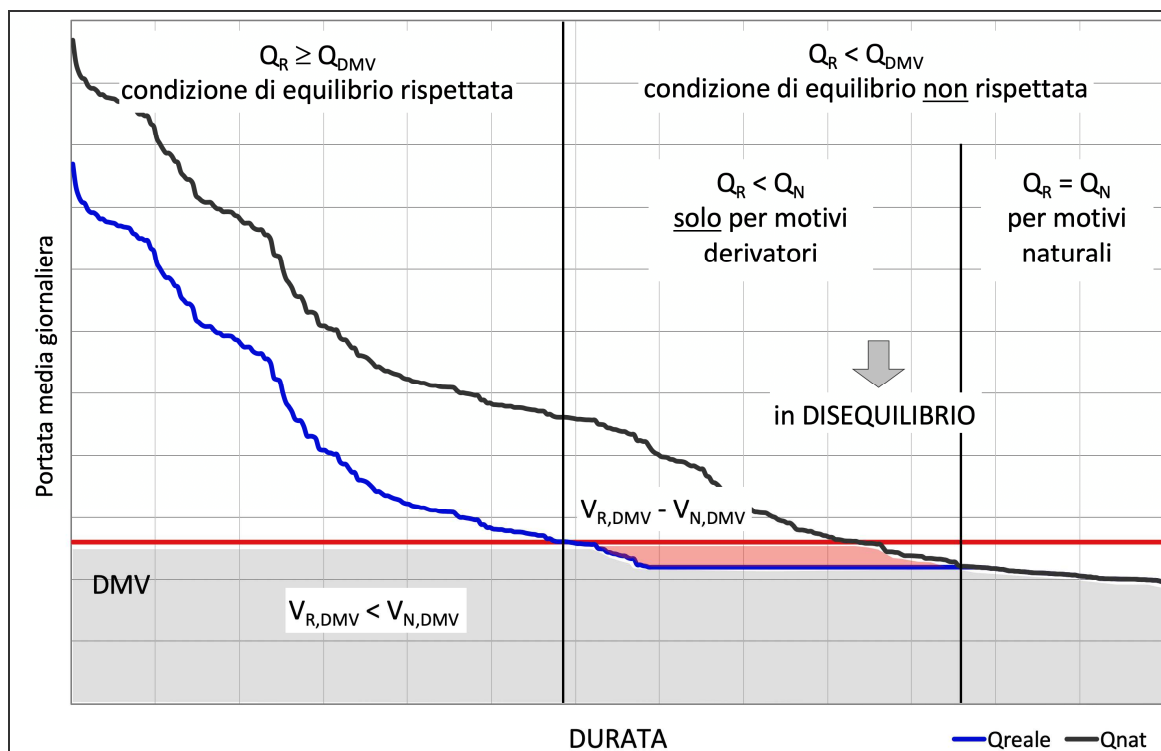


Figura 16 – Esempio della condizione di disequilibrio di bilancio idrico: le portate dello scenario reale e naturalizzato non coincidono per valori inferiori al DMV.

L'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico è quindi calcolato mensilmente usando le curve di durata delle portate medie giornaliere dello scenario naturalizzato (N) e di quello reale (R), nel seguente modo:

- condizione di EQUILIBRIO (Figura 15) se $Q_R \leq DMV$ allora $Q_N = Q_R$ e $V_{N,DMV} = V_{R,DMV}$

$$WBI = \frac{V_R - V_{N,DMV}}{V_R} \geq 0$$

- condizione di DISEQUILIBRIO (Figura 16) quando $Q_R \leq DMV$ allora $Q_R < Q_N$ e $V_{R,DMV} < V_{N,DMV}$

$$WBI = \frac{V_{R,DMV} - V_{N,DMV}}{V_{N,DMV}} < 0$$

dove:

V_R è il volume d'acqua totale che defluisce mensilmente alla sezione del sottobacino elementare, nello scenario reale;

$V_{N,DMV}$ è il volume d'acqua che defluisce mensilmente alla sezione del sottobacino elementare, nello scenario naturalizzato, per portate inferiori al DMV;

$V_{R,DMV}$ è il volume d'acqua che defluisce mensilmente alla sezione del sottobacino elementare, nello scenario reale, per portate inferiori al DMV.

In modo del tutto simile è calcolato anche l'indice di equilibrio e disequilibrio annuo, considerando assieme tutte le 12 curve di durata mensile:

- condizione di EQUILIBRIO: se $\sum_{i=1,12} (v_{R,DMV}^i - v_{N,DMV}^i) \geq 0$
$$WBI_{annuo} = \frac{\sum_{i=1,12} (v_R^i - v_{N,DMV}^i)}{\sum_{i=1,12} v_R^i} \geq 0$$
- condizione di DISEQUILIBRIO: se $\sum_{i=1,12} (v_{R,DMV}^i - v_{N,DMV}^i) < 0$
$$WBI_{annuo} = \frac{\sum_{i=1,12} (v_{R,DMV}^i - v_{N,DMV}^i)}{\sum_{i=1,12} v_{N,DMV}^i} < 0$$

WBI è pertanto un indice molto utile per valutare l'impatto delle derivazioni sullo stato ecologico del corso d'acqua, in base alla presenza in alveo del deflusso minimo vitale: valori negativi, infatti, mettono in luce una potenziale problematica di portata insufficiente per la conservazione degli ecosistemi acquatici o per i fabbisogni antropici. Tutto dipende però da quanto è grave il deficit, poiché il valore dell'indice WBI nella condizione di disequilibrio indica, in pratica, la percentuale mancante di DMV dovuta allo sfruttamento derivatorio, e non a cause naturali come la siccità, solo quando in alveo la portata è inferiore al DMV. Quindi, ad esempio, se il deflusso minimo vitale previsto dal PGUAP in una sezione del corso d'acqua è di 100 litri al secondo, un WBI pari a -10% significa innanzitutto che in alveo defluiscono sicuramente portate inferiori al DMV, e che, solo in quel caso, mediamente mancano 10 l/s per il fatto che alcune derivazioni rilasciano un deflusso minimo vitale inferiore a quello da PGUAP o nullo. Nello stesso tempo il WBI può anche fornire un'indicazione di un possibile fallimento nel soddisfacimento dei fabbisogni antropici poiché nella condizione di disequilibrio è evidente che le derivazioni presenti, cui non si applica il deflusso minimo vitale previsto dal PGUAP o che lo rilasciano solo in parte, quando in alveo defluisce meno del DMV hanno comunque necessità di prelevare.

Al contrario valori positivi dell'indice WBI indicano che le derivazioni antropiche presenti non depauperano la risorsa idrica al punto da portare il regime del corso d'acqua al di sotto dei limiti di DMV indicati dalla normativa; per cui i fabbisogni antropici sono potenzialmente soddisfatti. Inoltre un maggiore valore dell'indice indica che in alveo è disponibile una maggiore quantità d'acqua oltre il DMV, con conseguenti effetti benefici sul sistema ecologico fluviale.

Un'altra caratteristica dell'indice WBI che lo rende un valido indice per la pianificazione è che la concessione di nuovi prelievi in un bacino in condizione di equilibrio di bilancio idrico, che rilasciano tutte il deflusso minimo vitale pari a quella previsto dal PGUAP, determina una riduzione del surplus oltre al DMV, senza mai arrivare al disequilibrio (Figura 17 a sinistra, area azzurra): la situazione limite è la presenza in alveo del solo DMV, o della portata naturalizzata nel caso di siccità. Diversamente se si concedono nuove derivazioni cui è permesso non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da normativa o di rilasciarne una quantità inferiore ad esso (tale previsioni sono attuabili per le concessioni ad uso potabili o per le temporanee), è possibile che il bacino interessato passi alla condizione di disequilibrio (Figura 17 a destra, area rossa): ciò dipende se l'apporto dell'interbacino dal nuovo prelievo alla chiusura del bacino di calcolo sia o non sia superiore al mancato rilascio di DMV.

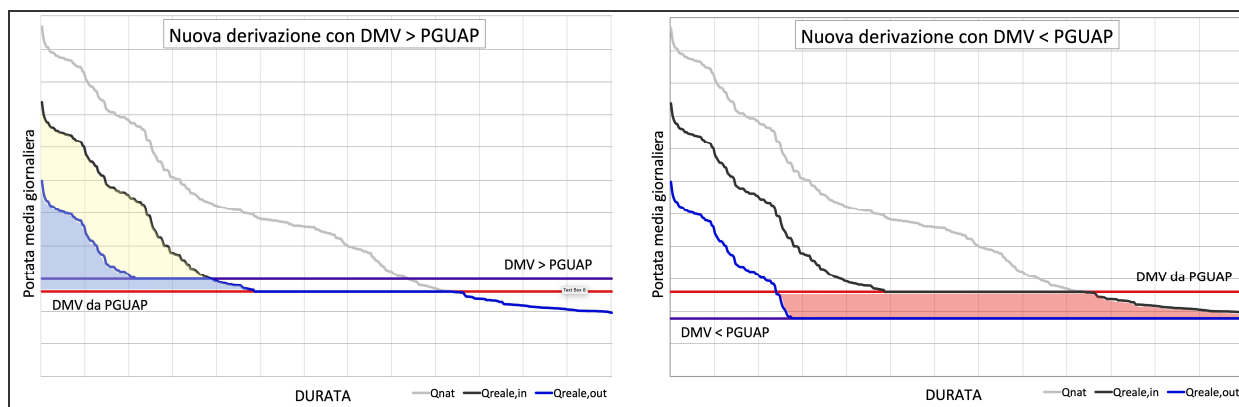


Figura 17 – Effetto di una nuova derivazione in un bacino in equilibrio di bilancio idrico: a sinistra con rilascio di un DMV superiore a quanto previsto da PGUAP, mentre a destra con DMV inferiore.

Invece i bacini con WBI in disequilibrio possono riequilibrarsi solo se tutti i prelievi coinvolti lasciano defluire a valle una portata pari al deflusso minimo vitale: ciò può avvenire solo adeguando al rilascio del DMV previsto nel PGUAP, tutte quelle derivazioni a cui è possibile non applicarlo. Infatti, anche il rilascio di nuove concessioni con un deflusso minimo vitale o un deflusso ecologico superiore a quanto stabilito dal PGUAP, non migliora la condizione di disequilibrio. Ciò è dovuto al fatto che se alla nuova opera di presa giunge una portata inferiore al DMV a causa di prelievi posti a monte, la derivazione non la capterà e continuerà a transitare a valle tale e quale; pertanto l'area rossa di disequilibrio in Figura 18 rimarrà inalterata. Viceversa se alla sezione della nuova presa non defluiscono portate inferiori al DMV e se il bacino è in disequilibrio, vuol dire che nell'interbacino a valle ci sono derivazioni che sicuramente non rilasciano il deflusso minimo vitale da PGUAP che semplicemente preleveranno anche il rilascio maggiorato, e pertanto l'effetto della sua applicazione sarà annullato.

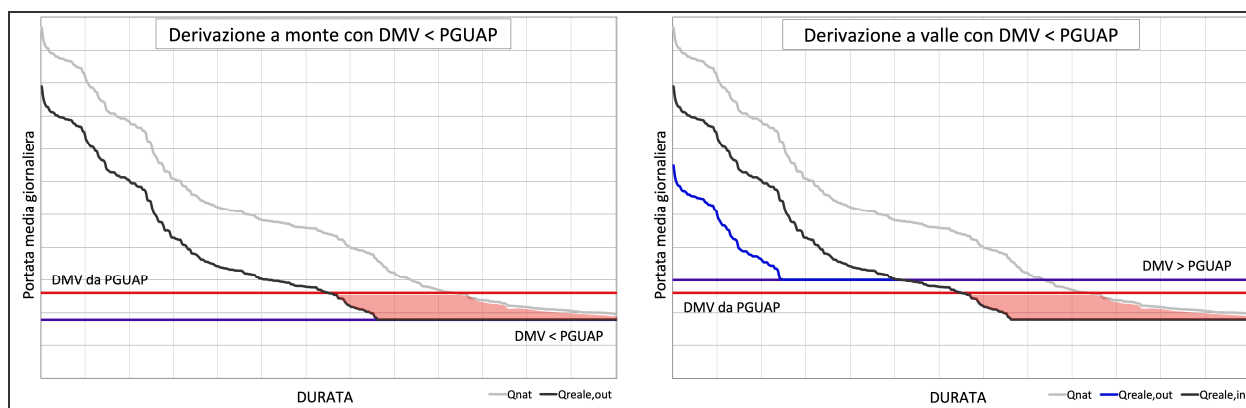


Figura 18 – Effetto di una nuova derivazione in un bacino in disequilibrio di bilancio idrico: a sinistra la situazione reale dovuta a un prelievo che rilascia un DMV inferiore al valore di PGUAP, a destra una nuova concessione a valle con un rilascio superiore.

Quindi se per la pianificazione del bilancio idrico si utilizza l'indice WBI ottenuto per una determinata condizione derivatoria (nel nuovo aggiornamento è quella dello scenario reale, riferita ad aprile 2019), le concessioni rilasciate successivamente, che in ogni caso rilascino almeno il DMV stabilito da PGUAP, non possono cambiare la situazione di equilibrio o disequilibrio di bilancio dei bacini: infatti l'unica misura di riequilibrio di un bacino in disequilibrio è l'applicazione del DMV a tutte le derivazioni presenti.

3.2. Indicatore di sfruttamento idrico mensile (WEI+)

Il Water Exploitation Index (WEI) è un indicatore del livello di pressione che le attività umane esercitano sulla risorsa idrica naturale in un determinato territorio e in un determinato periodo di tempo, utile a identificare quei bacini più facilmente soggetti a “stress idrico” per scarsità idrica e non per siccità. Il WEI tradizionale è stato definito rispetto a una scala temporale annuale, e calcolato come rapporto tra il prelievo complessivo annuale di risorsa dai sistemi naturali e la disponibilità idrica media di lungo termine in quello stesso territorio. In base a questa definizione, è stato sino ad ora calcolato alla scala nazionale:

$$WEI = \frac{\text{Prelievo idrico annuale}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile annua media sul lungo periodo}} \times 100 \text{ [\%]}$$

Nell'ambito del processo di revisione della politica europea sull'acqua, la Commissione Europea ha attivato un'attività sperimentale per formulare una nuova espressione dell'indicatore, che prende il nome di WEI+ (Water Exploitation Index Plus). Le differenze risiedono:

- nella possibilità di calcolare il WEI+ con riferimento alla disponibilità attuale di risorsa ed ai prelievi osservati invece che rispetto alla media di lungo periodo;
- nella possibilità di adeguare la scala temporale del calcolo alla realtà locale, scegliendo intervalli temporali inferiori all'anno, solitamente mensile.

$$WEI+ = \frac{\text{Consumo della risorsa idrica}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile}} = \frac{\text{Volume prelevato} - \text{Volume restituito}}{\text{Volume di risorsa idrica rinnovabile disponibile}} \times 100 \text{ [\%]}$$

WEI+ è quindi un indicatore di sfruttamento della risorsa, ed è particolarmente efficace nell'indicare la sostenibilità degli utilizzi idrici. Tuttavia la sua applicazione a scala temporale inferiore l'anno richiede attenzione e specifiche scelte metodologiche. Per questo motivo il Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità di ISPRA ha istituito un gruppo di lavoro nel Comitato Tecnico di Coordinamento Nazionali degli Osservatori permanenti distrettuali per utilizzi idrici in cui valutare:

- la scala spaziale e temporale dell'applicazione dell'indicatore, il suo aggiornamento;
- la modalità di valutazione dei singoli termini che compongono il WEI+ in base alla disponibilità del dato e alla sua stima;
- la definizione di soglie per il livello di stress misurato dal WEI+ a seconda della scarsità idrica.

Nel primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale l'indicatore di sfruttamento WEI+ non era stato utilizzato, pertanto la sua applicazione in Provincia è una novità. La metodologia impiegata per il calcolo dell'indice WEI+, ha utilizzato i risultati della modellazione idrologica per la stima della risorsa idrica rinnovabile disponibile, come peraltro previsto nelle LG di ISPRA (*“Linee guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori permanenti per gli utilizzi idrici”*, giugno 2018), laddove non siano disponibili serie di portata osservata e misure affidabili dei volumi prelevati per la ricostruzione delle portate naturalizzate. La modellazione è stata necessaria anche per la stima dei volumi prelevati dall'intero sistema derivatorio, poiché nella maggior parte dei casi non sono disponibili portate monitorate in continuo.

L'indicatore di sfruttamento mensile (WEI+) è quindi calcolato mensilmente usando le curve di durata delle portate medie giornaliere dello scenario naturalizzato (N) e di quello reale (R), nel seguente modo (Figura 19):

$$WEI+ = \frac{\text{Volume prelevato} - \text{Volume restituito}}{\text{Volume di risorsa idrica rinnovabile disponibile}} = \frac{V_N - V_R}{V_N}$$

dove:

V_R è il volume d'acqua totale che defluisce mensilmente alla sezione del sottobacino elementare, nello scenario reale;

V_N è il volume d'acqua totale che defluisce mensilmente alla sezione del sottobacino elementare, nello scenario naturalizzato.

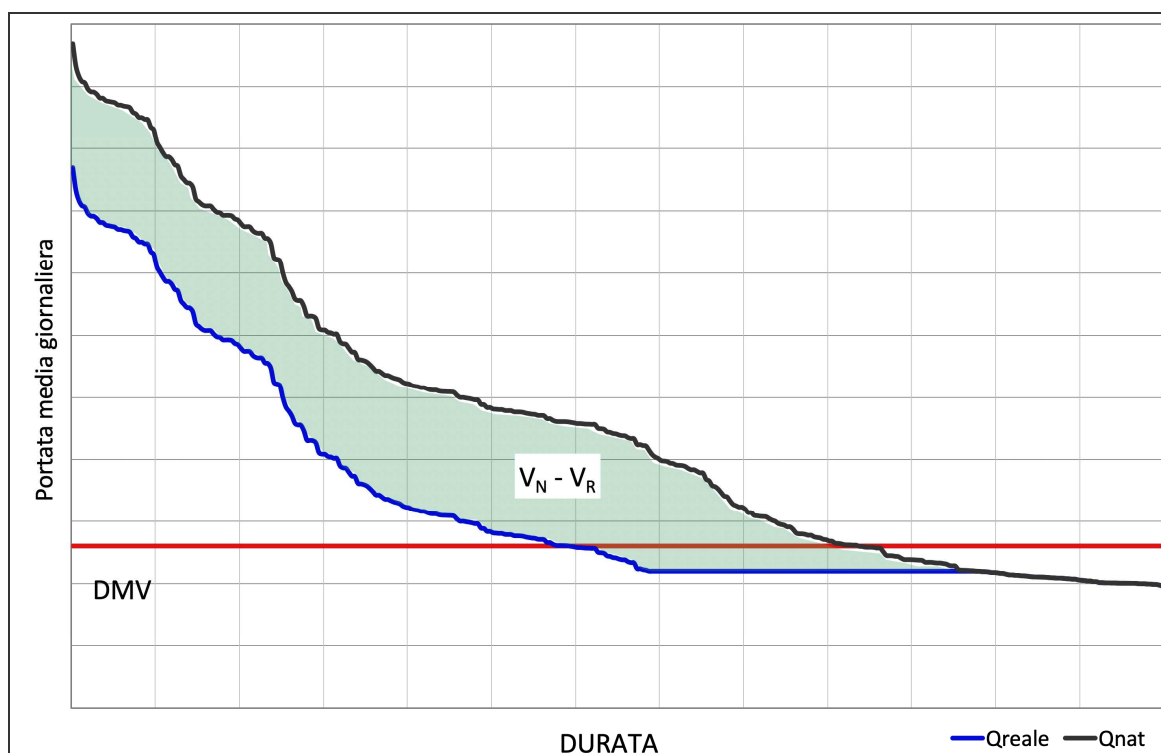


Figura 19 – Esempio di calcolo dell'indicatore di sfruttamento WEI+ tramite l'uso delle curve di durata mensile delle portate dello scenario reale e naturalizzato.

Per la definizione dell'indicatore di sfruttamento annuale è stato scelto di adottare il valore WEI+ più elevato, in quanto rappresenta il mese con maggiore stress idrico. Si ricorda a questo proposito che, per come il modello *GeoTransf* simula il funzionamento di tutte le derivazioni idriche attive, lo scenario reale corrisponde a quello di massimo sfruttamento della risorsa da parte di tutti gli utilizzatori, indipendentemente dal loro reale fabbisogno: pertanto il WEI+ annuale corrisponde alla situazione di stress idrico sicuramente peggiore.

3.3. Indice SINTETICO

Le linee guida (*"Linee guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori permanenti per gli utilizzi idrici"*, giugno 2018) di ISPRA prevedono l'uso dell'indicatore di sfruttamento WEI+ nella pianificazione di bilancio idrico, come pure nel Piano Siccità. Ma se in

quest'ultimo caso lo sfruttamento intenso di un corso d'acqua è connesso alla siccità poiché ne aumenta lo stress idrico, per la determinazione del bilancio idrico è meno pertinente: secondo la definizione dettata dal D.M. è infatti fondamentale comprendere se la disponibilità idrica in alveo è sufficiente per i fabbisogni antropici (indicatore di sfruttamento, WEI+), al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici, vale dire il deflusso minimo vitale. Le stesse linee guida di ISPRA riportano che la definizione delle soglie del WEI+ dovrà essere oggetto di approfondimenti da parte del Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici in modo da tenere conto del deflusso minimo vitale o deflusso ecologico.

Quindi l'indicatore WEI+, a differenza dell'indice WBI, non ha un legame diretto con la presenza in alveo del DMV, se non nel fatto che con il suo rilascio le derivazioni prelevano meno e quindi lo sfruttamento si riduce: in Figura 20 è riportato l'esempio di un bacino con indicatore WEI+ molto basso e in condizione di equilibrio di bilancio idrico, perché in alveo non defluisce il DMV previsto nel PGUAP solo per cause naturali.

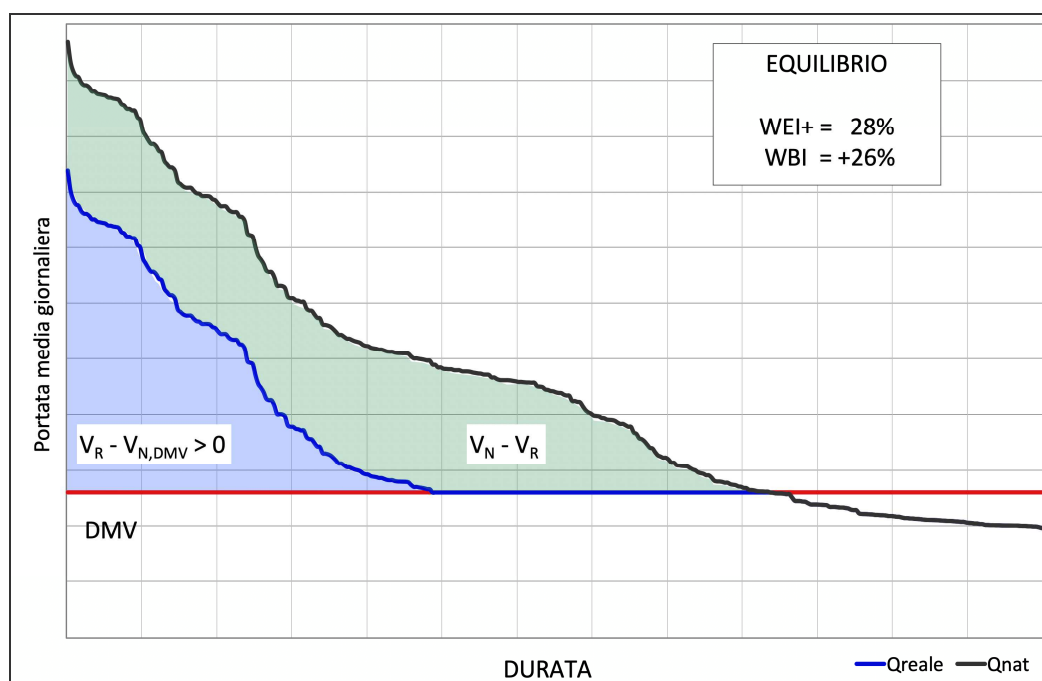


Figura 20 – Esempio di un bacino in equilibrio di bilancio idrico e poco sfruttato (WEI+ nullo).

Può però capitare che un bacino caratterizzato comunque da uno sfruttamento basso, perché i prelievi hanno portate massime concesse limitate rispetto alla risorsa naturalmente presente in alveo, sia invece in disequilibrio di bilancio idrico perché hanno il permesso di non rilasciare il deflusso minimo vitale previsto da PGUAP o rilasciarne una quantità inferiore. Nell'esempio riportato in Figura 21 il bacino ha lo stesso indicatore di sfruttamento del caso rappresentato in Figura 20, ma è nella condizione di disequilibrio: come si vede in questi due casi l'indicatore WEI+ è "trasparente" rispetto alla disequazione di bilancio idrico del decreto ministeriale.

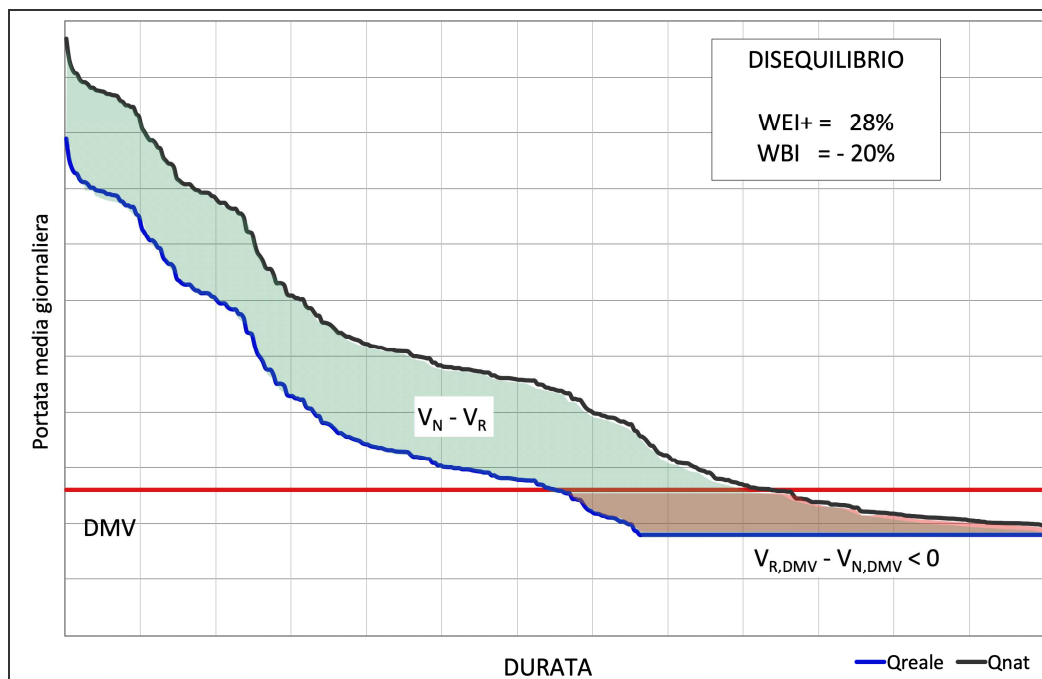


Figura 21 – Esempio di un bacino in disequilibrio di bilancio idrico, ma poco sfruttato (WEI+ nullo).

Viceversa un bacino in cui è presente anche una sola derivazione a cui è concessa una elevata portata massima di prelievo e che rilascia un deflusso minimo vitale decisamente superiore a quanto è previsto nel PGUAP (classicamente le GDI presso le dighe rilasciano un DMV accorpato con quello di altre derivazioni, come è stato spiegato nel capitolo 1.3.2) è caratterizzato da uno notevole sfruttamento idrico, ma rimane comunque nella condizione di equilibrio di bilancio idrico (Figura 22).

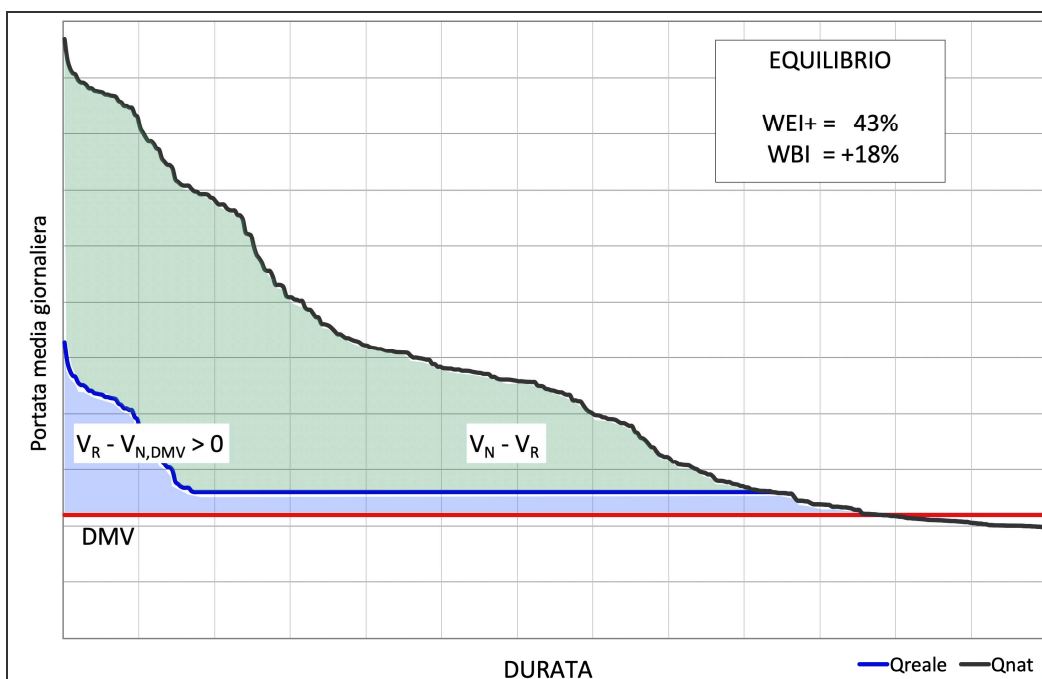


Figura 22 – Esempio di un bacino in equilibrio di bilancio idrico, ma molto sfruttato (WEI+ basso).

Per i motivi appena specificati, si è pensato di utilizzare un indice che sintetizzi quello di bilancio idrico (WBI) con l'indicatore di sfruttamento (WEI+). Ovviamente questo nuovo indice sintetico è stabilito a scala annuale utilizzando il WBI annuo, calcolato secondo le regole descritte nel capitolo 3.1, e l'indicatore WEI+ del mese con il massimo sfruttamento idrico (si veda il capitolo 3.2).

Le soglie dell'indicatore WEI+ che individuano le classi di sfruttamento idrico sono quelle adottate dal Distretto Padano nel loro Piano Stralcio di Bilancio Idrico, con la sola eccezione dell'accorpamento in un'unica classe per WEI+ superiori all'80%:

WEI+	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO
	> 80%	80% ÷ 65%	65% ÷ 35%	< 35%

Tabella 22 – Schema per la definizione dell'indicatore di sfruttamento mensile WEI+.

Per l'individuazione delle soglie del WBI annuo, si è fatto ricorso all'esperienza maturata nell'applicazione dell'indice con il primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale. Con questo secondo aggiornamento, è stato possibile approfondire ulteriormente l'analisi, applicando l'indice a tutte le sezioni di chiusura dei corpi idrici tipizzati in Provincia. I risultati di questo studio minuzioso che ha coinvolto tutti i corpi idrici in disequilibrio di bilancio idrico, hanno permesso di individuare due classi di equilibrio idrico e tre di disequilibrio secondo le seguenti soglie di WBI annuo:

WBI	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ	NULLO
annuo	< -15%	-15% ÷ -5%	-5% ÷ 0%	0 ÷ 15%	> 15%

Tabella 23 – Schema per la definizione dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico WBI.

L'applicazione dell'indice WBI ai corpi idrici tipizzati ha evidenziato:

- BASSO EQ:** i corpi idrici che sottendono bacini in equilibrio con WBI inferiore al 15% sono tipicamente quelli a valle di serbatoi e dighe delle grandi concessioni idroelettriche, caratterizzate da un'elevata portata massima di concessione e dal rilascio di un deflusso minimo vitale superiore a quello imposto dal PGUAP;
- BASSO:** in questo caso ricadono bacini caratterizzati dal fatto che quando in alveo non defluisce il DMV, la portata mancante a causa dello sfruttamento derivatorio è mediamente inferiore al suo 5%, decisamente un valore "trascurabile" se si considera che la sua determinazione si basa su uno scenario di sfruttamento massimo e con l'utilizzo di curve di durata costruite con la metodologia più cautelativa per i regimi estremi, specialmente quelli di magra;
- MEDIO:** l'inserimento di questa soglia dell'indice WBI ha permesso di ripartire in modo proporzionalmente omogeneo il numero di corpi idrici in disequilibrio in tre classi;
- ELEVATO:** a questa classe appartengono i corpi idrici caratterizzati solitamente da uno sfruttamento idrico importante e dalla presenza di molte derivazioni a cui è permesso non rilasciare il DMV o rilasciarlo in parte; i bacini che appartengono a questa classe sono quindi idrologicamente estremamente vulnerabili.

La sintesi delle classi individuate per l'indice annuo di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI annuo) con quelle dell'indicatore di sfruttamento (WEI+) corrispondente al mese di maggior utilizzo della risorsa, ha portato alla creazione di un nuovo indice, secondo lo schema riportato nella Tabella 24.

		WBI ANNUO			
		in DISEQUILIBRIO			in EQUILIBRIO
WEI+ MESE PEGGIORE		ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO
		< -15%	-5 ÷ -15%	0 ÷ -5%	0 ÷ 15% ≥ 15%
ELEVATO	> 80%	ELEVATO	ELEVATO	MEDIO	BASSO EQ NULLO EQ
MEDIO	65 ÷ 80%	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO EQ
BASSO	35 ÷ 65%	BASSO	BASSO	NULLO	BASSO EQ NULLO EQ
NULLO	≤ 35%	NULLO	NULLO	NULLO	BASSO EQ NULLO EQ

Tabella 24 – Schema per la definizione del nuovo indice sintetico, tramite WBI annuo e WEI+ del mese più sfruttato.

Le classi del nuovo indice individuano i bacini (o i sottobacini elementari di calcolo) con diversa propensione a una potenziale problematica di portata insufficiente per la conservazione degli ecosistemi acquatici e/o per i fabbisogni antropici di utilizzazione della risorsa idrica, individuando quelli più vulnerabili alla disponibilità idrica:

- nelle classi ELEVATO e MEDIO rientrano quei bacini in disequilibrio di bilancio idrico e con uno sfruttamento idrico medio – elevato che sono per questo i più vulnerabili alla disponibilità idrica a causa dell’impatto derivatorio, sia in termini di mancato deflusso del DMV (WBI) sia per quanto riguarda il soddisfacimento dei fabbisogni idrici (WEI+);
- in classe BASSO fanno parte i bacini che avendo o uno sfruttamento medio con un disequilibrio basso o uno sfruttamento basso con disequilibrio medio – elevato sono meno vulnerabili e generalmente impattati dall’effetto cumulativo di piccoli prelievi di tipo dissipativo;
- nella classe NULLO sono compresi invece i bacini poco sfruttati e quindi con minor rischio di non poter soddisfare i fabbisogni antropici, e con una percentuale di deficit del DMV comunque mediamente inferiore a -15%;
- nella classe BASSO EQ sono presenti in realtà solo bacini con sfruttamento idrico medio – elevato, a valle di serbatoi e dighe delle grandi concessioni idroelettriche, che rilasciano un deflusso minimo vitale superiore a quello imposto dal PGUAP, e sono quindi in equilibrio;
- infine nella classe NULLO EQ rientrano i bacini minimamente vulnerabili alla disponibilità idrica sia per il soddisfacimento dei fabbisogni antropici sia per l’ecosistema acquatico (surplus di DMV superiore al 15%).

3.4. Applicazione degli indici idrologici ai corpi idrici tipizzati

Rispetto al primo aggiornamento del bilancio idrico provinciale è stato possibile applicare i tre indici idrologici illustrati nel capitolo precedente a tutti i corpi idrici tipizzati superficiali. In particolare sono stati individuati i sottobacini elementari di calcolo con sezione di chiusura coincidente con quella di ogni corpo idrico superficiale; per questo motivo ne sono stati inseriti di nuovi rispetto al primo aggiornamento. Questa procedura ha reso possibile associare le curve di durata mensile delle portate medie giornaliere, modellate a livello di sottobacini elementari, alla chiusura dei corpi idrici superficiali, e di conseguenza calcolarne gli indici idrologici WBI e WEI+ a scala mensile e annuale, come pure quello sintetico, per i diversi scenari di simulazione previsti nel capitolo 2.2.

Osservando i risultati ottenuti con l'applicazione dell'indice di equilibrio e disequilibrio, sono stati analizzati tutti i corpi idrici che sono risultati in disequilibrio, in modo da comprendere in dettaglio le cause che hanno determinato il deficit, tenendo in considerazione anche lo sfruttamento antropico. Con questo approfondimento sono stati identificati degli errori di modellazione: alcuni collegati in realtà ai dati di input al modello idrologico, altri all'attribuzione delle aree del bacino afferente ai corpi idrici e alle derivazioni, che sono stati opportunamente corretti. Inoltre è stato possibile verificare l'attendibilità delle soglie che individuano le classi dei diversi indici idrologici e validare i risultati finali.

Nell'applicazione degli indici idrologici ai corpi idrici superficiali sono stati ottenuti i seguenti risultati:

	ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ	NULLO	NN	tot
WBI	18	42	24	12	294	8	398
annuo	5%	11%	6%	3%	74%	2%	

Tabella 25 – Risultati dell'applicazione ai corpi idrici superficiali dell'indice WBI annuo.

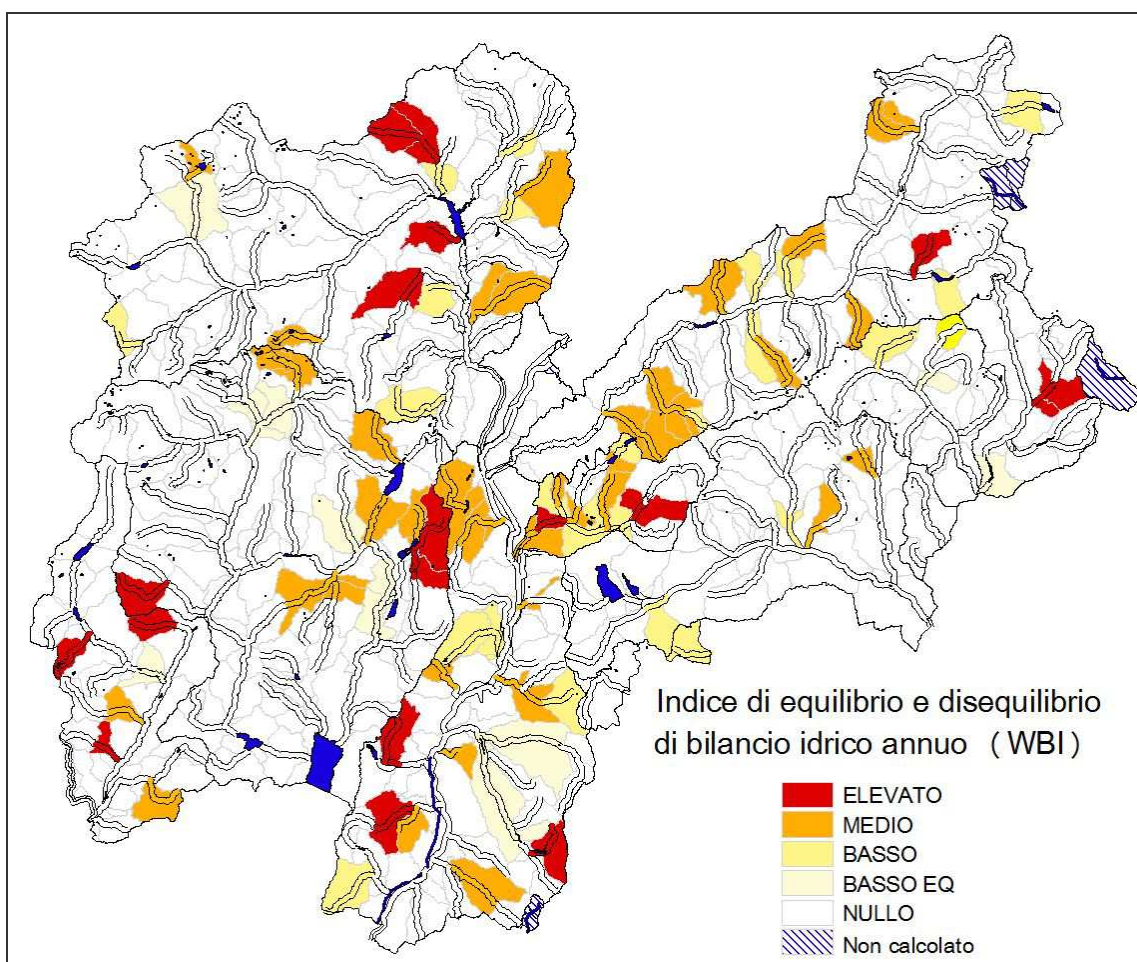


Figura 23 – Mappa dell'applicazione ai corpi idrici superficiali dell'indice WBI annuo.

	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO	NN	tot
WEI+	40	38	66	246	8	398
me	10%	9%	17%	62%	2%	

Tabella 26 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato.

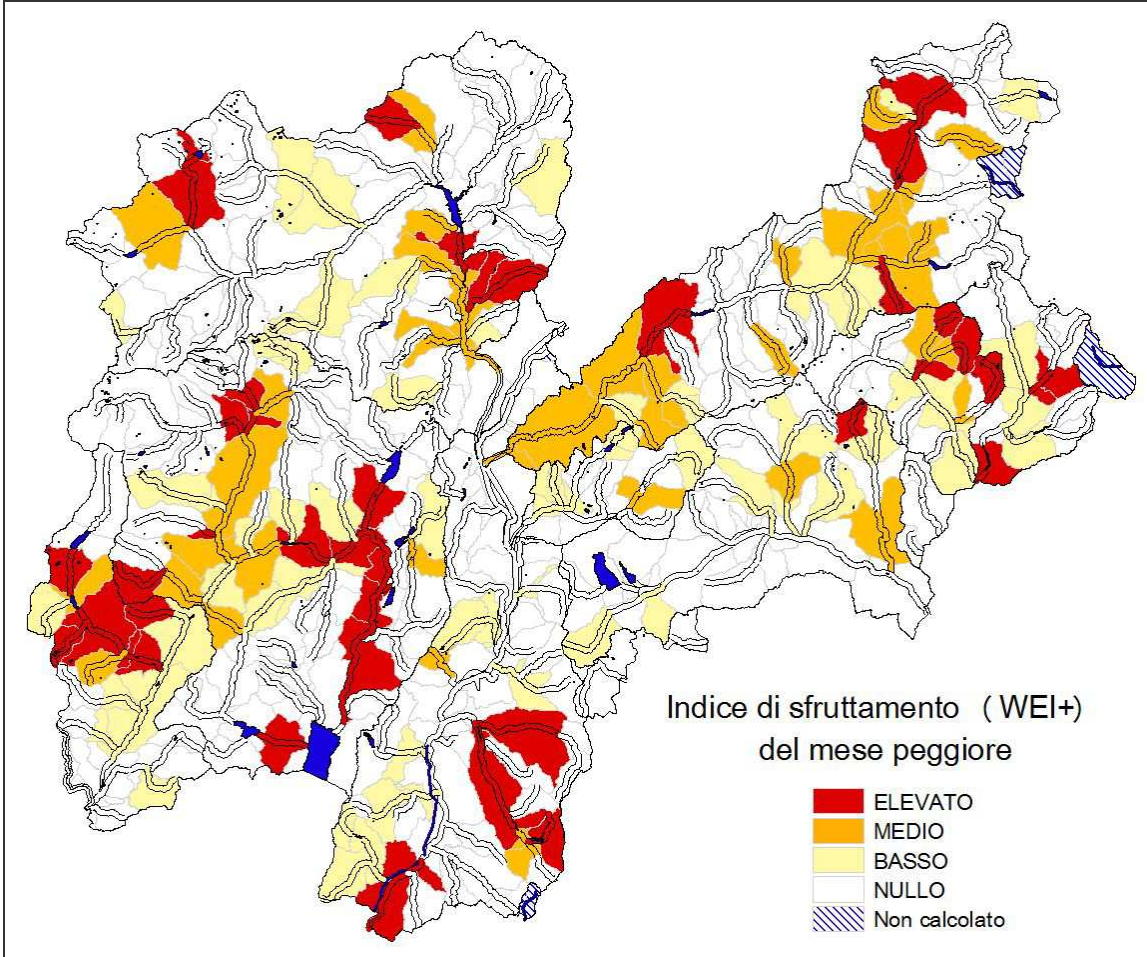


Figura 24 – Mappa dell’applicazione ai corpi idrici superficiali dell’indicatore WEI+ del mese più sfruttato.

		WBI ANNUO			
		in DISEQUILIBRIO			in EQUILIBRIO
WEI+ MESE PEGGIORE		ELEVATO	MEDIO	BASSO	BASSO EQ NULLO
		< -15%	-5 ÷ -15%	0 ÷ -5%	0 ÷ 15% ≥ 15%
ELEVATO	> 80%	7	4	0	10 19
MEDIO	65 ÷ 80%	5	5	1	1 26
BASSO	35 ÷ 65%	5	18	12	1 30
NULLO	≤ 35%	1	15	11	0 219

Tabella 27 – Risultati dell’applicazione ai corpi idrici superficiali degli indici WBI annuo e WEI+.

	ELEVATO	MEDIO	BASSO	NULLO	BASSO EQ	NULLO EQ	NN	tot
SINT	16	5	24	39	12	294	8	398
	4%	1%	6%	10%	3%	74%	2%	

Tabella 28 – Risultati dell'applicazione ai corpi idrici superficiali dell'indice sintetico (unione di WBI annuo e WEI+).

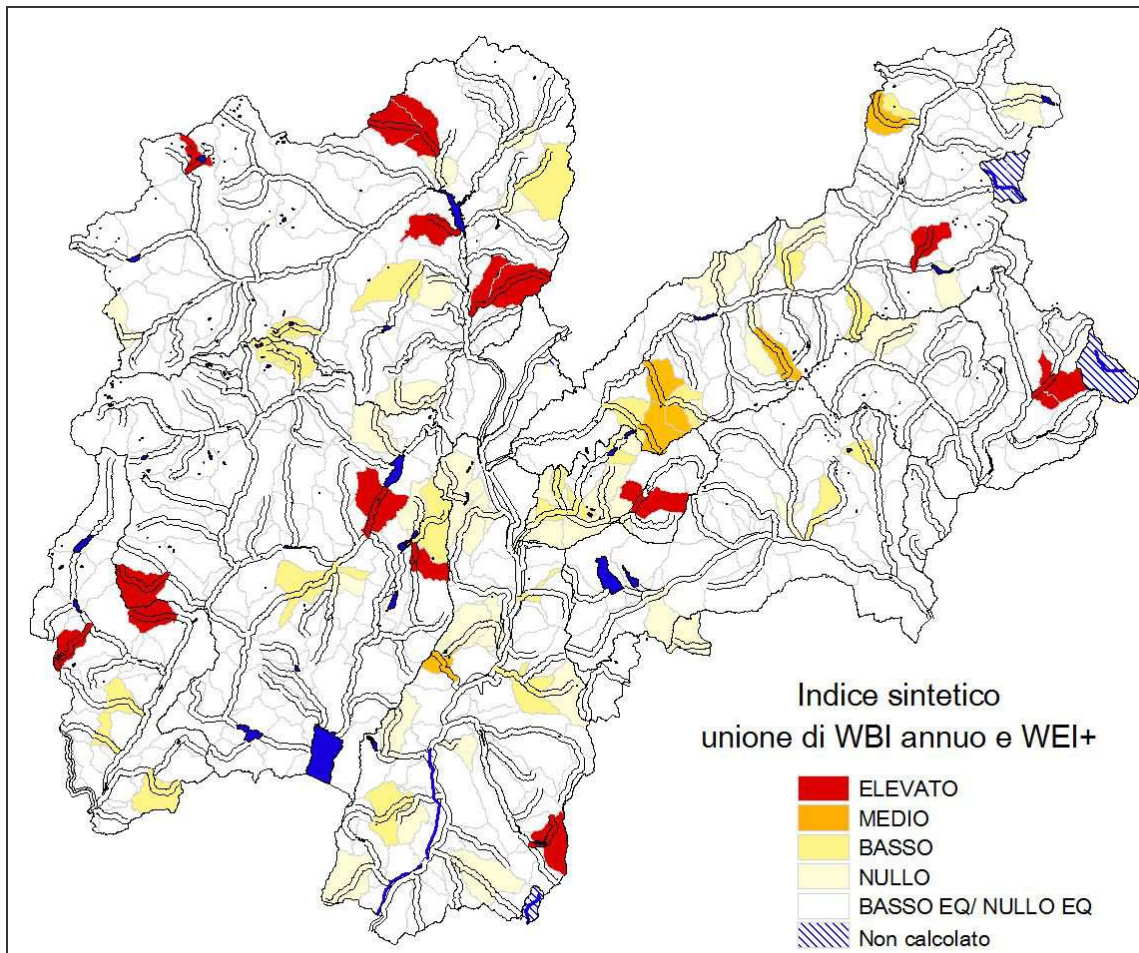


Figura 25 – Mappa dell'indice sintetico (unione di WBI annuo e WEI+), applicato ai corpi idrici superficiali.

3.5. Confronto dei risultati ottenuti con quelli del primo aggiornamento del bilancio idrico

Nel fare il confronto tra i risultati ottenuti nell'applicazione dell'indice di equilibrio e disequilibrio WBI e dell'indicatore di sfruttamento mensile WEI+ in questo nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale e quelli del precedente, è necessario ricordare che oltre ai diversi periodi idrologici di riferimento e condizione derivatoria, è anche stato migliorato il modello idrologico utilizzato (come riportato nei capitoli 1.3, 2.1, 2.3 e 2.4).

Premesso ciò, il confronto può essere svolto a livello di sottobacini elementari di calcolo, perché nel primo aggiornamento non era stata considerata la possibilità di collegare i risultati del bilancio idrico ai corpi idrici superficiali tipizzati in Provincia. Inoltre l'indicatore di sfruttamento era stato calcolato, ma non reputandolo adatto a descrivere la condizione di equilibrio di bilancio idrico non era stato adottato nelle misure finali. Pertanto l'analisi che riguarda l'indicatore WEI+, riportata di seguito, non è presente nel primo aggiornamento approvato nel 2013, con Del.G.P n. 1996.

Indice	Classi	1° aggiornamento		2° aggiornamento	
		Num.	[%]	Num.	[%]
WBI annuo	DISEQUILIBRIO	610	28%	527	23%
	EQUILIBRIO	1555	72%	1786	77%
	< 15%	631	29%	552	24%
WEI+ mese peggiore	ELEVATO	328	15%	264	11%
	MEDIO	148	7%	191	8%
	BASSO	242	11%	304	13%
	NULLO	1447	67%	1554	67%

Tabella 29 – Raffronto tra primo e secondo aggiornamento del bilancio idrico dell'indice WBI annuo e WEI+, definiti per i sottobacini elementari di calcolo.

Dall'analisi del confronto riportato in Tabella 29 sembra emergere che l'adeguamento del rilascio del deflusso minimo vitale avvenuto entro il 31 dicembre 2016 (stabilito con Del.G.P. n. 2378/2015) abbia avuto un effetto limitato, portando la percentuale dei sottobacini elementari in disequilibrio dal 72% al 77%. In realtà si deve ricordare che con il Del.G.P. n. 2378/2015 è stato stabilito di applicare alle derivazioni superficiali un valore specifico a soglia pari 2 l/s per km² di bacino sotteso, mentre agli attingimenti da sorgenti significative un valore percentuale pari al 20% della portata passante alla captazione. Pertanto dal primo gennaio 2017 ai prelievi da corsi d'acqua l'adeguamento del rilascio di un deflusso minimo vitale è stato migliorativo rispetto alla situazione precedente, ma comunque inferiore al DMV stabilito dal PGUAP: per questo motivo e per come è definito l'indice WBI, non sono diminuiti in modo evidente i bacini in disequilibrio di bilancio idrico.

4. Raffronto tra stato ecologico dei corpi idrici superficiali e indici idrologici

Il nuovo Piano Tutela delle acque, approvato con Del.G.P. n. 2320 del 16 dicembre 2022, attribuisce a tutti i corpi idrici superficiali della Provincia (377 fra fiumi e torrenti e 21 laghi) un giudizio di qualità ecologica, ottenuto secondo i criteri dettati dalla direttiva quadro acque europea (DQA – Direttiva 2000/60/CE) attuata in Italia con D.Lgs. n. 152/2006 ("Norme in materia ambientale"). Il giudizio di qualità è stato attribuito attraverso una intensa attività di monitoraggio delle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque. L'analisi degli impatti gravanti sui corpi idrici è stata effettuata con puntuali indagini territoriali che hanno permesso di individuare specifiche misure per raggiungere, laddove possibile entro il 2027, lo stato di qualità "buono" nei corpi idrici di qualità inferiore, conformemente a quanto stabilito dalle normative vigenti. In questo modo è stato definito per tutti i corpi idrici superficiali, il rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità previsto dalla DQA e sono state individuate specifiche misure di tutela.

Lo stesso Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP – reso esecutivo con D.P.R. 15 febbraio 2006) prevede riguardo al bilancio idrico, all'art. 4 c. 4 delle norme di attuazione che: l'equilibrio del bilancio idrico è finalizzato alla tutela quantitativa e qualitativa della risorsa, in modo da consentire un consumo idrico sostenibile e da concorrere al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale definiti dal piano provinciale di cui art. 3 c. 10 (Piano di Tutela delle Acque).

Quindi per raggiungere l'equilibrio di bilancio idrico, secondo le finalità esposte dall'art. 4 del PGUAP, si è proceduto collegando ad ogni corpo idrico superficiale l'informazione idrologica, risultata da questo nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale, con gli obiettivi di qualità definiti nel PTA: o per meglio dire, per tutti i corpi idrici è stato possibile unire l'analisi delle pressioni e degli impatti svolte nel PTA, assieme agli obiettivi di qualità e alle misure per raggiungerli (se possibile entro il 2027) stabiliti sempre nel PTA, con gli indici idrologici (indice WBI, indicatore WEI+ e indice sintetico) individuati in questo aggiornamento del bilancio idrico.

Il primo confronto è stato verificare se esiste una correlazione tra la classe dell'indice idrologico e lo stato ecologico del corpo idrico superficiale. Nella Tabella 30 tutti i corpi idrici sono stati divisi in base al loro stato ecologico attribuito nel PTA e alla classe di appartenenza del loro indice idrologico, calcolato in questo nuovo aggiornamento del bilancio idrico provinciale. Si può notare la presenza di 3 corpi idrici a cui non è stato assegnato lo stato ecologico: lago di Garda, lago d'Idro e lago di Terlago. In particolare la classificazione dei laghi di Garda e Idro è di competenza rispettivamente della regione Veneto e della regione Lombardia, mentre il lago di Terlago non è stato monitorato in quanto sotto soglia dimensionale, e non essendo possibile effettuare l'accorpamento non gli è stato attribuito lo stato ecologico, come a tutti i corpi idrici lacustri naturali non monitorati. Infine per quanto riguarda l'attribuzione della qualità ecologica, i corpi idrici "fortemente modificati" sono stati accorpati a quelli naturali del medesimo stato ecologico, vale a dire i "potenzialmente buoni" con i "buoni", i "potenzialmente sufficienti" con i "sufficienti", eccetera.

Ancora, a 8 corpi idrici non è stata attribuita una classe degli indici idrologici perché non è stato possibile modellarli per diversi motivi: due corpi idrici sono canali totalmente artificiali senza bacino direttamente afferente (il canale della centrale di Ala e il canale Biffis nel bacino dell'Adige), mentre gli altri 6 ricadono all'esterno dei principali bacini di simulazione (Adige, Fersina, Avisio, Noce, Brenta-Vanoi-Cismon, Astico, Sarca e Chiese).

Se si osserva la tabella è chiaro che non esiste una correlazione diretta e univoca tra lo stato ecologico di un corpo idrico e la classe di appartenenza degli indici idrologici. Ad esempio se si considerano i 246 corpi idrici (pari al 62% del totale) che hanno uno sfruttamento nullo ($WEI+ \leq 35\%$), di questi più della metà hanno uno stato ecologico superiore al buono (101+68), come è lecito aspettarsi. Se però si osservano quelli più sfruttati, con WEI+ superiore all'80%, quasi tutti (35 su 40) ricadono in stato ecologico elevato (3) o buono (32); ciò sembrerebbe indicare che la risorsa idrica consumata o prelevata non impatta sull'ecosistema acquatico. Se invece dello sfruttamento si analizza l'impatto della presenza del deflusso minimo vitale (WBI annuo), potrebbe sembrare che il legame tra l'indice idrologico WBI (vale anche per l'indice sintetico) e lo stato ecologico migliori, perché di 306 corpi idrici in equilibrio, 230 (146+12+72) sono superiori a buono (72 in elevato). Ma se si considerano i 18 corpi idrici in disequilibrio elevato, di nuovo, come nel caso di WEI+, 14 sono in stato ecologico buono. Per questi casi che ci si riferisce all'indice sintetico, nella classe elevato, corrispondente ad uno sfruttamento superiore al 65%, ricadono 16 corpi idrici di cui 13 in stato ecologico buono; mentre la classe medio, con WEI+ e WBI medi, è attribuita a 5 corpi idrici di cui 2 in stato buono e uno elevato.

		STATO ECOLOGICO DEL CORPO IDRICO					
SINT		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indice SINTETICO	ELEVATO		14	2			16
	MEDIO	1	4				5
	BASSO	2	19	2	1		24
	NULLO	1	28	8	1	1	39
	BASSO EQ		12				12
	NULLO EQ	72	178	37	5	2	294
	NN	2	5	1			8
WBI annuo		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indice di equilibrio e disequilibrio annuo	ELEVATO		15	3			18
	MEDIO	3	32	4	2	1	42
	BASSO	1	18	5			24
	BASSO EQ		12				12
	NULLO	72	178	37	5	2	294
	NN	2	5	1			8
WEI+		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indicatore di sfruttamento	ELEVATO	3	35	2			40
	MEDIO	2	33	3			38
	BASSO	3	56	6	1		66
	NULLO	68	131	38	6	3	246
	NN	2	5	1			8
	Totale	78	260	50	7	3	398

Tabella 30 – Attribuzione per ogni stato ecologico del numero di corpi idrici superficiali ricadenti nelle diverse classi dell'indice sintetico, dell'indice WBI annuo e dell'indicatore WEI+ del mese più sfruttato.

Queste osservazioni sono confermate, anche se si cambia prospettiva e si ragiona considerando prima i diversi stati ecologici: la Tabella 31 riporta, infatti, per ogni stato ecologico la percentuale di corpi idrici che ricadono nelle diverse classi dei tre indici idrologici. Perciò dei corpi idrici in stato di qualità elevata il 92% è in equilibrio di bilancio idrico e l'87% ha uno sfruttamento nullo; mentre per quelli in stato di qualità scarso le percentuali si riducono solo a 71% (WBI e sintetico in equilibrio) e 86% (WEI+ nullo).

Le analisi finora condotte sembrano evidenziare una correlazione solo nei casi in cui il corpo idrico ha una qualità ecologica almeno buona, mentre non è certa per gli altri casi (buono a rischio, sufficiente e scarso). Questo probabilmente è dovuto al fatto che le cause della scarsa qualità dei corpi idrici non siano da attribuire solamente alla pressione derivatoria sulla disponibilità idrica in alveo: è quindi necessario considerare assieme agli indici idrologici anche le valutazioni risultate nell'analisi delle pressioni e degli impatti svolte nella redazione del PTA.

I casi di corpi idrici con sfruttamento elevato (WEI+ superiore all'80%), che presentano comunque stato ecologico buono, riguardano generalmente corpi idrici di testata in cui non ci sono pressioni tali da determinare uno scadimento della qualità chimico-fisica dell'acqua. Su tali corpi idrici non è stato possibile valutare la pressione idrologica attraverso l'indicatore NISECI, che si basa sulle comunità

ittiche, a causa di una limitazione intrinseca all'indice stesso che prevede la sua inapplicabilità in caso di comunità ittiche monospecifiche (nei corsi d'acqua a quote maggiori dei 1000 m s.l.m. è generalmente presente solo la trota fario). Su tali corpi idrici gli altri indicatori biologici e chimici non presentano alterazioni, in quanto l'acqua è di buona qualità, per cui lo stato ecologico viene attribuito in base a questi ultimi, in assenza di quello più sensibile alle alterazioni idrologiche che potenzialmente potrebbe farne scadere la qualità.

		STATO ECOLOGICO DEL CORPO IDRICO				
SINT		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN
Indice SINTETICO	ELEVATO		5%	4%		
	MEDIO	1%	2%			
	BASSO	3%	7%	4%	14%	
	NULLO	1%	11%	16%	14%	33%
	BASSO EQ		5%			
	NULLO EQ	92%	68%	74%	71%	67%
NN		3%	2%	2%		
WBI annuo		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN
Indice di equilibrio e disequilibrio annuo	ELEVATO		6%	6%		
	MEDIO	4%	12%	8%	29%	33%
	BASSO	1%	7%	10%		
	BASSO EQ		5%			
	NULLO	92%	68%	74%	71%	67%
	NN	3%	2%	2%		
WEI+		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN
Indicatore di sfruttamento	ELEVATO	4%	13%	4%		
	MEDIO	3%	13%	6%		
	BASSO	4%	22%	12%	14%	
	NULLO	87%	50%	76%	86%	100%
	NN	3%	2%	2%		
Totale		100%	100%	100%	100%	100%

Tabella 31 – Attribuzione per ogni stato ecologico della percentuale dei corpi idrici superficiali ricadenti nelle diverse classi dell'indice sintetico, dell'indice WBI annuo e dell'indicatore WEI+ del mese più sfruttato.

Le conclusioni cui si è giunti non cambiano se si utilizza un approccio simile a quello previsto nel Piano di Bilancio Idrico del Distretto Padano per la valutazione della gravità dell'impatto di una derivazione sullo stato di qualità del corpo idrico a valle.

Perciò un secondo confronto è stato verificare se esiste una correlazione tra la classe dell'indice idrologico di tutti i corpi idrici superficiali e lo stato ecologico di quello a valle. Come nella Tabella 30, in Tabella 32 tutti i corpi idrici sono stati divisi in base alla classe di appartenenza del loro indice idrologico, e in base allo stato ecologico del corpo idrico a valle. Per questo motivo sono presenti 16 corpi idrici "Finali" che comprendono i tratti terminali interregionali (il corpo idrico di valle non è nel reticolo idrografico provinciale) e quelli senza deflusso di valle (il canale centrale di Ala, il canale Biffis e

il lago di Terlago): per questi corpi idrici non è stato possibile attribuire lo stato ecologico di quello a valle perché sconosciuto o inesistente. Per lo stesso motivo l'ultima colonna riporta il totale senza i corpi idrici "finali".

Anche con questo tipo di approccio il collegamento tra indici idrologici e stato ecologico del corpo idrico di valle non è diretto e univoco. Se si considerano ad esempio i 238 corpi idrici con sfruttamento nullo, poco più della metà defluiscono a valle in corpi idrici in stato buono (176) o elevato (9); mentre 31 dei 38 con WEI+ superiore all'80% (38) possiedono a valle corpi idrici in stato buono. Anche i 297 corpi idrici in equilibrio (WBI Basso EQ e Nullo) hanno a valle 231 in stato buono e 9 in elevato: si conferma quindi il fatto che se il corpo idrico è in equilibrio di bilancio, indipendentemente dal grado di sfruttamento delle utilizzazioni, è più probabile che sia in stato ecologico superiore a buono (indice sintetico in Tabella 30: 262 su 306), così come quello a valle (indice sintetico in Tabella 32: 240 su 297). Questo legame non è evidente nel caso contrario, vale dire per corpi idrici in disequilibrio, quindi in deficit di deflusso minimo vitale in alveo, ed elevato sfruttamento idrico: nonostante ciò i 21 corpi idrici con indice sintetico elevato e medio ne hanno a valle 17 in una condizione ecologica buona.

			STATO ECOLOGICO DEL CORPO IDRICO A VALLE					
SINT		Finali	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indice SINTETICO	ELEVATO			13	3			16
	MEDIO			4	1			5
	BASSO			21	2	1		24
	NULLO	2		26	10		1	37
	BASSO EQ	1		8	3			11
	NULLO EQ	8	9	223	47	2	5	286
	NN	5		3				3
WBI annuo		Finali	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indice di equilibrio e disequilibrio annuo	ELEVATO			15	3			18
	MEDIO	1		36	3	1	1	41
	BASSO	1		13	10			23
	BASSO EQ	1		8	3			11
	NULLO	8	9	223	47	2	5	286
	NN	5		3				3
WEI+		Finali	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	NN	Tot
Indicatore di sfruttamento	ELEVATO	2		31	6		1	38
	MEDIO			33	5			38
	BASSO	1		55	9	1		65
	NULLO	8	9	176	46	2	5	238
	NN	5		3				3

Tabella 32 – Attribuzione alle classi dell'indice sintetico, dell'indice WBI annuo e dell'indicatore WEI+ del mese più sfruttato di tutti i corpi idrici superficiali, del numero di quelli a valle ricadenti nei diversi stati ecologici.

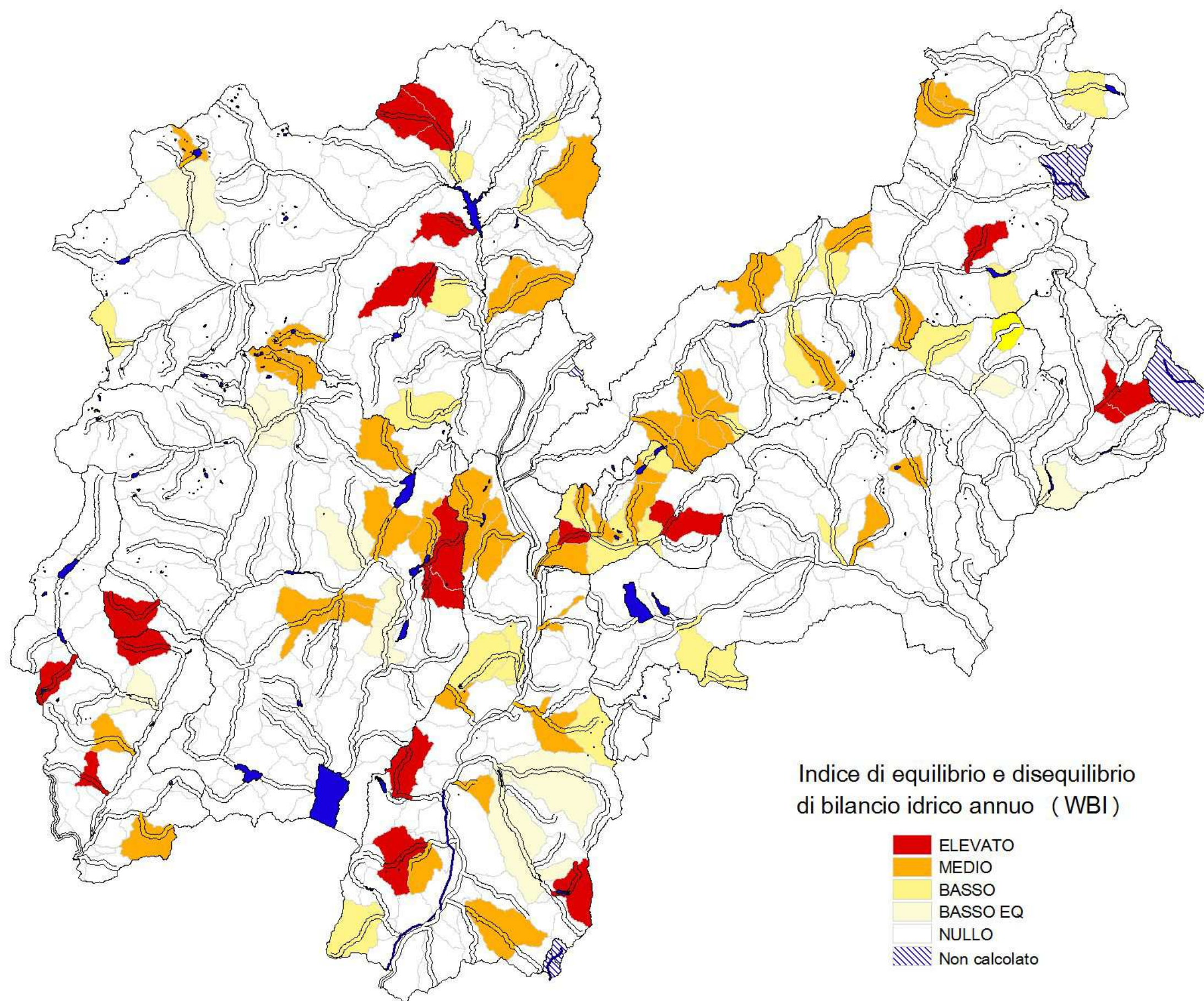
Un'ultima considerazione si basa sul fatto che tutti gli indici idrologici (IARI compreso), non solo quelli considerati in questo studio, sono calcolati a partire dalla portata in alveo (naturalizzata, reale,

osservata, modellata, eccetera), mentre per la definizione dello stato ecologico sono presi in considerazione moltissimi fattori che riguardano l'ecosistema acquatico in toto: per questo motivo non è possibile trovare un legame fra i due. A ciò si deve anche aggiungere che esistono condizioni molto complesse (ad esempio l'interbacino del fiume Noce tra il lago di Santa Giustina e la restituzione della centrale di Mezzocorona, e il bacino del torrente Silla e il tratto finale del torrente Fersina) cui queste due modalità di approccio non forniscono risposte e spiegazioni esaustive.

Per tutti questi motivi è necessario considerare assieme agli indici idrologici le valutazioni risultate nell'analisi delle pressioni e degli impatti svolte nella redazione del PTA, e tenendo conto anche delle misure previste nel medesimo piano, per il raggiungimento degli obiettivi di qualità del DQA.

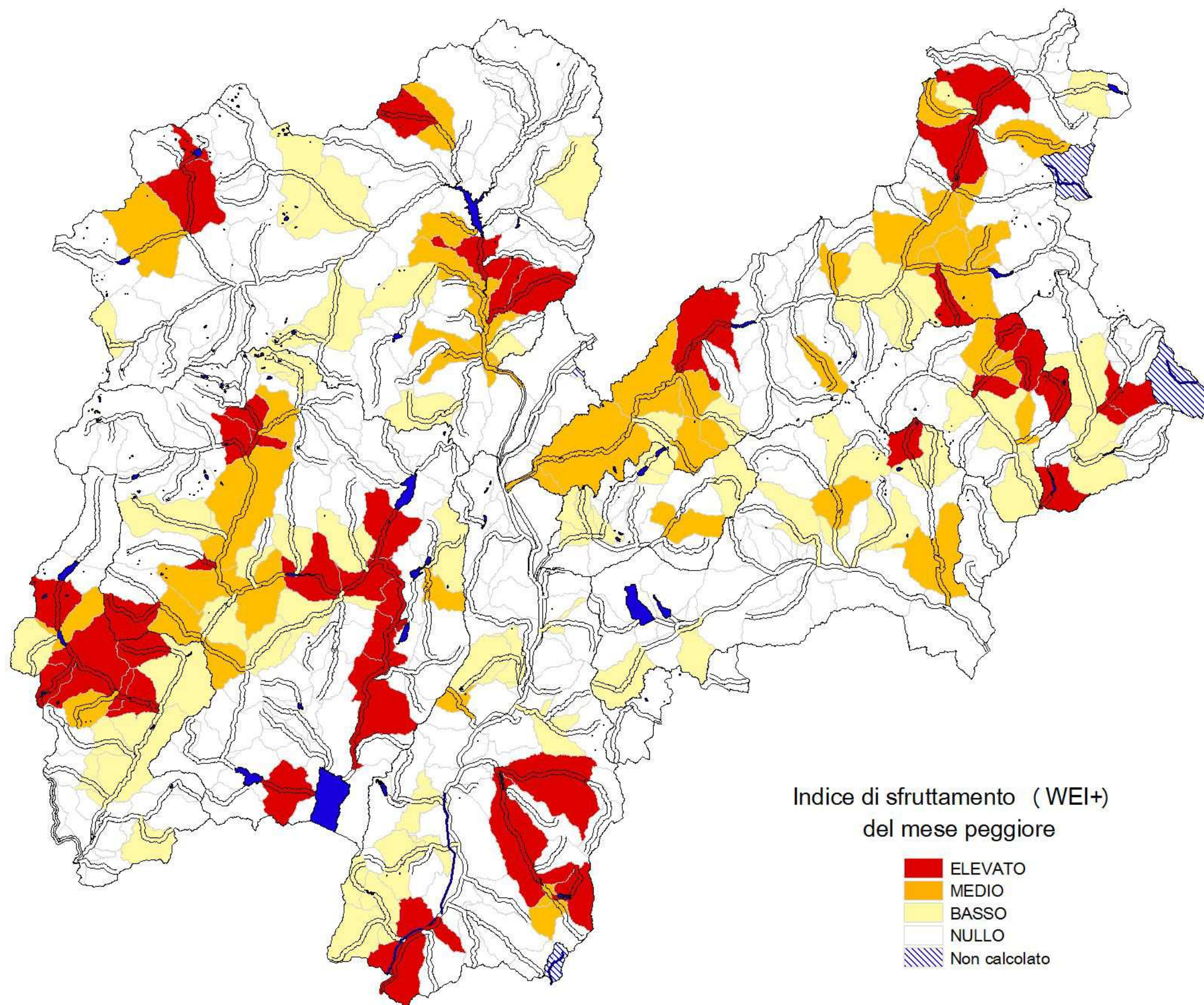
ALLEGATO CARTOGRAFICO

- mappa dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.1 della Relazione di accompagnamento)
- mappa dell'indicatore di sfruttamento del mese peggiore (WEI+) definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.2 della Relazione di accompagnamento)
- mappa dell'indice SINTETICO definito ai corpi idrici (rif. Capitolo 2.2.3 della Relazione di accompagnamento)
- mappa delle misure di riequilibrio del bilancio idrico applicate ai corpi idrici (rif. Capitolo 5 della Relazione di accompagnamento)
- mappe dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo e mensile definito ai sottobacini elementari di calcolo del modello idrologico (rif. Capitolo 3.1 della Relazione di accompagnamento)



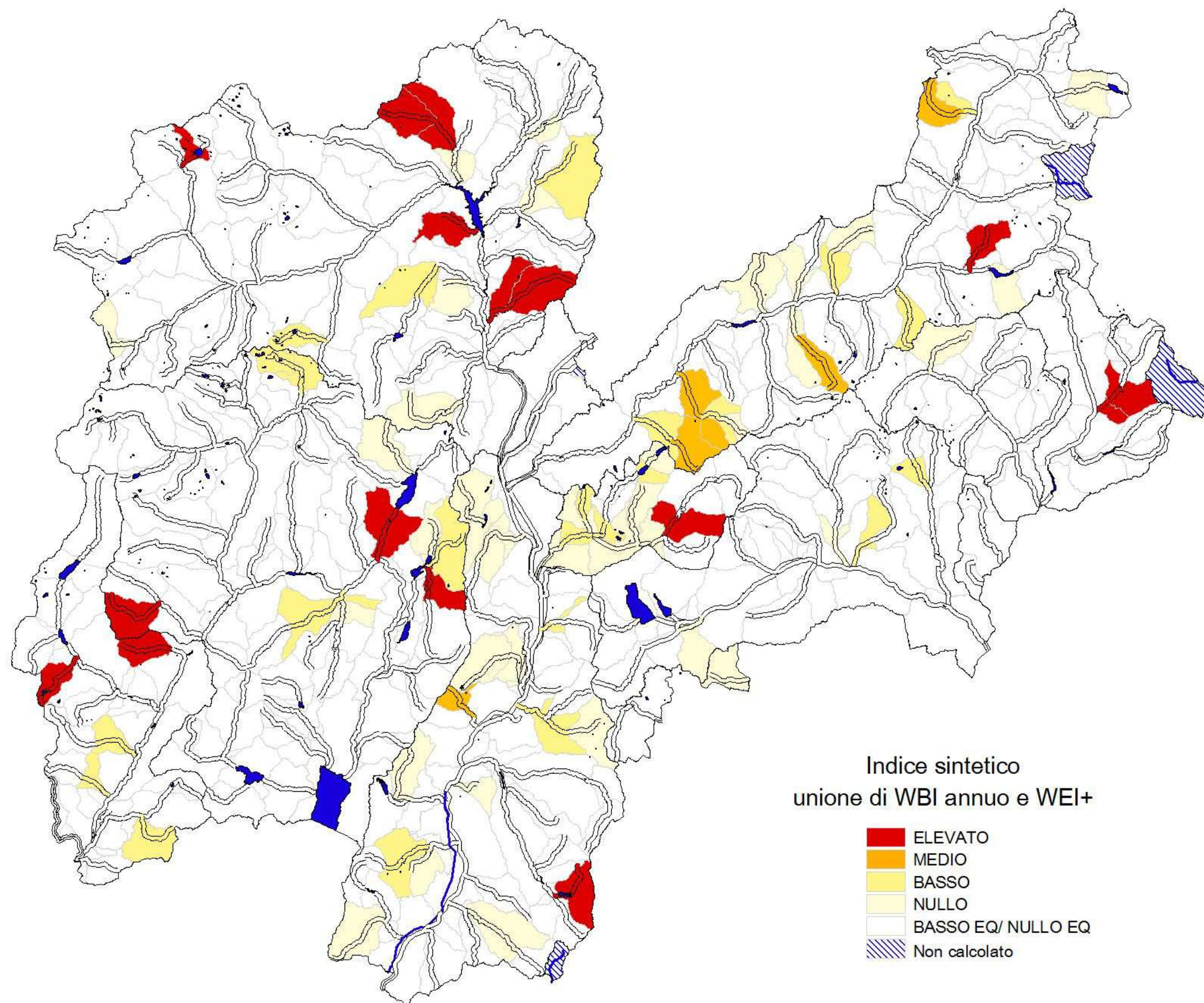
Mappa dell'indice di equilibrio e disequilibrio di bilancio idrico (WBI) annuo definito ai corpi idrici

(rif. Capitolo 2.2.1 della Relazione di accompagnamento)



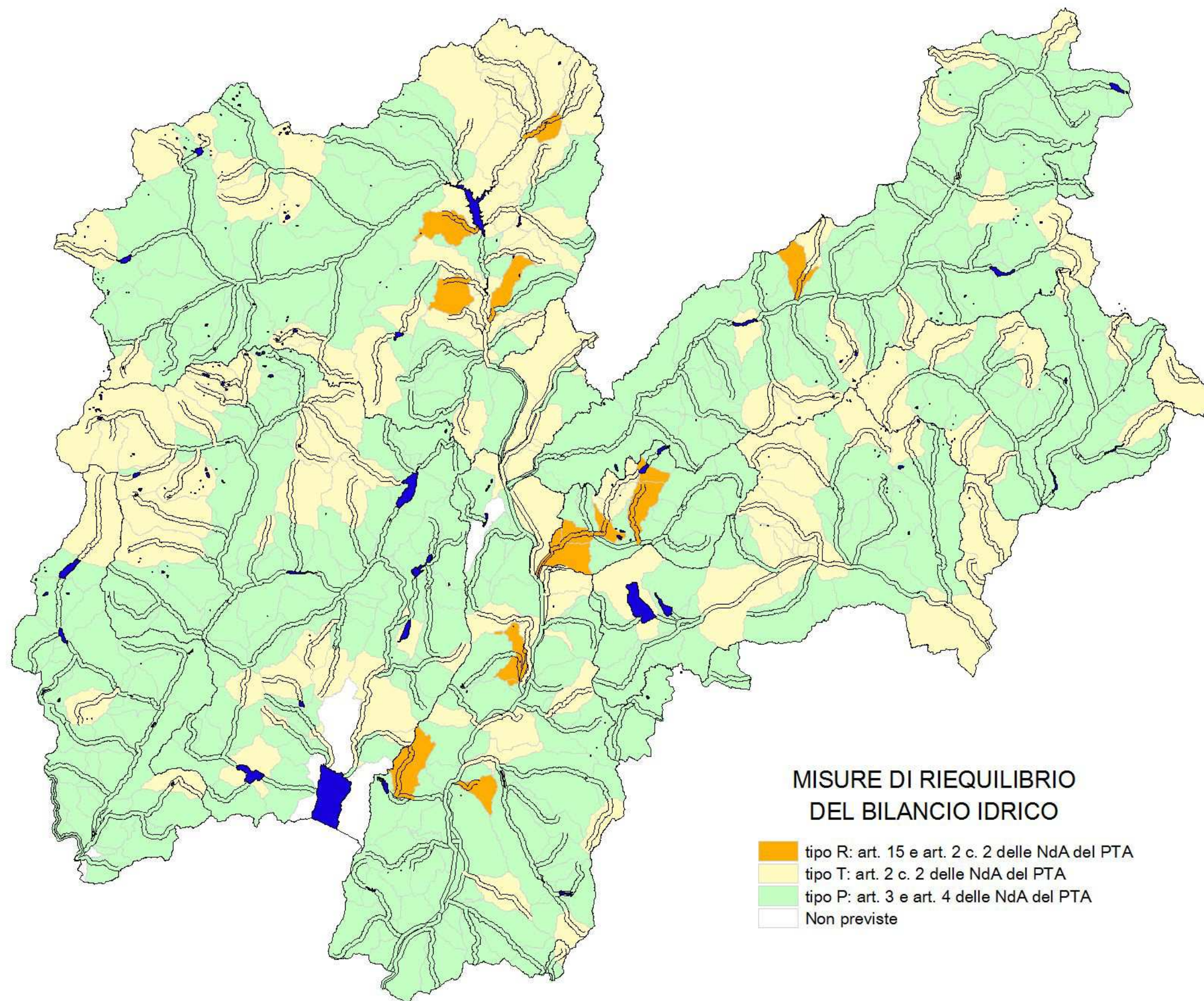
**Mappa dell'indicatore di sfruttamento
del mese peggiore (WEI+)
definito ai corpi idrici**

(rif. Capitolo 2.2.2 della Relazione di
accompagnamento)



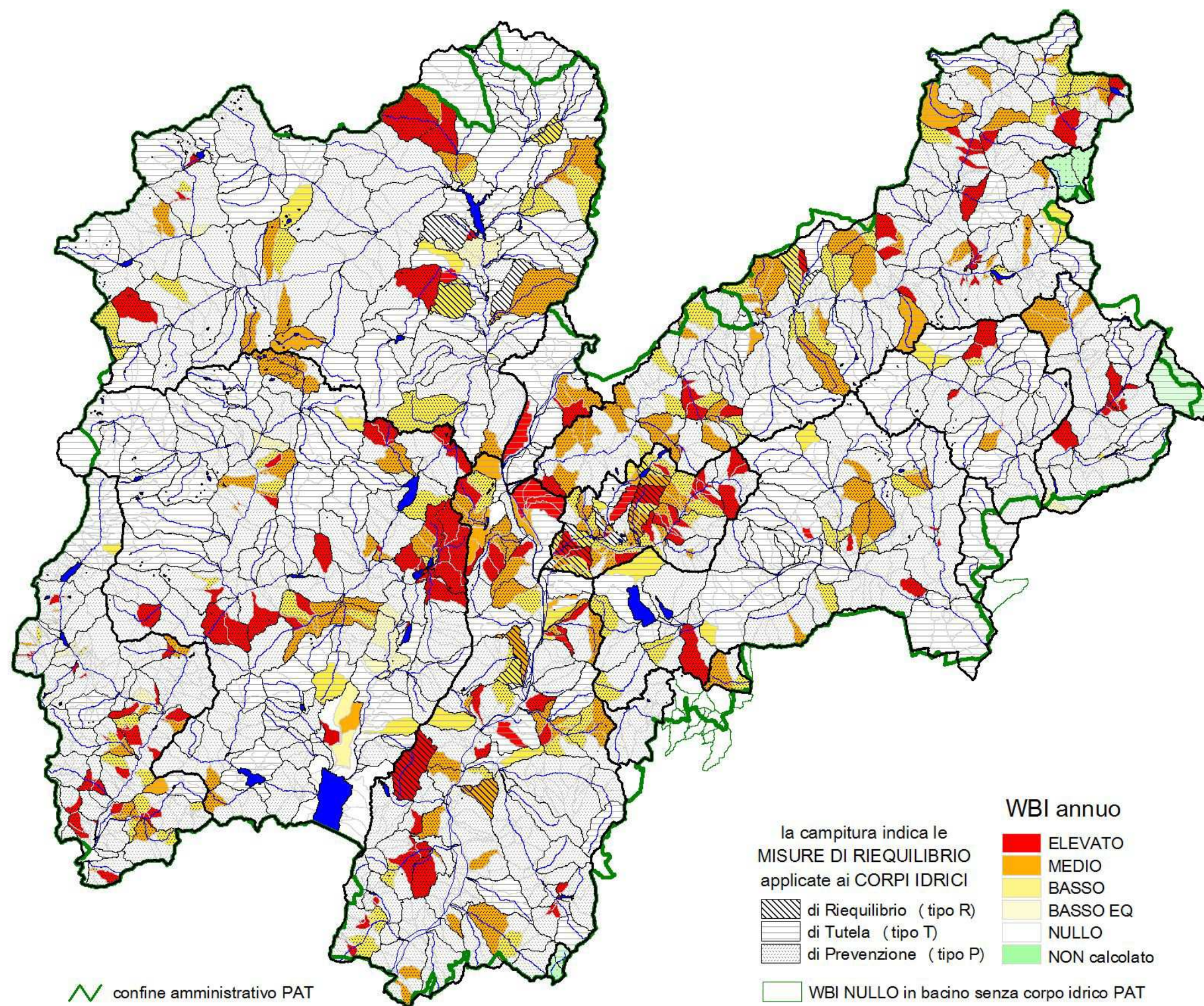
**Mappa dell'indice sintetico
definito ai corpi idrici**

(rif. Capitolo 2.2.3 della Relazione di
accompagnamento)



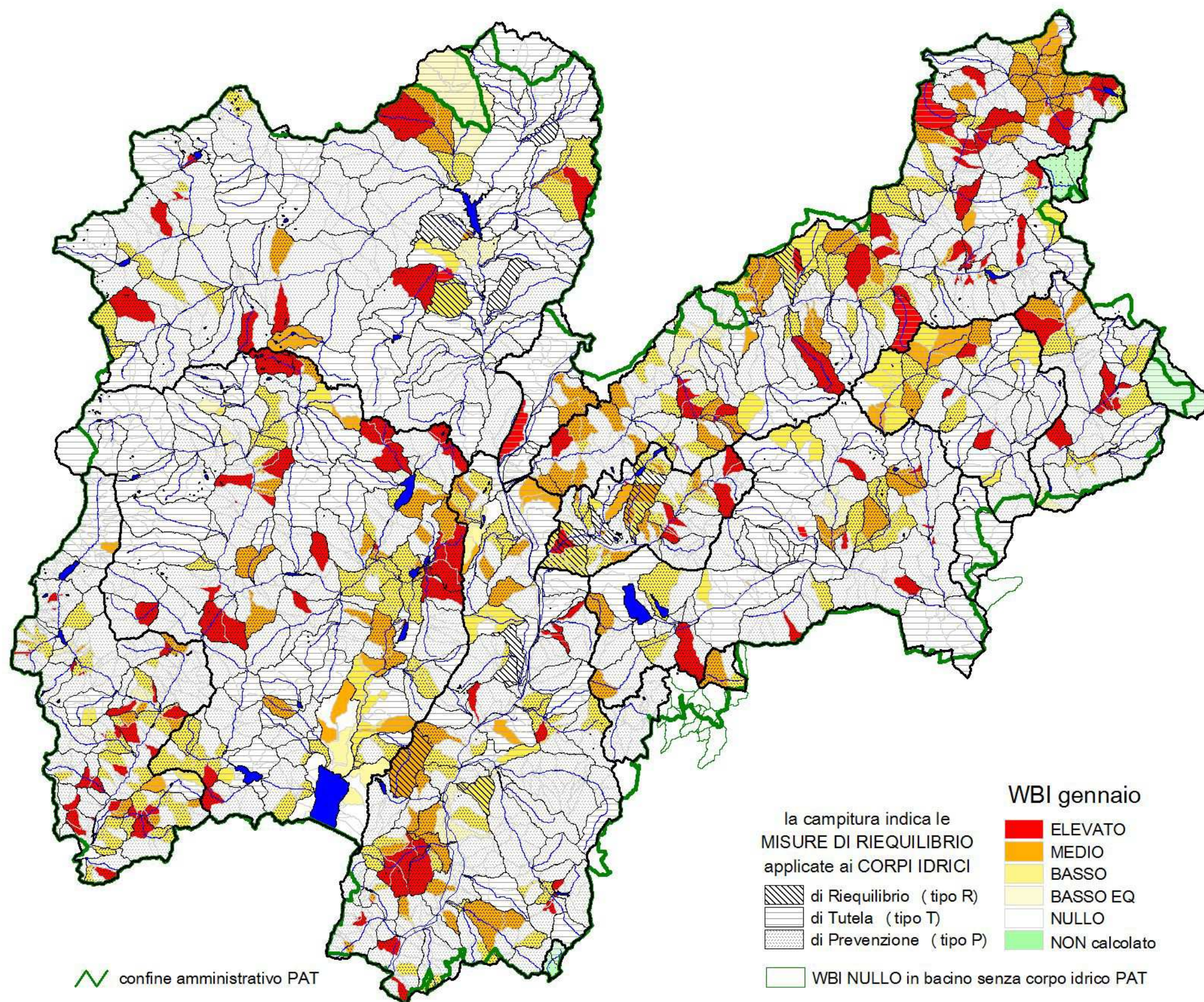
**Mappa delle misure di riequilibrio
del bilancio idrico
applicate ai corpi idrici**

(rif. Capitolo 5. della Relazione di
accompagnamento)



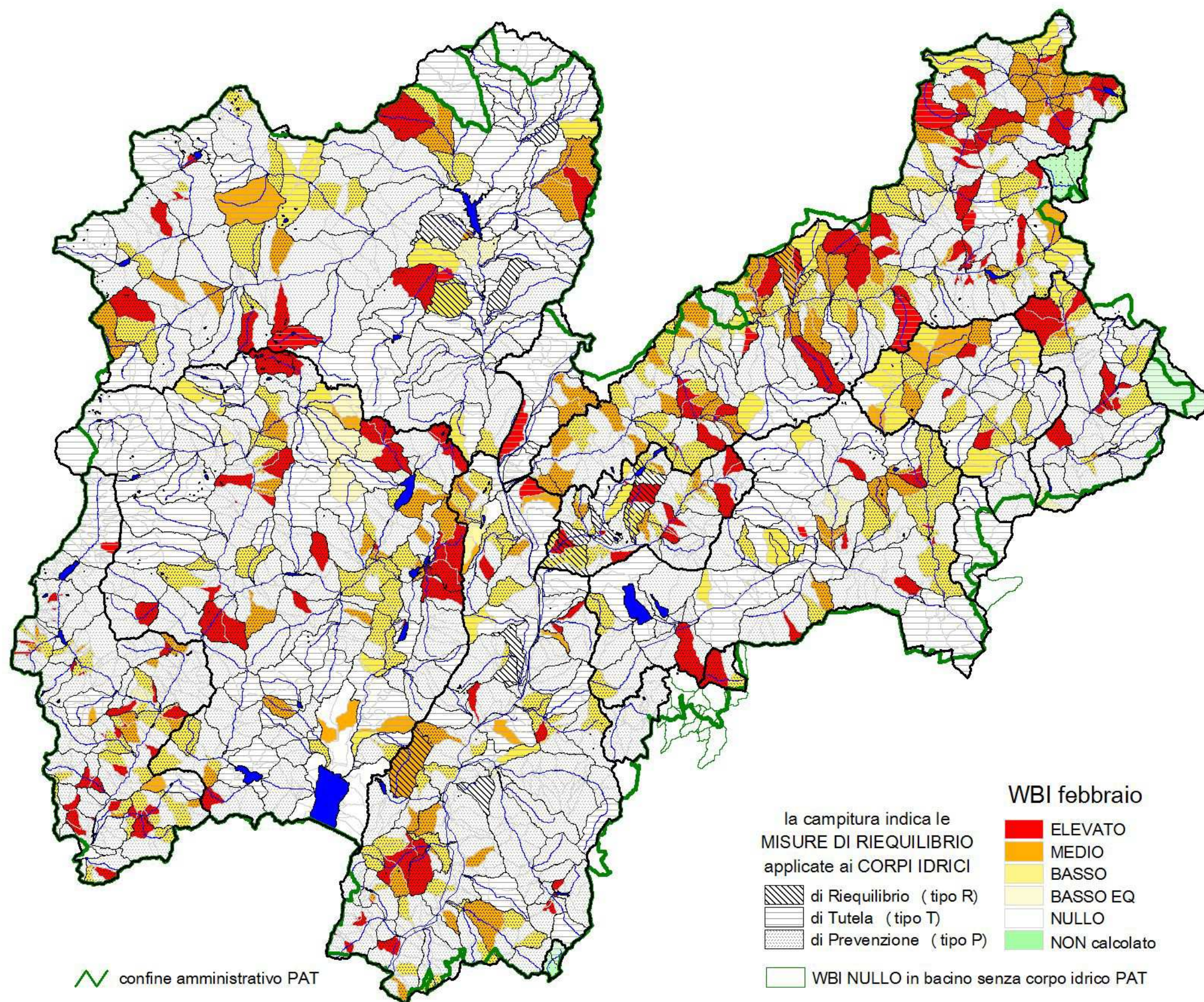
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
ANNUO
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico**

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



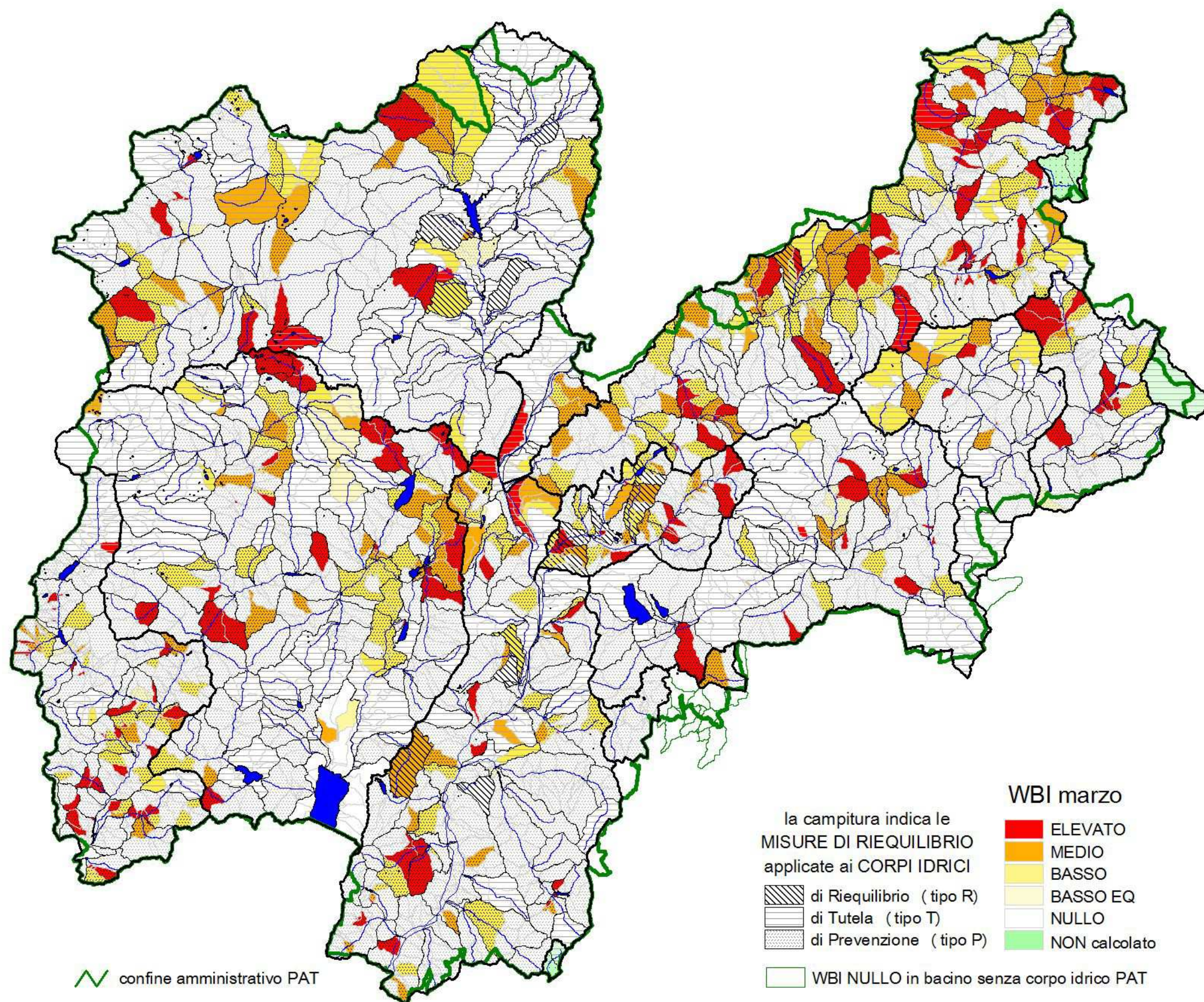
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
GENNAIO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



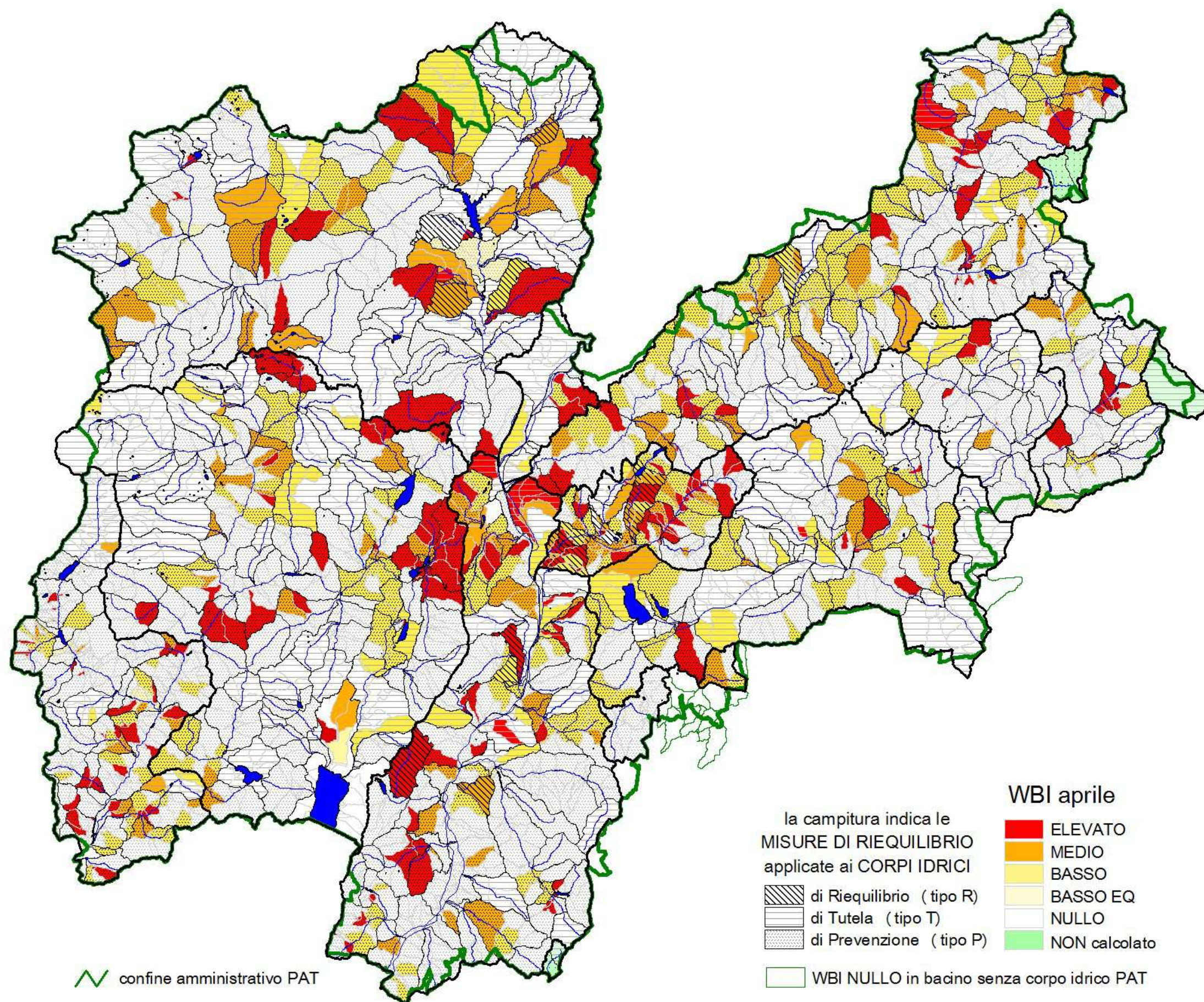
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
FEBBRAIO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



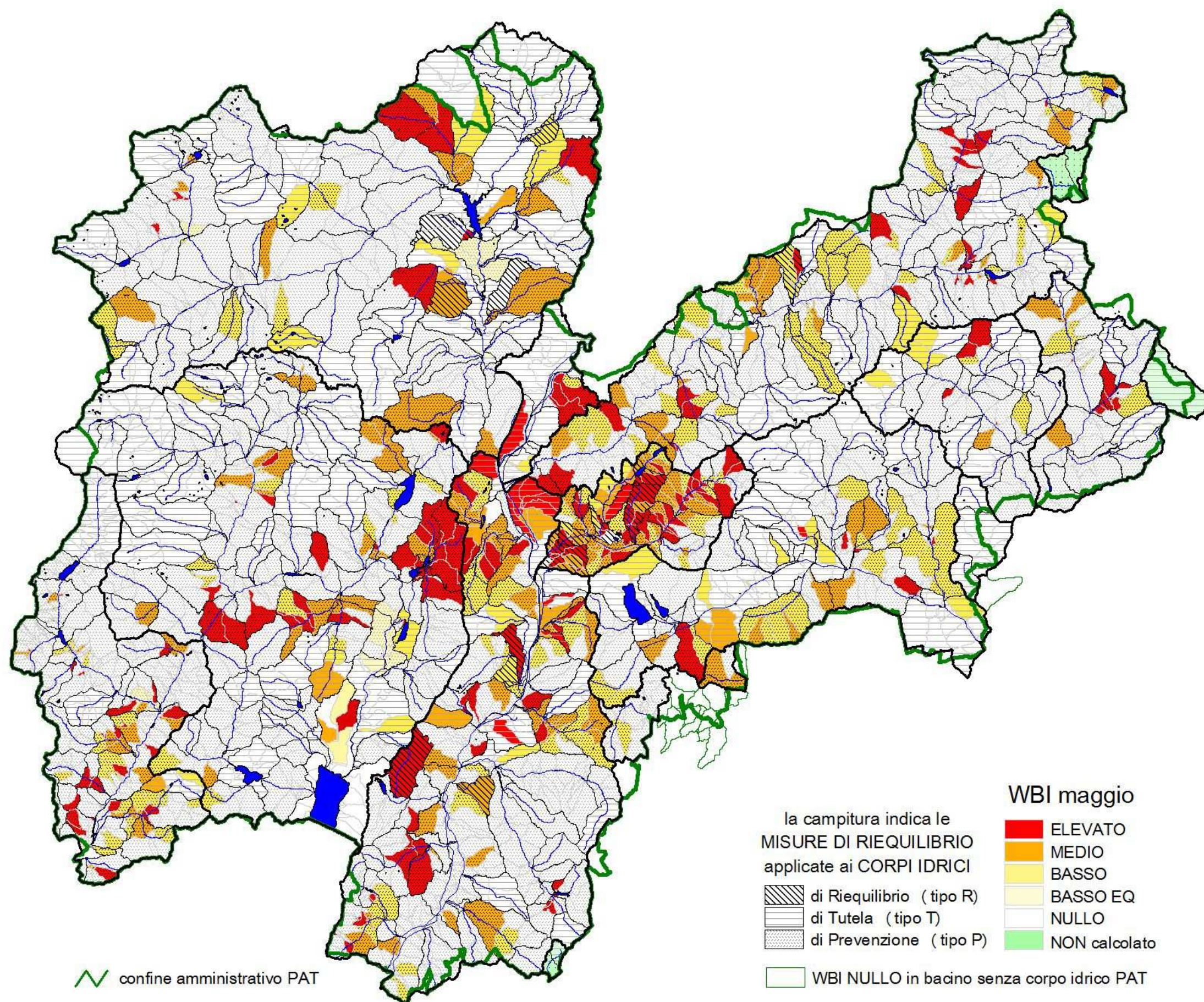
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
MARZO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



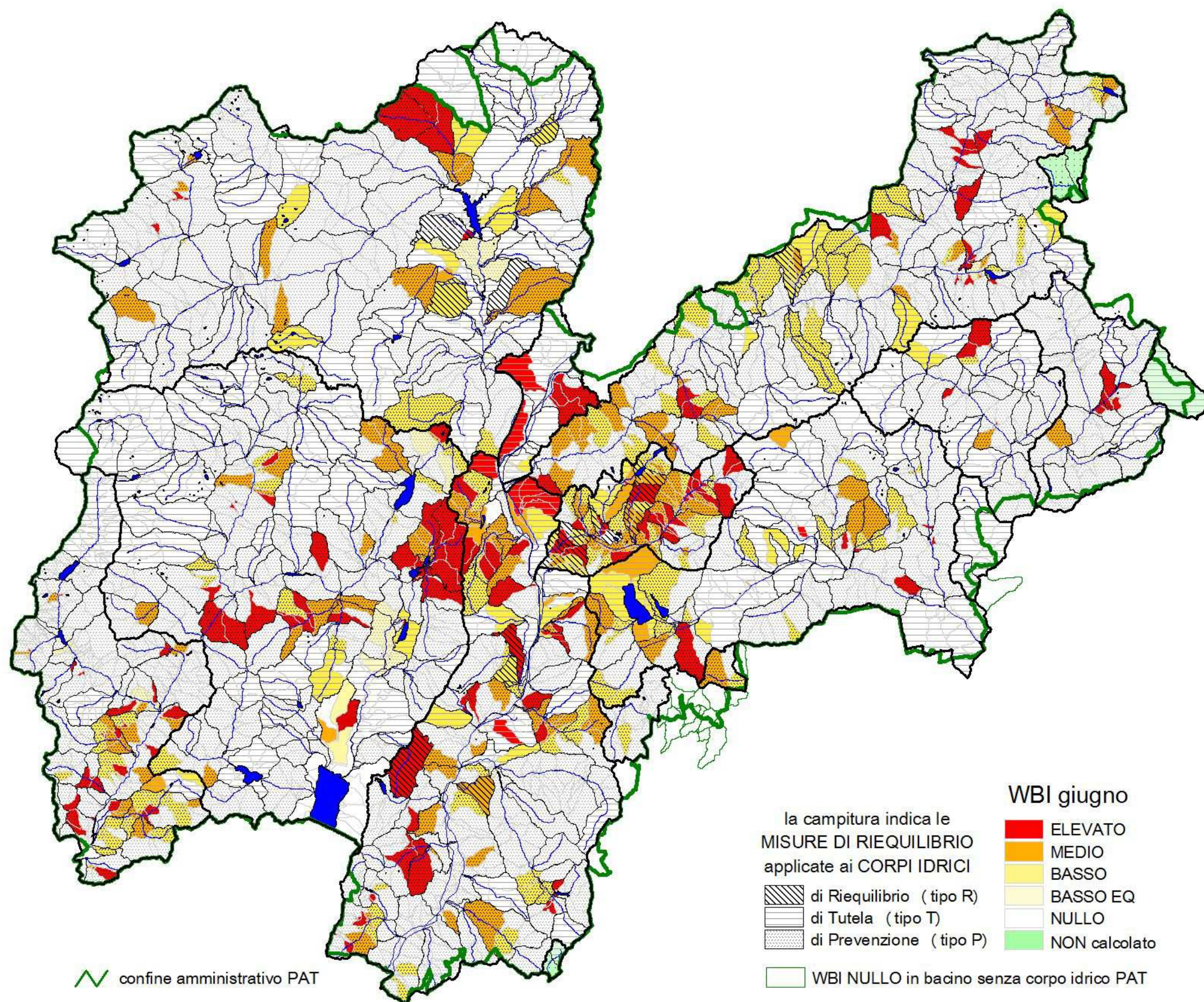
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
APRILE
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico**

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



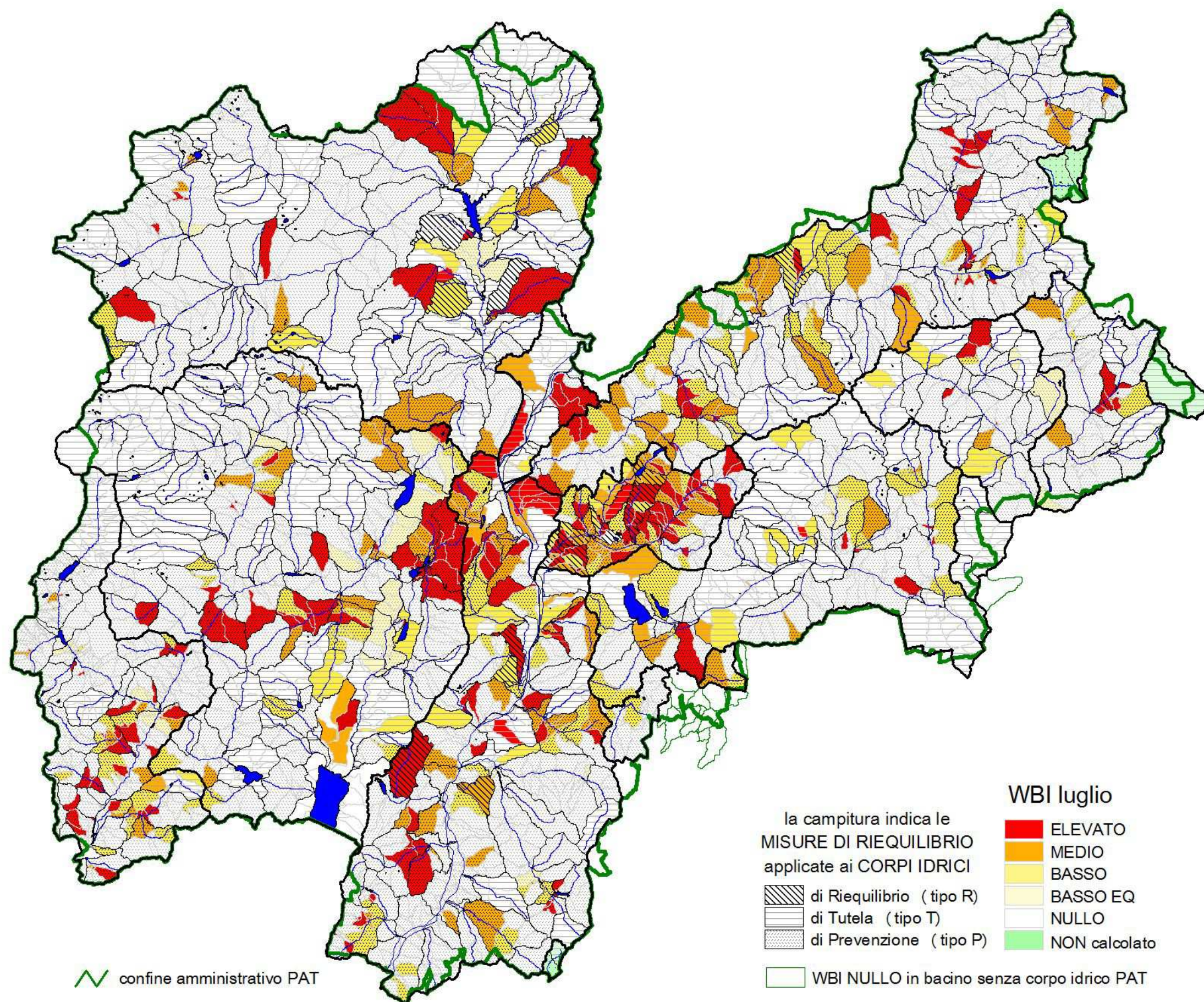
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
MAGGIO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



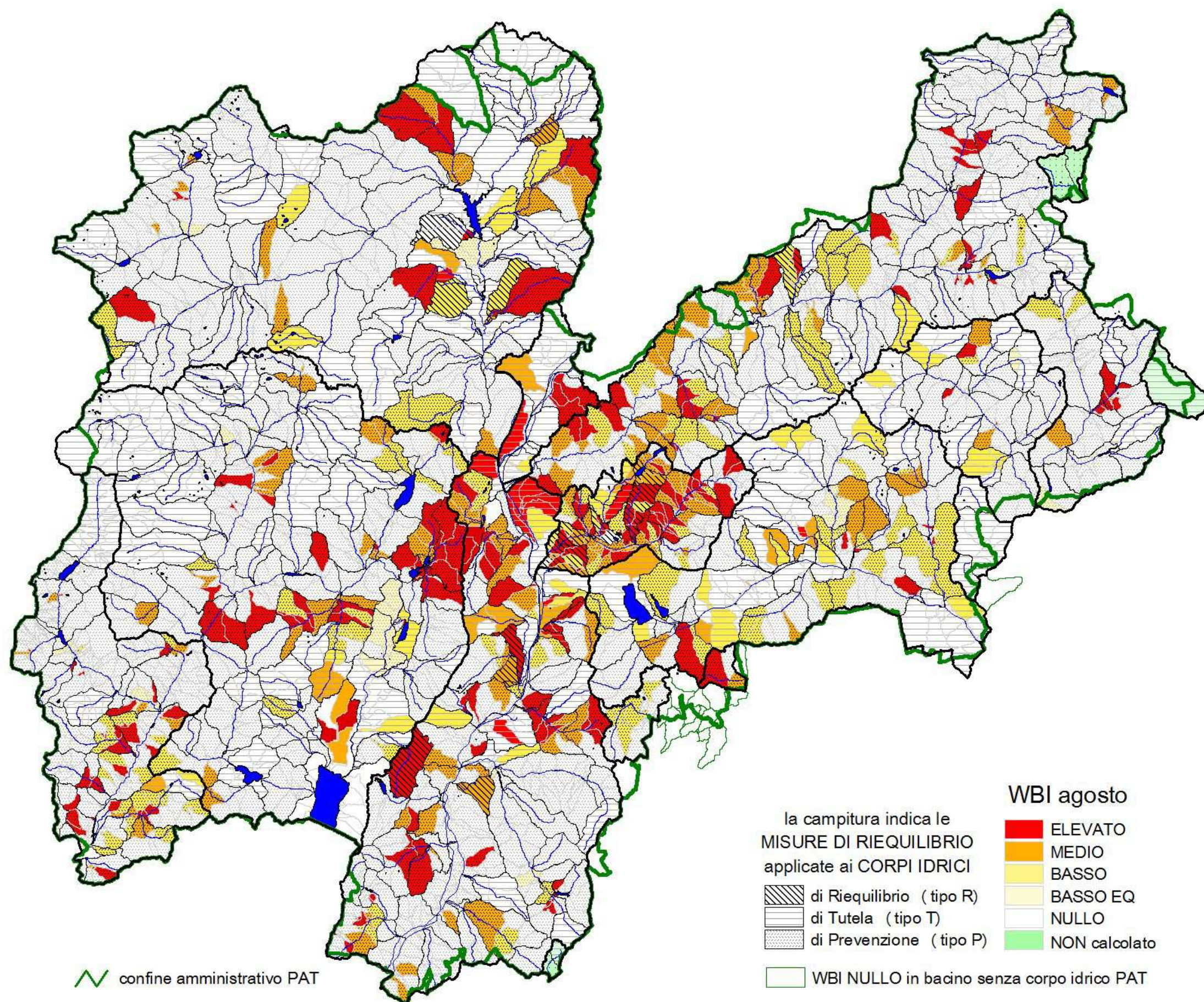
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
GIUGNO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



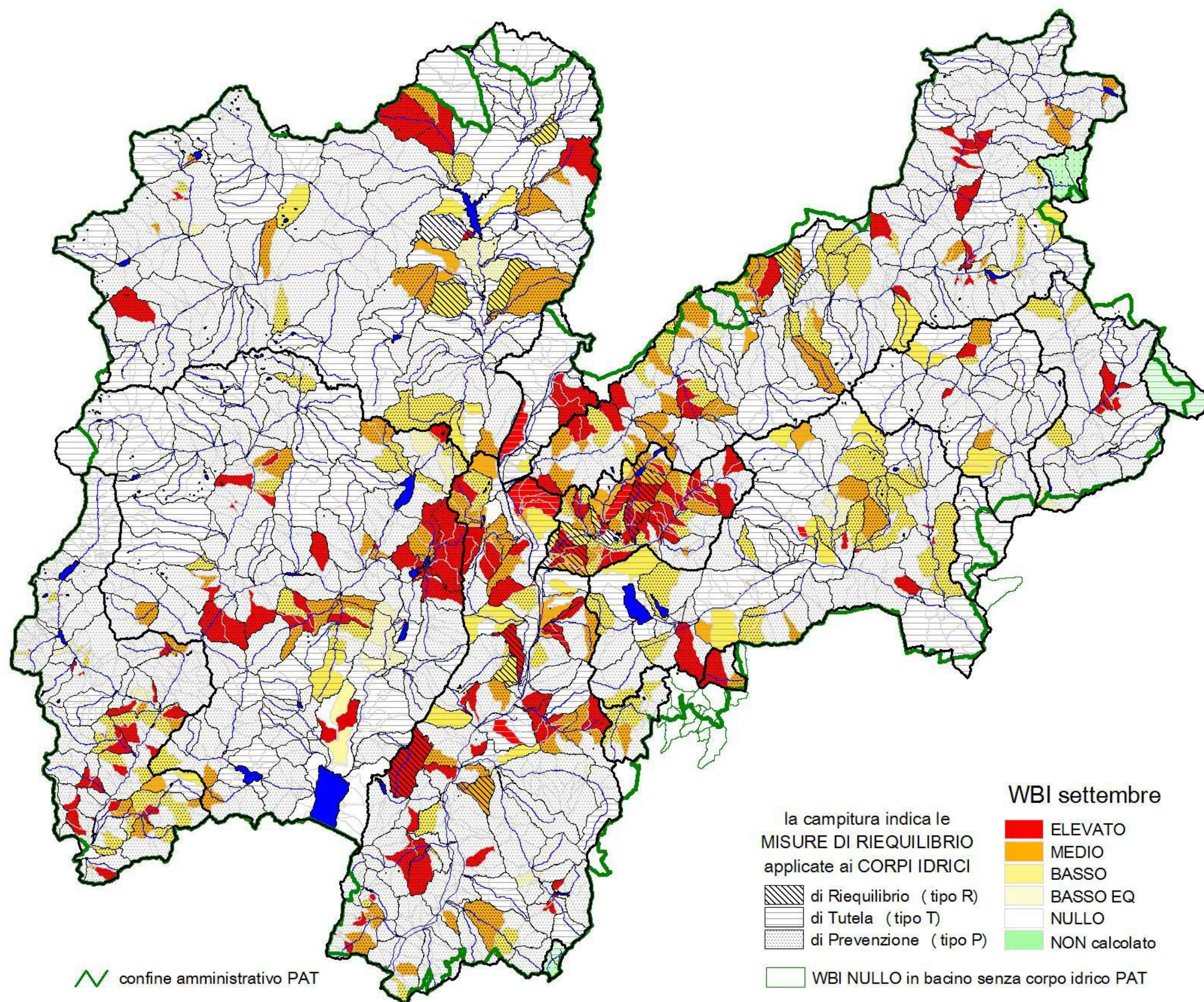
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
LUGLIO**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



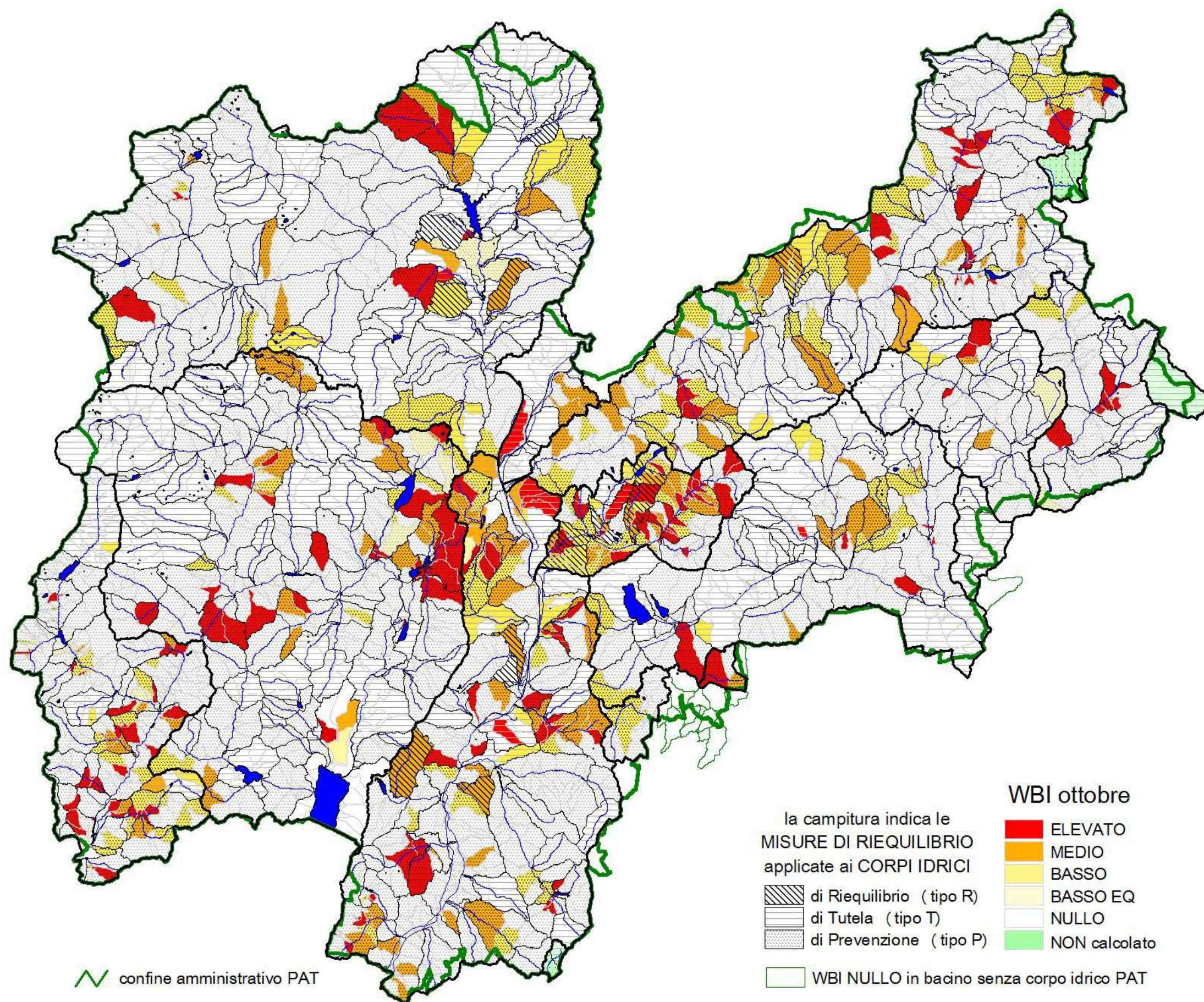
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
AGOSTO
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico**

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



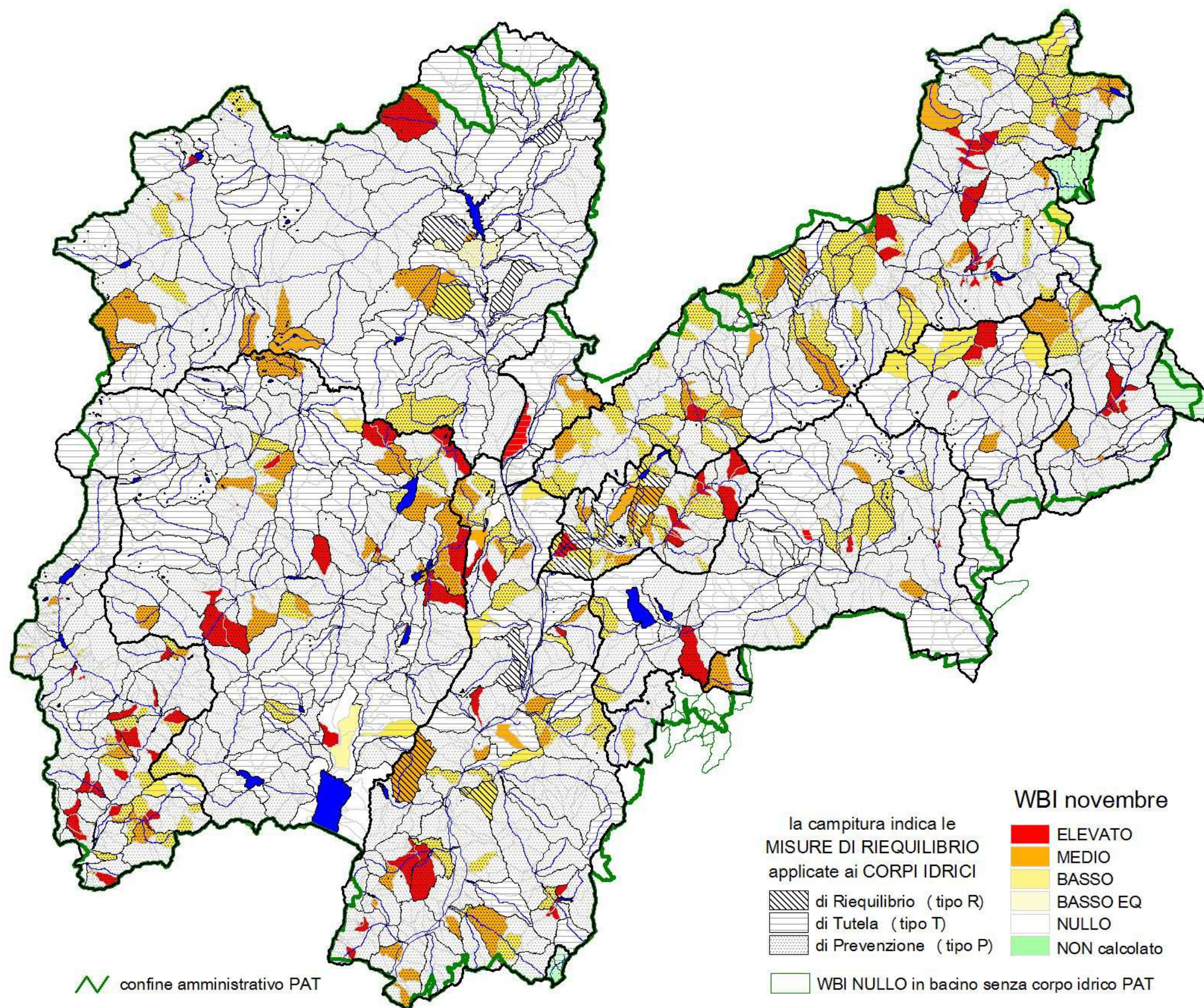
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
SETTEMBRE
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico**

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



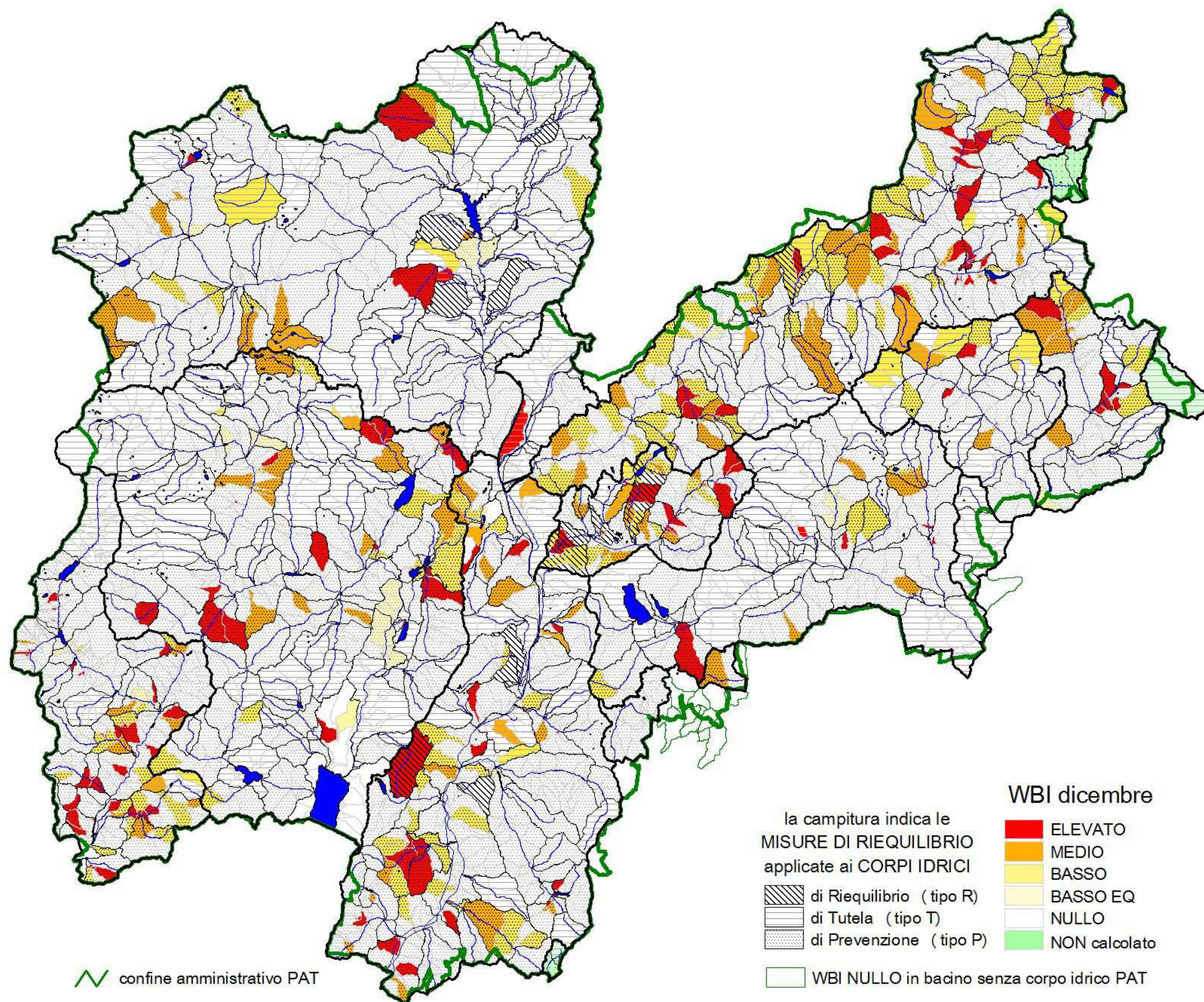
**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
OTTOBRE**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
NOVEMBRE**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)



**Mappa dell'indice di equilibrio e
disequilibrio di bilancio idrico (WBI)
DICEMBRE**
definito ai sottobacini elementari di
calcolo del modello idrologico

(rif. Capitolo 3.1. della Relazione di
accompagnamento)