



Regione Lombardia

DETERMINAZIONE DEL DEFLUSSO ECOLOGICO IN REGIONE LOMBARDIA

ALLEGATO 4

**APPROFONDIMENTI METODOLOGICI PER L'APPLICAZIONE DEI FATTORI
CORRETTIVI**

Sommario

1. Premessa	3
2. La D.G.R. XI / 2721 del 23-12-2019	6
3. I fattori correttivi.....	9
3.1. Fattore M.....	11
3.2. Fattore A	17
3.3. Fattore N.....	25
3.4. Fattore Q.....	53
3.5. Fattore F	59
3.6. Fattore T	62
4. Corpi idrici antropizzati	69
5. Principio di continuità e applicazione del DE con riferimento a corpi idrici diversi da quello in cui si trova la derivazione	74
6. Prima applicazione e sintesi dei risultati.....	80
7. Valutazione dell'effetto dell'applicazione dei coefficienti	83

1. Premessa

Obiettivi

Scopo di questa relazione è presentare il percorso tecnico sviluppato da Regione Lombardia, con il supporto scientifico di ERSAF, nell'ambito del Gruppo di Lavoro interdirezionale¹ (GdL) istituito *ad hoc*, per l'applicazione dei fattori correttivi del Deflusso Ecologico al reticolo idrografico regionale. L'attività del GdL nasce dall'esigenza di dare piena attuazione alla DGR XI/2721 del 23.12.2019, che, a partire dai principi guida sanciti da Autorità di Bacino Distrettuale fiume Po (Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 4/2017) e dal rispetto delle indicazioni del Piano di Tutela e Uso delle Acque (DGR 6990/2017) definisce la metodologia di base per la determinazione dei singoli fattori correttivi, al fine di consentirne una concreta e armonica adozione sul territorio.

Il presente documento restituisce, in sintesi, l'intero percorso compiuto dal GdL chiarendo e motivando passo per passo sia le elaborazioni tecniche sia gli approfondimenti che hanno portato alla definizione dei fattori correttivi sia per via numerica che cartografica.

La stessa DGR 2721/2019 prevede infatti la possibilità di effettuare approfondimenti e puntuali affinamenti delle metodologie proposte, sulla base dei riscontri applicativi. Nella presente relazione si procede quindi ad esplicitare, motivandole, le variazioni dei singoli fattori correttivi adottate nella metodologia e la loro modalità di applicazione complessiva.

Ulteriore obiettivo del presente documento è di rendere fruibile la mole di dati prodotti e di elaborazioni compiute dal gruppo di lavoro tecnico, chiarendo la logica scientifica alla base delle metodologie adottate e degli approfondimenti eseguiti.

La presente relazione, inoltre, ha costituito la base sulla quale tra febbraio 2022 e aprile 2024 si è aperto il dialogo tra gli Enti deputati alla regolamentazione del Deflusso Ecologico e gli altri soggetti a vario titolo coinvolti dalla sua applicazione; in essa sono contenute le modifiche effettuate in esito alla valutazione di tutte le osservazioni pervenute ed agli approfondimenti svolti.

Il Deflusso Ecologico

La formula per il calcolo del Deflusso Ecologico, di seguito riportata, è contenuta nella "Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento-raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico e successivi riesami e aggiornamenti" (in breve *Direttiva Deflussi Ecologici* o *DDE*), adottata con deliberazione n. 4 del 14.12.2017 della Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Essa è composta dai seguenti fattori:

$$Q_{D.E.} = k * q_{MEDIA} * S * (M * A * Z * T)$$

dove:

- $Q_{D.E.}$ = portata da rilasciare come Deflusso Ecologico

¹ Il Gruppo di Lavoro Interdirezionale è costituito da rappresentanti delle seguenti DDGG ed Enti del Sireg: DG Enti Locali, Montagna Risorse Energetiche e Utilizzo Risorsa Idrica; DG Ambiente e Clima, DG Territorio e Sistemi Verdi, DG Agricoltura, Sovranità Alimentare e Foreste, ARPA Lombardia ed ERSAF.

- $k * q_{\text{MEDIA}} * S$ = componente idrologica del Deflusso Ecologico
- $(M * A * Z * T)$ = componente ambientale del Deflusso Ecologico (fattori correttivi)

La componente idrologica

Il prodotto $k * q_{\text{MEDIA}} * S$ è dato da:

- k = parametro che esprime la percentuale della portata media naturale annua che deve essere considerata nel calcolo del Deflusso Ecologico (DE);
- q_{MEDIA} = portata specifica media naturale annua per unità di superficie del bacino imbrifero sotteso;
- S = superficie del bacino imbrifero sotteso.

Nel PTUA (Norme Tecniche di Attuazione, art. 38, comma 4) è stato stabilito, per tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico naturale regionale, che la componente idrologica del DE sia pari al 10% della portata media naturale annua. In altre parole, ai sensi del PTUA si assume, per ogni corso d'acqua appartenente al reticolo idrico naturale regionale, un valore del parametro $k = 0.1$.

Inoltre, sempre ai sensi del PTUA (Norme Tecniche di Attuazione, art. 32, comma 3), il Bilancio Idrico Regionale (BIR) costituisce la base di riferimento univoca sul territorio regionale per la pianificazione, autorizzazione e gestione degli usi idrici. Di conseguenza la base di calcolo della portata media naturale annua è fornita dal BIR, approvato, quale strumento attuativo del PTUA, con la DGR n. XI/2122 del 09.09.2019. Le portate individuate dal BIR sostituiscono le portate medie naturali annue identificate con la metodologia prevista dalla precedente versione del PTUA (PTUA 2006), utilizzate in precedenza in Regione Lombardia per la determinazione del Deflusso Minimo Vitale (DMV).

Il BIR definisce i valori delle portate naturalizzate in chiusura di tutti i corpi idrici naturali tipizzati e in alcune sezioni fluviali significative. A partire dai suddetti valori, attraverso le formule di regionalizzazione, è quindi possibile determinare il valore della componente idrologica del DE in ogni punto del reticolo idrografico regionale.

La DGR 2122/2019 precisa che, in attesa dell'approvazione dei fattori correttivi, per le concessioni esistenti restino in vigore i valori di DMV attualmente già determinati attraverso precedenti atti.

Componente ambientale

Il prodotto $(M * A * Z * T)$, che rappresenta la componente ambientale del Deflusso Ecologico, è ottenuto con l'applicazione dei fattori correttivi. Essi, coerentemente con le indicazioni del PTUA e della DDE, sono così definiti:

- Fattore correttivo M: è funzione delle caratteristiche morfologiche dell'alveo nel tratto fluviale considerato ed esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso minimo in condizioni compatibili con gli obiettivi di habitat e di fruizione.
- Fattore Correttivo A: esprime le esigenze di maggiore o minore rilascio dovuto al contributo delle falde sotterranee.
- Fattore Correttivo Z: è individuato dal massimo valore assunto dai fattori $\{N, F, Q\}$, che a loro volta possono essere così descritti:

- Il Fattore Correttivo N esprime le esigenze di maggiore tutela per gli ambienti fluviali con elevato grado di naturalità.
 - Il Fattore Correttivo F esprime le esigenze di maggiore tutela per gli ambienti fluviali oggetto di fruizione.
 - Il Fattore Correttivo Q esprime le esigenze di maggior tutela per i corpi idrici che non hanno ancora raggiunto gli obiettivi ambientali fissati nel Piano di Gestione del Bacino del Po e, più in generale, punta a garantire una maggior portata laddove l'attuale stato ecologico ancora non raggiunga gli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque (DQA), assumendo che determinati fattori di pressione siano mitigabili tramite un deflusso più elevato.
- il Fattore Correttivo T esprime le esigenze di modulazione dei deflussi nei diversi periodi dell'anno, consentendo di articolare i rilasci in modo differenziato anziché attraverso un valore costante, in modo da garantire, seppur parzialmente, un regime idrologico più simile a quello naturale.

2. La D.G.R. XI / 2721 del 23-12-2019

Ai sensi della Direttiva Deflussi Ecologici (DDE), gli intervalli di applicazione dei singoli fattori correttivi sono i seguenti:

- Fattore Correttivo M: compreso tra 0.7 e 1.3;
- Fattore Correttivo A: compreso tra 0.5 e 1.5;
- Fattore Correttivo Z: valore massimo tra quelli assunti dai Fattori Correttivi N, F, Q;
 - Fattore Correttivo N: maggiore o uguale a 1;
 - Fattore Correttivo F: maggiore o uguale a 1;
 - Fattore Correttivo Q: maggiore o uguale a 1;
- Fattore Correttivo T: non sono indicati intervalli di variazione.

Intervallo di applicazione

Ai sensi del PTUA (Norme Tecniche di Attuazione, art. 38, comma 4), in caso di applicazione contestuale di più Fattori Correttivi, il DE può assumere valori all'interno dell'intervallo compreso tra il 5% e il 20% della portata media naturale annua (Q_{MEDIA}); il limite massimo del 20% può essere superato in presenza di particolari esigenze legate agli obiettivi specifici delle aree naturali protette nazionali e regionali di cui alla Legge n. 394 del 06.12.1991 e dei Siti appartenenti alla Rete Natura 2000, comprovate da idonei studi recepiti negli appositi piani delle aree naturali, misure di conservazione e piani di gestione dei medesimi Siti.

I valori minimi e massimi del DE sopra indicati comportano, ai sensi della DGR 2721/2019, l'impossibilità per il Fattore Correttivo T di assumere valori inferiori a 0.5 e per i Fattori Correttivi F, Q e T di assumere valori superiori a 2.

Il Fattore Correttivo N può invece assumere valori superiori a 2 solo al verificarsi delle condizioni sopra riportate in relazione agli obiettivi specifici delle aree naturali protette e/o siti Rete Natura 2000.

In sintesi, i range di applicazione dei Fattori Correttivi sono i seguenti:

Fattore Correttivo		Valore minimo	Valore massimo
M		0.7	1.3
A		0.5	1.5
Z	N	1	2*
	F	1	2
	Q	1	2
T**		0.5	2

* Ammessi valori > 2 in relazione ad obiettivi specifici delle aree naturali protette - siti RN 2000.

** Valori articolati in modo differenziato nell'arco dell'anno

La componente ambientale del DE, ottenuta attraverso il prodotto $M * A * Z * T$, può variare entro l'intervallo compreso tra 0.5 e 2. Il valore massimo può essere superato solo in relazione ad obiettivi specifici delle aree naturali protette, come sopra indicato.

Limiti ai fini della salvaguardia ambientale dei corpi idrici

Nella DGR si stabilisce, inoltre, che l'applicazione dei Fattori Correttivi non può comportare, nemmeno per un periodo limitato dell'anno, una riduzione del valore del DE al di sotto del valore di 50 L/s. La soglia di 50 L/s è motivata dalle esigenze di salvaguardia delle caratteristiche di naturalità e di pregio ambientale dei corsi d'acqua, coerentemente con le indicazioni dell'art. 26, comma 6, delle Norme Tecniche di Attuazione del PTUA.

Per le derivazioni esistenti, per le quali sia stata autorizzata una componente idrologica del DE (per definizione pari a $0.1 * Q_{MEDIA}$) inferiore a 50 l/s, l'applicazione dei Fattori Correttivi non può comportare, nemmeno per un periodo limitato dell'anno, una riduzione del valore del DE al di sotto della componente idrologica.

Sperimentazioni del DMV e altri deflussi predeterminati

, i Deflussi Ecologici individuati attraverso gli esiti delle sperimentazioni del DMV condotte negli scorsi anni nel reticolo regionale lombardo, ai sensi delle indicazioni del PTUA 2006 e delle Linee Guida approvate con DDG n. 9001 del 08.08.2008, integrate con DDG n. 3816 del 08.05.2014 costituiscono un'eccezione rispetto all'applicazione dei fattori correttivi e quindi rispetto agli intervalli di variazione del DE indicati. I valori dei Deflussi Ecologici ottenuti attraverso le sperimentazioni vengono assunti come già intrinsecamente comprensivi dell'applicazione dei Fattori Correttivi, in quanto esito di valutazioni sitospecifiche.

L'Allegato 7 dell'Elaborato 5 del BIR, approvato con la già citata DGR 2122/2019, riporta in modo puntuale l'elenco dei Deflussi Ecologici definiti attraverso le sperimentazioni e l'elenco delle derivazioni presso le quali le sperimentazioni stesse hanno confermato l'obbligo di rilascio dell'intera portata disponibile, al fine del raggiungimento degli obiettivi ambientali prefissati.

Potrà essere inoltre valutato il mantenimento di eventuali valori di deflusso superiori a quelli ottenuti attraverso l'applicazione della metodologia riportata in questo documento, qualora già determinati attraverso procedure di valutazione di impatto ambientale o di verifica di esclusione formalizzati dall'autorità competente nel provvedimento conclusivo di VIA o di verifica, oppure riportati negli atti di concessione.

Metodologia di calcolo dei Fattori Correttivi

Nella DGR 2721/2019 è anche riportata la metodologia di calcolo specifica per la determinazione di ciascun Fattore Correttivo, applicabile all'intero territorio regionale. Essa prevede, inoltre, che:

- Tale determinazione possa essere integrata sulla base di segnalazioni di evidenze locali, purché puntualmente documentate ed opportunamente valutate.
- Per i corpi idrici di maggiore estensione, possano essere effettuate valutazioni riferite a tratti più brevi rispetto al loro intero sviluppo.
- Sulla base dei riscontri applicativi, come già accennato in premessa, possano essere definiti puntuali affinamenti delle metodologie.

Su tali basi, sono di seguito riportati gli approfondimenti metodologici sviluppati a seguito dell'applicazione sul reticolo regionale di quanto previsto dalla DGR 2721/2019, nonché i

riscontri ottenuti con la determinazione quantitativa dei singoli fattori, della componente ambientale e del Deflusso Ecologico nel suo complesso.

3. I fattori correttivi

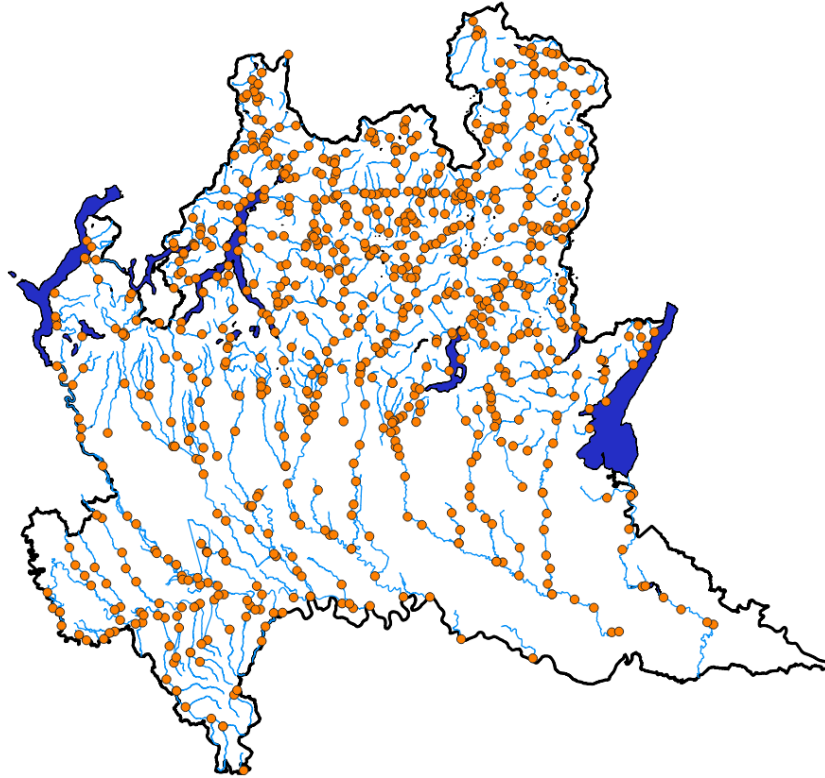
Base cartografica

Le elaborazioni relative alla determinazione dei Fattori Correttivi sono state condotte utilizzando un'ampia base conoscitiva e cartografica, rappresentata, in genere, da strati informativi utilizzabili in ambiente GIS (*Geographic Information System*) e disponibili sul Geoportale e negli Open Data di Regione Lombardia, presso gli uffici di Regione Lombardia e di ERSAF, o appartenenti agli apparati iconografici degli strumenti di pianificazione d'area vasta (PTR, PPR, PGRA, PTUA, DUSAF, SIBA, PTCP provinciali, ecc..).

Le evidenze locali raccolte in ottemperanza alle indicazioni della DGR 2721/2019 sono state molteplici e provenienti da diverse fonti (UTR di Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Consorzi di Bonifica, Parchi ed Enti Gestori delle aree protette e siti Rete Natura 2000, associazioni ambientaliste e di altra natura, ecc..). Le informazioni raccolte sono state sistematizzate e vagliate singolarmente.

Gli strati informativi di base che consentono la consultazione e la rappresentazione grafica delle elaborazioni effettuate per ciascun Fattore Correttivo sono, viceversa:

- Uno *shapefile* lineare dei Corpi Idrici naturali afferenti al reticolo idrico regionale della Lombardia e tipizzati nell'ambito del Piano di Gestione del fiume Po, le cui geometrie sono riprese dal PTUA e a cui sono associati dei codici univoci di collegamento alla matrice principale di elaborazione. I tratti lineari considerati sono i 563 Corpi Idrici definiti dal PTUA, incrementati a 809 a causa delle suddivisioni in sottotratti effettuate nell'ambito delle analisi condotte per la determinazione di alcuni dei Fattori Correttivi e dello stralcio dei sottotratti soggetti a sperimentazione del DMV approvata.
- Uno *shapefile* puntuale relativo alle "altre sezioni significative" individuate dal BIR (per lo più grandi derivazioni), per la maggior parte delle quali sono disponibili i valori delle portate medie annue e mensili modellizzate nell'ambito del BIR stesso. Anche in questo caso sono presenti dei codici univoci che consentono di collegare lo *shapefile* alle matrici di elaborazione dei dati.



Strati informativi di base (lineare e puntuale) per le elaborazioni dei Fattori Correttivi.

3.1. Fattore M

Il fattore M esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso minimo in condizioni compatibili, dal punto di vista della distribuzione del flusso, con gli obiettivi di conservazione degli habitat.

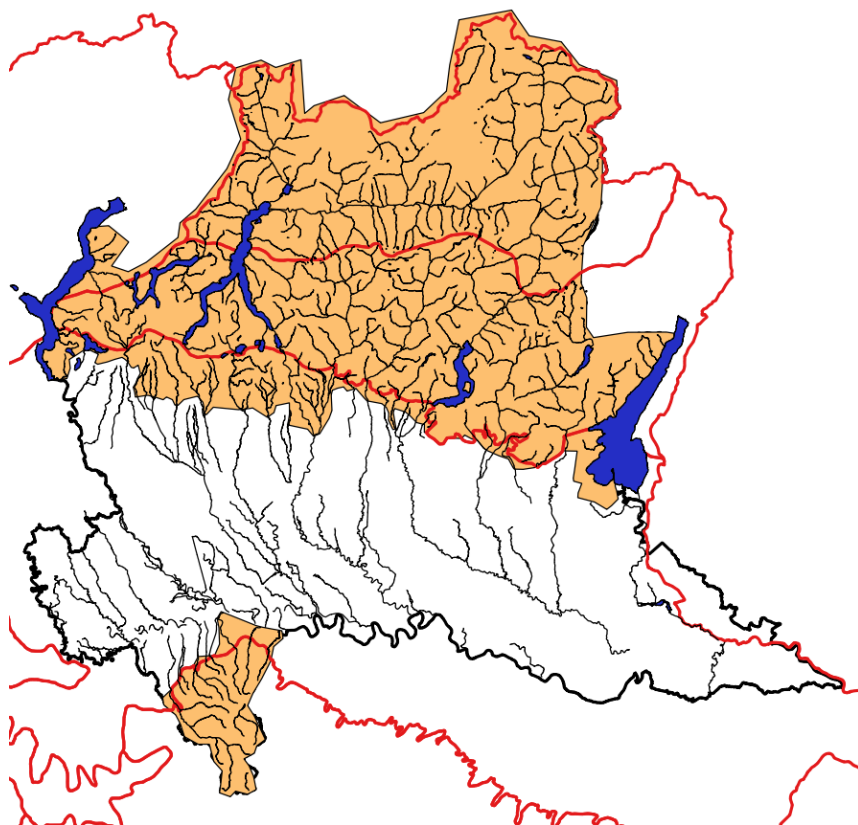
Individuazione delle classi morfologiche

La DGR 2721/2019 ha individuato in via preliminare cinque diverse classi morfologiche, a cui associare valori di M in intervalli differenziati:

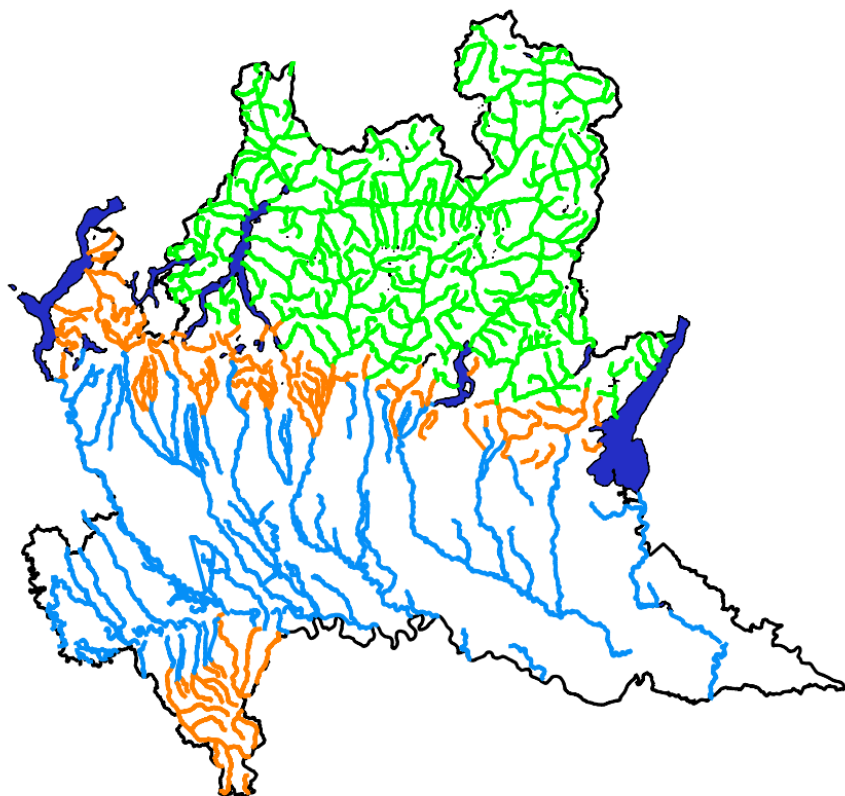
- classe morfologica 1: reticolo "di versante" in ambiente montano alpino;
- classe morfologica 2: reticolo "di fondovalle" in ambiente montano alpino;
- classe morfologica 3: reticolo "di versante" in ambiente montano appenninico, pedemontano alpino o collinare;
- classe morfologica 4: reticolo "di fondovalle" in ambiente montano appenninico, pedemontano alpino o collinare;
- classe morfologica 5: reticolo di pianura.

Sulla base di questo, si è proceduto ad una prima suddivisione estensiva dei corpi idrici (CI), con assegnazione degli stessi agli ambiti "montani", "pedemontani e collinari" e di "pianura", elaborando diversi strati informativi. Per ogni corpo idrico è stata individuata la percentuale di asta fluviale collocata ad una quota superiore ai 600 m slm, soglia per la distinzione tra ambiente montano e pedemontano. Il dato è stato calcolato intersecando la mappa dei corpi idrici naturali tipizzati (utilizzata per le elaborazioni del PTUA) con il DTM, e calcolando le percentuali di copertura nei casi in cui i CI fossero solo in parte sopra i 600 m slm.

Questa suddivisione, utile per una prima individuazione dell'ambiente "montano", è stata successivamente interpolata con la mappa delle Idro-Ecoregioni (HER) utilizzate per la determinazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) nell'ambito della classificazione dello Stato Ecologico dei corpi idrici. Le HER, infatti, incorporano una serie di informazioni biogeografiche e rappresentano aree caratterizzate al loro interno da una limitata variabilità per le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dei corsi d'acqua. Nella loro individuazione sono già, intrinsecamente, considerati due fattori sovrapposti: il gradiente monte-valle e l'eterogeneità regionale. La classificazione basata sulle HER è stata successivamente affinata con un'ulteriore intersezione con le zonazioni (pianura e collina-montagna) individuate dal Programma di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA): questo passaggio si è reso necessario, in particolare, per definire in modo più puntuale gli ambiti "pedemontani e collinari", poiché si è ravvisato che il solo uso delle HER comportava talvolta, soprattutto nella fascia pedemontana alpina, un passaggio troppo netto all'ambito di pianura, sottostimando l'estensione del contesto collinare che, invece, presenta corpi idrici con caratteristiche significativamente diverse da quelli più prettamente pianiziali.



Applicazione degli strati informativi per l'individuazione delle classi morfologiche. In rosso i confini delle HER; le aree arancioni sono gli ambiti di montagna e collina individuati dal PGRA.



Suddivisione dei corpi idrici negli ambiti “montano” (verde), “pedemontano e collinare” (arancione) e “planiziale” (blu).

Una volta individuati gli ambiti “montano”, “pedemontano” e “collinare” è stata condotta un’analisi delle pendenze dei corpi idrici, ottenuta mediante interpolazione con il DTM, al fine di definire più compiutamente gli ambiti di “versante” e “fondovalle” che, teoricamente, originano configurazioni morfologiche differenti.

L’assunzione di fondo alla base della suddivisione in classi morfologiche, sebbene non esplicitata nella DDE e nella DGR 2721/2019, è, infatti, che determinate configurazioni morfologiche siano intrinsecamente “meno sensibili” alla riduzione di portata in alveo, in quanto le unità idromorfologiche presenti variano poco in estensione e condizioni al variare della portata. Questa assunzione si può considerare (almeno parzialmente) verificata in tratti fluviali caratterizzati in particolare da cascate, rapide a gradino, o anche alternanze di unità *step-pool*, che tipicamente si trovano solo in tratti a pendenza relativamente elevata. Tale soglia non è rigidamente determinata, ma sulla base delle indicazioni di letteratura (si vedano ad esempio le metodologie IDRAIM e SUM adottate da ISPRA) si è considerato ragionevole assumere che oltre il 10% di pendenza media prevalgano nella maggior parte del tratto tali unità idromorfologiche.

Si è considerato, inoltre, che la distinzione tra “versante” e “fondovalle” non ha una effettiva corrispondenza in termini di reticolo idrografico (ogni corso d’acqua scorre nel proprio fondovalle) e che la distinzione tra contesto alpino e appenninico, in relazione all’assunzione di cui sopra, non giustifica una differenza di approccio nella determinazione del fattore M. È stata quindi abbandonata la differenziazione tra “versante” e “fondovalle” e si è optato per una classificazione dei corpi idrici nelle categorie ad “alta pendenza” e a “bassa pendenza”, utilizzando come soglia una pendenza media del tratto pari al 10%.

Anche per quel che riguarda i corpi idrici di pianura sono state effettuate valutazioni di maggiore dettaglio. Nell’ambito di “pianura”, infatti, è presente una notevole eterogeneità di “tipi fluviali”, che va dai grandi fiumi sublacuali come il Ticino o l’Adda, a rii di dimensioni ridotte, a rogge e canali che, pur tipizzati come “naturali”, afferiscono parzialmente o totalmente al reticolo di bonifica. È stata, dunque, presa in considerazione la particolare sensibilità, in termini di variazione di specifici habitat al variare della portata, delle configurazioni idromorfologiche pluricursali (in particolare, in relazione a quelle adottate dalla metodologia IDRAIM, i tratti a canali intrecciati, *wandering*, sinuosi a barre alternate e anastomizzati). In queste morfologie, infatti, il numero di canali bagnati e le loro caratteristiche possono variare significativamente in funzione della portata, rendendo più probabilmente necessario un maggior deflusso ai fini della conservazione degli habitat rispetto a corsi d’acqua unicursali.

Alla luce delle valutazioni condotte, si è proposta una ridefinizione delle classi morfologiche utilizzate per l’adozione del fattore M:

- Classe morfologica 1: corpi idrici montani ad alta pendenza;
- Classe morfologica 2: corpi idrici montani a bassa pendenza;
- Classe morfologica 3: corpi idrici pedemontani;
- Classe morfologica 4: corpi idrici di pianura unicursali;

- Classe morfologica 5: corpi idrici di pianura pluricursali.

Sono stati, inoltre, individuati due ulteriori gruppi di corpi idrici di pianura (corpi idrici antropizzati di tipo A e di tipo B) per i quali, date le loro caratteristiche idromorfologiche alterate o, comunque, profondamente compenstrate ai reticoli irrigui e di bonifica, il fattore M risulta non applicabile. Per una trattazione più approfondita di questi corpi idrici si rimanda al capitolo 4.

Attribuzione dei valori del Fattore Correttivo M

Data l'estrema variabilità degli habitat fluviali si è deciso di ridurre l'intervallo numerico di applicazione del fattore M per evitare oscillazioni troppo consistenti che, con un approccio su base regionalizzata, potrebbero comportare variazioni nell'applicazione del Deflusso Ecologico non sufficientemente correlabili alle specifiche necessità di ciascun assetto idromorfologico. Si propone, pertanto, di adottare i valori più estremi dell'intervallo di applicazione solo sulla base di evidenze locali e studi sito-specifici riguardanti la struttura degli habitat di ciascun corpo idrico, o in seguito alle consultazioni con i portatori di interesse al fine di meglio caratterizzare peculiarità morfologiche locali.

I valori da attribuire alle diverse classi morfologiche sono:

- Classe morfologica 1: corpi idrici montani ad alta pendenza: $M=0,9$
- Classe morfologica 2: corpi idrici montani a bassa pendenza: $M=1$
- Classe morfologica 3: corpi idrici pedemontani: $M=1$
- Classe morfologica 4: corpi idrici di pianura unicursali: $M=1,1$
- Classe morfologica 5: corpi idrici di pianura pluricursali: $M=1,2$

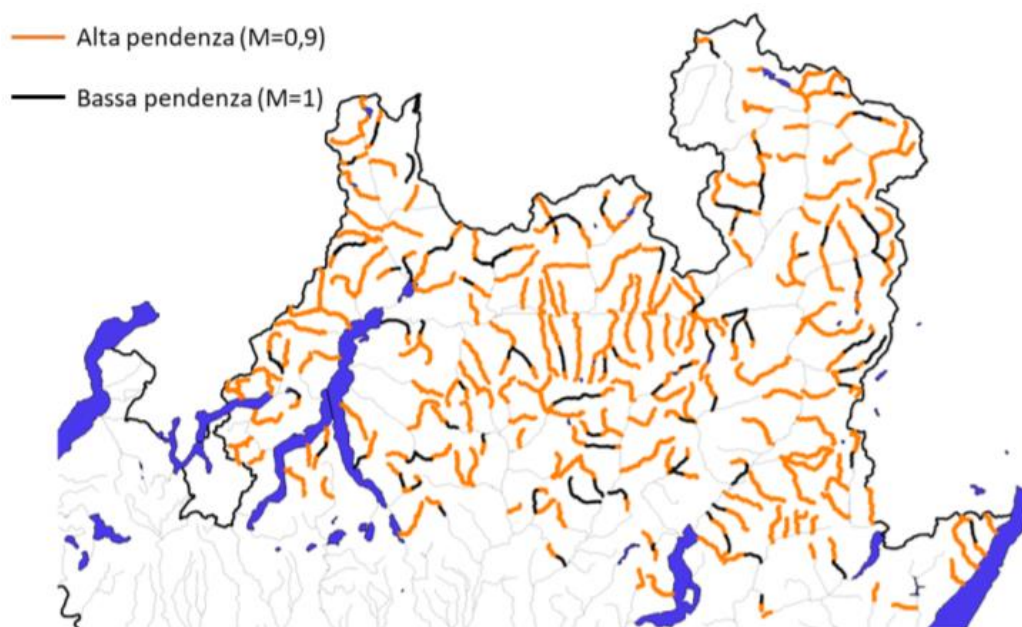
Affinamento dei valori del Fattore Correttivo M – Suddivisione dei Corpi Idrici in sottotratti

I Corpi Idrici (CI) montani e pedemontani sono stati oggetto di un'ulteriore elaborazione, al fine di valutare la possibilità di individuare i tratti ad "alta pendenza" e "bassa pendenza" ad una scala inferiore a quella del Corpo Idrico. Si è constatato, infatti, come spesso tali corsi d'acqua presentino lunghi sottotratti in cui la pendenza può essere notevolmente diversa: ciò ha un'influenza diretta sulla tipologia di mesohabitat rinvenibile in alveo e, dunque, sul valore del Fattore Correttivo M da applicare.

L'individuazione dei tratti è avvenuta suddividendo i Corpi Idrici in segmenti da 100, 250, 500 e 1000 m, e calcolando la pendenza media per ciascun segmento. La segmentazione da 250 m è risultata quella con il migliore potere di risoluzione nell'individuazione, a scala più ampia, di tratti omogenei per tipologia di pendenze, ed è stata adottata, di concerto con ARPA Lombardia (che è stata coinvolta nella valutazione delle elaborazioni) per le ulteriori analisi.

Si è proceduto, quindi, alla verifica delle porzioni di Corpo Idrico a bassa (< 10%) e ad alta pendenza (>10%), anche confrontandole con la cartografia di base (hillshade, curve di livello, ortofoto). Su ciascun Corpo Idrico sono stati individuati gli addensamenti significativi di segmenti da 250 m a bassa e ad alta pendenza, selezionando i tratti con lunghezza

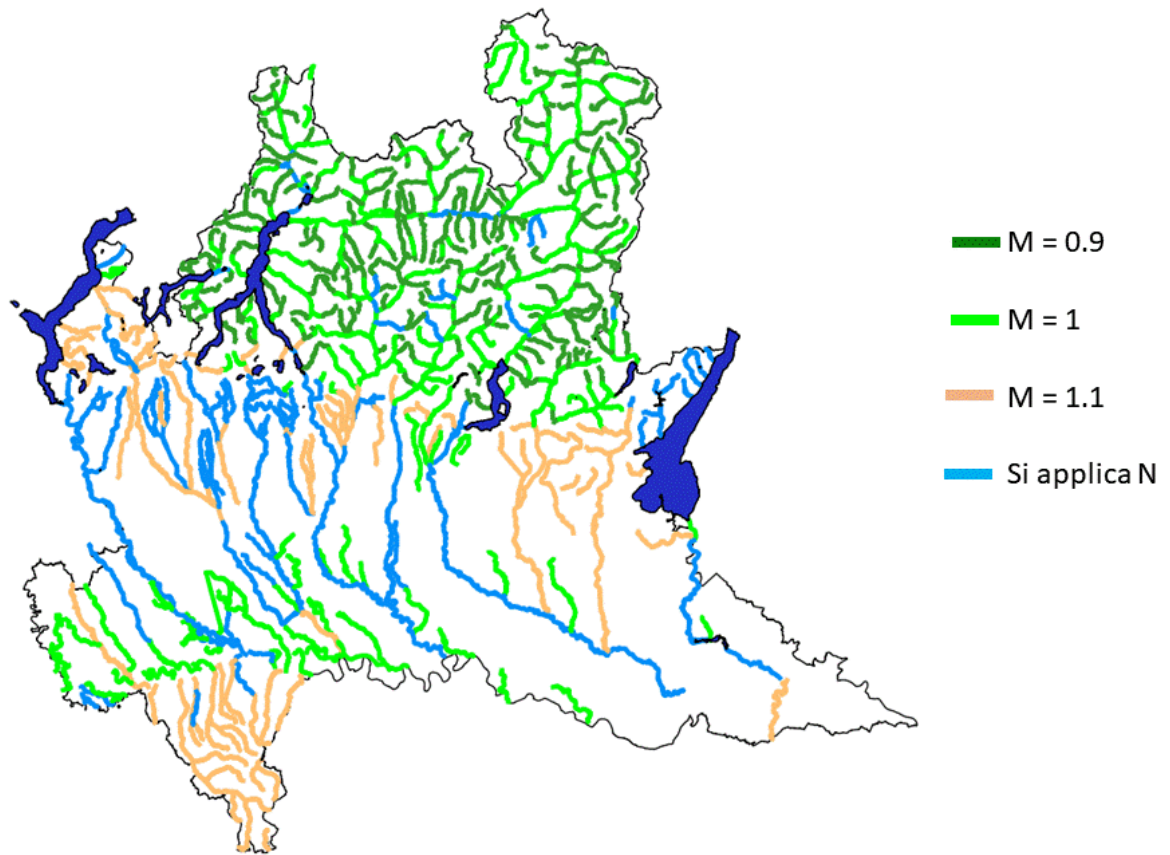
superiore a 1/3 della lunghezza totale del Corpo Idrico. I Corpi Idrici montani che presentavano queste caratteristiche sono stati quindi suddivisi in sottotratti (fino a un massimo di 3-4 per Corpo Idrico) a cui sono stati assegnati valori differenziali del Fattore Correttivo M.



Frazionamento dei Corpi Idrici “di versante” in classi morfologiche diverse, ambito alpino.

Affinamento dei valori del Fattore Correttivo M – Adozione del Fattore Correttivo N in alternativa a M

Per i corsi d'acqua in cui è applicato il Fattore Correttivo N “ittologico” (ossia $N > 1,1$) si è deciso di non applicare M, in quanto la metodologia per la determinazione del fattore correttivo “naturalistico” si basa, tra le altre cose, su di una modellizzazione di *habitat suitability* (idoneità degli habitat – cfr. capitolo 3.3) che incorpora i dati morfologici disponibili per ciascun Corpo Idrico, individuati sulla base delle informazioni prodotte dall'applicazione sul campo dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM). Ne consegue che l'applicazione del fattore N si basa anche su valutazioni dettagliate relative alla distribuzione del flusso ai fini della conservazione degli habitat e, in questo senso, l'applicazione contestuale del fattore M risulterebbe ridondante. Occorre notare come i tratti dei Corpi Idrici di pianura caratterizzati da maggior complessità morfologica (pluricursali, classe morfologica 5 con $M=1,2$) siano tutti ricompresi in aree protette e/o Rete Natura 2000. Per tali corpi idrici vige l'applicazione di N.



Applicazione del Fattore Correttivo M nel reticolo idrografico regionale, cartografia di sintesi.

3.2. Fattore A

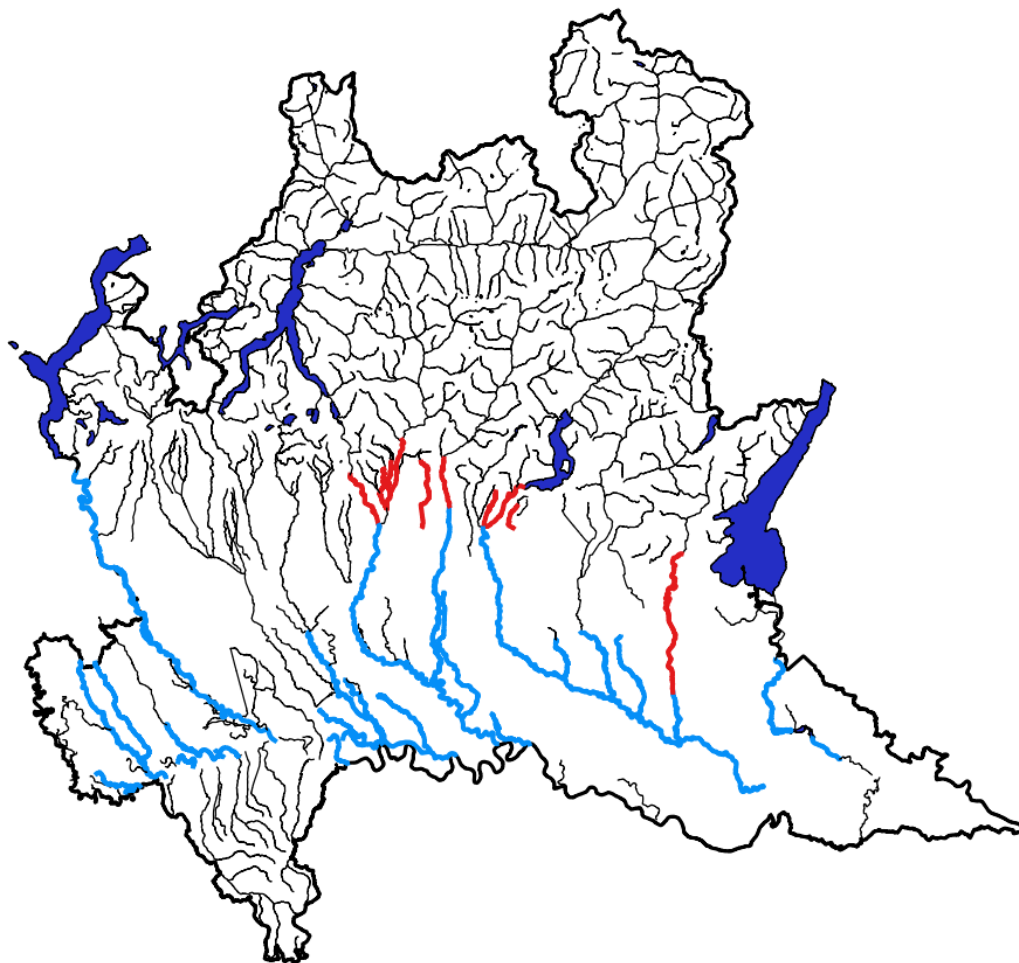
Il Fattore Correttivo A tiene conto delle interazioni tra acque superficiali e acque sotterranee e descrive le esigenze di maggiore o minore rilascio dovute al contributo delle falde sotterranee nella formazione del Deflusso Ecologico.

Selezione dei corpi idrici con contributo di falda significativo

Come enunciato nella DGR 2721/2019, in prima battuta si sono considerati potenzialmente interessati dall'applicazione del fattore A i corpi idrici per i quali è stato individuato un naturale interscambio con la falda nel Bilancio Idrico regionale (DGR 2122/2019 e 2583/2019).

Per quantificare la reale entità dell'interscambio, che è intrinsecamente influenzato dall'effettiva portata del corpo idrico superficiale, si sono utilizzate le “portate antropizzate” dei Corpi Idrici, un dato disponibile nel BIR, al fine di individuare valori di A rispondenti all'attuale rapporto fiume/falda. Le “portate antropizzate”, infatti, sono i deflussi medi transitanti nei diversi Corpi Idrici non epurati delle attività umane (derivazioni, scarichi, etc.), e consentono di valutare il rapporto fiume/falda nelle condizioni più prossime alla situazione reale.

Nella versione più aggiornata del BIR, nell'ambito del modello relativo alle “portate antropizzate” presentano un rapporto con la falda 55 Corpi Idrici, nei quali in 10 casi si assiste ad un drenaggio di acqua dal fiume ($A > 1$), mentre in 45 casi la falda alimenta il fiume ($A < 1$). In generale, è possibile individuare un andamento omogeneo sul territorio regionale: la falda tende a drenare acqua dai corpi idrici superficiali nella zona dell'alta pianura, per poi alimentarli più a valle, nella zona della bassa pianura e oltre quella che può essere definita come la “linea dei fontanili”.



Corpi idrici interessati dall'interscambio fiume/falda nel modello relativo alle “portate antropizzate” del BIR: nei tratti in rosso, la falda drena il fiume; nei tratti in azzurro, la falda alimenta il fiume.

Normalizzazione delle portate di interscambio fiume/falda e definizione dei “casi di riferimento”

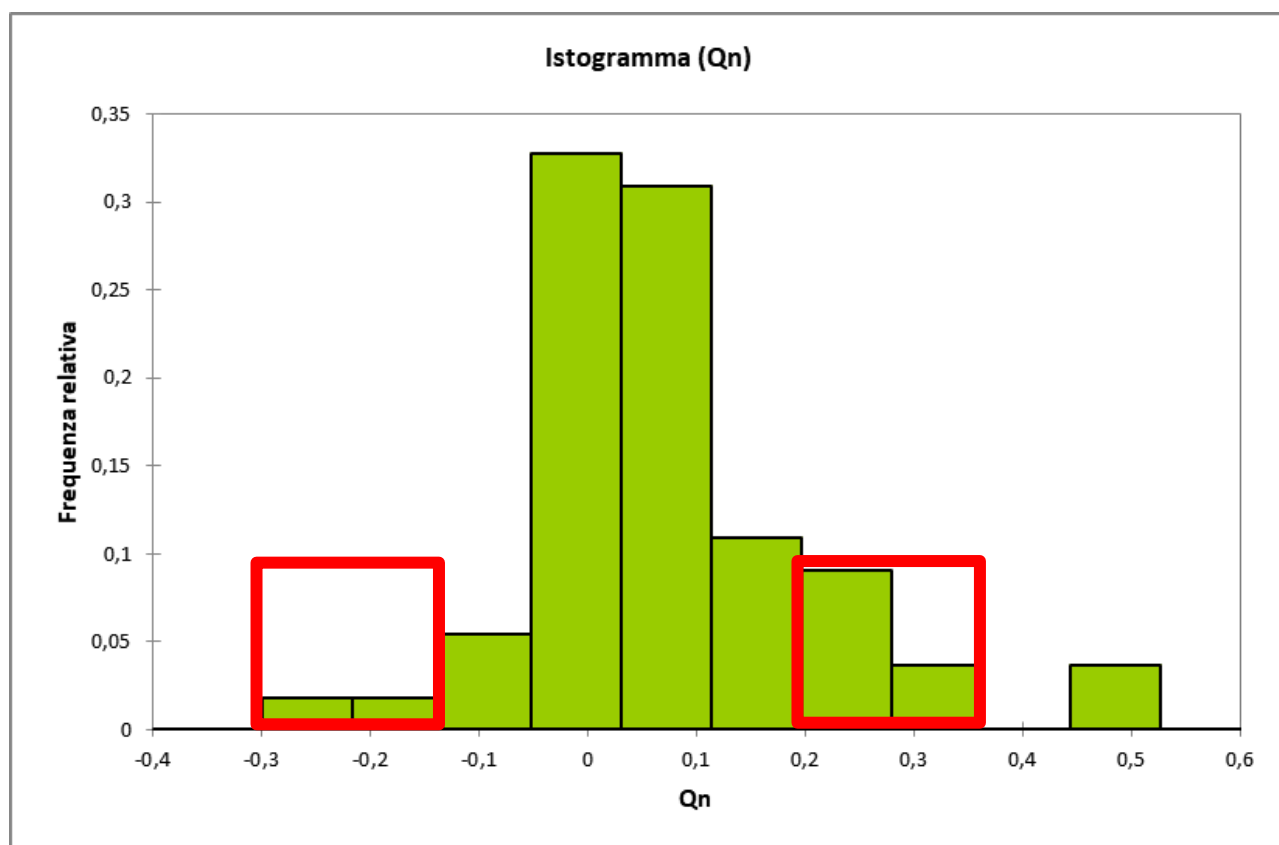
Individuati i Corpi Idrici interessati dal rapporto fiume/falda, ogni ulteriore analisi è stata condotta dopo un processo di normalizzazione dei valori. Nel BIR l'interscambio fiume/falda è indicato come un deflusso (m^3/s) il quale, però, è intrinsecamente influenzato dalle dimensioni del corpo idrico superficiale e, dunque, dalla portata transitante. Per l'applicazione del Fattore Correttivo A occorre trasformare il deflusso in una variabile adimensionale, ossia il rapporto tra portata di interscambio fiume/falda e portata transitante nel Corpo Idrico. Tale operazione restituisce un valore che è l'aliquota di interscambio rispetto al totale del deflusso, definibile come Q_n (Q di interscambio normalizzata).

Elenco dei Corpi Idrici con interscambio fiume/falda, e relativi valori di Qn. Sono evidenziati i due Corpi Idrici del fiume Serio assunti come “caso di riferimento”.

Corpo Idrico	Codice	Qantropizzata	Q interscambio	Qn
Adda (Fiume)	IT03N00800110LO	34,38	-9,32	-0,27
Chiese (Fiume)	IT03N00806000415LO	19,02	-3,02	-0,16
Serio (Fiume)	IT03N0080010235LO	12,84	-1,67	-0,13
Oglio (Fiume)	IT03N0080605LO	42,88	-4,37	-0,10
Brembo (Fiume)	IT03N0080010064LO	29,68	-2,97	-0,10
Morla (Torrente)	IT03N0080010232501012LO	0,26	-0,01	-0,04
Dordo (Torrente)	IT03N008001006422LO	0,73	-0,02	-0,03
Rillo (Torrente)	IT03N008060003A1LO	0,6	-0,01	-0,02
Miola (Rio)	IT03N008060006B3LO	0,65	-0,01	-0,02
Lesina (Torrente)	IT03N00800100623A2LO	0,68	-0,01	-0,01
Agognetta Ponteverde (Roggia)	IT03N0083581LO	2,12	0,01	0,00
Serio Morto (Colatore)	IT03N0080010761LO	3,65	0,02	0,01
Mortizza (Rio) - Ancona (Colatore)	IT03N0082501LO	14,32	0,09	0,01
Brembiolo (Colatore)	IT03N0082500031LO	1,33	0,01	0,01
Sillaro (Torrente)	IT03N0080440451LO	4,91	0,04	0,01
Strone (Fiume)	IT03N0080600161LO	1,07	0,01	0,01
Morabiano (Canale) - Po Morto Lomellino	IT03N0081221IR	0,88	0,01	0,01
Lanca del Molino - Ravasino (Roggia)	IT03N0083601LO	0,73	0,01	0,01
Serio Morto	IT03N0080010762LO	11,17	0,17	0,02
Brembiolo (Colatore)	IT03N0082500032LO	1,24	0,02	0,02
Lambro (Fiume)	IT03N0080446LO	31,61	0,57	0,02
Di Valle (Roggia) - Breme (Canale)	IT03N0083531IR	1,06	0,02	0,02
Ticino (Fiume)	IT03N0080986LO	296,12	6,8	0,02
Olonetta di Zerbo (Colatore)	IT03N0083011IR	0,63	0,02	0,03
Scavizzolo (Canale)	IT03N0080982771LO	0,31	0,01	0,03
Seriola Gambarà (Vaso)	IT03N0080600891LO	2,02	0,07	0,03
Ticino (Fiume)	ITIRN0080982IR	152,05	5,34	0,04
Oglio (Fiume)	IT03N0080607LO	57,47	2,1	0,04
Riglio (Roggia)	IT03N0083311LO	0,25	0,01	0,04
Reale (Colatore) - Divisa (Colatore)	IT03N0082821LO	1,51	0,07	0,05
Adda (Fiume)	IT03N00800112LO	126,98	5,99	0,05
Riadino (Canale)	IT03N0083591IR	3,65	0,19	0,05
Ticino (Fiume)	ITIRN0080983IR	191,16	10,36	0,05
Nerone Gariga (Colatore)	IT03N0082822001LO	0,55	0,03	0,05
Oglio (Fiume)	IT03N0080609LO	133,43	7,33	0,05
Serio (Fiume)	IT03N0080010236LO	17,37	1,35	0,08
Strone (Fiume)	IT03N0080600162LO	0,41	0,04	0,10
Adda (Fiume)	IT03N00800111LO	180,4	17,87	0,10
Adda (Fiume)	IT03N00800113LO	195,55	20,99	0,11
Serio (Fiume)	IT03N0080010238LO	30,61	3,45	0,11
Chiese (Fiume)	IT03N00806000416LO	22,39	2,88	0,13
Ticino (Fiume)	IT03N0080985LO	283,22	42,4	0,15
Ticino (Fiume)	ITIRN0080984IR	247,12	37,68	0,15
Oglio (Fiume)	IT03N0080606LO	50,31	9,3	0,18
Di Sommo (Roggiolo)	IT03N0083571LO	0,8	0,15	0,19
Serio (Fiume)	IT03N0080010237LO	21,58	4,22	0,20

Corpo Idrico	Codice	Qantropizzata	Q interscambio	Qn
Lambro (Fiume)	IT03N0080447LO	69,56	14,4	0,21
Oglio (Fiume)	IT03N0080608LO	102,19	22	0,22
Terdoppio (Torrente)	IT03N0080962LO	12,25	2,66	0,22
Mincio (Fiume)	IT03N0080565LO	19,19	4,34	0,23
Mella (Fiume)	IT03N0080600085LO	18,87	4,91	0,26
Mincio (Fiume)	IT03N0080564LO	10,54	3,72	0,35
Agogna (Torrente)	IT03N0080036LO	25,76	9,24	0,36
Erbognone (Scaricatore)	IT03N0080030022LO	0,86	0,44	0,51
Mincio (Fiume)	IT03N0080566LO	37,71	19,47	0,52

Successivamente è stata analizzata la frequenza dei valori di Qn del set di dati analizzati. Ne è risultata, come atteso, una distribuzione unimodale ad eccezione di alcuni *outlier*. La metodologia della DGR 2721/2019 prevede di individuare, come estremi dell'intervallo di applicazione del Fattore Correttivo A, due valori di Qn ("casi di riferimento") riconducibili a situazioni note e documentate. Allo stesso tempo, è auspicabile che i "casi di riferimento" si collochino ai limiti inferiore e superiore della moda che incorpora la maggior parte dei valori di Qn.



Istogramma di frequenza dei valori di Qn dei corpi idrici con $Qn \neq 0$. Sono evidenziati i limiti inferiore e superiore della distribuzione unimodale.

Il "caso di riferimento" individuato è il fiume Serio, che presenta significative interazioni fiume-falda, rappresentative anche del comportamento in tal senso degli altri fiumi planiziali

di medie e grandi dimensioni. Il fiume Serio è stato oggetto di numerosi studi e di una sperimentazione relativa ai deflussi che ha coinvolto Regione Lombardia, Provincia di Bergamo, ARPA Lombardia, l'Università degli Studi di Milano-Bicocca e vari derivatori, permettendo di acquisire una base conoscitiva piuttosto estesa relativa all'interscambio fiume/falda nell'ambito di pianura, che è stato evidenziato come significativo nella documentazione prodotta e coerente con le elaborazioni del BIR. In particolare, nell'alta pianura bergamasca (corpo idrico IT03N0080010235LO) si osserva una consistente perdita di deflusso dall'alveo verso il sottosuolo, mentre nella pianura cremasca (corpo idrico IT03N0080010237LO) il fiume drena la falda. L'andamento del rapporto fiume/falda nei due corpi idrici summenzionati si colloca agli estremi della distribuzione modale dei rapporti fiume/falda individuati dal BIR, senza configurarsi come *outlier* (i già citati casi particolari) della distribuzione stessa.

Attribuzione dei valori del Fattore Correttivo A

I successivi test di applicazione di A hanno messo in luce come il fattore correttivo, considerando un intervallo compreso tra 0,5 e 1,5, risulti avere un peso sproporzionato² rispetto agli altri fattori, con la conseguenza di condurre a repentini e poco giustificabili cambi nei valori della Componente Ambientale del DE, in particolare lungo le successioni di corpi idrici (tratti) dei medi e grandi fiumi planiziali. Si è, quindi, ipotizzato di:

1. Ridurre l'intervallo numerico di applicazione del fattore.
2. Rimodulare l'intervallo numerico secondo la formula $1/n < A < n$, che riequilibra il potere moltiplicatore del fattore nelle due direzioni.
3. Armonizzare il valore di A lungo le principali aste fluviali planiziali, limitando gli scostamenti eccessivi tra Corpi Idrici successivi e definendo un gradiente progressivo.

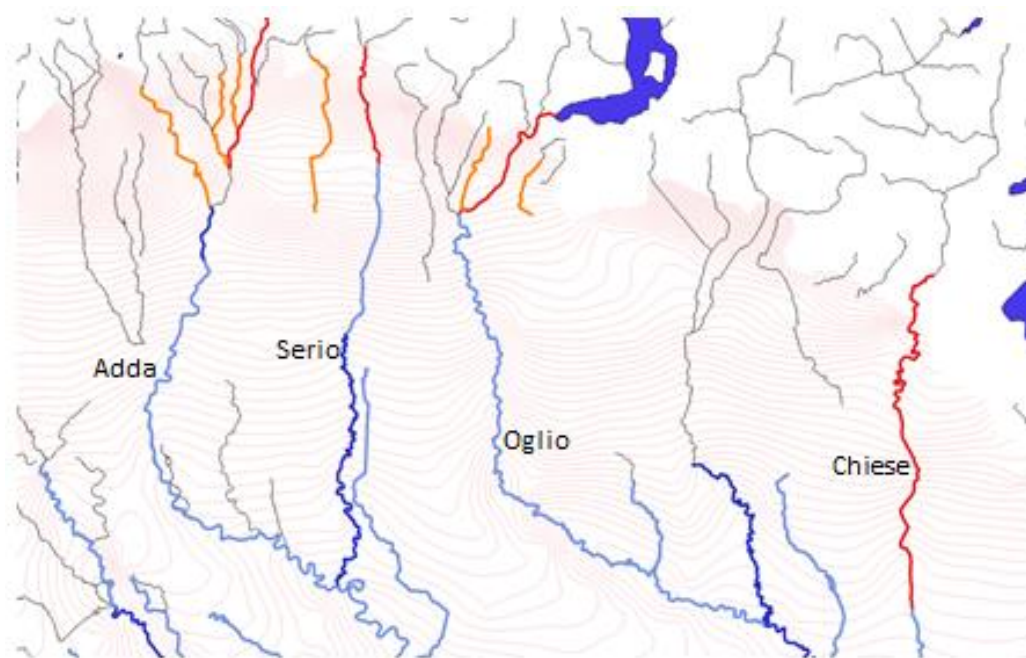
Sulla base di queste considerazioni, e in particolare di quelle di cui ai punti 1 e 2, è stato deciso di ricomprendere l'intervallo di azione di A basato sul naturale interscambio con la falda individuato dal BIR con la formulazione $3/4 < A < 4/3$, ossia nell'intervallo numerico compreso tra 0,75 e 1,35. Gli altri valori dell'intervallo originario sono, comunque, stati utilizzati per l'applicazione di A in situazioni sito specifiche, sulla base delle evidenze locali.

Applicazione del metodo ad eventuali tratti di lunghezza inferiore al corpo idrico

Con il supporto tecnico-scientifico di ARPA Lombardia si è proceduto all'individuazione delle sezioni esatte in cui si inverte il rapporto tra fiume e falda lungo le principali aste fluviali, analizzando l'andamento delle piezometrie e vagliando i riscontri sul campo dati dalla pluriennale attività di monitoraggio di ARPA.

² Si noti, inoltre, come un fattore moltiplicativo pari a 0,5, ossia 1/2, per questioni aritmetiche elida un eventuale valore dividendolo per 2 e non per 1,5: $2 \times 0,5 = 1$. L'intervallo di applicazione originario, quindi, assegna anche un ulteriore peso sproporzionato ai valori inferiori a 1.

I Corpi Idrici in cui sono suddivisi i principali fiumi di pianura, infatti, sono in taluni casi molto lunghi. Ciò significa che i dati relativi all'interscambio fiume/falda, quantificati dal BIR nei punti collocati in chiusura di sottobacino per ciascun Corpo Idrico, descrivono l'andamento medio di tale interscambio all'interno dell'intero sottobacino, ma non individuano il punto esatto in cui, talvolta, il rapporto si inverte. Si corre quindi il rischio di assegnare, ad esempio, un Fattore Correttivo A inferiore a 1 al Deflusso Ecologico di una derivazione posizionata in un punto in cui la falda drena ancora il fiume solo perché il bilancio complessivo dell'interscambio fiume/falda è positivo in chiusura di sottobacino. A tutela dell'habitat fluviale è dunque importante suddividere i Corpi Idrici secondo il loro reale rapporto con la falda anche a livello di sottotratti.

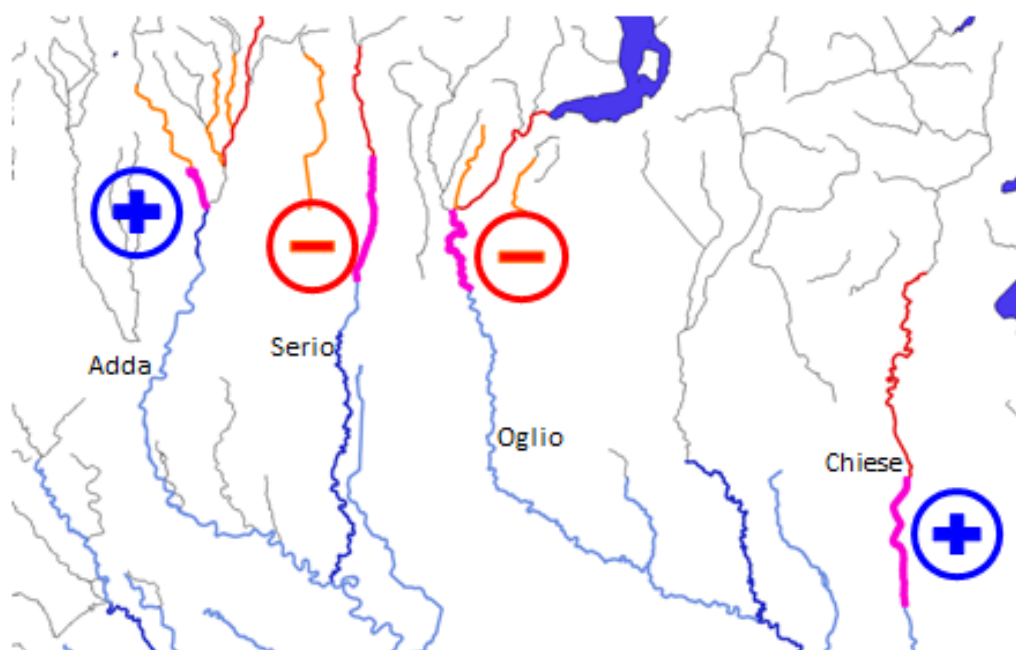


Andamento delle linee isopieziche lungo le principali aste fluviali della Lombardia centrale. L'andamento non corrisponde del tutto al rapporto fiume/falda descritto in chiusura dei diversi Corpi Idrici.

Le analisi condotte hanno definito alcuni nuovi punti di inversione del rapporto fiume/falda per quattro aste fluviali: Adda, Serio, Oglio, Chiese. Il punto di inversione del rapporto, in particolare, è stato spostato verso valle per i fiumi Serio e Oglio (individuando dei tratti più lunghi in cui la falda drena il fiume), mentre è stato spostato verso monte lungo i fiumi Adda e Chiese, laddove la falda inizia prima ad alimentare il fiume.

Si ricorda, inoltre, che per il Fattore Correttivo A la DGR 2721/2019 prevede il rispetto del "criterio di continuità", ossia il mantenimento del Deflusso Ecologico nell'intero tratto sotteso alle derivazioni, anche qualora esso si componga di più di un Corpo Idrico (o sottotratto). L'applicazione del "criterio di continuità" acquista una notevole importanza negli ambiti sopra descritti (grandi e medi fiumi planiziali), dove si possono osservare variazioni anche notevoli nel rapporto fiume/falda e dove, dunque, occorre sempre un'analisi puntuale del mutare

delle condizioni idrologiche lungo l'asta fluviale. Per una disamina più generale ed approfondita del "criterio di continuità" si rimanda al capitolo 5.

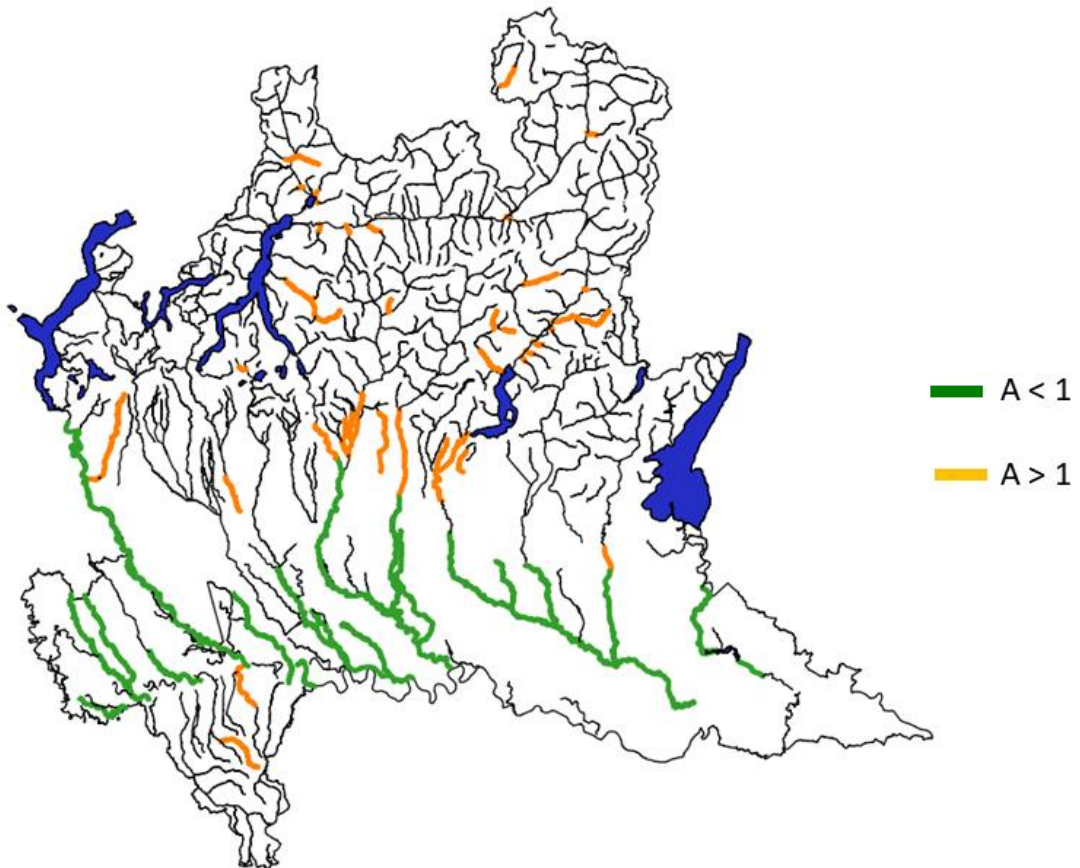


Tratti interessati (in fucsia) dall'inversione del rapporto fiume/falda rispetto al punto di chiusura del Corpo Idrico di appartenenza. Il segno + indica un nuovo tratto in cui le evidenze suggeriscono che la falda alimenta il fiume ($A < 1$). Il segno - indica un nuovo tratto in cui la falda drena il fiume ($A > 1$).

Cernita delle evidenze locali

Sono state vagliate le segnalazioni pervenute in seguito ad apposite campagne di raccolta di informazioni dagli uffici acque degli UTR, dai consorzi di bonifica, da associazioni e da altri portatori di interesse presenti sul territorio. Le segnalazioni hanno riguardato per lo più fenomeni di asciutta o scomparsa parziale del deflusso verso il subalveo, in contesti sia montani che di pianura. Sono stati assegnati valori di $A \neq 1$ in funzione delle situazioni segnalate e, in particolare, è stato assegnato $A = 1,5$ per le segnalazioni riguardanti tratti fluviali in cui si presentano con regolarità episodi di asciutta, secondo le indicazioni riportate nello step 5 della metodologia approvata con DGR 2721/2019, che individuava classi discretizzate di valori del fattore A (0,5 – 0,8 – 1,2 – 1,5) a seconda dell'entità del contributo di falda o dispersione segnalato. Le segnalazioni hanno riguardato sia Corpi Idrici di pianura che alcune situazioni nell'area alpina dove la diminuzione del deflusso è per lo più ascrivibile alla tipologia dei substrati in alveo, e sono state ulteriormente integrate a seguito delle osservazioni pervenute nel corso della consultazione pubblica.

Le segnalazioni di evidenze locali, quando presenti, sono anche state utilizzate nel processo di armonizzazione del valore di A lungo le sequenze di Corpi Idrici afferenti alle principali aste fluviali di pianura.



Resa complessiva dell'attribuzione di Applicazione del Fattore Correttivo A sia con i dati derivanti da BIR che di evidenza locale.

3.3. Fattore N

Il fattore N esprime le esigenze di maggior tutela per ambienti fluviali con elevato grado di naturalità. Sono interessati i corpi idrici che ricadono parzialmente o totalmente in aree protette: Parchi nazionali e regionali, Riserve naturali, e Siti della Rete Natura 2000.

Il Fattore Correttivo N è stato definito in una forma duplice. Da un lato, infatti, viene applicata a scala regionale la metodologia prevista dalla DGR 2721/2019, sviluppata nell'ambito del progetto LIFE IP GESTIRE 2020 (LIFE14 IPE IT 018), che interpola valutazioni idromorfologiche ed ecologiche per definire il fabbisogno, in termini di deflusso, di specie animali di interesse conservazionistico (specie ittiche e specie acquatiche invertebrate inserite nell'allegato II della Direttiva Habitat (Direttiva 92/43/CEE). La metodologia relativa alla determinazione del fattore correttivo N è consultabile al sito <https://naturachevale.it/specie-animali/miglioramento-degli-habitat-fluviali-per-specie-acquatiche/>

Dall'altro lato, tuttavia, nel corso delle interazioni con la Direzione Generale Ambiente e Clima di Regione Lombardia è emersa l'esigenza di prevedere una tutela specifica non solo per le specie obiettivo, ma anche per gli habitat di interesse comunitario (ai sensi dell'elenco di cui all'allegato I della già citata Direttiva Habitat) la cui funzionalità ecologica è più strettamente correlabile alla disponibilità di risorsa idrica negli alvei fluviali. Questa seconda metodologia non si applica a priori a scala regionale, ma l'applicazione può essere richiesta dall'Ente Gestore del Sito Rete Natura 2000 interessato.

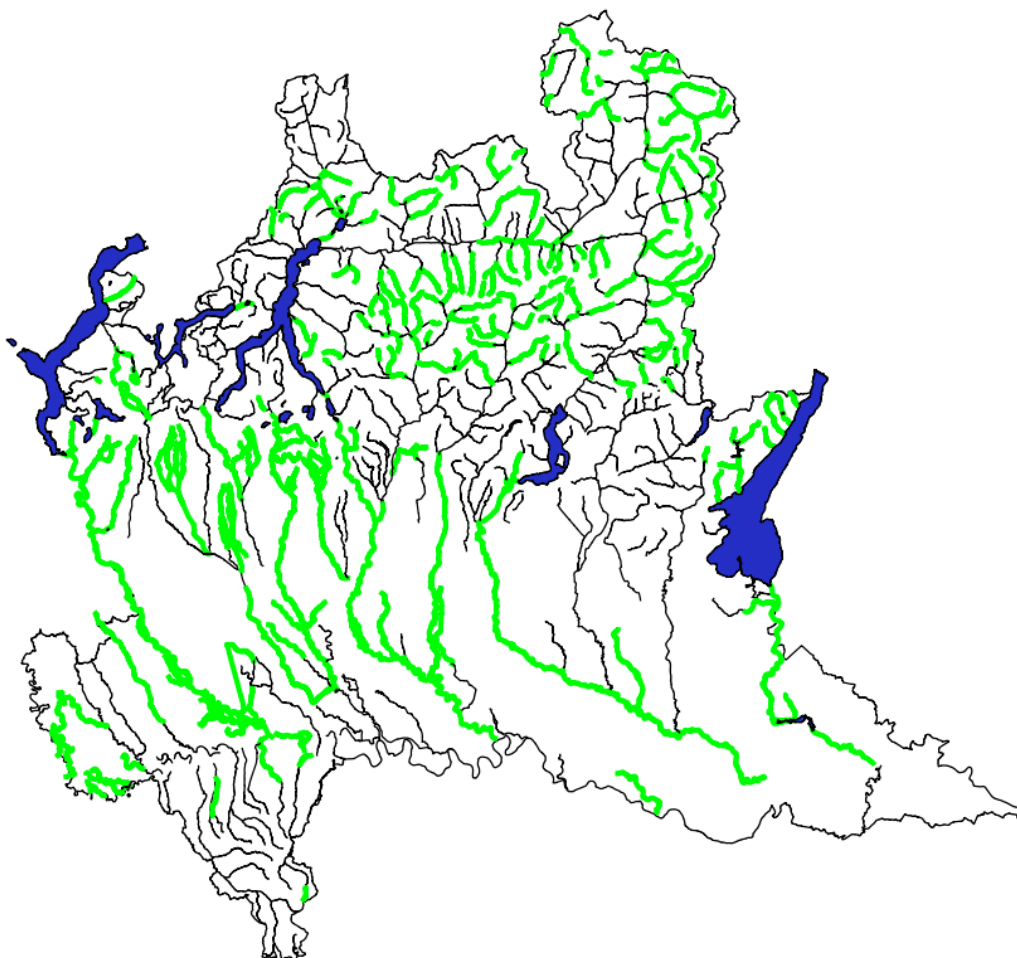
Entrambe le metodologie sono illustrate nei paragrafi successivi.

E' inoltre opportuno ricordare in questa sede che il PTUA contempla la possibilità di superamento, per il Deflusso Ecologico, del limite massimo del 20% della portata media naturale annua in presenza di particolari esigenze legate agli obiettivi specifici delle aree naturali protette nazionali e regionali di cui alla Legge n. 394 del 06.12.1991 e dei Siti appartenenti alla Rete Natura 2000, comprovate da idonei studi recepiti negli appositi piani delle aree naturali, misure di conservazione e piani di gestione dei medesimi Siti. Al verificarsi di tali condizioni sono ammessi, su indicazione dell'Ente Gestore dell'area protetta e/o del Sito Rete Natura 2000, valori del Fattore Correttivo N > 2.

Tutela di specie di interesse conservazionistico

In prima istanza, poiché la DGR 2721/2019 prevede un valore strettamente superiore a 1 del Fattore Correttivo N laddove esso trovi applicazione, e poiché si individua come ambito di applicazione il sistema delle aree protette lombarde (Parchi regionali e nazionali, Riserve naturali) nonché i Siti appartenenti alla Rete Natura 2000, N viene posto pari a 1,1 in tutti i corpi idrici che intersecano anche parzialmente tali aree e nei tratti sottesi ad esse, a fini di garantire la connettività ecologica. Il fattore correttivo N rimane pari a 1 nei tratti di corpo idrico a valle delle aree protette e/o siti Rete Natura 2000 se il corpo idrico risulta

“naturalmente privo di ittiofauna” secondo la zonazione ittica proposta in seguito nel presente capitolo.

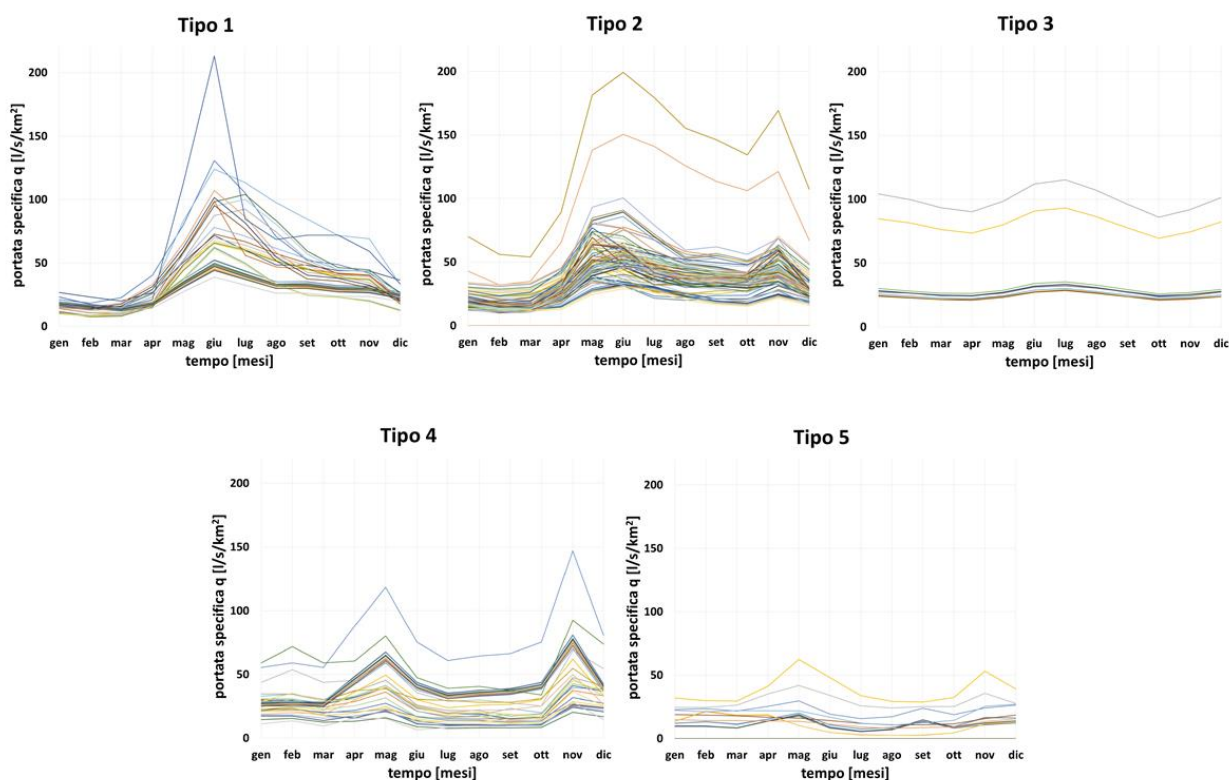


Corpi idrici ricadenti almeno parzialmente nelle aree protette o siti Rete Natura 2000 (in verde), per i quali N è almeno pari a 1,1.

Applicando la metodologia sviluppata nell’ambito del progetto LIFE IP GESTIRE 2020 e schematizzata nella DGR 2721/2019, una volta definito il reticolo idrografico di interesse è stata realizzata una **caratterizzazione del regime idrologico** che contraddistinguesse i differenti corpi idrici. Utilizzando i dati resi disponibili dal Bilancio Idrico Regionale (BIR) sono state ottenute sia le informazioni relative alla portata naturalizzata media mensile ed annuale in chiusura ai corpi idrici identificati dal PTUA 2016 (qui espresse in termini di m^3/s), sia il dato geospaziale relativo all’estensione areale dei medesimi bacini (qui espresso in km^2). La caratterizzazione idrologica è stata eseguita con la finalità di identificare i corsi d’acqua d’interesse che presentano caratteristiche del regime idrologico simili. In particolare, l’analisi si è concentrata sugli andamenti degli idrogrammi medi mensili in termini di stagionalità e intensità delle portate (i) minime (regime di magra) e (ii) massime (portate di piena ordinaria). Al fine di ottenere un miglior raffronto tra gli andamenti degli idrogrammi, l’analisi è stata ricondotta in termini di portata specifica espressa con la lettera q e avente come unità di misura $l\ s^{-1}\ km^{-2}$.

Seguendo la caratterizzazione dei regimi idrologici proposta da Pardé (1955), sono state identificate cinque principali tipologie idrologiche rappresentative del campione di corpi idrici di interesse:

- Regime idrologico Nivo-Glaciale (Tipo 1);
- Regime idrologico Nivo-Pluviale (Tipo 2);
- Regime idrologico Pluviale (Tipo 3);
- Regime idrologico Pluvio-Nivale con piena principale autunnale (Tipo 4);
- Regime idrologico Pluvio-Nivale con piena principale primaverile (Tipo 5).



Rappresentazione grafica delle cinque tipologie di regime idrologico identificate. Il dato è espresso come deflusso medio per unità di superficie ($L/s/km^2$) nei diversi mesi, in chiusura di sottobacino.

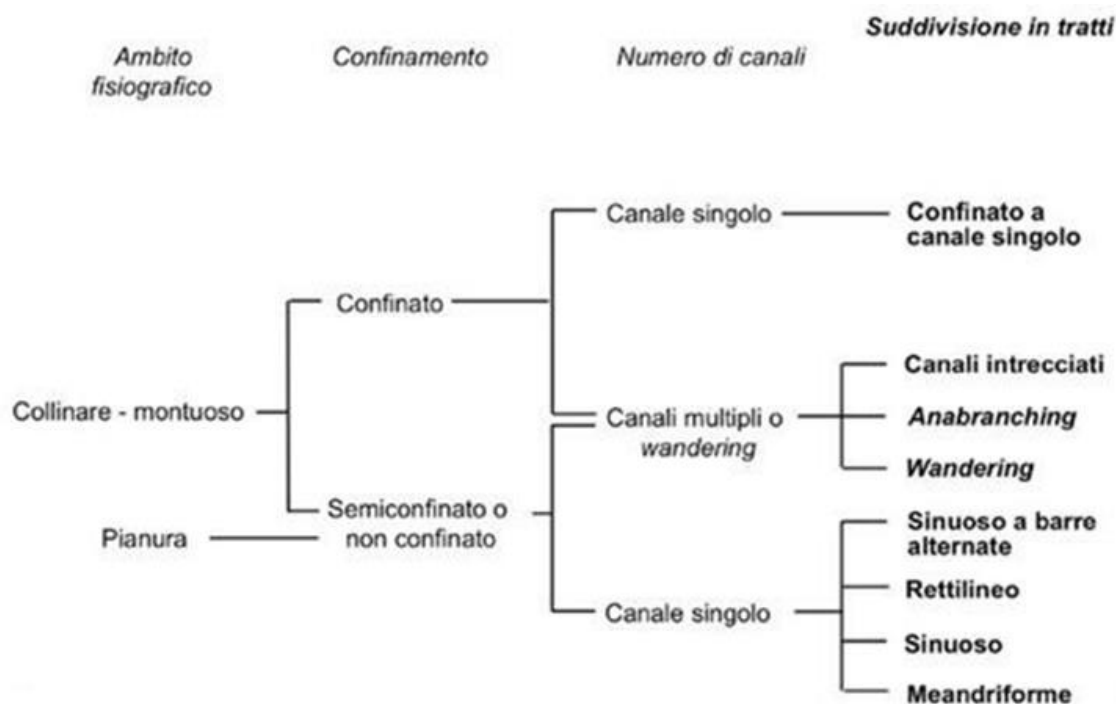
Complessivamente, la tipologia idrologica maggiormente rappresentata risulta quella relativa al Tipo 2, regime idrologico Nivo-Pluviale (52% dei casi). Gli ulteriori regimi idrologici caratterizzano il campione nelle seguenti percentuali: Tipo 1 (16% dei casi), Tipo 3 (5% dei casi), Tipo 4 (19% dei casi) e Tipo 5 (8% dei casi). La collocazione geografica dei diversi tipi idrologici viene illustrata nel capitolo 3.6 (Fattore Correttivo T idrologico), dove tale classificazione è stata estesa all'intero reticolo idrico lombardo introducendo inoltre un sesto tipo idrologico non rappresentato nei corpi idrici collocati all'interno di aree protette o siti Rete Natura 2000.

L'ulteriore caratterizzazione dei corsi d'acqua oggetto di studio si è concentrata sulla **classificazione morfologica** dei tratti fluviali. La metodologia adottata fa riferimento al

sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio sviluppato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), denominato IDRAIM (manuali e linee guida ISPRA 131/2016). Operativamente, è stato seguito l'approccio metodologico definito nell'ambito della Fase 1 della struttura complessiva del sistema IDRAIM, ottenendo un inquadramento morfologico dei corsi d'acqua alla scala spaziale del tratto.

Un tratto fluviale idro-morfologicamente omogeneo è definito da specifiche condizioni al contorno, portate liquide e solide sufficientemente uniformi in modo da determinare particolari processi morfologici. In relazione alla procedura di classificazione morfologica introdotta dal sistema IDRAIM, per definire dal punto di vista morfologico ciascun corso d'acqua appartenente al reticolo fluviale d'interesse, sono state seguite tre fasi procedurali riassunte a continuazione:

- Definizione dell'ambito fisiografico;
- Definizione della classe di confinamento;
- Definizione della morfologia dell'alveo.



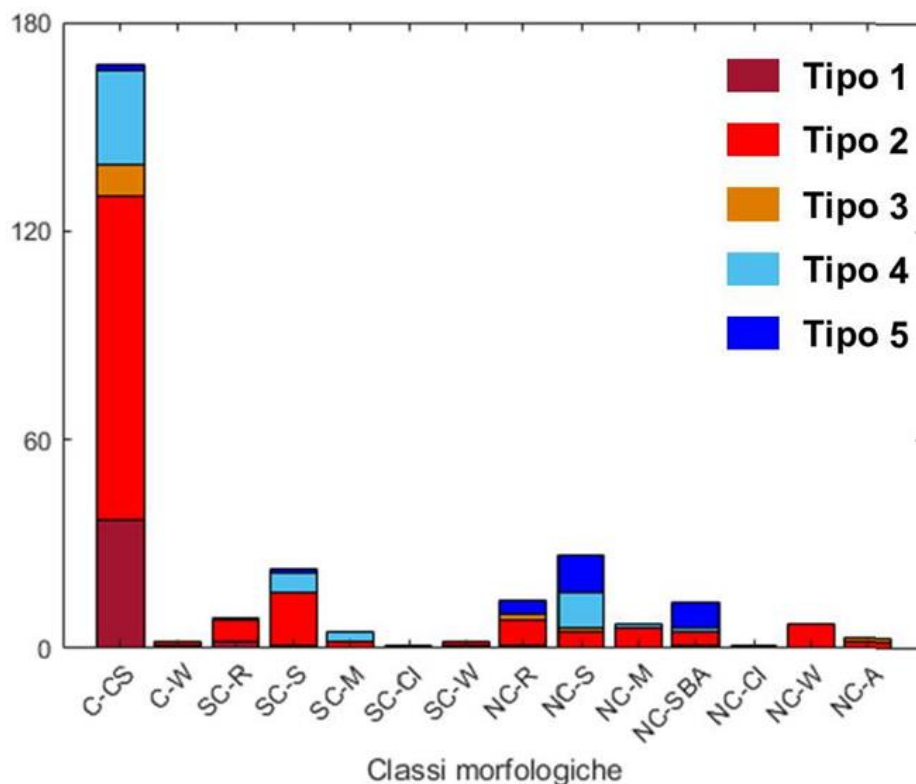
Criteri di classificazione in tratti di tipologia omogenea del sistema IDRAIM in funzione dell'ambito fisiografico, della classe di confinamento e della morfologia dell'alveo.

I dati necessari alla classificazione sono stati desunti dall'applicazione dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM), applicato estensivamente sul reticolo idrico lombardo. Le morfologie più rappresentative in termini percentuali sul totale dei tratti analizzati sono:

- Confinati – Canale Singolo (C-CS) = 56 % del totale;
- Semi-Confinati – Rettilinei (SC-R) = 3 % del totale;
- Semi-Confinati – Sinuosi (SC-S) = 8 % del totale;
- Non-Confinati – Rettilinei (NC-R) = 5 % del totale;
- Non-Confinati – Sinuosi (NC-S) = 11 % del totale;

- Non-Confinati – Meandriiformi (NC-M) = 4 % del totale;
- Non-Confinati – Sinuosi a Barre Alternate (NC-SBA) = 6 % del totale;
- Non-Confinati – Wandering (NC-W) = 4 % del totale;

Per una valutazione complessiva sulla tipologia idro-morfologica dei corpi idrici che caratterizzano il campione oggetto di studio, sono state combinate tra loro le informazioni ottenute dalle due precedenti classificazioni, idrologica e morfologica.



Rappresentazione grafica della numerosità campionaria (asse delle ordinate) dei tratti fluviali suddivisi per classe morfologica (asse delle ascisse) e per tipologia di regime idrologico (Tipo 1-5).
 Sigle utilizzate: C (Confinato); SC (Semiconfinato); NC (Non Confinato); CS (Confinato a Canale Singolo); CI (Canali Intrecciati); A (Anabranching); W (Wandering); SBA (Sinuoso a Barre Alternate); R (Rettilineo); S (Sinuoso); M (Meandriiforme).

Dall'analisi dei risultati è possibile osservare come il regime idrologico Nivo-Pluviale (Tipo 2) si verifichi in una porzione significativa di ogni tipologia morfologica dei tratti analizzati. Contrariamente all'ampia distribuzione areale del regime idrologico di Tipo 2, il regime idrologico di Tipo 1 (regime idrologico nivo-glaciale) viene riscontrato quasi esclusivamente nei tratti confinati a canale singolo (C-CS).

È anche importante far notare come i tratti C-CS, seppur largamente concentrati nell'area montuosa alpina, siano caratterizzati da tutte e cinque le tipologie di regime idrologico individuate. Inoltre, si può osservare dai risultati come una specifica tipologia di regime idrologico non sia correlata ad una specifica tipologia morfologica, segno del fatto che le caratteristiche morfologiche dell'alveo sono frutto di processi geomorfologici che non dipendono solo della componente liquida, ma sono influenzati da diversi altri fattori, tra cui

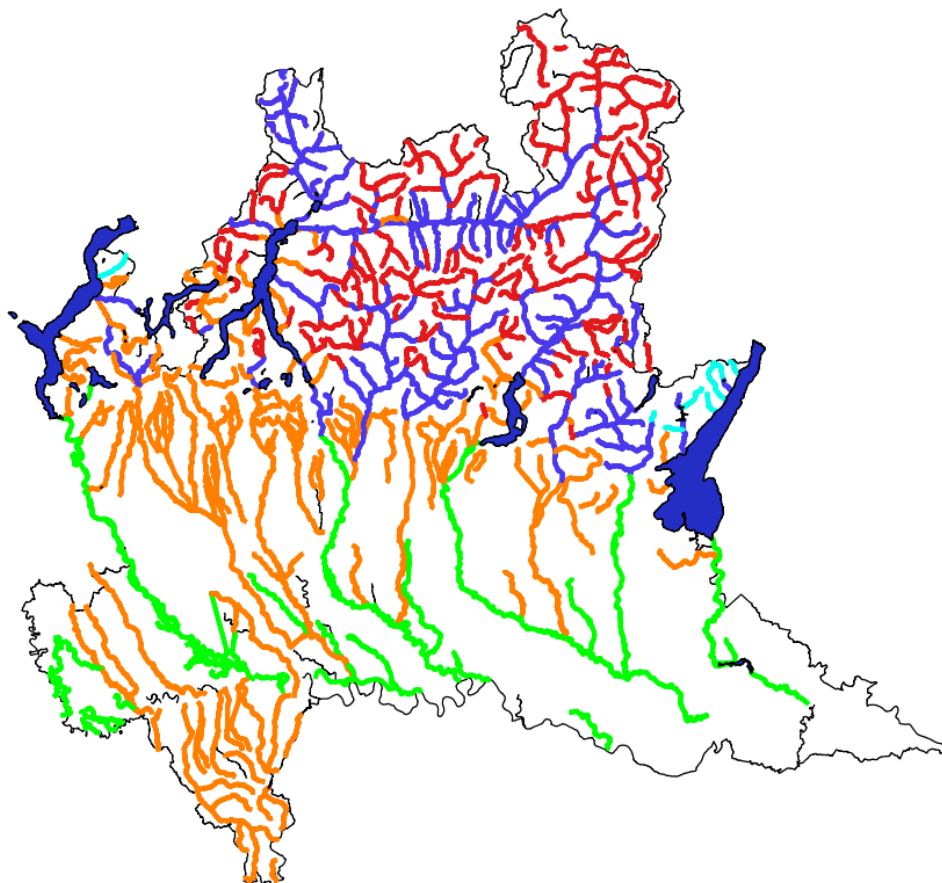
la quantità di materiale solido (sedimenti e legno) disponibile nel bacino e movimentato dalla corrente durante gli eventi di piena.

La suddivisione dei corsi d'acqua di interesse in **areali di distribuzione della fauna acquatica autoctona** è stata ottenuta a partire dalla definizione delle comunità ittiche di riferimento sviluppata a livello regionale nell'ambito del progetto denominato "Servizio di monitoraggio delle comunità ittiche e contributo al miglioramento dell'indice ISECI (Indice dello Stato Ecologico delle comunità Ittiche)" su incarico di Regione Lombardia, ARPA Lombardia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente. Tale progetto ha stabilito una comunità ittica di riferimento a livello di corpo idrico per la maggior parte del reticolo idrografico lombardo, secondo il Piano di gestione delle Acque 2016.

Utilizzando tale informazione, per ciascuno dei corsi d'acqua d'interesse è stata assegnata una zonazione ittica in relazione alla comunità di riferimento presente nel corpo idrico d'appartenenza. La suddivisione adottata per il Fattore Correttivo N definisce per il reticolo idrografico Lombardo quattro principali tipologie di comunità biologica, accorpando le zonazioni individuate nel 2014 e individuando i Corpi Idrici vocati al gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*) laddove ne sia segnalata la presenza e, contestualmente, il corpo idrico risulti "naturalmente privo di ittiofauna" secondo la zonazione ittica. Alcune comunità sono state riviste alla luce delle osservazioni pervenute nell'ambito della consultazione pubblica, sulla base dei risultati di monitoraggi e indagini effettuate sito-specificamente.

Le quattro tipologie di biocenosi acquatica di riferimento sono:

- Salmonidi.
- Ciprinidi fitofili.
- Ciprinidi litofili.
- Gambero di fiume.



Zonazioni sulla base delle biocenosi acquatiche (in verde i ciprinidi fitofili; in arancione i ciprinidi litofili; in blu i salmonidi; in azzurro il gambero di fiume; in rosso le zone naturalmente prive di ittiofauna).

La comunità ittica a salmonidi si localizza prevalentemente nei corsi d'acqua alpini e prealpini (costituiti perlopiù da corpi idrici confinati e semi-confinati), caratterizzati da pendenze relativamente elevate dell'alveo, da una composizione del substrato con sedimento più grossolano (massi, ciottoli e ghiaia) e da temperature medie dell'acqua decisamente ridotte. In tale contesto ambientale, la trota fario (introdotta con semine di origine antropica) e la trota marmorata risultano essere le specie dominanti. Oltre a tali salmonidi sono presenti il temolo, lo scazzone e alcuni ciprinidi reofili, come il vairone. Le specie obiettivo (specie *target*) per questa tipologia di corpo idrico sono la trota marmorata e lo scazzone.

La comunità ittica a ciprinidi litofili è localizzata principalmente nei corsi d'acqua semi-confinati in cui la velocità della corrente risulta meno sostenuta rispetto al caso precedente e il substrato composto prevalentemente da sabbia, ghiaia grossolana e ciottoli. Le specie ittiche dominanti in tali habitat sono il barbo comune, il barbo canino, il vairone e il cavedano. Inoltre, dove le condizioni termiche estive lo consentano (temperature dell'acqua inferiori a 21/22° C) possono essere presenti anche la trota fario, la trota marmorata o il temolo. Le specie obiettivo per questi corpi idrici sono il barbo comune e il vairone.

La comunità ittica a ciprinidi fitofili è localizzata nelle aste fluviali planiziali che contraddistinguono i principali fiumi sublacuali del territorio lombardo (corsi d'acqua non confinati o semiconfinati), nei cui tratti la corrente è più lenta e il substrato composto da sedimento fine (sabbia e limo). I pesci che caratterizzano la comunità sono rappresentati da diverse specie di ciprinidi fitofili, come carpa, tinca, scardola, uniti ai predatori autoctoni più rappresentativi come il luccio e il persico reale. Le specie obiettivo sarebbero la lasca e la savetta di cui tuttavia non sono disponibili curve di preferenza degli habitat sufficientemente affidabili. Nel caso dei fiumi semiconfinati, dunque, è stata utilizzata come specie obiettivo il vairone (comunque presente), mentre per i fiumi non confinati, sussistendo una minor quantità di informazioni disponibili, sono stati effettuati studi sito-specifici sulla disponibilità complessiva di area bagnata (e dunque di habitat) al variare della portata, senza correlarla alle esigenze ecologiche di specie *target*.

La zona a gambero di fiume fa riferimento alla specie *Austropotamobius pallipes* e risulta circoscritta, nell'ambito dei Corpi Idrici tipizzati nel Piano di Gestione del Po, a vari corsi d'acqua nel Parco Alto Garda Bresciano, ad una parte dell'Agna e al torrente Giona in Val Veddasca. Si fa però presente che il gambero di fiume è spesso la specie obiettivo di riferimento dei corsi d'acqua minori in ambito prealpino e appenninico, caratterizzati da bacini idrografici molto piccoli (inferiori a 10 km²), che, generalmente, non fanno parte del reticolo idrico tipizzato. Le indicazioni riguardanti il Fattore Correttivo N per il gambero di fiume, dunque, sono qui rese disponibili anche per la futura applicazione in tali corsi d'acqua inseriti in aree protette e siti Rete Natura 2000.

In relazione alla definizione delle comunità di riferimento regionali, per una quota parte dei corsi d'acqua di interesse la comunità ittica naturale risulta assente. Tali tratti fluviali si localizzano principalmente nelle zone montuose del reticolo idrografico dove la presenza di particolari caratteristiche naturali (ad es. quota, pendenza, presenza di ostacoli naturali invalicabili) determina una condizione di scarsa vocazione ittica naturale. Tali corpi idrici possono attualmente presentare fauna ittica anche abbondante, ma si tratta, in generale, di popolamenti di origine antropica effettuati con la semina di specie alloctone (in particolare la trota fario di ceppo atlantico).

I gruppi di corpi idrici con caratteristiche idromorfologiche ed ecologiche analoghe identificati sul reticolo idrico tipizzato regionale sono stati in tutto 26:

- Corpi idrici naturalmente privi di ittiofauna;
- Corpi idrici con popolazioni target di gambero di fiume;
- Altre 24 tipologie effettivamente presenti in Lombardia tra le varie combinazioni di tipo idrologico, classe morfologica e comunità biologica.

Le informazioni idro-morfologiche ed ecologiche sono state interpretate utilizzando il modello MesoHABSIM (*Meso-Habitat Simulation Model*, Parasiewicz *et al.* 2013). Esso è un sistema di modellazione fisica dell'habitat fluviale che consente di quantificare la variazione spazio-temporale di un parametro ecologico (ad es., presenza / assenza /

abbondanza di una specie o una comunità) in funzione della portata transitante in alveo e della morfologia locale del corso d'acqua.

Il MesoHABSIM opera attraverso la mappatura e l'analisi multi temporale del cosiddetto mosaico di unità morfologiche ed idrauliche (anche denominate mesohabitat), descrivendo la disponibilità dell'habitat fisico per le specie di interesse. È stata sviluppata da un *team* di ricercatori a livello internazionale e adattata per il territorio italiano dal Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture – DIATI (vedasi Manuali e Linee Guida ISPRA 132/2016, MLG ISPRA 154/2017, DD n. 29 del 13.02.2017 e DD n. 30 del 13.02.2017, allegato 4). Ad oggi rappresenta il modello di idoneità dell'habitat fluviale di riferimento per l'Italia. La guida procedurale per l'applicazione di tale metodologia è rappresentata dal "*Manuale tecnico-operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale*", Manuale n° 154/2017, redatto da ISPRA. Questa tipologia di modellazione dell'habitat risulta in accordo con quanto riportato nella Guidance n. 31 della Commissione in tema di Deflussi Ecologici, nella quale viene citata come strumento atto allo studio della variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per la fauna in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua. Per lo studio e la valutazione dei Deflussi Ecologici (DE), la metodologia prevede l'utilizzo dell'habitat disponibile per la comunità ittica come metrica utile ed efficace al fine quantificare l'impatto delle alterazioni idro-morfologiche sulle biocenosi dei corsi d'acqua. Tale metrica fisica (habitat disponibile) è un proxy in grado di collegare le condizioni idro-morfologiche locali alle componenti biotiche dell'ecosistema fluviale, permettendo di prevedere, con un approccio modellistico, gli effetti di una determinata pressione esercitata su di un corpo idrico anche prima che questa venga effettivamente esercitata.

La relazione tra l'habitat disponibile e la portata defluente in alveo è espressa mediante la curva habitat-portata che quantifica la superficie bagnata utilizzabile dalla fauna a scala di tratto. La stessa fornisce interessanti informazioni sull'assetto morfologico di un corso d'acqua e l'influenza della morfologia sulla disponibilità di habitat. La curva habitat-portata, unita alla serie temporale delle portate, permette di analizzare la variazione sia spaziale sia temporale dell'habitat fluviale, traducendo le variazioni di portata nel tempo in variazioni di habitat disponibile (serie temporale di habitat). Le varie serie di portata in alveo possono, quindi, essere tradotte in gruppi di serie temporali di habitat e analizzate statisticamente al fine di stabilire diverse proprietà di interesse per gli scopi dell'applicazione del metodo MesoHABSIM, quali ad esempio la durata e la frequenza di eventi idrologici cui corrispondono condizioni di habitat al di sotto di determinate soglie ecologicamente rilevanti.

Nelle applicazioni pratiche, le serie di portata in alveo, sia relative alle condizioni di riferimento (date per esempio dall'assenza della derivazione in esame), sia simulate a valle della futura opera di presa, vengono tradotte in serie di habitat tramite la curva habitat - portata e analizzate statisticamente al fine di stabilire la deviazione rispetto alle condizioni di riferimento. Questo permette di verificare tramite un efficace indicatore ecologico sia lo stato attuale dell'habitat sia un possibile stato futuro generato, per esempio, a seguito della costruzione di un'opera di derivazione della portata defluente.

Per la metodologia MesoHABSIM, la quantificazione dell'habitat disponibile per la comunità ittica e la stima della deviazione rispetto a condizioni di habitat di riferimento si concretizza

nelle applicazioni pratiche attraverso l'uso dell'indice IH, o Indice di integrità dell'Habitat fluviale, definito a sua volta dall'integrazione di due ulteriori sub-indici, l'indice ISH (Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale) e l'indice ITH (Indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale).

L'ISH quantifica l'alterazione media della disponibilità spaziale di habitat in un periodo di tempo determinato. Nel caso di valutazione di impatto e definizione dei deflussi ecologici, è costruito su base annuale confrontando la quantità di habitat disponibile media sul periodo in condizioni idromorfologiche di riferimento con quella in condizioni alterate.

Il valore dell'indice è dato dal minimo tra i valori ottenuti per le diverse specie (e i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato. Il minimo tra i valori dell'indice per le diverse specie (e i relativi stadi vitali) è scelto per tutelare qualsiasi specie (e relativa struttura di popolazione) ritenuta come componente della comunità *target*.

L'ITH valuta la variazione temporale nella durata di eventi di stress per la fauna. Un evento di stress è caratterizzato dal perdurare nel tempo di limitate condizioni di disponibilità di habitat ed è espresso come numero di giorni in cui un valore di habitat disponibile rimane al di sotto di una data soglia. Per l'ITH, la soglia al di sotto della quale si verificano eventi di stress è fissata come la quantità di habitat corrispondente (in condizioni non alterate) al 97° percentile di portata (o nel caso di valutazioni di impatto su base annuale e serie storiche a scala giornaliera, alla portata Q_{355} , superata 355 giorni all'anno). Tale soglia di habitat disponibile viene denominata AQ97. L'analisi statistica per la determinazione della durata degli eventi di habitat sotto-soglia viene realizzata attraverso le curve di durata continua sotto-soglia (CDS, in inglese UCUT, *Uniform Continuous Under-Threshold curves*, Parasiewicz *et al.* 2013). Al fine della valutazione di impatto su base annuale di una derivazione, il processo di costruzione della curva CDS viene ripetuto utilizzando sia la serie storica di habitat in condizioni non alterate (assenza della derivazione in esame), sia per condizioni alterate (a valle della derivazione in esame).

L'indicatore utilizzato per determinare l'alterazione nella durata degli eventi di stress per la specie *i*-esima, è la distanza media tra la curva di durata sotto-soglia in condizioni alterate e la curva in condizioni non alterate, tenendo in conto, per quest'ultima, della durata massima continua tra tutti gli eventi sotto-soglia. L'alterazione complessiva nel numero di giorni di stress (AGS, o in inglese *Stress Days Alteration* – SDA, Parasiewicz *et al.* 2012) viene quindi calcolata come media su tutto l'intervallo di durate continue sotto-soglia in assenza della derivazione in esame o in condizioni di riferimento.

L'indice ITH viene infine determinato tramite una funzione di valore che trasforma l'indicatore AGS nell'indice ITH, che risulta un numero compreso fra 0 e 1. Tale funzione è calcolata sulla base di un esponenziale negativo che, rispetto ad una funzione lineare, tiene conto del fatto che anche ridotte alterazioni nella durata e continuità degli eventi di stress possono avere impatti importanti sulla fauna ittica. Analogamente a ISH, l'indice ITH è pari al minimo tra i valori calcolati per le diverse specie (e i relativi stadi vitali) presenti nel tratto fluviale considerato.

Dai punteggi assegnati ai due indici ISH e ITH deriva quindi il valore finale dell'Indice di integrità dell'Habitat fluviale (IH), che viene calcolato come valore minimo tra ISH e ITH e può anch'esso variare tra 0 e 1.

All'interno dall'intervallo di valori assunti dall'indice, 0 rappresenta un grado elevatissimo di alterazione della qualità dell'habitat fluviale e 1 significa assenza di alterazioni, ossia qualità dell'habitat coincidente con la condizione di riferimento (assenza di alterazione idromorfologica).

IH	CLASSE
$IH \geq 0.80$	ELEVATO
$0.60 \leq IH < 0.80$	BUONO
$0.40 \leq IH < 0.60$	SUFFICIENTE
$0.20 \leq IH < 0.40$	SCADENTE
$IH < 0.20$	PESSIMO

Classi di integrità dell'habitat secondo l'indice IH.

La metodologia MesoHABSIM ad oggi conta oltre 100 siti di applicazione nel territorio italiano ubicati principalmente dell'arco Alpino, dell'Appennino Ligure, Tosco-Emiliano e Umbro-Marchigiano e della Pianura Padana. La maggior parte delle applicazioni risulta localizzata nell'arco Alpino ed alcune di queste sono state realizzate all'interno del territorio della regione Lombardia e della relativa Rete Natura 2000. A seguito delle numerose applicazioni, tale metodologia di modellazione dell'habitat alla meso-scala si è dimostrata sufficientemente flessibile e strutturalmente adatta a rappresentare l'alta variabilità morfologica dei corsi d'acqua italiani, consentendo di analizzare la variazione sia spaziale sia temporale dell'habitat disponibile per l'ecosistema acquatico in caso di alterazione sia idrologica sia morfologica.

L'analisi regionale in questa fase è stata orientata alla disamina di tutte le applicazioni realizzate nell'ambito della metodologia MesoHABSIM all'interno del contesto italiano, e in particolare Alpino e della Pianura Padana, mediante l'interrogazione del database delle applicazioni MesoHABSIM/IH curato da ISPRA.

Da tale tessuto informativo è stato estratto un campione comprensivo di 47 siti di applicazione ricadenti all'interno dei territori regionali di Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia e Trentino-Alto Adige. Gli stessi sono dunque stati suddivisi in funzione della tipologia idromorfologica caratterizzante, al fine di poter stabilire delle relazioni regionali in grado di legare la portata defluente specifica all'habitat disponibile per una determinata specie *target*. Questa analisi è da considerarsi come un livello di indagine non sito-specifico, avente lo scopo di collegare l'idro-morfologia a scala locale (valutata sul set di una cinquantina di corsi d'acqua campione) con le richieste ecologiche in termini di habitat della fauna a scala regionalizzata. Ciò permette di applicare il metodo MesoHABSIM senza dover necessariamente ricorrere alla raccolta di dati idromorfologici e analisi sito-specifiche estese permettendo così di effettuare il calcolo dell'indice IH all'interno del reticolo idrografico di interesse. Il progetto LIFE IP GESTIRE 2020 prevede inoltre una fase di ulteriore validazione sul campo, tuttora in corso, dell'approccio sopra presentato.

Al fine di poter regionalizzare le curve habitat disponibile-portata defluente sono state prese in considerazione le comunità ittiche e le specie maggiormente presenti all'interno del territorio regionale di cui si disponeva di un campione di dati proveniente dalle applicazioni della metodologia MesoHABSIM con una numerosità campionaria sufficientemente elevata (almeno 10 valori di habitat disponibile per diverse portate in alveo che ricoprissero una variazione idrologica sufficientemente ampia nei corsi d'acqua in esame).

Le specie ed i relativi stadi vitali selezionati inizialmente per l'analisi regionale sono le seguenti:

- trota fario (stadio vitale adulto e giovane);
- trota marmorata (stadio vitale adulto e giovane);
- scazzone (stadio vitale adulto);
- vairone (stadio vitale adulto);
- gambero di fiume (stadio vitale adulto e giovane).

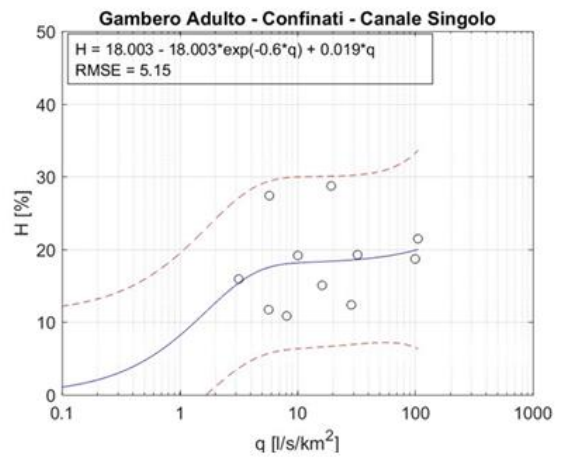
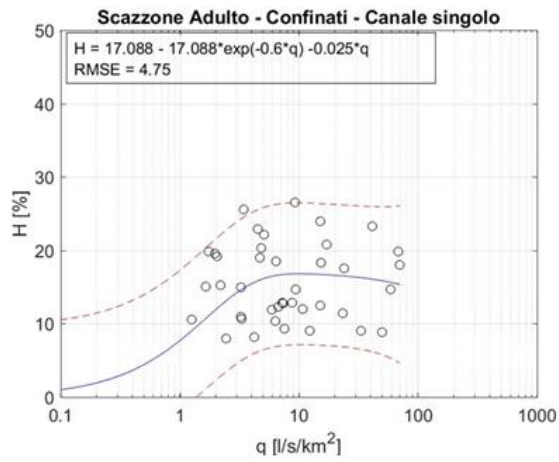
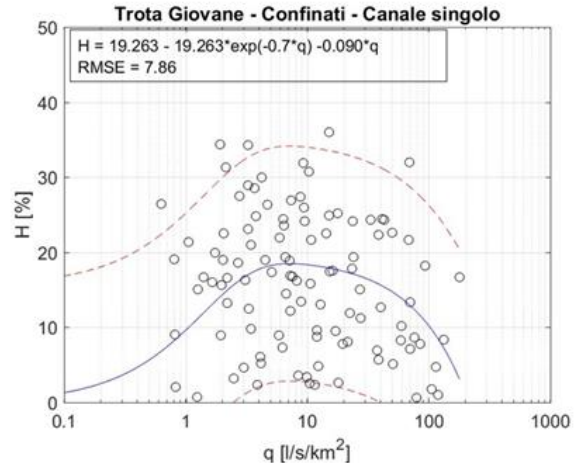
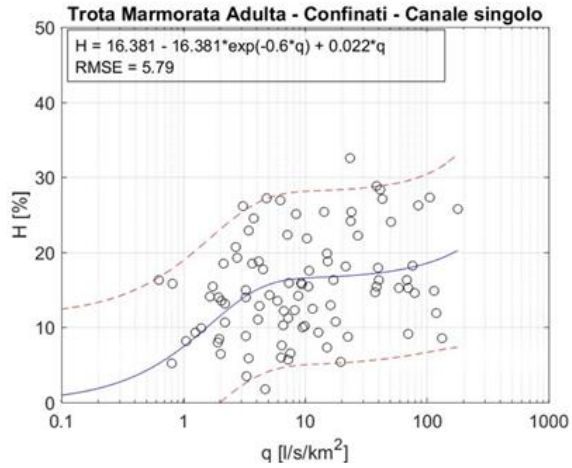
Ad esclusione della trota fario (che nella definizione finale del Fattore Correttivo N non è stata presa in considerazione in quanto specie introdotta e, quindi, priva di interesse conservazionistico), tali specie sono tutte presenti nell'allegato II della Direttiva habitat, e possono essere considerate come target ecologico nelle seguenti morfologie:

- tratti fluviali semiconfinati – sinuosi e rettilinei;
- tratti fluviali confinati a canale singolo.

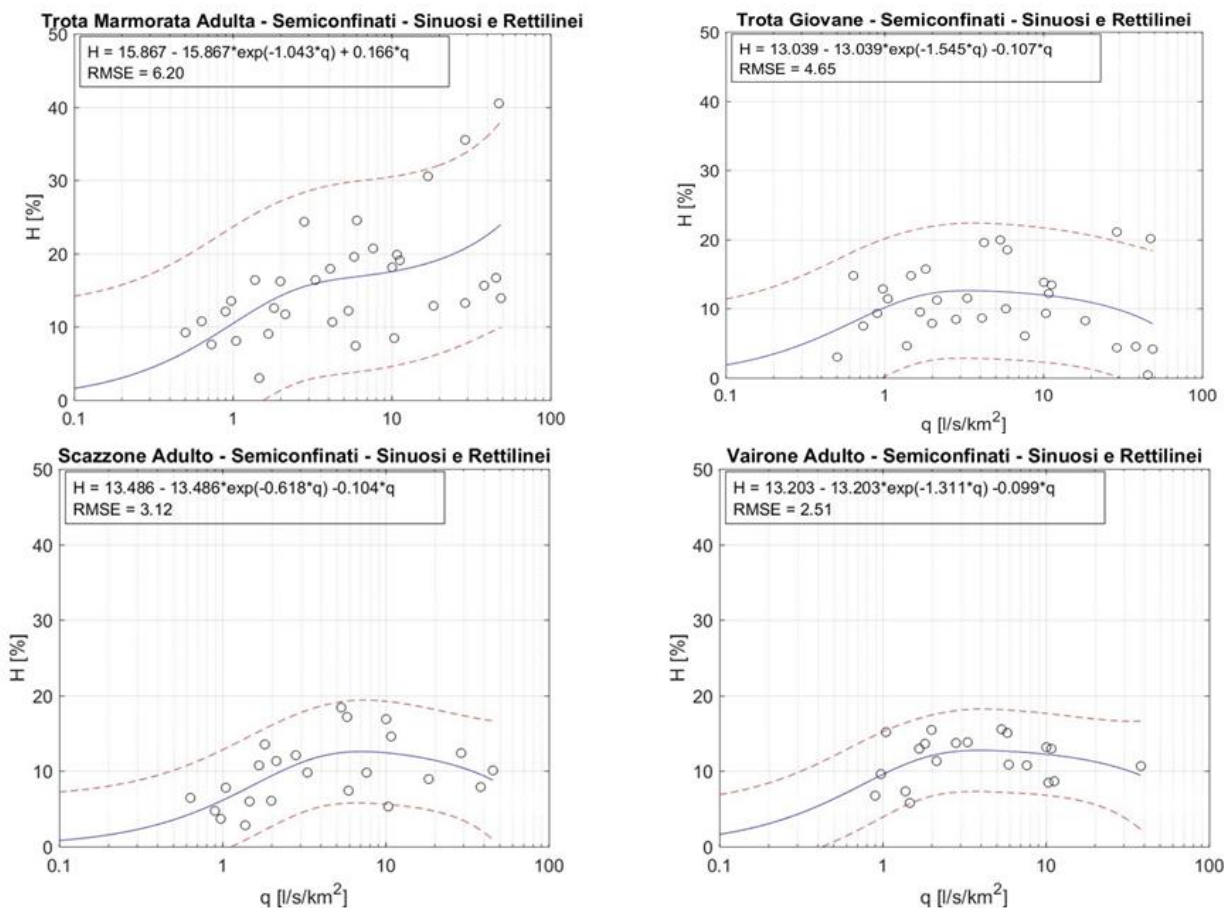
In accordo con quanto riportato al cap. 3.2 del presente elaborato, le tipologie morfologiche sopra riportate fanno riferimento al 67% dei tratti fluviali considerati nel reticolo idrografico di interesse.

Il restante 33% dei tratti fa riferimento a corsi d'acqua non confinati (aree Rete Natura 2000 appartenenti ai tratti planiziali dei fiumi di pianura), i quali hanno necessitato di un approfondimento specifico senza l'utilizzo delle curve di preferenza delle potenziali specie obiettivo (barbo comune, barco canino, lasca, savetta) per le quali attualmente non si dispone di un numero sufficiente di dati.

Le curve "habitat disponibile – portata defluente" sono da considerarsi applicabili per corsi d'acqua il cui alveo attivo è caratterizzato da larghezze medie simili a quelle dei tratti utilizzati per l'analisi regionale, in particolare per tratti fluviali semiconfinati sinuosi e rettilinei di larghezza tra 10 e 70 m e tratti confinati a canale singolo di larghezze tra 5 e 40 m. I tratti fluviali confinati a canale singolo utilizzati per la regionalizzazione della curva habitat disponibile - portata defluente per il gambero di fiume sono caratterizzati da larghezze dell'alveo attivo tra 1 e 10 m.



Curve regionali habitat disponibile – portata defluente per le specie dei corsi d’acqua confinati a canale singolo.



Curve regionali habitat disponibile – portata defluente per le specie dei corsi d’acqua semiconfinati – sinuosi e rettilinei.

Per la definizione del Fattore Correttivo N è risultata indispensabile una fase preliminare di selezione finalizzata all’individuazione di misure di portata registrate su base giornaliera che consentissero l’analisi della variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali che caratterizzano i corsi d’acqua oggetto del presente studio.

In particolare, la base di dati disponibili fa riferimento all’insieme di serie temporali di portata composte da:

- Serie storiche registrate dagli idrometri della rete di ARPA Lombardia;
- Valori di portata misurata nel corso delle sperimentazioni regionali per la definizione delle portate medie mensili e annuali nei principali bacini idrografici della Lombardia;
- Misure giornaliere di portata derivata e rilasciata come DMV dalle principali centrali idroelettriche del territorio regionale.

Da tale campione è stato estratto un numero totale di serie di portata pari a 20 stazioni di misura in accordo ai seguenti criteri:

- Localizzazione geografica all’interno delle tipologie idro-morfologiche dei corsi d’acqua d’interesse.
- Prossimità della stazione di misura rispetto alla rete idrografica delle aree protette e Rete Natura 2000.

- Localizzazione delle stazioni di misura in tratti classificati morfologicamente come C-CS, SC-R e SC-S, essendo state definite le curve regionalizzate habitat disponibile-portata fluente per tali morfologie.
- Estensione temporale delle serie di portata media giornaliera non inferiore a 2 anni.
- Possibilità di eseguire un bilancio idrico tra portata in arrivo da monte all'opera di presa, portata derivata e portata rilasciata a valle come DMV.

Attraverso un'analisi spaziale realizzata mediante strumenti GIS, sono state estratte tutte le serie temporali ricadenti all'interno dei bacini afferenti ai corpi idrici in analisi e con le caratteristiche sopra descritte. In particolare, è stato possibile ottenere serie di portata giornaliera misurata in continuo per tratti fluviali classificati dal punto di vista morfologico come confinati a canale singolo (C-CS) e semi-confinati rettilinei e sinuosi (SC-R e SC-S) e appartenenti ai gruppi idrologici Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 e Tipo 4.

Serie temporali di portate utilizzate per la stima del fattore correttivo N.

Serie di portate	Fiume/torrente	Tipologia morfologica	Regime idrologico
Derivazione	Fiumecolo	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 1
Derivazione	Val Grande	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 1
Derivazione	Allione	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Caffaro	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Grigna	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Nero	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Poja di Salarno	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Remulo	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Schiesone	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Valle Sedornia	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 2
Derivazione	Droanello	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 3
Derivazione	San Michele	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 3
Derivazione	Toscolano	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 3
Derivazione	Caravino	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 4
Derivazione	Enna	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 4
Derivazione	Valle della Madonna	Confinato–CanaleSingolo	Tipo 4
Idrometro - Olginate	Adda	Semiconfinato- -Sinuoso	Tipo 2
Idrometro - Fara Gera d'Adda	Adda	Semiconfinato- -Sinuoso	Tipo 2
Idrometro - Molteno	Bevera	Semiconfinato- -Sinuoso	Tipo 4
Idrometro - Peregallo	Lambro	Semiconfinato- -Sinuoso	Tipo 4

Successivamente, sono stati individuati i bioperiodi più significativi per la fauna ittica su scala annuale. Per bioperiodo si intende un arco temporale nel quale determinati processi biologici possono naturalmente essere svolti dalla fauna ittica (accrescimento, riproduzione, etc), in stretta relazione con le caratteristiche idrologiche e morfologiche di un corso d'acqua. Per la loro determinazione sono state considerate sia le specificità biologiche che distinguono le specie target, sia le peculiarità dei regimi idrologici dei corsi d'acqua di interesse. Nell'ambito del presente studio i bioperiodi di riferimento per la riproduzione della

specie corrispondono a quelli compresi tra ottobre-gennaio per la trota marmorata, aprile-ottobre per il gambero di fiume e marzo-agosto per il vairone.

Analizzando altresì l'andamento degli idrogrammi costruiti su base mensile delle cinque tipologie idrologiche che caratterizzano i corsi d'acqua d'interesse, è risultato possibile distinguere i periodi nei quali la portata assume valori minimi (periodi di magra) e massimi (periodi di piena ordinaria).

In base a tali considerazioni, per ciascuna delle cinque tipologie idrologiche sono stati definiti i bioperiodi:

- *Overwintering*: Periodo invernale di magra
- *Spring Spawning*: Periodo primaverile di riproduzione della comunità ciprinicola
- *Summer low flows*: Periodo estivo di magra
- *Summer high flows*: Periodo estivo di piena ordinaria
- *Fall spawning*: Periodo autunnale di riproduzione della comunità salmonicola

Regime idrologico	<i>Overwintering</i>	<i>Spring spawning</i>	<i>Summer (low/high flows)</i>	<i>Fall Spawning</i>
Tipo 1	Gen-Mar	/	Apr-Ago	Sett-Dic
Tipo 2	Gen-Mar	Apr-Giu	Lug-Sett	Ott-Dic
Tipo 3	Gen-Mar	--- Apr-Sett ---		Ott-Dic
Tipo 4	Gen-Mar	Apr-Giu	Lug-Sett	Ott-Dic
Tipo 5	Gen-Mar	Apr-Giu	Lug-Sett	Ott-Dic

Una volta valutato il campione di serie di portata utili, la stima del fattore correttivo N è stata eseguita seguendo l'approccio introdotto dalla metodologia MesoHABSIM/IH già descritto precedentemente. Secondo tale approccio, affinché sia mantenuta l'integrità dell'habitat, l'indice IH (Indice di integrità dell'Habitat fluviale) deve assumere un valore di $IH \geq 0.6$.

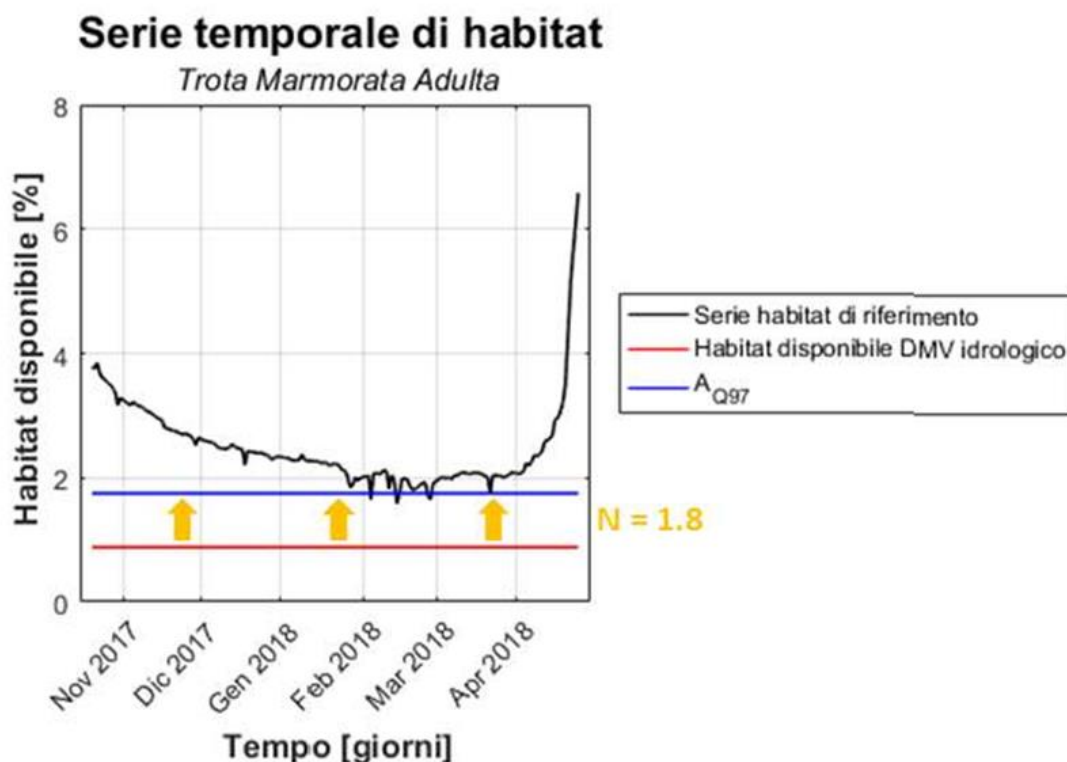
Perché questo avvenga è necessario che i due subindici ITH (Indice di disponibilità Temporale dell'Habitat fluviale) e ISH (Indice di disponibilità Spaziale dell'Habitat fluviale) risultino entrambi maggiori o uguali di 0.6 durante tutti i bioperiodi individuati, in quanto l'IH è definito come:

$$IH = \min(IH, ITH).$$

Per sua definizione, il sub-indice ITH ha un peso molto forte nella definizione dei valori del fattore correttivo N durante i periodi di magra (valori minimi di portata in alveo, bioperiodo di *Overwintering* per tutte le 5 tipologie idrologiche, bioperiodo *Summer low flows* per i corsi d'acqua con regime idrologico Tipo 4 e 5, bioperiodo *Fall spawning* per fiumi con regime idrologico Tipo 3). Il sub-indice ISH ha invece una influenza marcata nella definizione del fattore correttivo N nei bioperiodi in cui la portata in alveo è naturalmente maggiore (bioperiodo *Summer high flows* nei corsi d'acqua con regime idrologico Tipo 1 e Tipo 3; periodo *Spring spawning* e/o *Fall spawning* nei corsi d'acqua con regime idrologico Tipo 2, Tipo 4 e Tipo 5).

A partire quindi delle serie temporali di portata defluente misurate nelle stazioni di misura selezionate, si sono ottenute le relative serie temporali di habitat disponibile attraverso l'utilizzo delle curve regionali habitat disponibile-portata fluente mostrate in precedenza.

Per ciascuna serie temporale considerata, in funzione della morfologia del corpo idrico, è stata quindi ottenuta una corrispondente serie temporale di habitat per ognuna delle specie target distribuite nelle diverse eco-regioni. In particolare, è stato possibile ottenere, per ciascuna specie, una serie temporale di habitat di “riferimento” (ottenuta facendo l’ipotesi di assenza dell’opera di presa) e una serie di portata “alterata” data dal rilascio della componente idrologica del Deflusso Minimo Vitale definito dal PTUA 2016 (prodotto $k \cdot q_{\text{MEDIA}} \cdot S$).



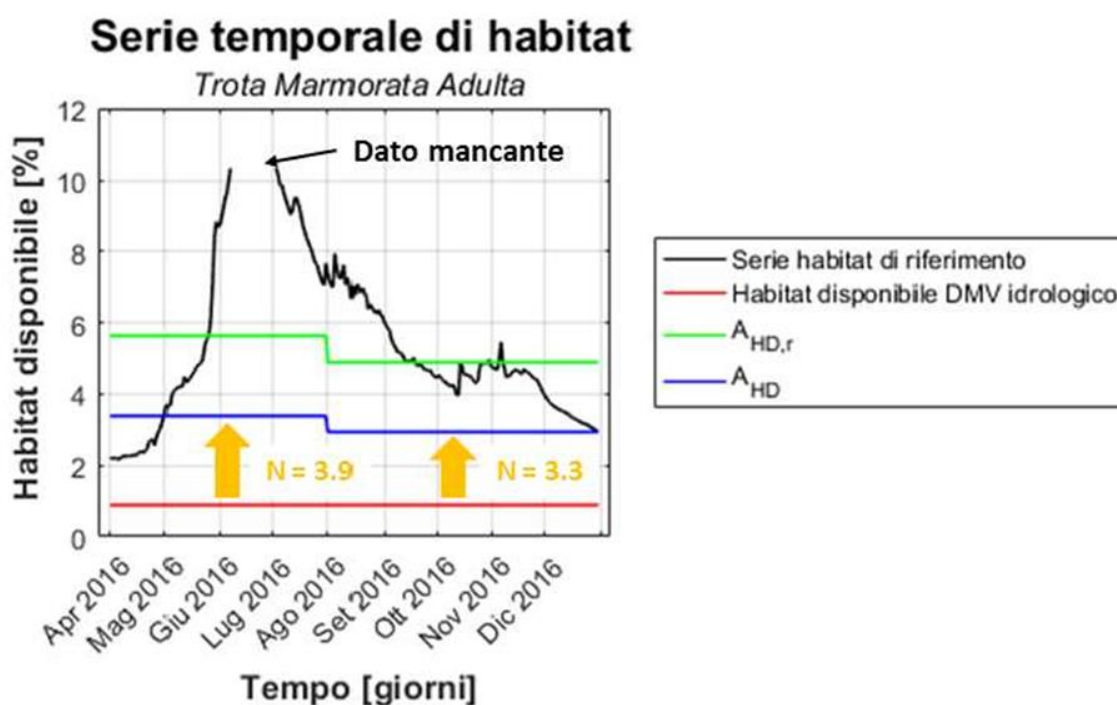
Esempio di serie temporale di disponibilità di habitat per la trota marmorata (linea continua di colore nero) durante il bioperiodo “Overwintering”, periodo di magra. La serie fa riferimento al torrente Fiumecolo (tipo idrologico 1, classe morfologica C-CS). La linea continua di colore rosso rappresenta la componente idrologica del DMV. La linea continua di colore blu rappresenta la quantità di habitat relativa alla portata di magra Q97, corrispondente al 97° percentile della curva di durata delle portate ottenuta dai dati misurati dalla stazione. Le frecce di colore giallo rappresentano l’aumento del valore di DMV, dato dal fattore N, al fine di garantire una limitata alterazione nella disponibilità di habitat.

Dall’analisi delle due serie di habitat (condizioni di riferimento e condizioni alterate) è stato possibile, per ciascuna specie, quantificare i seguenti parametri, necessari al calcolo dei due sub-indici ITH e ISH:

- Habitat disponibile corrispondente al 97° percentile della curva di durata delle portate in condizioni di riferimento (A_{Q97});
- Habitat disponibile corrispondente al rilascio della sola componente idrologica del DMV, come definito dal PTUA 2016 (prodotto $k \cdot q_{\text{MEDIA}} \cdot S$);
- Habitat medio disponibile in condizioni di riferimento;

- Habitat medio disponibile in condizioni alterate.

Per quanto riguarda i bioperiodi *Summer High Flows*, *Fall spawning*, di seguito viene riportato un esempio di aumento del valore di portata dato dalla componente idrologica del DMV (prodotto $k \cdot q_{\text{MEDIA}} \cdot S$) al fine di limitare l'alterazione media dell'habitat disponibile in condizioni di riferimento (condizioni date dall'assenza dell'opera di presa). Nell'esempio riportato un valore del fattore N, pari a 3.9 nel bioperiodo *Summer High Flows* e 3.3 nel bioperiodo *Fall spawning* vengono proposti per limitare l'alterazione media dell'habitat disponibile ottenuto in condizioni di riferimento ($A_{\text{HD},r}$ - linea di colore verde) e passare dal rilascio di una portata costante (Habitat disponibile relativo alla componente idrologica DMV – linea di colore rosso) a un rilascio modulato nel tempo (A_{HD} - linea di colore blu).



Esempio di serie temporale di habitat (linea continua di colore nero) durante i bioperiodi “*Summer High Flows*” e “*Fall spawning*”, periodi idrologici di piena ordinaria e di riproduzione della comunità salmonicola (torrente Fiumecolo). Le disponibilità massime di habitat per la trota marmorata adulta si concentrano, in condizioni di riferimento, all'interno del bioperiodo “*Summer High Flows*”. La linea continua di colore rosso rappresenta il valore di habitat relativo alla componente idrologica del DMV definito dal PTUA 2016 (prodotto $k \cdot q_{\text{MEDIA}} \cdot S$); la linea continua di colore verde rappresenta l'habitat medio disponibile in condizioni di riferimento ($A_{\text{HD},r}$) per i due bioperiodi considerati; la linea continua di colore blu rappresenta l'habitat medio (A_{HD}) che dovrebbe essere garantito a seguito di un prelievo per mantenere il valore dell'indice $\text{ISH} \geq 0.6$ durante i due bioperiodi considerati.

A seguito dell'applicazione della procedura precedentemente descritta, è stato possibile ottenere i deflussi adeguati a garantire $\text{ISH} \geq 0,6$, suddivisi per (i) specie di riferimento, (ii) tipologia morfologica e (iii) tipologia di regime idrologico. Tali deflussi sono stati trasformati

in un coefficiente da applicare alla componente idrologica (coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$). I valori vengono indicati in tabella in termini di media e scarto quadratico medio per fornire un'indicazione della dispersione dei valori. Nei casi in cui lo scarto quadratico medio non viene fornito (caso dei corsi d'acqua a canale singolo in cui è presente come specie di riferimento il gambero di fiume), la definizione del coefficiente è basata su una sola stazione di misura della portata defluente (torrente Droanello).

Valori (media \pm dev. standard) del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua confinati a canale singolo suddivisi per (i) gruppo idrologico, (ii) specie ittica di riferimento e (iii) bioperiodo.

Regime idrologico	Specie	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 1	Trota marmorata adulto	3.5 \pm 0.4		5.6 \pm 0.9	3.9 \pm 0.9
	Trota fario adulto	3.4 \pm 0.1		5.6 \pm 0.9	3.9 \pm 0.9
	Trota giovane	3.0 \pm 0.1		5.6 \pm 0.9	3.9 \pm 0.9
	Scazzone adulto	2.9 \pm 0.1		5.6 \pm 0.9	3.9 \pm 0.9
Tipo 2	Trota marmorata adulto	2.7 \pm 1.6	4.7 \pm 2.0	4.3 \pm 1.9	4.0 \pm 1.7
	Trota giovane	2.4 \pm 1.1	4.7 \pm 2.0	4.3 \pm 1.9	4.0 \pm 1.7
	Scazzone adulto	2.4 \pm 1.5	4.7 \pm 2.0	4.3 \pm 1.9	4.0 \pm 1.7
Tipo 3	Trota marmorata adulto	4.7 \pm 0.7		5.4 \pm 1.1	4.7 \pm 0.7
	Trota giovane	4.5 \pm 0.9		5.4 \pm 1.1	4.5 \pm 0.9
	Scazzone adulto	4.2 \pm 0.9		5.4 \pm 1.1	4.2 \pm 0.9
Tipo 4	Trota marmorata adulto	2.6 \pm 0.7	6.0 \pm 0.5	2.6 \pm 0.7	3.6 \pm 0.6
	Trota giovane	2.3 \pm 0.8	6.0 \pm 0.5	2.3 \pm 0.8	3.6 \pm 0.6
	Scazzone adulto	2.2 \pm 0.2	6.0 \pm 0.5	2.2 \pm 0.2	3.6 \pm 0.6

Valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua confinati a canale singolo, gruppo idrologico Tipo 3 e con specie target gambero di fiume.

Regime idrologico	Specie	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 3	Gambero di fiume	5.3		6.1	5.3

Valori (media \pm dev. standard) del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua semiconfinati - sinuosi e rettilinei suddivisi per (i) gruppo idrologico, (ii) specie ittica di riferimento e (iii) bioperiodo.

Regime idrologico	Specie	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 2	Trota marmorata adulto	3.5 \pm 0.4	6.1 \pm 0.0	5.9 \pm 0.1	5.5 \pm 0.2
	Trota giovane	2.7 \pm 0.3	4.2 \pm 0.6	4.4 \pm 0.5	4.7 \pm 0.3
	Scazzone adulto	2.7 \pm 0.3	4.2 \pm 0.6	4.4 \pm 0.5	4.7 \pm 0.3
	Vairone adulto	2.7 \pm 0.3	4.2 \pm 0.6	4.4 \pm 0.5	4.7 \pm 0.3
Tipo 4	Trota marmorata adulto	1.0 \pm 0.5	4.6 \pm 1.0	1.0 \pm 0.5	2.9 \pm 0.3
	Trota giovane	0.6 \pm 0.1	4.6 \pm 1.0	0.6 \pm 0.1	2.9 \pm 0.3
	Scazzone adulto	1.0 \pm 0.5	4.6 \pm 1.0	1.0 \pm 0.5	2.9 \pm 0.3
	Vairone adulto	0.6 \pm 0.1	4.6 \pm 1.0	0.6 \pm 0.1	2.9 \pm 0.3

Non avendo a disposizione un numero sufficiente di casi studio pregressi che forniscano le relazioni tra l'habitat della fauna ittica e la portata defluente nel caso dei **corsi d'acqua non confinati** e per l'eco-regione rappresentata dai ciprinidi litofili e fitofili, per tali corpi idrici si è fatto riferimento alla relazione superficie bagnata-portata, come proxy dell'habitat acquatico disponibile per la fauna ittica. Questa scelta, tuttavia, non è da considerarsi come una quantificazione completamente adeguata dell'habitat acquatico in quanto non tiene conto di importanti variabili ambientali per la fauna ittica quali la profondità e la velocità della corrente, la distribuzione del substrato o delle zone di rifugio da stress fisici o possibili predatori.

La relazione superficie bagnata-portata è stata ottenuta da remoto mediante telerilevamento, utilizzando le immagini ad alta risoluzione disponibili, per esempio, attraverso il software Google Earth che unisce basi di dati provenienti dai satelliti GEE-1, WorldView 2, 3, e 4 e immagini aeree ad alta risoluzione. Attraverso l'uso del software Google Earth sono state quindi raccolte, per diverse date, immagini satellitari e aeree rappresentative di diverse condizioni di deflusso.

Ogni immagine satellitare è relativa ad una specifica data, la quale corrisponde a sua volta ad un valore di portata media giornaliera registrato dalle stazioni di misura selezionate.

Serie temporali di portate utilizzate nella stima del fattore correttivo N per i tratti fluviali non confinati.

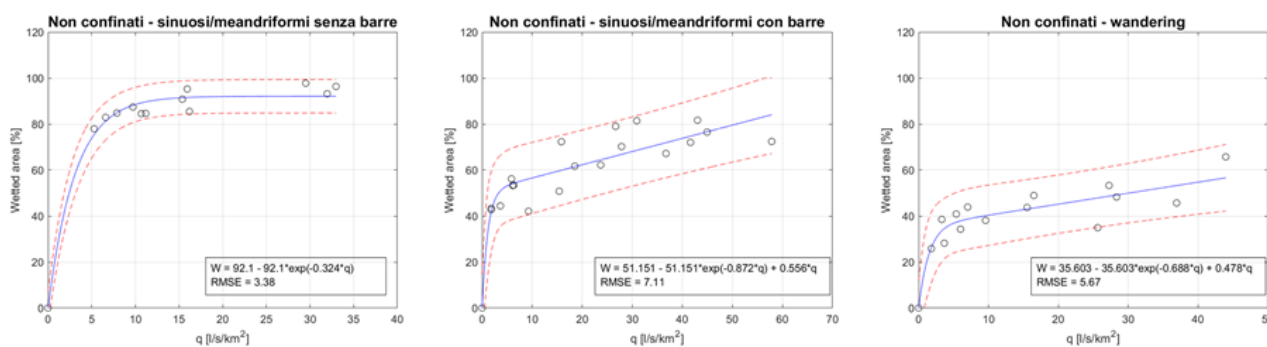
Località Codice stazione	Fiume	Tipologia idrologica	Tipologia morfologica
Boffalora-ADS6	Adda	Tipo 2	Non confinato - Wandering
Lodi	Adda	Tipo 2	Non confinato - Sinuoso
Marcaria	Oglio	Tipo 5	Non confinato - Sinuoso
Ostiano	Oglio	Tipo 5	Non confinato - Meandriforme
Soncino	Oglio	Tipo 2	Non confinato - Sinuoso a Barre Alternate
Pavia - Pte Ticino	Ticino	Tipo 2	Non confinato - Wandering
Madalena - TIC 1	Ticino	Tipo 2	Non confinato - Sinuoso a Barre Alternate
Ponte SS527 - TIC 3	Ticino	Tipo 2	Non confinato - Sinuoso a Barre Alternate
Ponte SS341 - TIC 5	Ticino	Tipo 2	Non confinato - Sinuoso a Barre Alternate
Vigevano	Ticino	Tipo 2	Non confinato - Wandering

Sono quindi state raccolte le informazioni geospaziali relative alla superficie bagnata di alveo in ogni immagine disponibile, facendo riferimento ai sottotratti non confinati di interesse prossimi alle stazioni di misura. Per ogni data disponibile in termini di immagine satellitare è quindi stato estratto il valore di portata defluente giornaliera registrato dalle stazioni, permettendo di ricostruire l'andamento della relazione superficie bagnata–portata per 12 sottotratti non confinati.

Sottotratti non confinati considerati per la definizione della relazione superficie bagnata-portata. Sono riportate, per ogni sottotratto, le date delle immagini satellitari ad alta risoluzione disponibili, e per ognuna di esse il relativo valore di portata registrato dalla stazione di misura.

Località – Codice stazione	Fiume	Larghezza media sottotratto [m]	Date immagini satellitari	Portata media giornaliera [m ³ /s]
Spiagge di Boffalora-ADS6	Adda sublacuale	200	30/03/2012; 21/04/2012; 12/03/2015; 17/04/2014	24.3; 63.4; 102.8; 187.5
Lodi	Adda sublacuale	75	04/08/2014; 13/04/2017; 26/03/2016; 17/04/2014	44.3; 71.7; 108.6; 214.4
Marcaria	Oglio	90	22/04/2017; 11/06/2014; 11/04/2015; 22/03/2018	46.9; 57.9; 94.9; 175.8
Ostiano	Oglio	80	07/07/2017; 28/08/2015; 06/09/2016; 25/04/2018	19.5; 41.3; 56.8; 121.8
Torre Pallavicina-Soncino 38	Oglio	70	23/06/2017; 28/08/2015; 12/03/2014; 25/04/2018	4.2; 13.9; 63.0; 101.6
Orzinuovi-Soncino 39	Oglio	150	23/06/2017; 28/08/2015; 12/03/2014; 25/04/2018	4.2; 13.9; 63.0; 101.6
Genivolta-Soncino 40	Oglio	75	23/06/2017; 28/08/2015; 12/03/2014; 25/04/2018	4.2; 13.9; 63.0; 101.6
Pavia-Pte Ticino	Ticino	190	10/03/2017; 23/03/2018; 12/03/2015; 10/04/2014	146.9; 227.8; 258.2; 358.8
Madalena-TIC 1	Ticino	120	29/03/2012; 27/08/2014; 23/10/2015	18.0; 31.0; 78.0
Ponte SS527-TIC 3	Ticino	170	09/08/2012; 25/10/2012; 02/09/2014; 23/10/2015	16.6; 27.0; 35.2; 82.7
Ponte SS341-TIC 5	Ticino	150	09/08/2012; 02/09/2014; 25/10/2012; 23/10/2015	48.0; 79.7; 95.8; 159.9
Vigevano	Ticino	250	10/03/2016; 28/06/2010; 23/05/2010	147.3; 212.2; 523.1

Raggruppando per tipologia morfologica i sottotratti selezionati è stato quindi possibile definire attraverso una regressione le curve regionali superficie bagnata–portata defluente. Per fare questo i valori di superficie bagnata ottenuti per una specifica condizione di deflusso sono stati normalizzati tra 0 e 100% utilizzando la superficie del canale attivo per il medesimo sottotratto analizzato.



Curve regionalizzate superficie bagnata–portata defluente per tratti fluviali non confinati (1) sinuosi/meandriformi senza barre, (2) sinuosi a barre alternate e sinuosi/meandriformi con barre, (3) wandering.

A seguito dell'applicazione della procedura di determinazione del deflusso adeguato ad ottenere $ISH \geq 0,6$, in modo analogo a quanto descritto per i corsi d'acqua confinati e semiconfinati, è stato possibile ottenerne i valori suddivisi per (i) tipologia morfologica e (ii) tipologia di regime idrologico. Anche in questo caso, i valori vengono forniti in tabella in termini di media e scarto quadratico medio per fornire un'indicazione della dispersione dei valori stessi. Nei casi in cui lo scarto quadratico medio non viene fornito (caso dei corsi d'acqua non confinati sinuosi/meandriformi senza barre e regime idrologico di Tipo 2), la definizione del coefficiente è basata su una sola stazione di misura della portata defluente (Idrometro di Lodi, Fiume Adda).

Valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua non confinati sinuosi/meandriformi senza barre.

Regime idrologico	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 2	1.55	2.18	1.62	1.92
Tipo 5	1.27±0.39	2.73±0.42	1.27±0.39	1.59±0.40

Valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua non confinati sinuosi/meandriformi con barre.

Regime idrologico	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 2	3.2±1.72	4.04±1.62	3.54±1.76	3.83±1.67

Valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ per i corsi d'acqua non confinati sinuosi/meandriformi di tipo wandering.

Regime idrologico	Overwintering	Spring spawning	Summer (low/high flows)	Fall spawning
Tipo 2	2.07±1.53	2.99±1.58	2.45±1.67	2.77±1.61

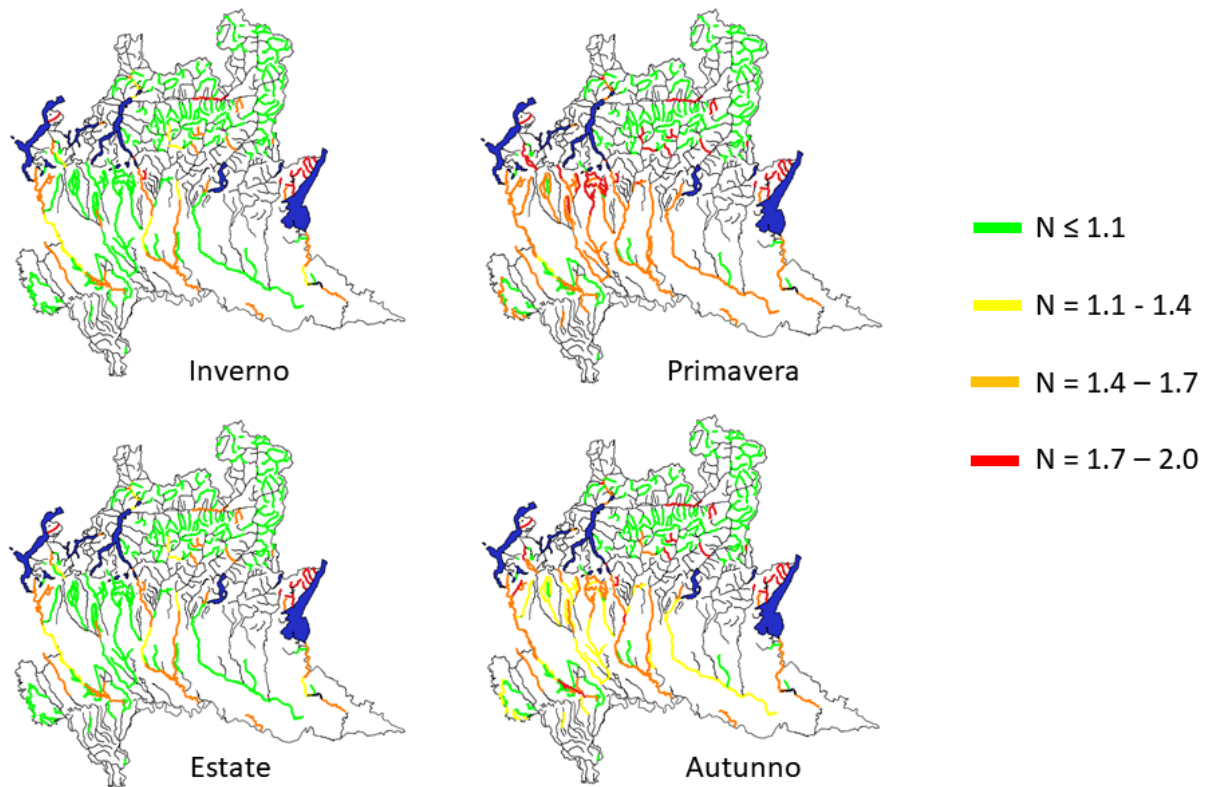
Come specificato in precedenza, il PTUA della regione Lombardia prevede un valore massimo del Deflusso Ecologico per effetto cumulato di tutti i diversi fattori correttivi applicati alla componente idrologica del DMV (prodotto $k \cdot q_{\text{MEDIA}} \cdot S$), pari al massimo al 20% della portata media naturale annua. Per questa sostanziale motivazione, la DGR 2721/2019 definisce che, su base regionalizzata, si possano assumere valori del fattore correttivo N compresi nell'intervallo tra $N = 1$ e $N = 2$, estremi inclusi, rimandando agli Enti Gestori delle aree protette e/o di Rete Natura 2000 la possibilità di dotarsi di eventuali piani di settore e studi di dettaglio sito specifici, al fine di determinare valori del fattore correttivo $N > 2$.

Per consentire una immediata implementazione del fattore correttivo N all'interno del PTUA 2016, per le diverse tipologie di corsi d'acqua considerati e nei diversi bioperiodi i valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$, il quale rappresenta la soglia di disponibilità di almeno il 60% dell'habitat complessivo idoneo per la specie di riferimento, sono stati riscaldati all'interno dell'intervallo (compreso tra 1 e 2) imposto dal PTUA stesso per la definizione del Fattore Correttivo N su base regionale. In questo modo, sono stati assegnati i valori di deflusso più elevati laddove il fabbisogno è risultato maggiore, rimanendo comunque nell'ambito dell'intervallo previsto dalla normativa per l'implementazione del Deflusso Ecologico a livello regionale.

Per i gruppi di Corpi Idrici la cui combinazione tra tipo idrologico e classe morfologica non è stata modellizzata per mancanza di dati, sono stati utilizzati come riferimento i gruppi di Corpi Idrici con le caratteristiche più somiglianti (tipi idrologici simili e medesima classe morfologica). I valori del coefficiente $N_{(ISH \geq 0.6)}$ considerati per la riscaldatura sono quelli medi per ciascuna tipologia idromorfologica.

Fattore Correttivo N per i 26 tipi fluviali considerati nell'ambito del reticolo idrico della Lombardia. Tra parentesi: (tipo idrologico; classe morfologica; biocenosi). Nei casi di modulazione anticipata di cui al capitolo 3.6, anche la modulazione di N è stata anticipata di un mese per ogni trimestre.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Gruppo 1 (Gambero)	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7
Gruppo 2 (Ittiofauna assente)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Gruppo 3 (1; C; SALMONIDI)	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5
Gruppo 4 (1; C; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Gruppo 5 (2; C; SALMONIDI)	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Gruppo 6 (2; C; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Gruppo 7 (3; C; SALMONIDI)	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
Gruppo 8 (3; C; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Gruppo 9 (4; C; SALMONIDI)	1,3	1,3	1,3	1,9	1,9	1,9	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
Gruppo 10 (4; C; CIPRINIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 11 (5; C; SALMONIDI)	1,3	1,3	1,3	1,9	1,9	1,9	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
Gruppo 12 (5; C; CIPRINIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 13 (1; SC; SALMONIDI)	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5
Gruppo 14 (1; SC; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Gruppo 15 (2; SC; SALMONIDI)	1,5	1,5	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
Gruppo 16 (2; SC; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Gruppo 17 (3; SC; SALMONIDI)	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
Gruppo 18 (3; SC; CIPRINIDI)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Gruppo 19 (4; SC; SALMONIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 20 (4; SC; CIPRINIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 21 (5; SC; SALMONIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 22 (5; SC; CIPRINIDI)	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Gruppo 23 (2-3; NC-SBA)	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Gruppo 24 (2-3; NC-S/M)	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Gruppo 25 (2-3; NC-W/R/A)	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Gruppo 26 (4-5; NC)	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2



Applicazione del Fattore Correttivo N nel reticolo idrico lombardo.

Tutela di habitat di interesse conservazionistico

In aggiunta al Fattore Correttivo N per la tutela di specie di interesse conservazionistico, presentato nel paragrafo precedente e applicato a scala regionale ai Corpi Idrici interessati anche parzialmente dalla presenza di aree protette e/o siti Rete Natura 2000, è stato definito un Fattore Correttivo N a tutela degli habitat (N_h), applicabile su richiesta dell'Ente Gestore ai singoli tratti fluviali sottesi dalla derivazione, laddove sia presente un habitat strettamente igrofilo nell'area di pertinenza fluviale. La necessità di applicazione di N_h deve essere infatti verificata sitospecificamente, in funzione dei reali fabbisogni idrici dell'area di interesse, poiché habitat ripariali potrebbero comunque non essere influenzati da variazioni di deflusso ecologico, ma solo da dinamiche idrauliche di maggiore ampiezza (ad esempio, dalla magnitudine, frequenza e durata di eventi di piena o di morbida).

L'area di pertinenza fluviale è stata individuata su base cartografica interpolando i Corpi idrici con le fasce A del PAI (ove presenti). Per i corsi d'acqua per cui tale informazione non è presente, sono state definite delle aree buffer di ampiezza diversa, in funzione della tipologia e dimensione dei Corpi Idrici:

- In presenza della classificazione IQM, la fascia di pertinenza fluviale è di dimensioni diverse in funzione del grado di confinamento (confinato: buffer di 25 m; semiconfinato: buffer di 50 m; non confinato: buffer di 100 m).
- In assenza di tale dato, la fascia è definita in funzione delle portate medie annue dei Corpi Idrici, definite dal BIR (portata < 1 m³/s: buffer di 10 m; portata tra 1 e 10 m³/s: buffer di 25 m; portata > 10 m³/s: buffer di 50 m).

L'utilizzo di questi dati ha consentito la realizzazione di una cartografia degli habitat strettamente igrofili ubicati nella zona di pertinenza fluviale **all'interno dei siti Rete Natura 2000** (dove la cartografia ufficiale degli habitat di interesse comunitario è disponibile).



Estratto della cartografia che individua gli habitat strettamente igrofili nella zona di pertinenza fluviale.

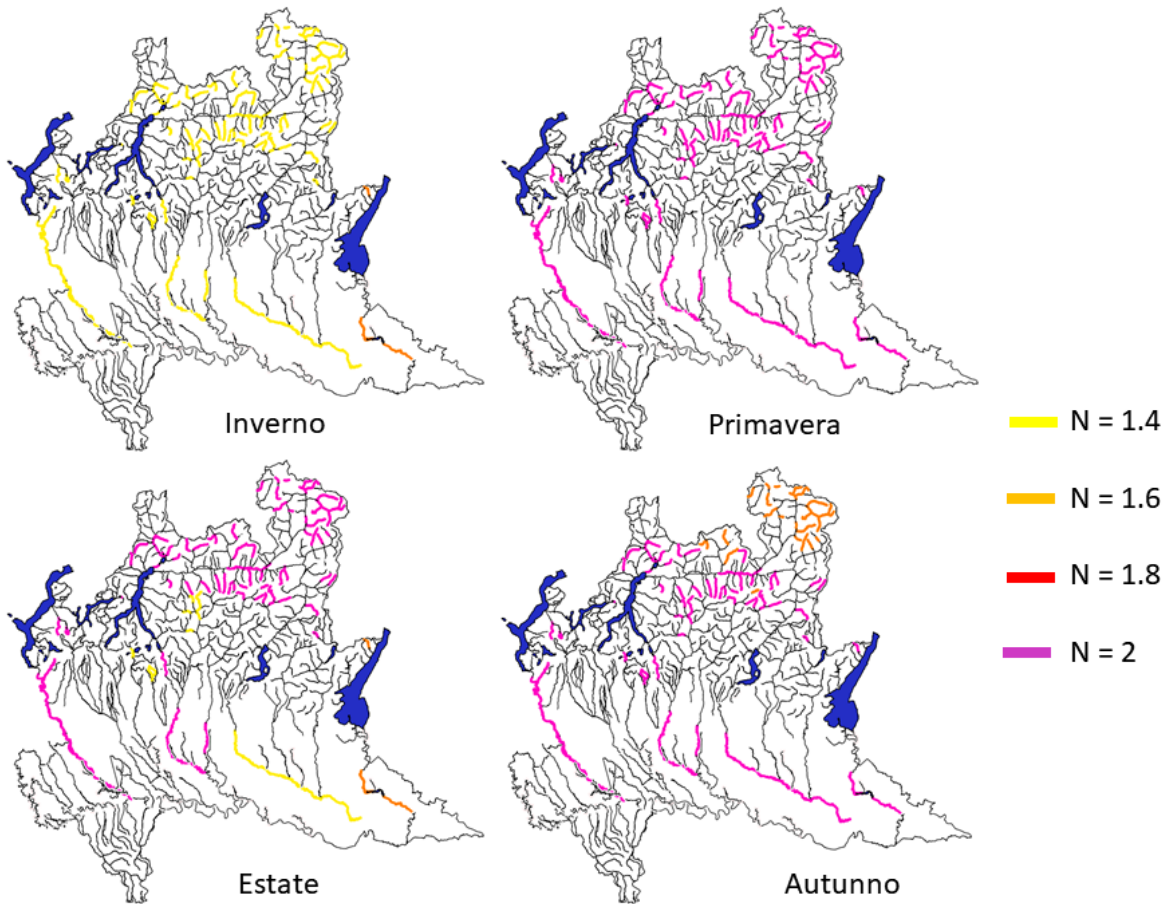
La cartografia, disponibile in shapefile, è uno strato informativo a supporto delle decisioni degli Enti Gestori. Il fattore Nh è posto pari a 2 e modulato nel tempo applicando il fattore correttivo Tidrologico (cfr. capitolo 3.6). Per valori di Tidrologico >1, Nh assumerebbe valori >2 e, in conseguenza di ciò, viene posto a 2. Ne consegue che il valore di Nh, a seconda delle stagioni, può essere compreso tra 1,4 (Nh * Tidrologico=0,7) e 2 (Nh * Tidrologico≥1).

Gli habitat igrofilo per il cui stato di conservazione è ipotizzabile una relazione diretta con il deflusso transitante nei corsi d'acqua in adiacenza sono:

- 3220 Fiumi alpini e loro vegetazione riparia erbacea.
- 3230 Fiumi alpini e loro vegetazione riparia legnosa a *M. germanica*.
- 3240 Fiumi alpini e loro vegetazione riparia legnosa a *Salix elaeagnos*.
- 3260 Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculion*.
- 3270 Fiumi con argini melmosi con vegetazione del *Chenopodion*.
- 4080 Boscaglie subartiche di *Salix* spp.
- 6430 Bordure planiziali, montane e alpine di megaforie idrofile.
- 7220* Sorgenti petrificanti con formazione di travertino.
- 91E0* Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior*.
- 91F0 Foreste miste riparie di grandi fiumi.

Tali habitat presentano ciascuno le proprie specificità nel rapporto con l'alveo bagnato del corso d'acqua di attinenza e il suo deflusso nelle diverse condizioni idrologiche. Sulla base di tali specificità, ed in esito alla fase di consultazione pubblica, si è definita una potenziale scala di priorità per l'adozione di N habitat, al fine di agevolare la valutazione degli Enti Gestori dei siti Rete Natura 2000 in merito alla richiesta di applicazione del fattore correttivo.

La valutazione dell'effettiva necessità di introduzione di N habitat resta comunque in capo al singolo Ente Gestore dei siti Rete Natura 2000, in seguito a valutazioni sito-specifiche.



Applicazione potenziale del Fattore Correttivo N_h (si considerano solo i sottotratti con presenza degli habitat selezionati).

3.4. Fattore Q

Il Fattore Correttivo Q esprime le esigenze di maggior tutela per i corpi idrici che non hanno ancora raggiunto gli obiettivi ambientali fissati nel Piano di Gestione del Bacino del Po e nei suoi successivi riesami e aggiornamenti, anche a causa delle attività antropiche presenti e della necessità di diluizione dei carichi inquinanti.

Lo Stato Ecologico e lo Stato Chimico dei Corpi Idrici naturali appartenenti alla rete di monitoraggio definita dal Piano di Gestione del bacino del Po e dal PTUA sono stati desunti dagli ultimi dati relativi allo stato ambientale dei corsi d'acqua forniti da ARPA Lombardia e contenuti nell'aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto del fiume Po, adottato a dicembre 2021. I dati relativi alla classificazione dei Corpi Idrici sono stati sottoposti ad un lavoro di analisi congiunto tra il gruppo di lavoro sul Deflusso Ecologico, i tecnici di ARPA Lombardia e il personale di Regione Lombardia competente per le attività di pianificazione acque. Infatti, poiché la Direttiva Deflussi Ecologici dell'Autorità di Bacino del Po chiede di individuare, per l'applicazione del Fattore Correttivo Q, gli ambiti in cui ve ne sia l'effettiva esigenza (i.e. i Corpi Idrici che, in funzione delle pressioni agenti, possono trarre un effettivo beneficio da un incremento del Deflusso Ecologico), gli elementi che hanno portato alla classificazione sono stati disaggregati e valutati caso per caso, interpolando inoltre i dati sulla qualità ambientale con le informazioni relative alle pressioni agenti sui vari Corpi Idrici.

Analisi dello stato ambientale dei Corpi Idrici

Lo Stato Ecologico dei Corpi Idrici lombardi presenta una situazione in chiaroscuro, con circa il 40% dei corsi d'acqua in stato "buono" o "elevato" e il 60% che non raggiunge l'obiettivo di qualità prefissato. Per quanto riguarda lo Stato Chimico, il cui giudizio dipende dalla concentrazione media e massima di sostanze chimiche di varia tipologia, circa il 28% dei Corpi Idrici non rispetta gli standard.

L'analisi degli elementi che hanno portato alla classificazione ha permesso di distinguere i Corpi Idrici il cui Stato Ecologico non raggiunge l'obiettivo di qualità a causa degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), rappresentativi delle condizioni della biocenosi, della qualità chimico-fisica (rappresentata dall'indice LIMeco), o dalla presenza di ulteriori inquinanti chimici specifici (elementi chimici a supporto della classificazione). Nella fattispecie, si è ravvisato come in quest'ultima categoria siano presenti una serie di sostanze ubiquitarie (quali, ad esempio, il Mercurio e gli IPA), sostanze poste fuori commercio di cui permane una presenza nell'ambiente (come il pesticida Parathion) o sostanze che, in taluni contesti ambientali, sono presenti in concentrazioni elevate per cause naturali (come l'arsenico in alcune valli alpine). Sono viceversa stati considerati i pesticidi attualmente in uso, anche se riscontrati con elevata frequenza, presupponendo che il Deflusso Ecologico possa contribuire a mitigare gli effetti indotti dalla pressione dei "carichi inquinanti diffusi".

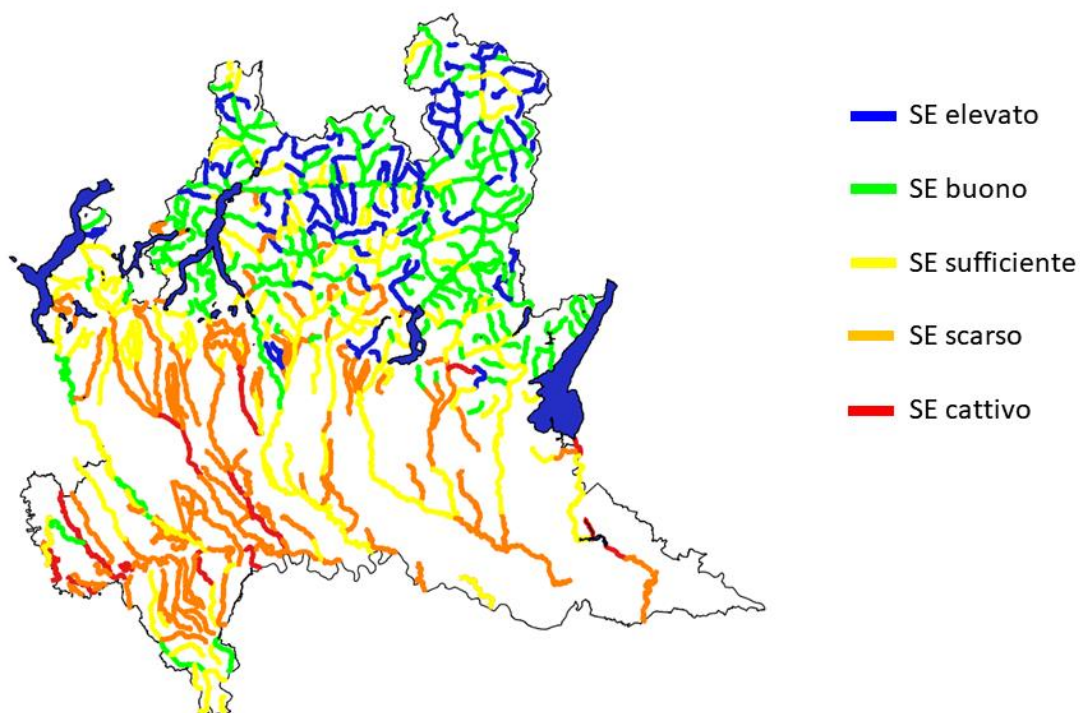
Gli EQB e lo stato generale di qualità chimico-fisica sono stati considerati elementi di valutazione attinenti al possibile ruolo del Deflusso Ecologico.

Ai fini dell'applicazione di Q, si è deciso di considerare sempre il valore peggiore tra gli indicatori calcolati attraverso gli esiti del monitoraggio ufficiale per la definizione dello Stato Ecologico.

Il meccanismo ufficiale della classificazione, ai sensi del D Lgs 152/2006 e norme complementari ed attuative, è infatti tale per cui, se gli EQB avessero un giudizio "sufficiente" e l'indice LIMeco risultasse "scarso", lo Stato Ecologico complessivo risulterebbe "sufficiente".

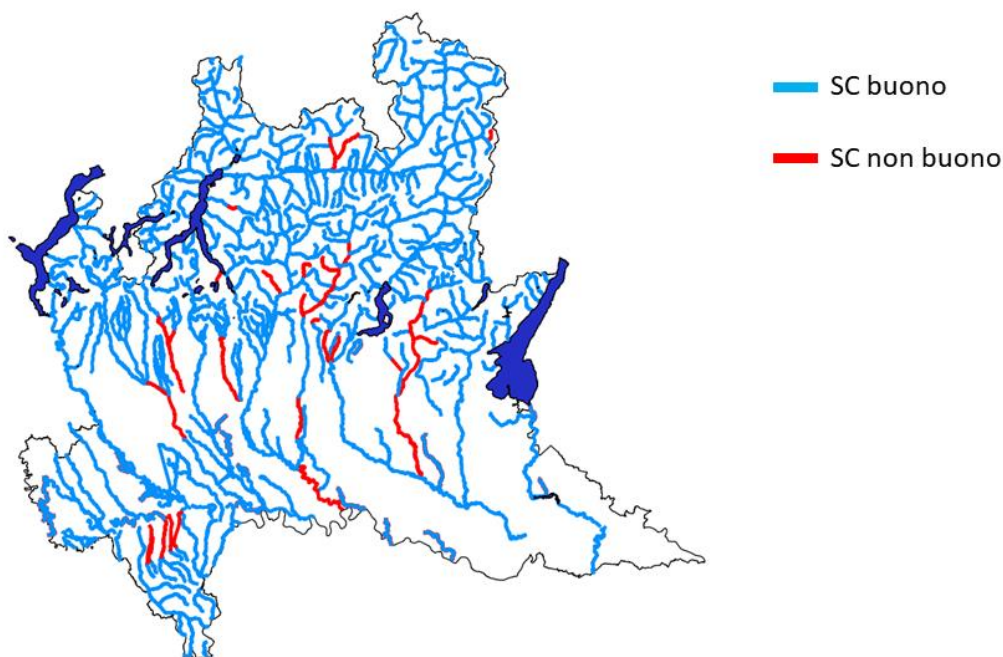
Il Deflusso Ecologico, tuttavia, in presenza di alcune tipologie ben definite di pressioni (e.g. un ingresso puntuale di inquinanti in un tratto soggetto a derivazioni), può svolgere un ruolo intrinseco nel raggiungimento degli obiettivi di qualità e si è dunque deciso di adottare l'approccio cautelativo di incrementare il Deflusso Ecologico, attraverso il Fattore Correttivo Q, in funzione dei fabbisogni relativi all'elemento della classificazione maggiormente compromesso.

In un caso come quello precedentemente descritto, quindi, ai fini dell'applicazione del DE si considererebbe realmente il valore peggiore, e quindi il valore dell'indice LIMeco ("scarso"). Ciò inoltre è in accordo con il principio di fondo indicato dalla metodologia presentata nella DGR 2721/2019 (*Fattore Correttivo Q – step 2 – Applicazione di metodologia sito-specifica*).



Stato Ecologico dei Corpi Idrici naturali lombardi, rivisto.

Per la classificazione basata sullo Stato Chimico è stato adottato lo stesso principio utilizzato per gli elementi chimici a supporto della classificazione dello Stato Ecologico. Si è deciso di non considerare, ai fini dell'adozione del Fattore Correttivo Q, la presenza di sostanze ubiquitarie, già poste fuori commercio o presenti in concentrazioni elevate per cause naturali.



Stato Chimico dei Corpi Idrici naturali lombardi, rivisto.

Lista delle sostanze chimiche non considerate per l'adozione del Fattore Correttivo Q

IPA e composti organoalogenati

PFOS
 Mercurio
 Arsenico
 Paration-M
 Trifluralin
 Clorpirifos
 Dicofol

Ai dati relativi allo Stato Ecologico e allo Stato Chimico rivisti si applica la tabella a doppia entrata prevista dalla DGR 2721/2019.

Tabella a doppia entrata per la quantificazione del fattore Q

Stato ecologico \ Stato chimico	Buono	Non buono
	Buono o elevato	Q = 1
Sufficiente	Q = 1.2	Q = 1.4
Scarso o cattivo	Q = 1.4	Q = 2

I dati relativi alla classificazione, come già accennato, sono stati posti a confronto con i dati relativi alle pressioni agenti su ciascun Corpo Idrico, per individuare gli ambiti in cui lo

scadimento della qualità ambientale è imputabile a cause tali per cui un incremento del Deflusso Ecologico possa avere una significativa capacità di mitigazione.

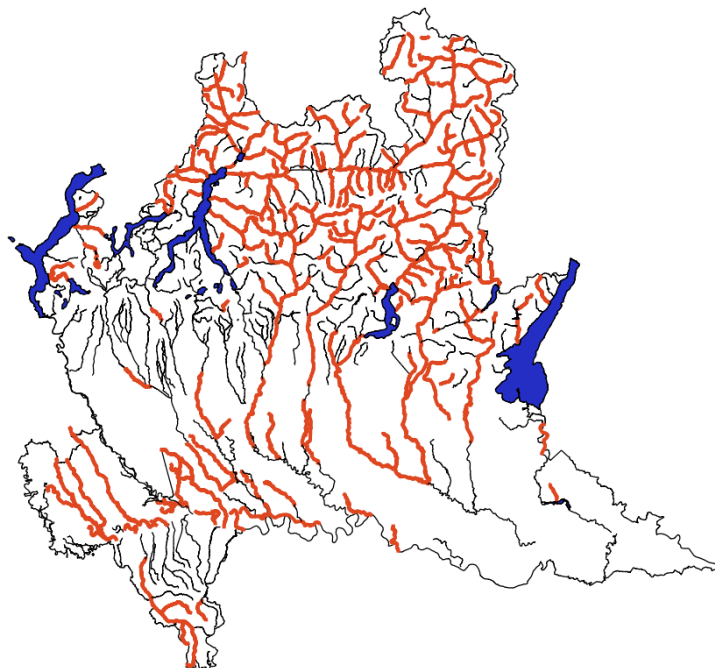
Le pressioni considerate ai fini dell'applicazione di Q, in applicazione della Direttiva Deflussi Ecologici, sono state desunte dall'analisi delle pressioni aggiornata, effettuata nell'ambito dell'aggiornamento del Piano di Gestione del fiume Po, adottato dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po a dicembre 2021. Sono, in particolare, state considerate:

- La pressione data dai prelievi, anche in assenza di altre pressioni, purché considerata “significativa” dal Piano di Gestione (PdG) distrettuale;
- La pressione data dagli scarichi puntuali civili, qualora “significativa” e associata alla presenza della pressione prelievi;
- La pressione data dagli scarichi industriali, qualora “significativa” e associata alla presenza della pressione prelievi;
- La pressione data dall'inquinamento diffuso di origine agricola qualora “significativa” e associata alla presenza pressione prelievi.

Le soglie di significatività delle pressioni sono le medesime utilizzate per il Piano di Gestione del Po, al quale si rimanda per completezza.

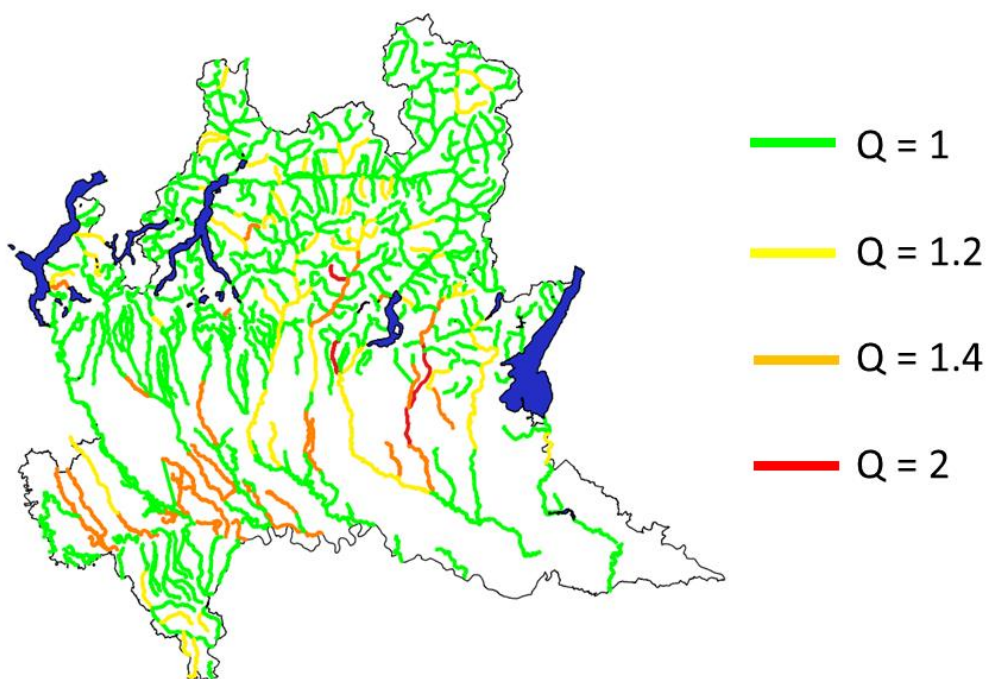
Per considerare la presenza della pressione prelievi, anche in assenza di significatività, è stata prevista una soglia minima pari ad un prelievo del 10% della portata media annua. Tale accorgimento è volto ad evitare che si considerino impattati corpi idrici dove il prelievo è trascurabile (ad es. nel caso di piccole derivazioni a uso idropotabile).

Si è deciso di non considerare le pressioni di tipo idromorfologico nella determinazione dell'applicabilità di Q a causa della natura degli indicatori utilizzati per identificarle, sempre con riferimento alle pressioni individuate nel Pdg Po. La loro individuazione, infatti, si basa sull'aggregazione di alcuni ambiti di indagine dell'indice IQM che però risultano non sufficientemente dettagliati al fine di stabilire se incrementi di portata dell'ordine dei Fattori Correttivi del Deflusso Ecologico possano esercitare un'azione mitigante (ad esempio, la presenza di numerose briglie o di difese spondali esercitano una pressione idromorfologica sull'ambiente fluviale la cui mitigazione non ha verosimilmente attinenza con l'adozione di Q).



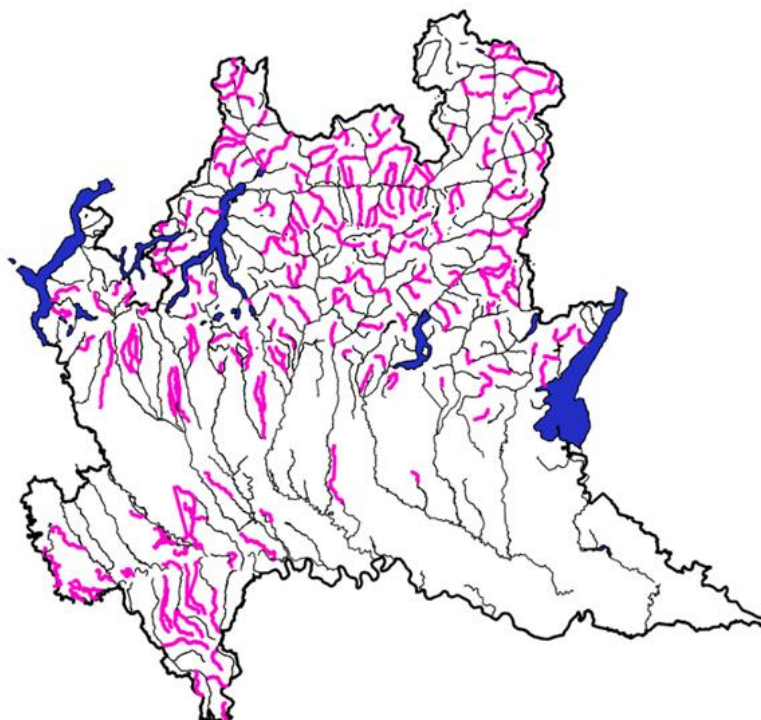
Corpi idrici (in arancione) potenzialmente interessati dall'applicazione del Fattore Correttivo Q a seguito dell'analisi delle pressioni presenti.

L'interpolazione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico rivisti con l'areale di potenziale applicazione del Fattore Correttivo Q conduce alla sua quantificazione, secondo quanto previsto dalla metodologia (cfr. la tabella a doppia entrata precedente).



Applicazione del Fattore Correttivo Q nel reticolo idrico lombardo.

Allo stato attuale si è deciso di non procedere con l'affinamento dei valori del Fattore Correttivo Q previsto dalla DGR 2721/2019, che prevede l'interpolazione dei valori dell'indice LIMeco con le concentrazioni medie annue (SQA-MA) rilevate per gli elementi chimici a sostegno (tab. 1/B D.Lgs. 172/2015) e le sostanze dell'elenco di priorità (tab. 1/A D.Lgs. 172/2015). Al di là delle considerazioni espresse in precedenza per alcune delle sostanze degli elenchi (ubiquitarietà, persistenza nell'ambiente di sostanze ormai vietate, presenza per cause naturali in alcuni contesti), che rendono talvolta opinabile l'uso del Fattore Correttivo Q come strumento di mitigazione, si è ravvisato come l'adozione di un metodo sito-specifico, che prevede la quantificazione esatta delle concentrazioni dei microinquinanti, sia difficilmente applicabile in un contesto (quello del reticolo idrico lombardo) in cui è ampia la presenza di Corpi Idrici classificati per raggruppamento con altri. In tali situazioni, infatti, la quantificazione delle concentrazioni dei singoli inquinanti non avviene nel Corpo Idrico oggetto di valutazione, ma nel Corpo Idrico ad esso più affine che faccia parte della rete di monitoraggio. Il principio, valido per la classificazione basata sui macrodescrittori chimico-fisici e sugli EQB, non consente tuttavia di procedere all'affinamento della metodologia relativa al Fattore Correttivo Q con sufficiente confidenza nella necessaria base conoscitiva.



Corpi idrici naturali del reticolo regionale classificati per raggruppamento (in fucsia).

3.5. Fattore F

Esprime le esigenze di maggior tutela per ambienti fluviali oggetto di particolare fruizione turistico-sociale, compresa la balneazione, e di particolare interesse paesaggistico. Secondo la DGR 2721/2019, il Fattore Correttivo F deve essere valorizzato a partire dalle segnalazioni di evidenze locali, purché ben documentate ed opportunamente valutate, tenendo conto degli effetti concreti in termini fruitivi di una sua eventuale applicazione.

Valorizzazione di segnalazioni di evidenze locali

Tra le attività fruitive nei corsi d'acqua influenzate dal regime dei deflussi, come già indicato nella DGR2721/2019, sono state considerate le seguenti:

1. balneazione,
2. canoa, kayak, rafting e sport assimilabili,
3. pesca sportiva.

1. Per quanto riguarda la balneazione, sebbene vi siano corsi d'acqua comunemente utilizzati a tale fine nel periodo estivo e la fruibilità sia potenzialmente influenzata, direttamente o indirettamente, dai rilasci in alveo, poiché non vi sono attualmente tratti fluviali formalmente individuati come balneabili nel reticolo lombardo, non è stato possibile procedere ad analisi più di dettaglio.

2. Al fine di individuare i tratti fluviali di maggiore interesse per l'attività di canoa-kayak, sono stati consultati i rappresentanti della Federazione Italiana Rafting e della Federazione Italiana Canoa e Kayak. Sebbene i corsi d'acqua potenzialmente di interesse per la pratica di questi sport siano molti, l'attività attuale si è forzatamente concentrata dove almeno per alcuni periodi il livello di alterazione dovuta alle derivazioni e agli ostacoli alla continuità longitudinale la rendono fattibile. Pertanto, l'analisi effettuata è intrinsecamente parziale rispetto alle potenzialità di miglioramento.

Le associazioni hanno individuato una serie di tratti di interesse, perlopiù finalizzati all'attività amatoriale, ma in qualche caso anche agonistica.

Per alcuni di tali tratti, le associazioni hanno determinato la portata minima indicativa sotto la quale non è possibile navigare con continuità (solitamente riportata anche nel sito <https://riverzone.eu/>). Tuttavia, in tutti questi casi la portata rilasciabile, anche assumendo il massimo valore possibile di F (pari a 2) è significativamente inferiore alla minima portata necessaria per la canoabilità (che è in media circa 5 volte superiore, ovvero pari circa alla portata media annua). Fanno eccezione i campi slalom, dove la portata necessaria è di poco superiore a 2 volte la portata media annua, ma dove l'attività, generalmente concentrata in date e periodi specifici, è soggetta ad accordi diretti con i concessionari di derivazione d'acqua pubblica.

Pertanto, anche nei corsi d'acqua individuati come di interesse non risulta utile la determinazione di valori di $F > 1$.

Le esigenze legate a canoa-kayak-rafting dovrebbero pertanto essere considerate tramite accordi sito-specifici, che determinino rilasci maggiori di quelli consentiti dall'attuale DE, ma concentrati nei periodi di maggiore utilità per la specifica attività.

Tratti fluviali interessati dalle attività di canoa, kayak o similari.

Corso d'acqua	Tipo attività	Da	A	CI
Adda	Amatoriale	Le Prese	Grosotto	IT03N0080014ALO
Adda	Amatoriale	Stazzona	Chiuro (Ponte del Baghetto)	IT03N0080015LO
Adda	Agonistica	Chiuro (Ponte del Baghetto)	Piateda	IT03N0080015LO
Mallero	Amatoriale	Chiesa	Spriana	IT03N0080010162LO
Masino	Amatoriale	S.Martino	Cataeggio	IT03N0080010171LO
Brembo	Agonistica	S.Giovanni Bianco	S.Pellegrino	IT03N0080010063LO
Brembo	Campo slalom	S.Pellegrino	S.Pellegrino	IT03N0080010063LO
Brembo	Agonistica	S.Pellegrino	Zogno	IT03N0080010063LO
Enna	Amatoriale	2a centrale	Ponte per Cantalto	IT03N008001006032LO
Brembo di Mezzoldo	Amatoriale			IT03N008001006011LO
Brembo di Mezzoldo	Amatoriale			IT03N008001006012LO
Torrente Valmora	Amatoriale	Averara	Olmo al Brembo	IT03N0080980350507A2LO
Brembo di Carona	Amatoriale			IT03N0080010062LO
Stabina	Amatoriale	Valtorta	Olmo al Brembo	IT03N00800100601032LO
Chiese	Amatoriale	Vestone	Sabbio Chiese	IT03N00806000412LO
Chiese	Campo slalom	Vobarno	Vobarno	IT03N00806000413LO
Mella	Amatoriale	Bovegno	Brozzo	IT03N0080600082LO
Oglio	Amatoriale	Porto di Calepio	Cividino	IT03N0080605LO
Serio	Amatoriale	Gandellino	Ardesio	IT03N008001023111LO
Serio	Amatoriale	Ponte Nossa	Gazzaniga	IT03N008001023111LO
Ticino	Amatoriale	Potenzialmente tutto		Potenzialmente tutti i CI

3. In relazione alla pesca sportiva si è assunto che le esigenze dei pescatori coincidano con quelle delle comunità ittiche e che siano pertanto soddisfatte tramite i fattori N e T ittologico. Eventuali aggiornamenti potranno essere valutati in futuro qualora si determinino variazioni nella regolamentazione delle immissioni ittiche a fini alieutici.

Individuazione e analisi degli ambiti con valenza paesaggistica

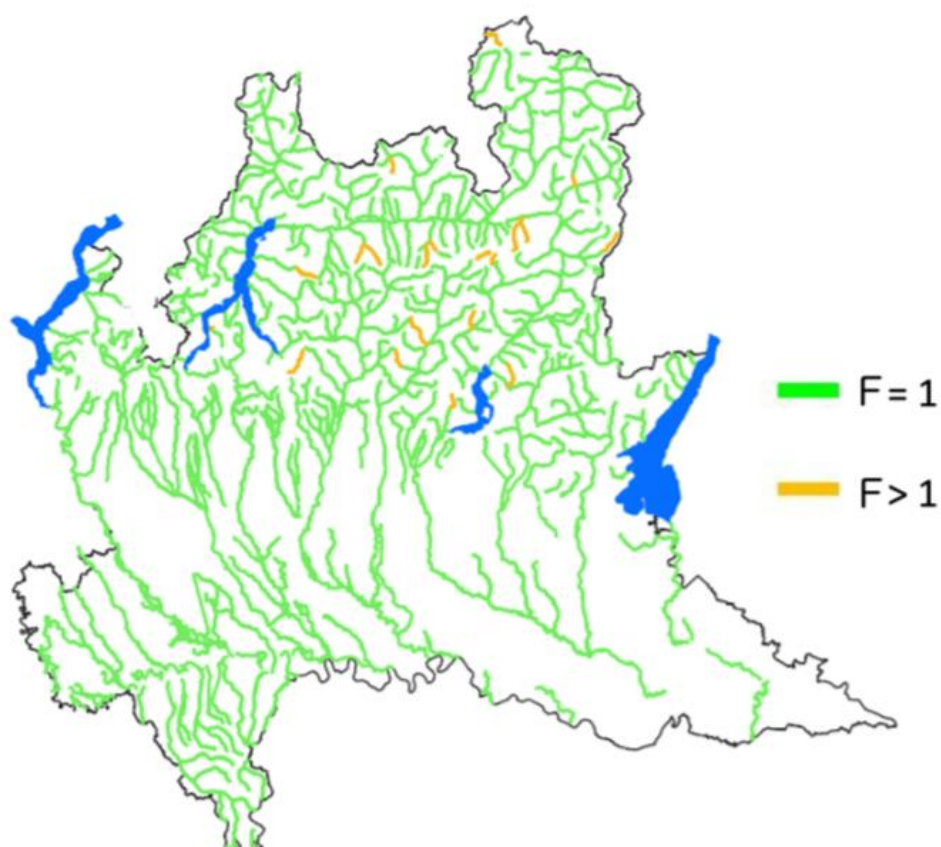
È stata effettuata la prevista “cernita selettiva delle aree, al fine di individuare quelle effettivamente interessate da elementi di fruizione paesaggistica la cui valenza sia strettamente connessa alla presenza di corsi d’acqua naturali”, partendo come indicato dalla DGR 2721/2019 dalle categorie indicate nel Codice dei Beni Culturali. Tuttavia, per nessuna di queste è stata individuata una chiara dipendenza del valore paesaggistico in funzione della portata in alveo, perlomeno nell’intervallo influenzabile dai fattori correttivi.

Si è dunque individuata una diversa categoria di ambiti con valenza paesaggistica connessi al deflusso idrico, ovvero i sentieri di montagna in prossimità di corsi d’acqua, per i quali la

percezione sensoriale dello specifico ambiente è influenzata dalla quantità di acqua presente.

Si sono pertanto preliminarmente individuati i Corpi Idrici ricadenti negli "ambiti ad elevata naturalità della montagna" (Art. 17 del Piano Territoriale Regionale)

Tra questi sono stati identificati quei CI che si trovano in prossimità della rete regionale dei sentieri, traducendo operativamente questa condizione come "distanza del corpo idrico da un sentiero ≤ 50 metri, per almeno il 50% della sua lunghezza" e, con queste modalità, sono stati individuati 20 corpi idrici potenzialmente interessati dal fattore F.



Corpi Idrici (in arancione) interessati dalla potenziale applicazione del fattore F a scopi paesaggistici.

Tuttavia, nell'impossibilità di valutare univocamente i concreti benefici apportabili in termini fruitivi/turistici/paesaggistici per effetto dell'applicazione di $F > 1$ negli ambiti individuati, come richiesto dalla metodologia ex DGR 2721/2019, allo stato attuale non si prevede l'applicazione del Fattore Correttivo F sul reticolo idrico regionale lombardo.

Gli approfondimenti eseguiti potranno quindi costituire una base di partenza per future applicazioni del fattore F.

3.6. Fattore T

Il Fattore Correttivo T descrive le esigenze di variazione dei rilasci nell'arco dell'anno per garantire l'integrità del regime del deflusso naturale del Corpo Idrico interessato e per contribuire al raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati e di tutela della vita acquatica.

L'applicazione del Fattore Correttivo T è legata alle esigenze di modulazione delle portate in alveo, correlate ai seguenti aspetti:

- Aspetti *idrologici*, in relazione all'andamento idrologico naturale delle portate;
- Aspetti *ittologici*, in relazione alle necessità legate alle specie ittiche target e ai relativi periodi riproduttivi.

Poiché nell'ambito di applicazione del Fattore Correttivo N, tuttavia, è già presente una modulazione definita per soddisfare entrambi questi aspetti (dato che esso è basato su considerazioni legate al regime idrologico locale, ponderate sulla base delle esigenze ecologiche delle specie faunistiche di interesse conservazionistico), in presenza di N modulato non viene applicato T, che risulta essere già incorporato in N stesso e sarebbe dunque ridondante.

Modulazione idrologica

La modulazione avviene seguendo le oscillazioni del regime idrologico naturale, analizzato a livello di portate naturali medie mensili partendo dalla banca dati disponibile nel BIR. La metodologia indicata dalla DGR 2721/2019 prevedeva di identificare valori diversi di T in funzione del rapporto tra le portate medie mensili e la portata media annua.

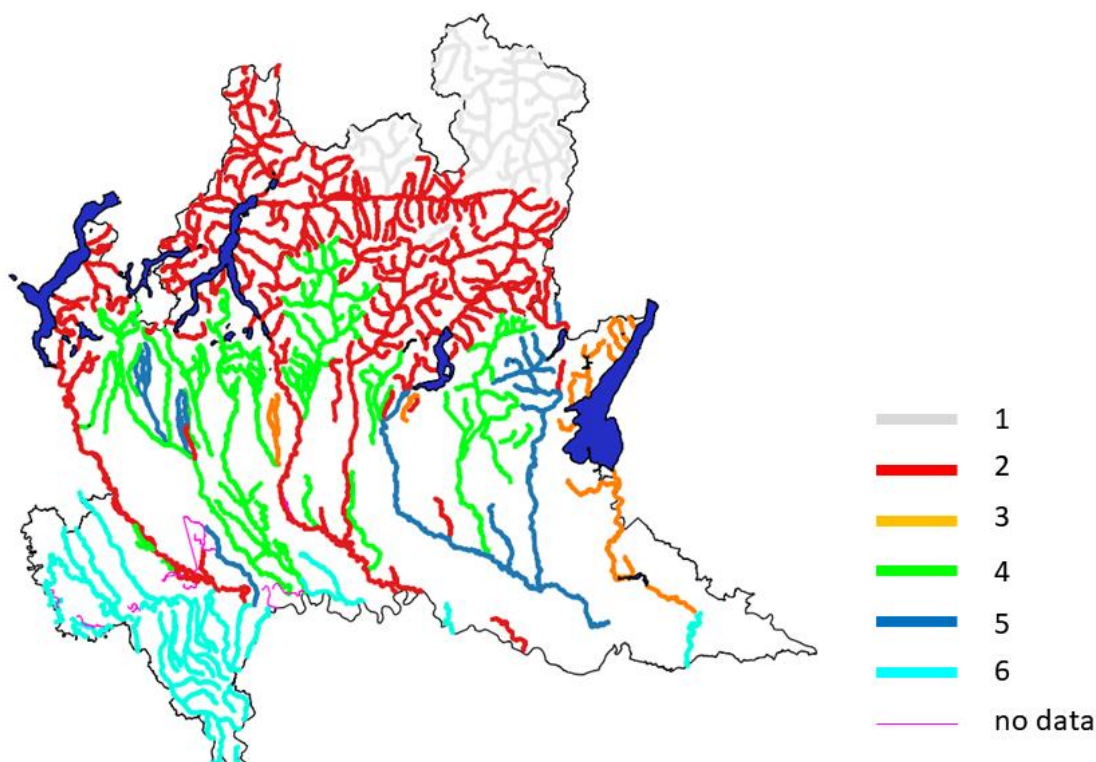
Tabella della DGR 2721/2019 per l'applicazione di T idrologico.

• nei mesi ove:	$Q_{\text{mensile}} / Q_M \leq 1/3$	si assume	T = 0.7
• nei mesi ove:	$1/3 < Q_{\text{mensile}} / Q_M \leq 1/2$	si assume	T = 0.8
• nei mesi ove:	$1/2 < Q_{\text{mensile}} / Q_M \leq 2/3$	si assume	T = 0.9
• nei mesi ove:	$2/3 < Q_{\text{mensile}} / Q_M < 3/2$	si assume	T = 1
• nei mesi ove:	$3/2 \leq Q_{\text{mensile}} / Q_M < 2$	si assume	T = 1.1
• nei mesi ove:	$2 \leq Q_{\text{mensile}} / Q_M < 3$	si assume	T = 1.2
• nei mesi ove:	$Q_{\text{mensile}} / Q_M \geq 3$	si assume	T = 1.3

Una prima applicazione estensiva della metodologia su tutti i Corpi Idrici del reticolo idrico regionale ha tuttavia mostrato come essa portasse ad una modulazione molto contenuta, con oscillazioni molto prossime all'intorno di 1 nella maggior parte dei casi e con solo pochi mesi in cui si osservavano variazioni apprezzabili. Questo risultato non è in linea con i benefici ambientali che si vorrebbero ottenere da una modulazione significativa, rappresentativa delle reali fluttuazioni di portata stagionali: si consideri che, laddove attualmente viene adottata una modulazione per prescrizioni a seguito di Valutazione di Impatto Ambientale o di rilascio di concessione, essa consta generalmente di sei mesi con T=0,7 e sei mesi con T=1,3.

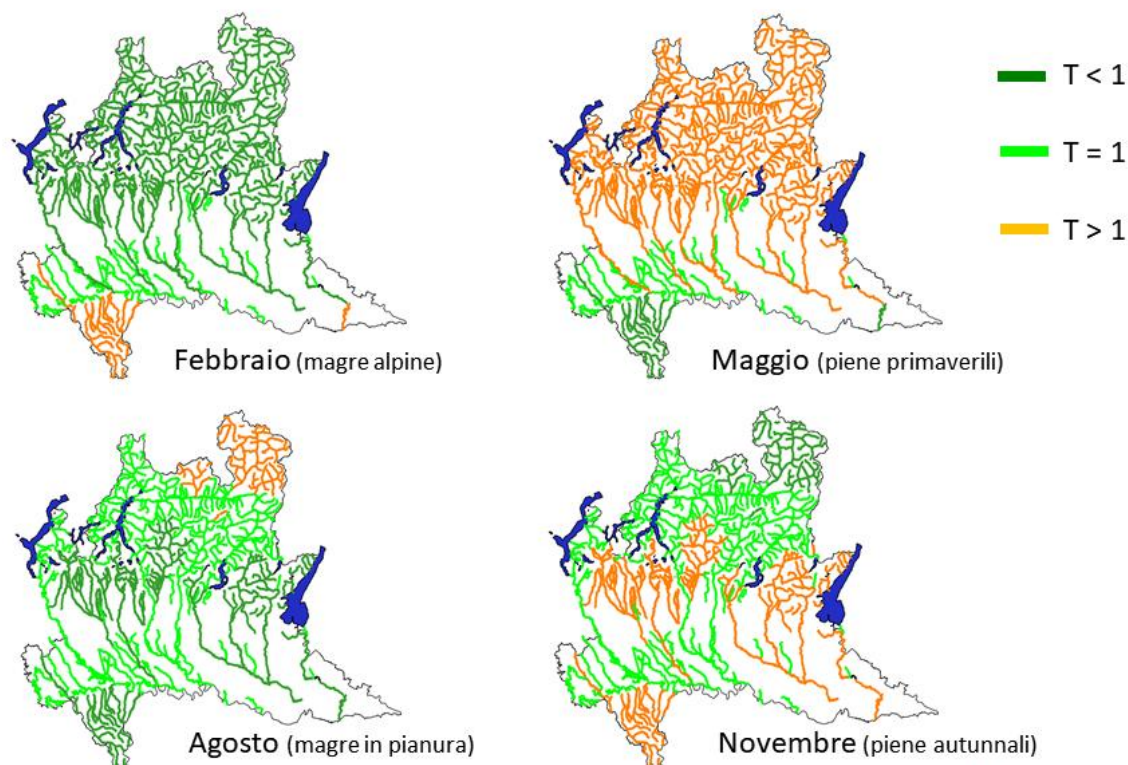
Le interlocuzioni avvenute all'interno del gruppo di lavoro e con i funzionari di altri uffici regionali o di altri Enti suggeriscono inoltre come sia opportuno considerare per T idrologico cadenze trimestrali piuttosto che mensili, anche al fine di permettere una più semplice attività di controllo sul campo del rispetto delle prescrizioni.

Si è quindi deciso di applicare una diversa metodologia, suddividendo il reticolo idrico regionale in 6 regimi idrologici che si differenziano sulla base delle diverse condizioni meteorologiche presenti nei bacini. Il procedimento è analogo a quello effettuato per il fattore correttivo N, e i diversi tipi idrologici individuati si differenziano per i periodi di magra e di morbida, che possono ricadere in stagioni differenti.



Suddivisione del reticolo idrico regionale in “tipi idrologici”, in funzione del diverso andamento delle portate medie mensili rispetto alle portate medie annue.

Alle stagioni connesse con le magre sono assegnati valori di $T < 1$, mentre alle stagioni caratterizzate da portate defluenti maggiori sono assegnati valori di $T > 1$. In generale, sono stati utilizzati, per assegnazione diretta, i valori estremi dell'intervallo (0,7 / 0,8 e 1,2 / 1,3) per meglio definire le dinamiche idrologiche stagionali.

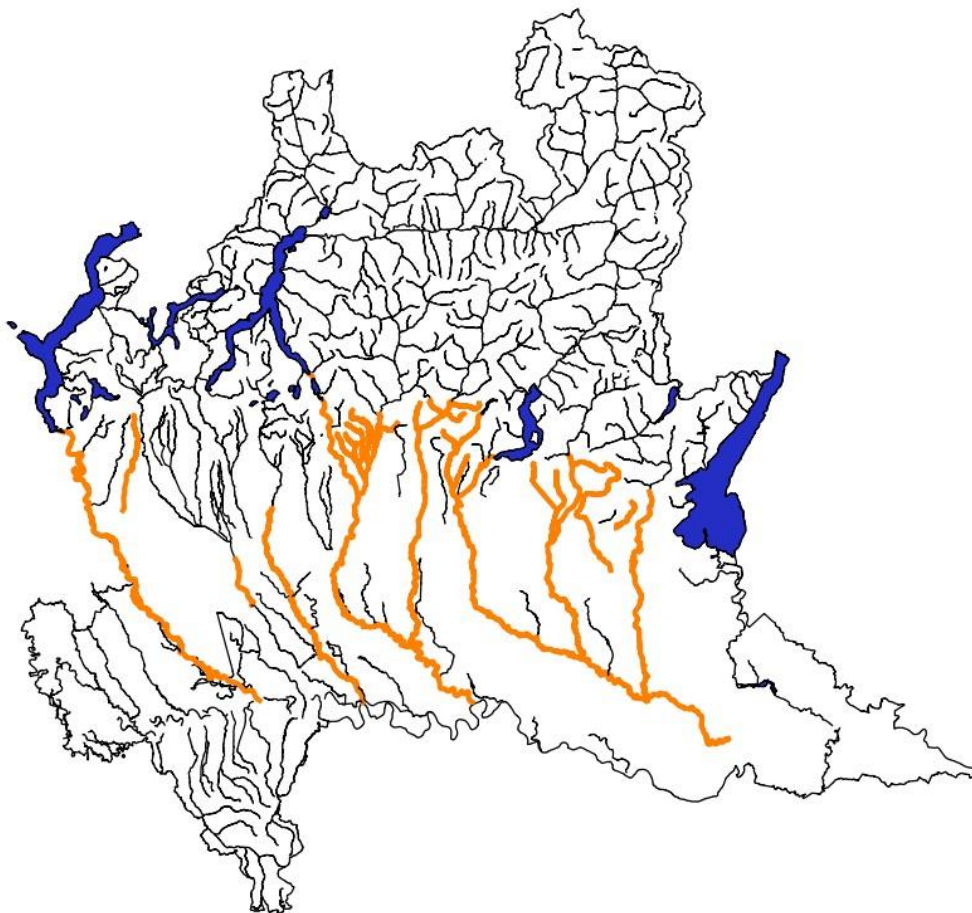


Andamento del Fattore Correttivo T idrologico nelle diverse stagioni.

Valori del Fattore Correttivo T idrologico nel tempo, per i diversi “tipi idrologici”

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Tipo 1	0,8	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
Tipo 2	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1	1	1
Tipo 3	1,2	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2
Tipo 4	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3
Tipo 5	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3
Tipo 6	1,3	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3

A seguito delle osservazioni pervenute durante la fase di consultazione pubblica, sono state condotte delle ulteriori analisi riguardanti l'andamento idrologico dei corpi idrici planiziali. L'andamento dei regimi idrologici di tali corsi d'acqua, rilevato anche nell'ambito del BIR, mostra una tendenza ad anticipare la magra tipicamente estiva già nel mese di giugno; più in generale, si è osservato come anticipare le quattro modulazioni trimestrali di un mese sia coerente con il regime idrologico dei suddetti Corpi Idrici. Per tale motivo, in alcuni corpi idrici planiziali le modulazioni riportate nella tabella precedente sono anticipate di un mese e, ad esempio, per il tipo idrologico 2 il mese di giugno è posto a 1, il mese di dicembre a 0,7 e il mese di marzo a 1,3. La modifica si applica a tutte le modulazioni, incluse quelle dei fattori correttivi N e T ittologici, dove presenti.



Ambiti di applicazione (in arancione) della modulazione anticipata di un mese.

Il fattore correttivo T idrologico non si applica, al momento, ai corpi idrici antropizzati (cfr. capitolo 4); per tali corpi idrici, l’Autorità Concedente potrà valutare, sitospecificamente e ove ritenuto opportuno, l’applicazione del fattore correttivo T idrologico di modulazione stagionale.

Ai sensi delle regole fissate nell’ambito della DGR 2721/2019, richiamate al capitolo 2, si ricorda che la modulazione con $T < 1$ non può comunque permettere un Deflusso Ecologico inferiore ai 50 L/s. Laddove il DMV attualmente già concesso sia inferiore a 50 L/s, la modulazione non può consentire un Deflusso Ecologico inferiore alla componente idrologica.

Modulazione ittiologica

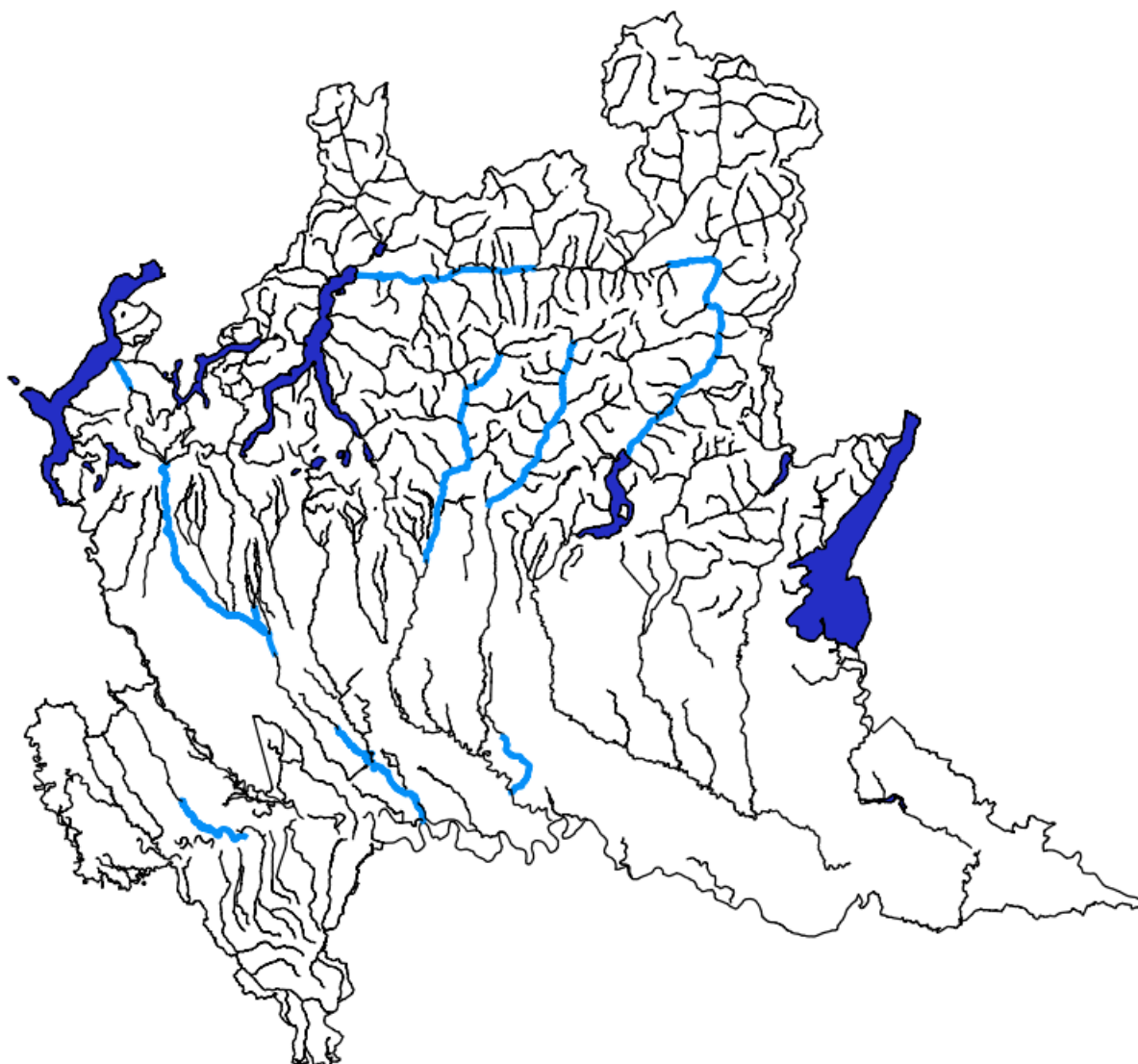
La modulazione avviene in funzione dei cicli vitali e riproduttivi di specie ittiche di interesse conservazionistico, per contribuire al raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati e di tutela della vita acquatica.

In un primo momento, si è proceduto all'analisi dei "Piani Ittici Provinciali" redatti da ciascuna Provincia della Lombardia, al fine di recuperare informazioni atte ad individuare i Corpi Idrici meritevoli di maggior tutela dal punto di vista dei popolamenti ittici. Tali Piani, tuttavia, oltre ad essere datati (sono infatti stati redatti nella prima decade del XXI secolo), sono anche molto variegati per obiettivi e classificazione dei corsi d'acqua dal momento che alcune Province li avevano redatti a scopo di regolamentazione dell'attività alieutica, mentre altre li avevano improntati maggiormente a scopi conservazionistici. Anche il numero e la tipologia di Corpi Idrici identificati di "pregio ittico" sono risultati estremamente variabili. Questa notevole difformità tra Province in termini di numero e tipologia dei corpi idrici individuati, e di motivazioni sottese all'individuazione, ha vanificato l'idea di utilizzare i Piani per ottenere indicazioni operative che fossero applicabili all'intero territorio regionale.

Regione Lombardia, che dopo la ridefinizione normativa delle competenze provinciali ha avocato a sé la materia, sta redigendo un Piano Ittico Regionale che però non è ancora stato completato e non è dunque disponibile. Ciò nonostante, il gruppo di lavoro sul Deflusso Ecologico si è confrontato in varie occasioni con il gruppo di lavoro del Piano, recependone gli orientamenti.

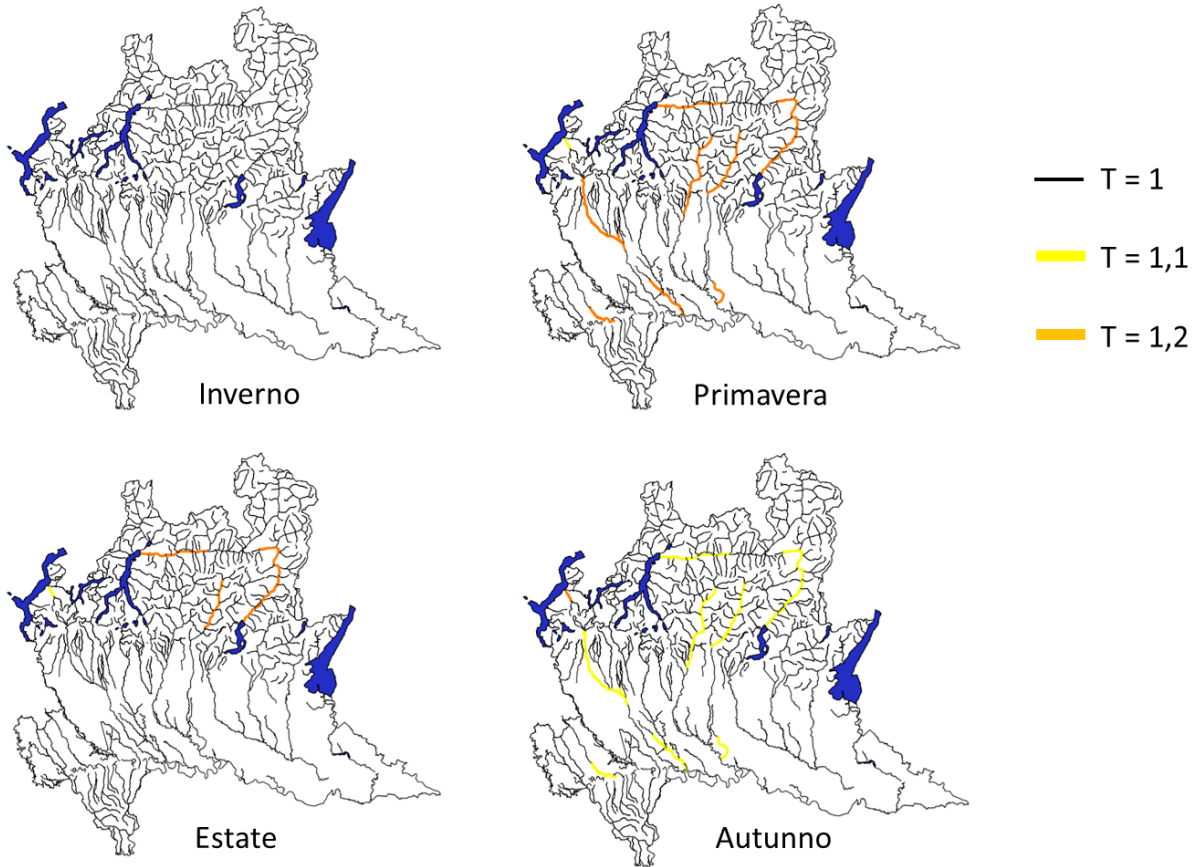
Si è concordato di utilizzare lo stesso strato informativo reso disponibile per il Fattore Correttivo N (cfr. capitolo 3.3), relativo alle comunità ittiche di riferimento e sviluppato a livello regionale nell'ambito del progetto denominato "Servizio di monitoraggio delle comunità ittiche e contributo al miglioramento dell'indice ISECI (Indice dello Stato Ecologico delle comunità Ittiche)" su incarico di Regione Lombardia, ARPA Lombardia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente, nel 2014.

Poiché la modulazione ittiologica è già presente, di fatto, anche all'interno del Fattore Correttivo N, si è deciso di utilizzare $T_{\text{ittiologico}}$ solo per i Corpi Idrici che, pur esterni al sistema delle aree protette o Rete Natura 2000, collegano tali aree tra loro e i corsi d'acqua di queste ultime al Po, al fine di favorire la connettività ecologica a livello di bacino del Po stesso. In conseguenza di ciò si sono utilizzati gli stessi tipi idrologici utilizzati per il Fattore Correttivo N (a cui si è aggiunto un 6° tipo, in pianura, caratterizzato da morbide invernali ed estive), sovrapponendoli con la già citata mappa delle comunità ittiche di riferimento. Sono stati assegnati ai Corpi Idrici di collegamento degli incrementi proporzionali al fattore N valido per i gruppi di Corpi Idrici ubicati nelle aree protette e/o in siti Rete Natura 2000 con analoghe caratteristiche idromorfologiche ed ecologiche, anche se i valori di $T_{\text{ittiologico}}$ sono più ridotti come estensione numerica. Alle stagioni con N più elevato (nei medesimi tipi idrologici, morfologici ed ecologici presenti delle aree protette e/o siti Rete Natura 2000) è stato, infatti, assegnato $T_{\text{ittiologico}}=1.2$; le stagioni con valori di N intermedio portano ad un $T_{\text{ittiologico}}=1.1$. Nelle stagioni con N più basso, al di fuori delle aree protette e/o siti RN 2000, $T_{\text{ittiologico}}=1$.



Corpi Idrici interessati dall'applicazione di $T_{\text{ittiológico}}$ (in azzurro).

Si noti come, sulla base dei criteri utilizzati, $T_{\text{ittiológico}}$ riguardi un numero ridotto di Corpi Idrici. La maggior parte delle aste fluviali che connettono le aree protette e/o siti Rete Natura 2000 al Po sono infatti a loro volta inserite nel sistema delle aree protette stesse o RN 2000, e in quei casi si applica il Fattore Correttivo N. Per i Corpi Idrici alpini non si prevede l'applicazione di $T_{\text{ittiológico}}$ qualora risultino “naturalmente privi di ittiofauna” sulla base delle comunità ittiche di riferimento.



Valori assunti dal Fattore Correttivo $T_{\text{ittologico}}$ nelle diverse stagioni.

4. Corpi idrici antropizzati

Per i corpi idrici dell'ambito di pianura sono stati condotti approfondimenti relativi all'assetto idraulico, morfologico e ambientale. Il reticolo idrico della pianura padana lombarda tipizzato come "naturale" nel Piano di Gestione del fiume Po risulta costituito da corsi d'acqua estremamente variegati dal punto di vista idromorfologico, spaziando dai medi e grandi fiumi planiziali come Ticino, Adda e Oglio fino a rogge e colatori del reticolo di bonifica la cui portata è talvolta originata per intero da trasferimenti idrici artificiali, scarichi di depuratori, collettamento di acque di drenaggio, ecc. e la cui morfologia ne rispecchia l'origine parzialmente antropica.

In conseguenza di ciò, sono stati valutati una serie di elementi:

- i dati disponibili relativi all'Indice di Qualità Morfologica (IQM), che nel corso dell'ultimo decennio è stato applicato estensivamente al reticolo idrico lombardo;
- la concomitante applicazione, su una parte del reticolo, del fattore correttivo naturalistico "N", che incorpora a sua volta valutazioni morfologiche;
- le caratteristiche idrauliche, gli usi antropici e lo status giuridico-normativo dei corpi idrici interconnessi in modo significativo ai reticoli irrigui e di bonifica.

Al termine della valutazione è stato prodotto un elenco di corpi idrici che, pur essendo tipizzati come "naturali", presentano caratteristiche di elevata antropizzazione idromorfologica, e per i quali l'applicazione dei Fattori Correttivi presenta criticità o perde significato. Tale elenco, redatto ai sensi del p. 1.6 della Direttiva Deflussi Ecologici dell'AdBPo (del. CIP. 4/2017), consta di due tipologie di corpi idrici, A e B.

Tipologia A.

Sono i corpi idrici che soddisfano una o più delle seguenti condizioni:

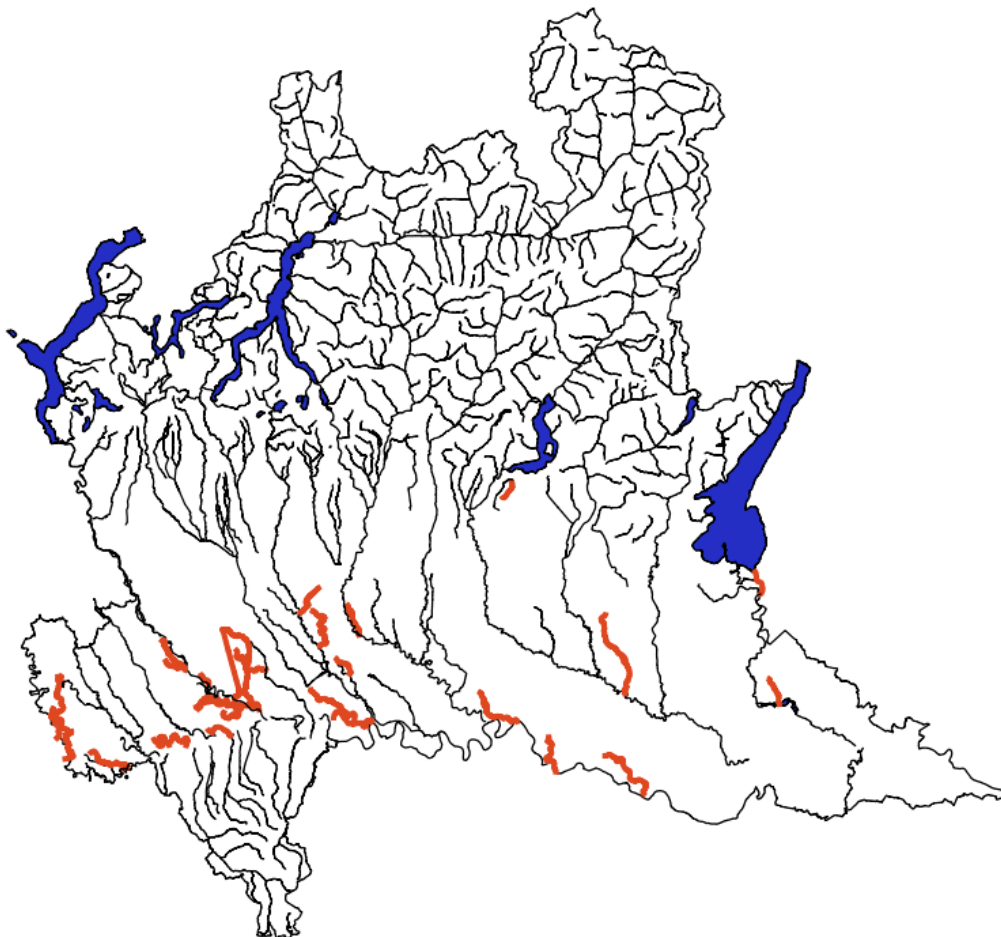
- l'IQM risulta inapplicabile, in quanto l'origine del corso d'acqua o di un'ampia parte di esso è chiaramente antropica;
- non sono inclusi nel registro delle Acque Pubbliche (canali di bonifica e irrigui);
- sono prevalentemente alimentati da derivazioni provenienti da altri corsi d'acqua, consolidate nel tempo, a cui l'ambiente si è pertanto adattato;
- sono stati considerati quali "corpi idrici naturali" solo con l'approvazione del PTUA 2016 e non in precedenza;
- risultano privi di una portata naturale determinata dal BIR.

Per questi corpi idrici tutti i fattori correttivi sono posti pari a 1, poiché l'applicazione degli stessi non è stata ritenuta significativa.

L'Autorità Concedente potrà valutare, sitospecificamente e ove ritenuto opportuno, l'applicazione del fattore correttivo T idrologico di modulazione stagionale.

Ai corpi idrici della Tipologia A è stato inoltre assimilato il corpo idrico ITIRN0080561IR del fiume Mincio, in quanto l'importante fenomeno di rigurgito determinato dalla traversa di

regolazione del Lago di Garda (diga di Salionze), posta in chiusura del corpo idrico, rende non significativa l'applicazione di qualsiasi fattore correttivo. Tuttavia, l'approvazione del DE in tale tratto è rimandata a valutazioni congiunte con la Regione Veneto.



Corpi idrici antropizzati di tipo A (evidenziati in arancione).

Corpi idrici antropizzati – Tipologia A.

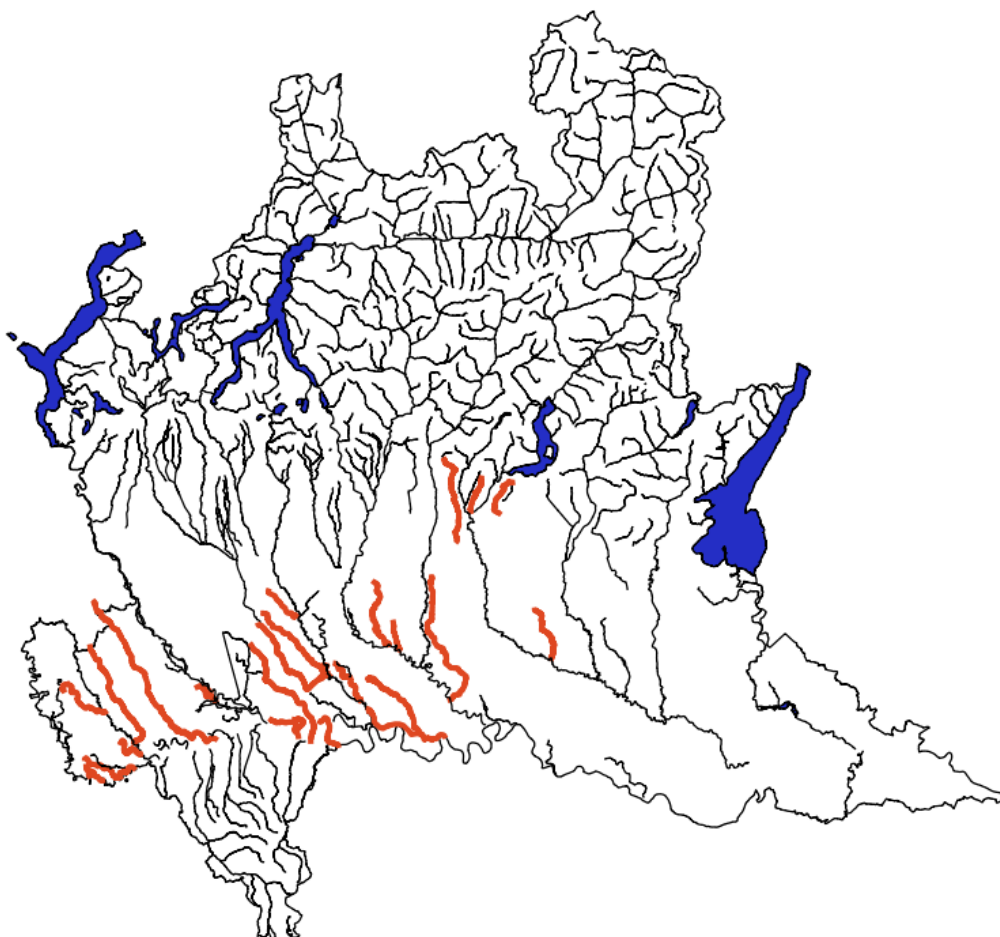
Nome	Codice Corpo Idrico
Mozzanica (Roggia)	IT03N0080014501LO
Sillaro Salerano	IT03N0080440441LO
Sillaro Borghetto	IT03N008044045011LO
Addetta (Colatore)	IT03N0080440701LO
D'Avigo (Rio)	IT03N008056012LO
Carona (Roggia)	IT03N0080590011LO
Carona (Roggia)	IT03N0080590011LO
Medolo (Rio)	IT03N008060006A2ULO
Seriola Gambara (Vaso)	IT03N0080600891LO
Barona (Roggia)	IT03N00806101011LO
Roggione (Colatore)	IT03N008061012LO
Rotta (Canale) – Grande (Roggia)	IT03N008098140011LO
Carminala (Roggia) – Moraschino (Colatore)	IT03N008098140021LO
Dei Frati (Canale) – Comuna (Roggia)	IT03N0080981401LO
Gravellone (Colatore) – Morasca (Colatore)	IT03N0080981402LO
Navigliaccio (Colatore)	IT03N0080981411LO
Carona (Roggia) – Vernavola (Roggia)	IT03N0080982751LO
Lanca dei Gozzi o Piave	IT03N0080982761LO
Il Cerro (Roggia)	IT03N008098277011LO
Scavizzolo (Canale)	IT03N0080982771LO
De Cardenas (Cavo) – Scaricatore in Po Morto	IT03N0081220011LO
Morabiano (Canale) – Po Morto Lomellino	IT03N0081221IR
Reale (Colatore) – Divisa (Colatore)	IT03N0082821LO
Nerone Gariga (Colatore)	IT03N0082822001LO
Agognetta di Sannazzaro (Colatore)	IT03N008290001011LO
Ariazzolo Vecchio	IT03N0082900011LO
Riglio (Roggia)	IT03N0083311LO
Cona (Roggia)	IT03N0083530011LO
Di Valle (Roggia) – Scaricatore della Roggia di Valle – Breme (Canale)	IT03N0083531IR
Il Riolo (Canale)	IT03N0083541LO
Fossadone	IT03N0083551LO
Di Sommo (Roggiolo)	IT03N0083571LO
Agognetta Ponteverde (Roggia)	IT03N0083581LO
Poella (Roggia) – Fontana Isimbardi	IT03N0083590011LO
Mincio (Fiume)	ITIRN0080561IR

Tipologia B

Sono i corpi idrici per i quali, analizzato il regime idrologico, le portate antropizzate sono risultate significativamente superiori (più del doppio) alle portate naturalizzate definite dal BIR e/o l'apporto delle colature è risultato costituire almeno il 50% della portata media. Tali valori presuppongono un regime idrologico storicamente influenzato in modo preponderante dalla movimentazione delle acque a fini irrigui, che rende incongrue considerazioni relative all'idromorfologia "naturale" dei corpi idrici e, in generale, difficoltosa o non significativa l'applicazione dei fattori correttivi.

Nelle elaborazioni finali sulla Componente Ambientale della presente relazione, i Fattori Correttivi dei Corpi Idrici antropizzati del tipo B non sono applicati, e quindi posti pari a 1.

L'Autorità Concedente potrà valutare, sitospecificamente e ove ritenuto opportuno, l'applicazione del fattore correttivo T idrologico di modulazione stagionale.



Corpi idrici antropizzati di tipo B (evidenziati in arancione).

Corpi idrici antropizzati – Tipologia B.

Nome	Codice Corpo Idrico
Serio Morto (Colatore)	IT03N0080010761LO
Serio Morto	IT03N0080010762LO
Melesa (Roggia)	IT03N0080011771LO
Tormo (Roggia)	IT03N0080011931LO
Erbognone (Scaricatore)	IT03N0080030022LO
Solerone (Colatore)	IT03N0080030111LO
Guida (Roggia) – Gattinera (Roggia)	IT03N0080030121LO
Lambro Meridionale (Colatore)	IT03N0080440022LO
Vettabbia (Cavo)	IT03N008044003071LO
Lisone (Cavo)	IT03N0080440051LO
Lisone (Colatore)	IT03N0080440052LO
Sillaro (Torrente)	IT03N0080440451LO
Rillo (Torrente)	IT03N008060003A1LO
Miola (Rio)	IT03N008060006B1LO
Miola (Rio)	IT03N008060006BU3LO
Strone (Fiume)	IT03N0080600161LO
Strone (Fiume)	IT03N0080600162LO
Olona (Roggia)	IT03N0080611LO
Olona Meridionale (Fiume)	IT03N0080612LO
Terdoppio (Torrente)	IT03N0080961IR
Terdoppio (Torrente)	IT03N0080962LO
Mangialoca (Canale) – Venara (Canale)	IT03N0080981801LO
Brembiolo (Colatore)	IT03N0082500031LO
Brembiolo (Colatore)	IT03N0082500032LO
Mortizza (Rio) – Ancona (Colatore)	IT03N0082501LO
Olonetta di Zerbo (Colatore)	IT03N0083011IR
Zerra (Torrente)	IT03N0083290010101012LO
Po Morto – Morciscia (Scolo) – Fuga (Roggia)	IT03N0083560011LO
Canarolo di Torre de' Negri	IT03N0083561LO
Riadino (Canale)	IT03N0083591IR
LANCA del Molino – Ravasino Vecchio (Roggia) – Ravasino (Roggia)	IT03N0083601LO
Di Frascarolo (Roggia)	IT03N0083610011LO
San Michele (Canale)	IT03N0083611IR

5. Principio di continuità e applicazione del DE con riferimento a corpi idrici diversi da quello in cui si trova la derivazione

Attraverso il Fattore Correttivo A deve essere assicurato il rispetto del **principio di continuità**, stabilito dal PTUA per l'applicazione del DMV/DE. In proposito si richiamano le Norme Tecniche di Attuazione del PTUA, art. 39, comma 6:

“In termini di principio, il mantenimento del valore di DMV [nota: leggi ora “deflusso ecologico”] definito presso la sezione di derivazione deve essere assicurato nell'intero tratto sotteso dalla derivazione stessa, fino al punto di eventuale restituzione della portata, la cui entità non può comunque essere al di sotto di una soglia critica, determinata dall'autorità concedente. Con la disciplina dei fattori correttivi di cui all'art. 38 comma 6 saranno meglio stabiliti i criteri per l'applicazione di questo principio.”

Il valore del deflusso ecologico non è quindi strettamente riferibile alla sola sezione di derivazione, ma deve interessare l'intero tratto sotteso dalla derivazione.

La DGR 2721/2019 ha pertanto stabilito che, di conseguenza, il concetto di continuità idraulica debba essere riferito al mantenimento del DE in ogni sezione del corso d'acqua e dei sottotratti SF dello stesso CI.

In considerazione di specificità strettamente locali, correlate a particolari fenomeni di subalveo e dinamiche di interscambio tra le acque superficiali e sotterranee, è possibile tollerare in brevi tratti la presenza in alveo di una portata inferiore rispetto a quella rilasciata presso la sezione di derivazione, che non deve comunque essere inferiore al 50% della componente idrologica calcolata alla sezione di rilascio.

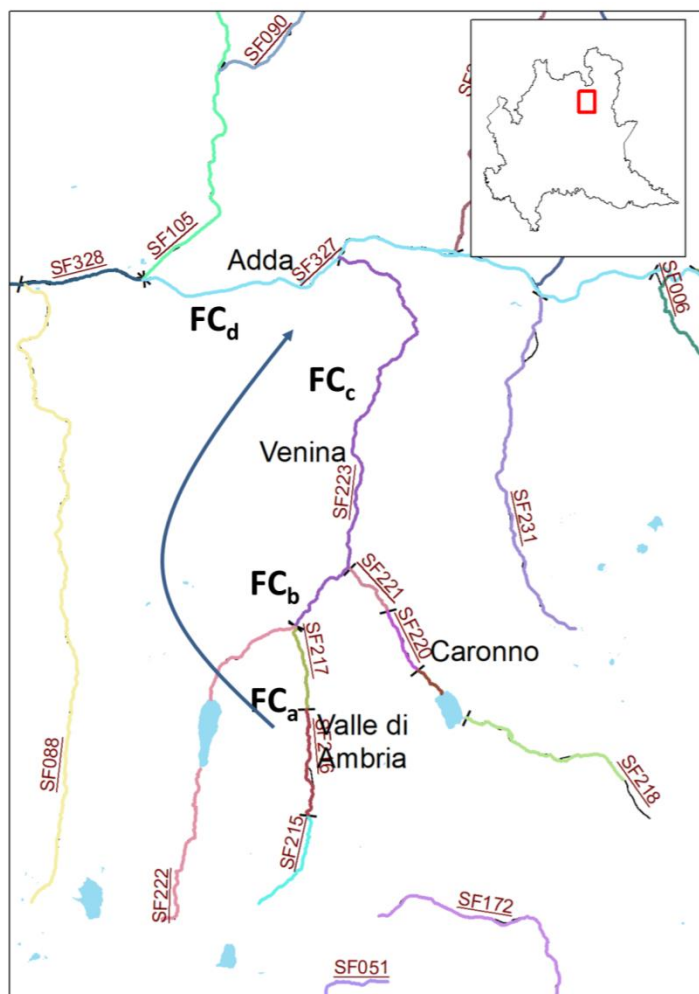
Oltre al vero e proprio “principio di continuità”, la DGR 2721/2019 stabilisce in ogni caso che, per le derivazioni posizionate nelle vicinanze del punto di chiusura del corpo idrico, dovranno essere valutati gli effetti dell'applicazione di A anche nel corpo idrico di valle.

Il fattore correttivo A non è l'unico per il quale la DGR 2721/2019 preveda di verificare la necessità di applicare ad una derivazione valori più restrittivi, relativi a corpi idrici posti più a valle rispetto a quello dov'è ubicata la derivazione stessa:

- Per il fattore Q si prevede una possibile applicazione del valore fissato per il corpo idrico posto a valle rispetto a quello ove è ubicata la derivazione;
- Anche per il fattore N è prevista una possibile applicazione nei tratti di corsi d'acqua a monte delle aree protette e/o siti Rete Natura 2000, laddove siano riscontrati e documentati possibili effetti all'interno dell'area stessa.

Al principio di continuità è quindi legato un criterio più generale relativo all'applicazione del DE con riferimento a corpi idrici diversi da quello in cui la derivazione insiste, almeno per le sue componenti A, Q, N.

Questo prevede, potenzialmente, il calcolo dei fattori correttivi in corpi idrici/tratti omogenei a valle, laddove la restituzione sia distante dalla sezione di presa, fino al caso estremo di una derivazione senza restituzione.



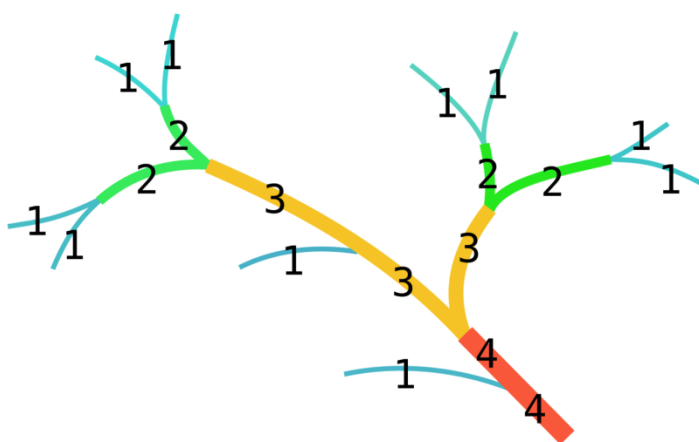
Esempio di tratto derivato che include corpi idrici con fattori correttivi diversi

Si pone quindi, operativamente, il problema di definire “fino a dove”, a valle, calcolare i fattori correttivi, ovvero di stabilire un criterio per definire la sezione di valle oltre la quale eventuali differenze nel DE rilasciato si possano considerare trascurabili, in quanto la portata comunque presente in alveo è molto maggiore di tali variazioni del DE.

Poiché i fattori correttivi calcolati negli n tratti a valle vanno applicati alla portata media naturale annua (Q_M) nella sezione di derivazione, nel caso generale in cui i fattori correttivi variano tra 0,5 e 2, la massima variazione di DE potenzialmente riscontrabile a causa dell'esclusione dal calcolo di un dato tratto a valle è del 15% della Q_M .

Se si assume che tale variazione possa considerarsi trascurabile se inferiore al 10% della portata media in alveo a valle, ciò corrisponde, se si vuole applicare un approccio conservativo, a trascurare il calcolo di ulteriori coefficienti correttivi a partire da quando la portata media in alveo a valle è almeno pari a $1,5 Q_M$. In termini di portata naturale, tuttavia, questo può corrispondere, in un tratto derivato, anche a $15 Q_M$ o anche oltre. Concretamente, però, questa situazione estrema si riscontra raramente, si è pertanto ritenuto possibile adottare un criterio meno conservativo.

Al fine di proporre un approccio semplificato rispetto al confronto tratto per tratto delle portate naturali, si è valutata la possibilità di un confronto basato sull'ordine di Strahler. L'ordinamento di Strahler è un tipo di descrizione gerarchica della rete, suddivisa in tronchi. Un tronco ha origine da una sorgente, oppure dalla congiunzione di due tronchi, e termina in un'altra congiunzione, oppure alla sezione di chiusura del bacino. Le sorgenti danno origine ai tronchi di primo ordine; quando due tronchi dello stesso ordine si confluiscono, il tronco risultante assume l'ordine $i+1$; quando due tronchi di diverso ordine si incontrano, il tronco che si origina assume l'ordine del tronco confluyente di ordine maggiore.



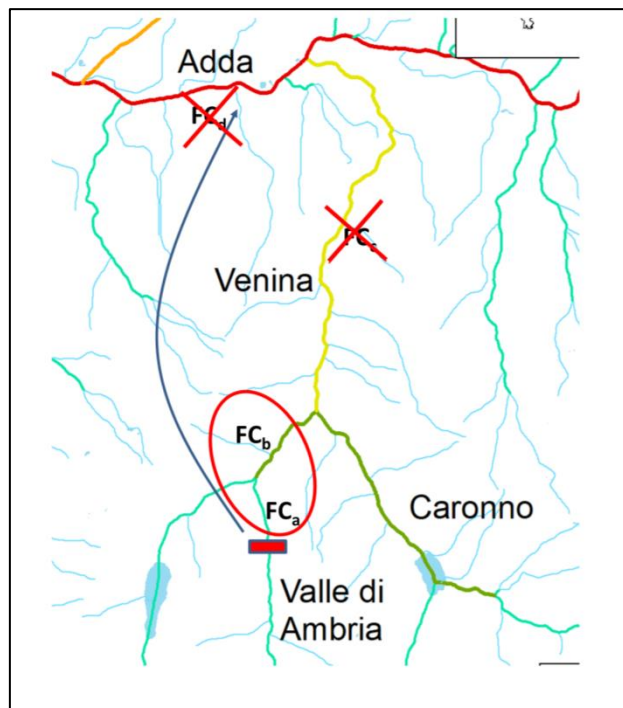
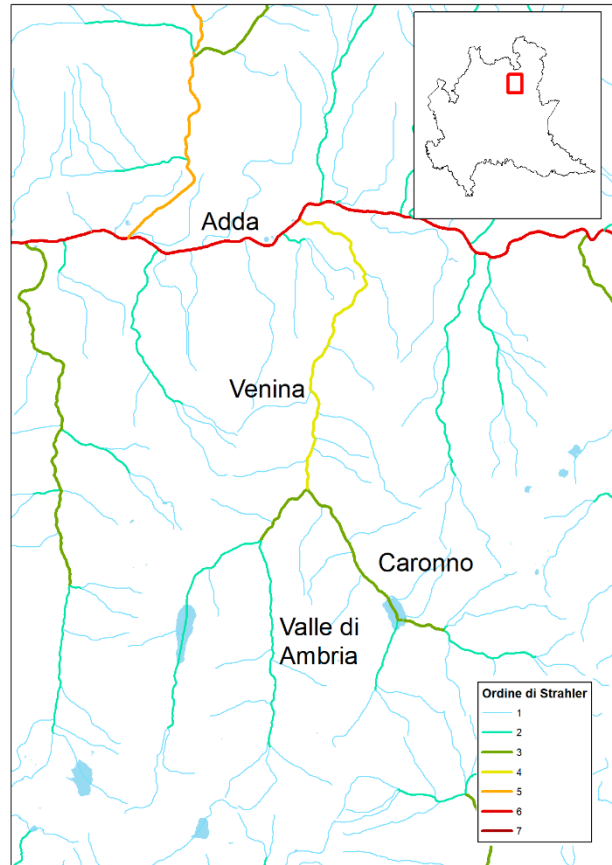
Esempio di ordinamento di Strahler di un bacino fluviale

È stata effettuata una rielaborazione in ambiente ArcGis utilizzando le specifiche funzionalità di Spatial Analyst, partendo dalla base DTM 5x5 della Regione Lombardia.

I dati ottenuti sono stati confrontati con uno studio simile effettuato nel 2004 sulle aree montuose lombarde da CNR-IEEIT di Bologna per Regione Lombardia.

I dati sono stati successivamente verificati su ciascun Corpo Idrico in modo da correggere eventuali discrepanze tra il reticolo idrografico rielaborato dal DTM e la sua conformazione reale.

In questo contesto l'ordine di Strahler è utilizzato come proxy della superficie di bacino sotteso da un tronco e quindi della sua portata media naturale, che aumenta all'aumentare dell'ordine. Sulla base della letteratura (Terza legge di Horton) e dei dati relativi al contesto lombardo, si può assumere che la soglia "di trascurabilità" prima introdotta sia raggiunta quando il tratto omogeneo di valle assume una gerarchia superiore di due ordini rispetto alla sezione di derivazione, in montagna, e di un ordine, in pianura. Pertanto, gli eventuali approfondimenti relativi all'applicazione del criterio di continuità nel tratto sotteso dalla derivazione, e insieme ad essi gli approfondimenti relativi all'applicazione di fattori correttivi più restrittivi, si può interrompere.



Ordinamento di Strahler della porzione di bacino illustrata nell'esempio precedente e interruzione del criterio di continuità al raggiungimento di due ordini di Strahler superiori a quello del tratto in cui è localizzata la derivazione.

La mappatura resa disponibile dei corpi idrici e del corrispondente ordine di Strahler consente quindi di limitare a priori il numero di tratti di cui prendere in considerazione i fattori correttivi. Si propone inoltre di interrompere a priori il criterio di continuità anche nei seguenti casi:

- quando la portata antropizzata di un dato corpo idrico a valle della derivazione è maggiore al DE potenziale nel medesimo CI;
- al raggiungimento di alcuni punti di discontinuità già individuati e già inclusi nella mappatura dei corpi idrici, quali ad esempio:
 - all'incile dei laghi;
 - in corrispondenza di forti discontinuità del rapporto fiume/falda e/o in presenza dell'immissione di corpi idrici di dimensioni significative, laddove l'apporto aggiuntivo di deflusso è tale da creare un'evidente discontinuità morfologica; sulla base della rilevante differenza di portate antropizzate che non corrispondono a variazioni nell'ordine di Strahler;
 - In chiusura di sottobacino di quegli affluenti che, pur non rispettando la regola generale relativa all'ordine di Strahler, hanno una portata significativamente inferiore a quella del loro recettore.

La sezione in cui arrestare il principio di continuità corrisponde anche alla lunghezza del tratto sotteso dalla derivazione in cui valutare la necessità di applicazione di fattori correttivi (con riferimento ad A, N, Q) più restrittivi rispetto a quelli associati al corpo idrico o tratto del corpo idrico ove è ubicata la presa della derivazione stessa.

Si ritiene, in ogni caso, che l'effettiva applicazione dei fattori correttivi più restrittivi non debba essere automatica, ma valutata sitospecificamente, come più volte ribadito dalla metodologia approvata con DGR 2721/2019.

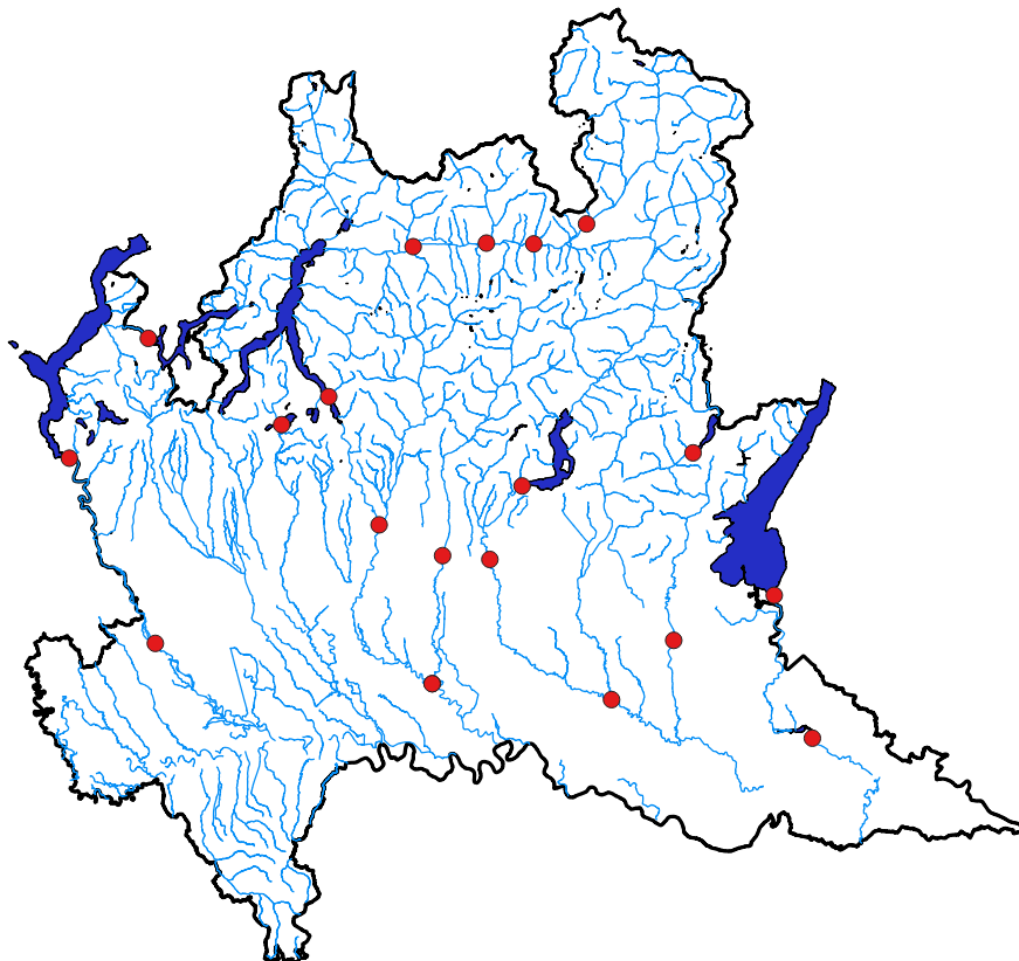
Ulteriori punti di discontinuità, da valutare sito-specificamente, sono rappresentati da ulteriori opere di derivazione d'acqua pubblica ubicate a valle della derivazione per la quale si sta valutando l'applicazione del principio di continuità o l'applicazione di fattori correttivi più restrittivi.

Come già riportato in precedenza, è necessario verificare che l'incremento potenziale di portata rilasciata da monte sia significativo e possa produrre un reale beneficio nei corpi idrici di valle; per tali verifiche, tenendo a riferimento i dati del Bilancio Idrico Regionale o altri studi specifici, è possibile ad esempio basarsi sul rapporto tra le portate naturali dei corpi idrici. È possibile, infatti, escludere l'applicazione del criterio di continuità laddove il rapporto tra la portata naturalizzata del Ci di valle e la portata naturalizzata del CI di monte sia superiore a 4.

Nel caso di valutazioni relative a sottotratti appartenenti al medesimo corpo idrico, la verifica della significatività dell'incremento di rilascio potrà essere effettuata attraverso misurazioni dirette o stime sito-specifiche, con riferimento alla portata naturalizzata calcolata al punto di presa e a quella calcolata in origine o in chiusura al sottotratto successivo.

Una valutazione sull'incidenza effettiva delle portate rilasciate, rispetto alle portate già transitanti in alveo, può essere inoltre effettuata attraverso la valutazione della portata antropizzata in sezioni di interesse (ad esempio, nei tratti di CI di valle interessati

dall'applicazione di N, oppure interessati da fenomeni di subalveo), rispetto all'incremento determinabile con l'aumento del DE rilasciato dall'opera di presa.

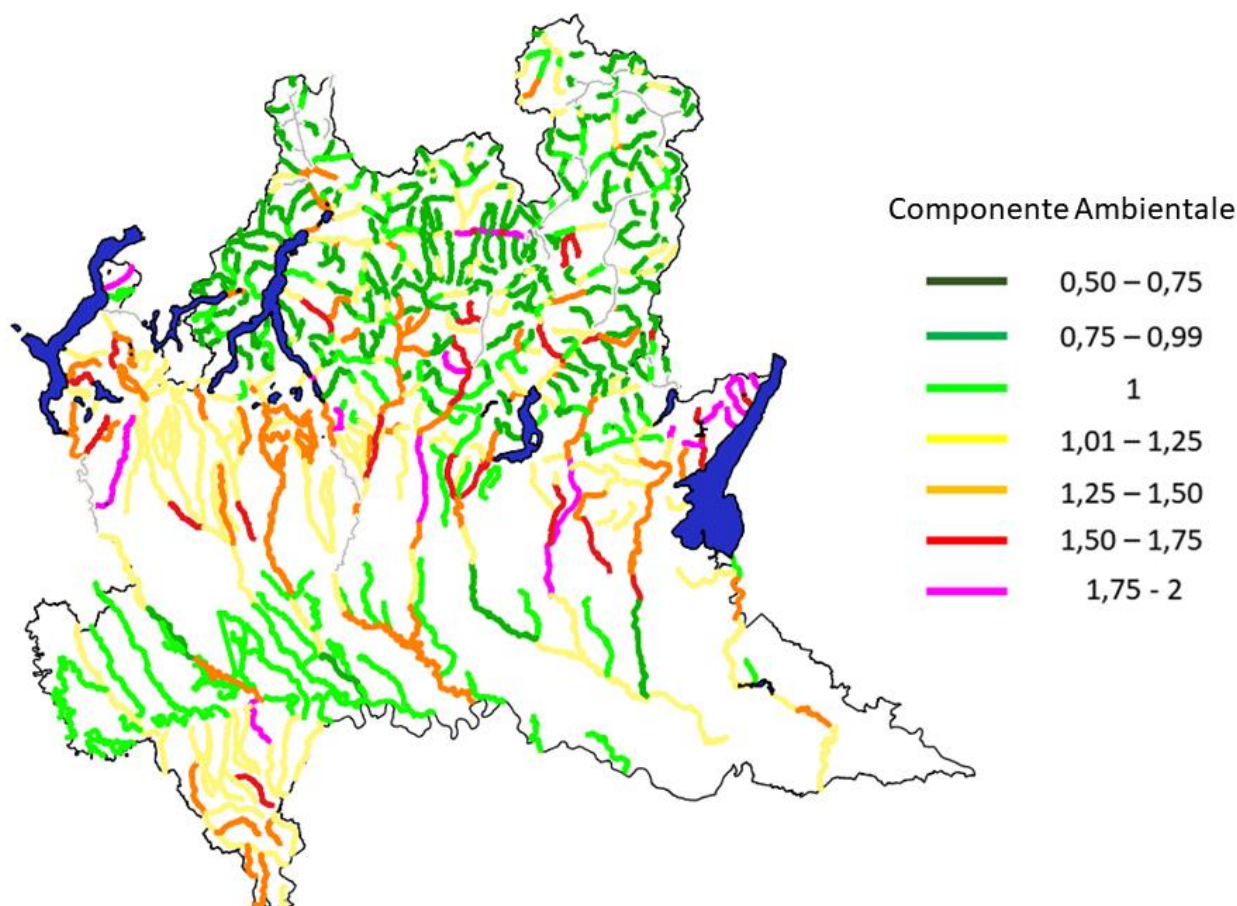


Ubicazione, sul reticolo idrico lombardo, dei principali "punti di discontinuità".

6. Prima applicazione e sintesi dei risultati

L'applicazione dell'insieme dei Fattori Correttivi conduce alla definizione della Componente Ambientale del Deflusso Ecologico.

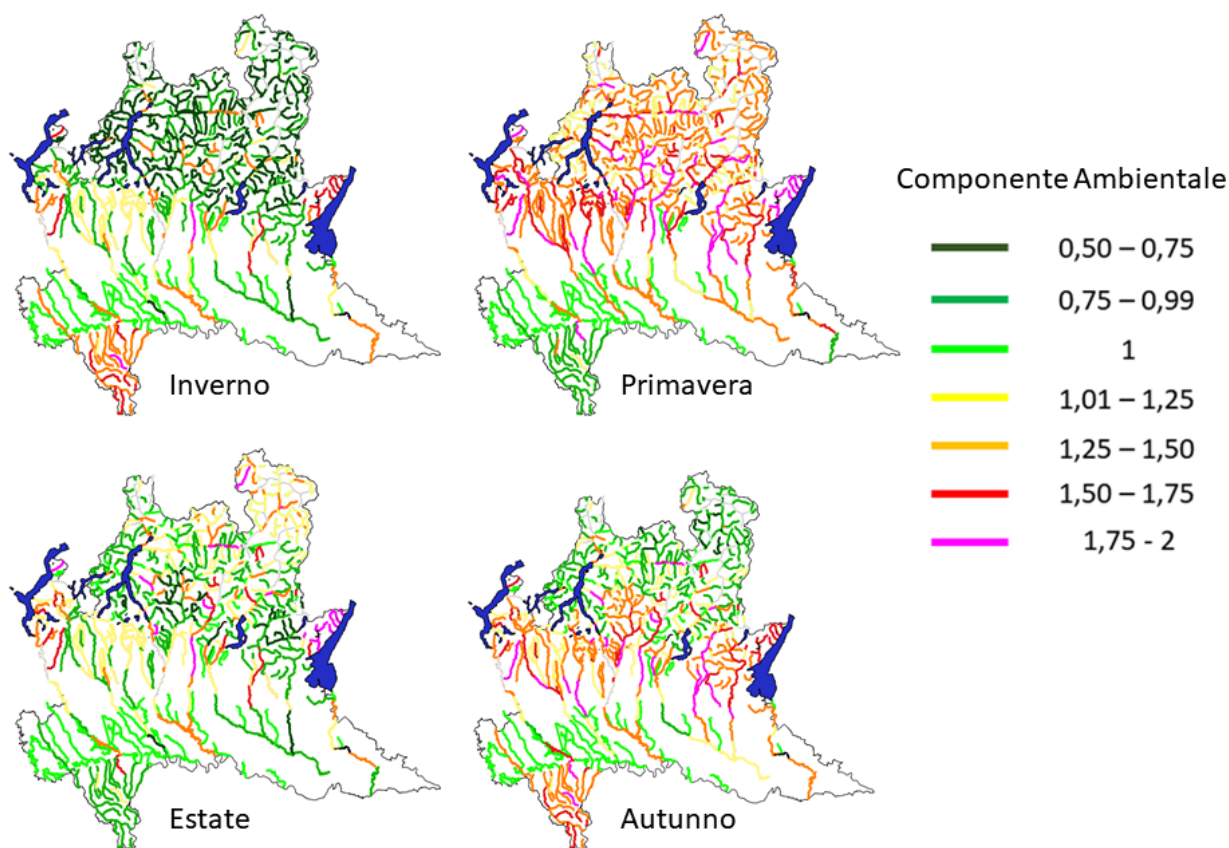
Come previsto dal PTUA, la Componente Ambientale assume il valore di un numero adimensionale compreso tra 0,5 e 2, e si applica come moltiplicatore alla Componente Idrologica, espressa come portata. La Componente Ambientale è modulata e dunque varia nel tempo, assumendo valori diversi a intervalli trimestrali.

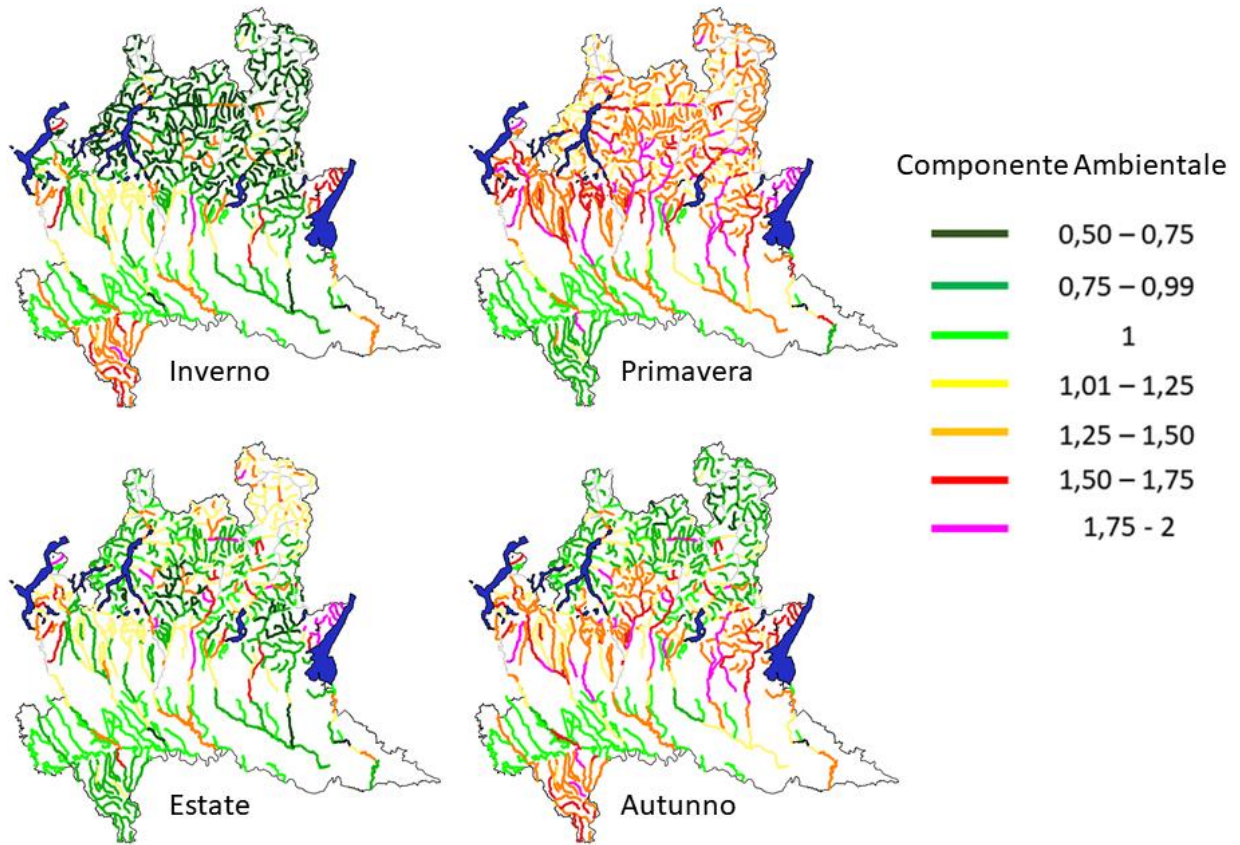


Valore medio annuo della Componente Ambientale nel reticolo idrico lombardo (sono esclusi dall'applicazione i tratti di corpi idrici in cui sono state effettuate sperimentazioni approvate e le derivazioni che ricadono nell'ambito di convenzioni internazionali).

A livello di valore medio annuo, la Componente Ambientale assume i valori più elevati in due gruppi di Corpi Idrici: quelli caratterizzati dalla contestuale presenza di un mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale e di un rapporto fiume/falda caratterizzato da perdita di deflusso verso il sottosuolo (e dove, quindi, si somma l'effetto dei Fattori Correttivi A e Q), e quelli dove si applica a fini conservazionistici il Fattore Correttivo N.

Le diverse stagioni possono tuttavia presentare per il medesimo Corpo Idrico valori della Componente Ambientale molto diversi tra loro, per effetto delle modulazioni (date da T o da N) che mirano a replicare almeno in parte le oscillazioni del regime idrologico naturale. Dall'analisi stagionale si può notare come i momenti dell'anno in cui la Componente Ambientale assume i valori più bassi siano quelli corrispondenti alle magre invernali ed estive, mentre tali valori tendono a crescere in primavera e autunno per la maggior parte dei Corpi Idrici (ma, ad esempio, fanno eccezione i Corpi Idrici maggiormente influenzati dallo scioglimento nivale e glaciale, che presentano i valori massimi della Componente Ambientale in primavera ed estate).





Valori stagionali della Componente Ambientale nel reticolo idrico lombardo.

7. Valutazione dell'effetto dell'applicazione dei coefficienti

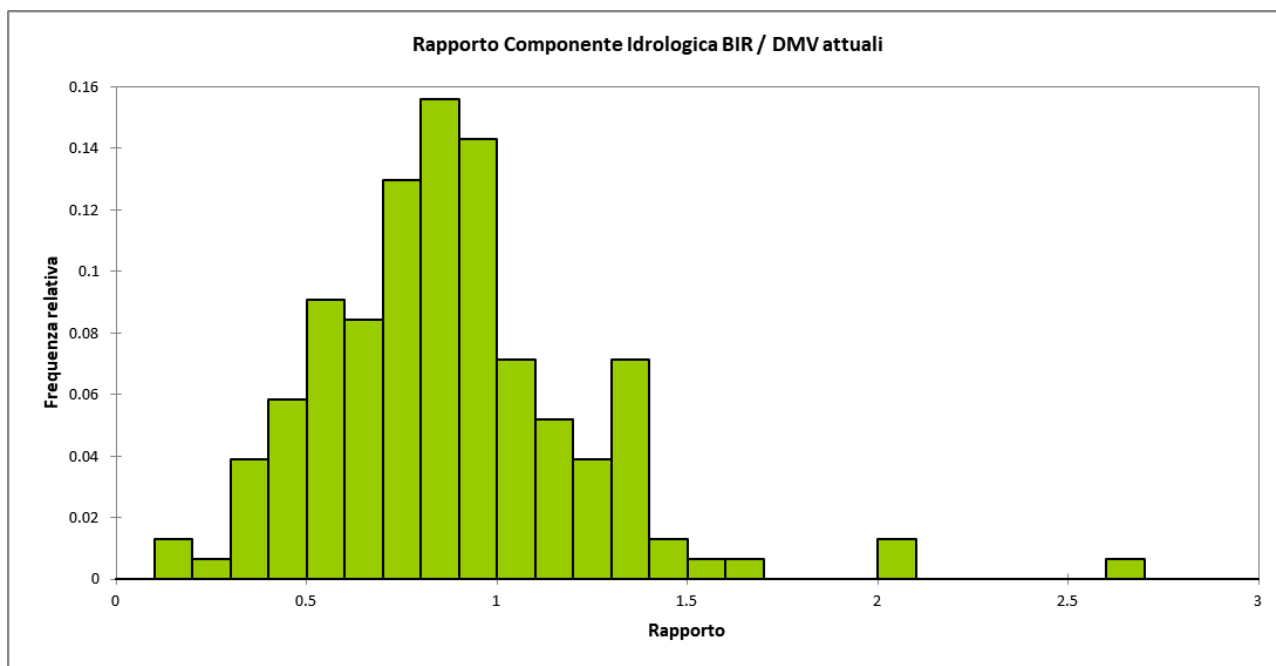
L'applicazione dei Fattori Correttivi del Deflusso Ecologico comporterà la necessità di adattamenti rispetto alla situazione attuale, che vede applicato il DMV basandosi, nella maggior parte dei casi, sulla sola Componente Idrologica del DMV così come definita nel PTUA 2006.

La sola nuova Componente Idrologica individuata dal BIR, infatti, comporta già rimodulazioni rispetto allo stato di fatto: le nuove modellizzazioni effettuate da ARPA Lombardia, molto più dettagliate rispetto alle elaborazioni precedenti, hanno comportato in taluni casi rivisitazioni della portata media annua naturalizzata tali da modificare sensibilmente la Componente Idrologica stessa. L'applicazione dei Fattori Correttivi può modificare ulteriormente la situazione, talvolta con scostamenti elevati (in termini di deflusso rilasciato) dallo stato di fatto attuale, rappresentato per lo più dall'utilizzo della sola Componente Idrologica del DMV.

Per quantificare gli effetti dell'applicazione della nuova Componente Idrologica (tratta dal BIR) e dei Fattori Correttivi è stata effettuata un'analisi comparata in 173 punti del reticolo idrico regionale. Tali punti sono rappresentati dalle sezioni fluviali in cui era stato effettuato il calcolo della portata media annua nel PTUA 2006 (e per le quali sono disponibili anche le modellizzazioni effettuate nel BIR) e, soprattutto, da una serie di derivazioni che già attualmente rilasciano un DMV e per le quali è stato possibile definire la Componente Idrologica secondo le modalità definite dal BIR. Nell'insieme di questi 173 punti sono presenti 52 derivazioni a uso irriguo e 102 derivazioni ad uso idroelettrico. Tra le derivazioni sono presenti casi in cui è rilasciato un DMV diverso dalla Componente Idrologica PTUA 2006: ciò dipende da prescrizioni rilasciate in sede di Valutazione di Impatto Ambientale o di richiesta di concessione, o dall'applicazione della regola prevista dal PTUA relativa al rilascio di un DMV minimo di 50 L/s nei piccoli bacini montani. Le derivazioni che rilasciano un DMV definito con apposite sperimentazioni (previste dal PTUA 2006) sono state escluse dall'analisi.

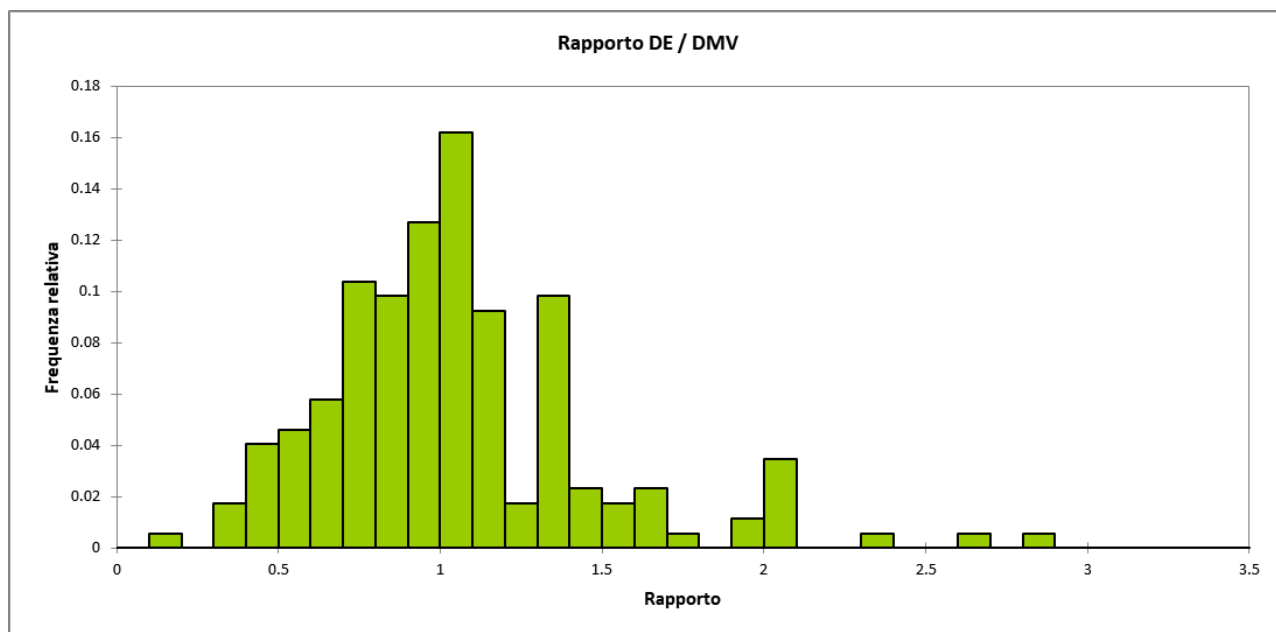
La prima valutazione da compiere è comparare la situazione odierna (rilascio della Componente Idrologica PTUA 2006, fatte salve le eccezioni di cui sopra) con il rilascio della Componente Idrologica del BIR. L'adozione del BIR infatti può, come già detto, comportare notevoli scostamenti dalla situazione attuale, ed è opportuno quantificarli.

Per questa analisi sono state escluse le derivazioni dei piccoli bacini montani in cui il rilascio del DMV è posto pari a 50 L/s, ai sensi delle NTA del PTUA, poiché tale deflusso non corrisponde all'effettiva componente idrologica: le derivazioni esaminate sono state, dunque, 154. Nella maggior parte dei casi esaminati, l'applicazione del BIR porta ad una rivisitazione della Componente Idrologica, per lo più definendo un deflusso inferiore rispetto a quello rilasciato odiernamente. Il 72% circa dei punti esaminati, infatti, presenta una Componente Idrologica inferiore alla situazione attuale (l'11.7% con un deflusso inferiore alla metà di quello attuale). Si ravvisano anche alcune situazioni opposte, correlate per lo più a Corpi Idrici di pianura che, talvolta, sono connessi al reticolo irriguo e per i quali nel 2006 si era rivelato complesso effettuare stime accurate: il 3.2% del campione esaminato presenta infatti una Componente Idrologica BIR pari ad almeno 1,5 volte l'attuale.



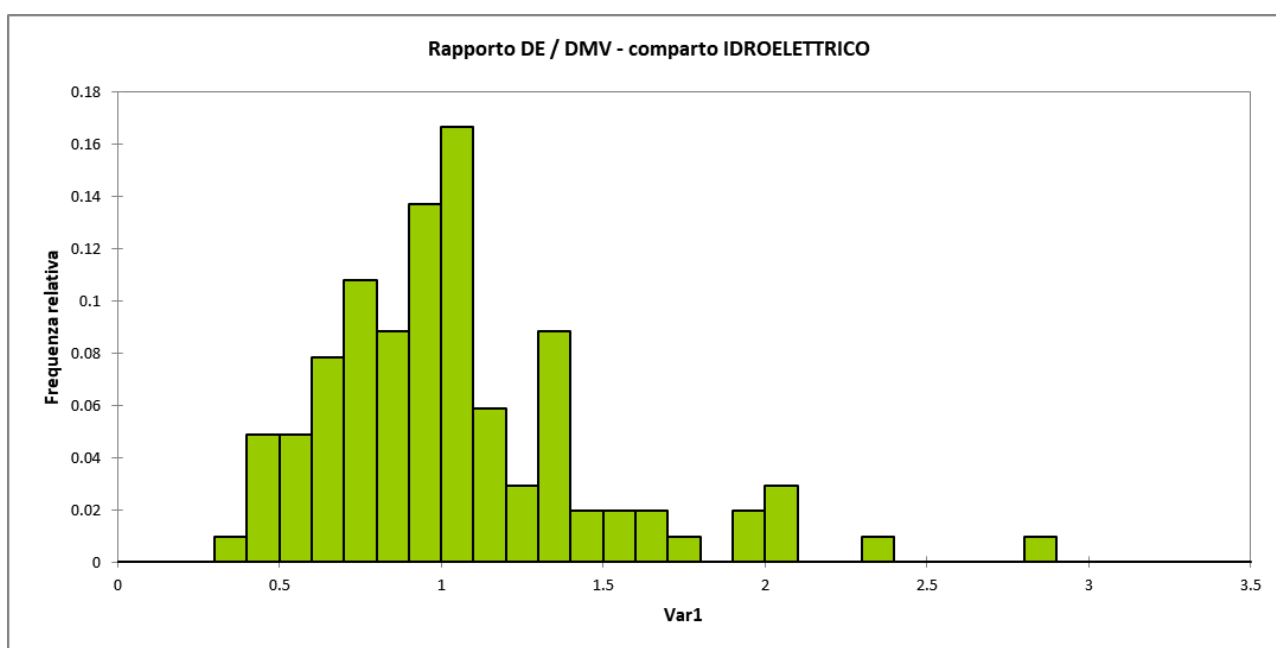
Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto Componente Idrologica del BIR / DMV attuale.

Con l'applicazione dei Fattori Correttivi, il confronto tra la situazione attuale e il rilascio del Deflusso Ecologico (rappresentato dall'applicazione della Componente Idrologica del BIR moltiplicata per il valore medio annuo della Componente Ambientale) evidenzia che circa il 50.3% del campione presenterebbe un rilascio superiore all'attuale. L' 82.7% dei punti indagati risulterebbe compreso nell'intervallo tra lo 0.5 e l'1.5 del valore attuale, mentre il 6.4% del totale (11 punti) presenterebbero DE inferiori alla metà del DMV. Per il 5,2% circa del totale dei punti considerati, infine, il DE risulta più che doppio rispetto alla situazione odierna.



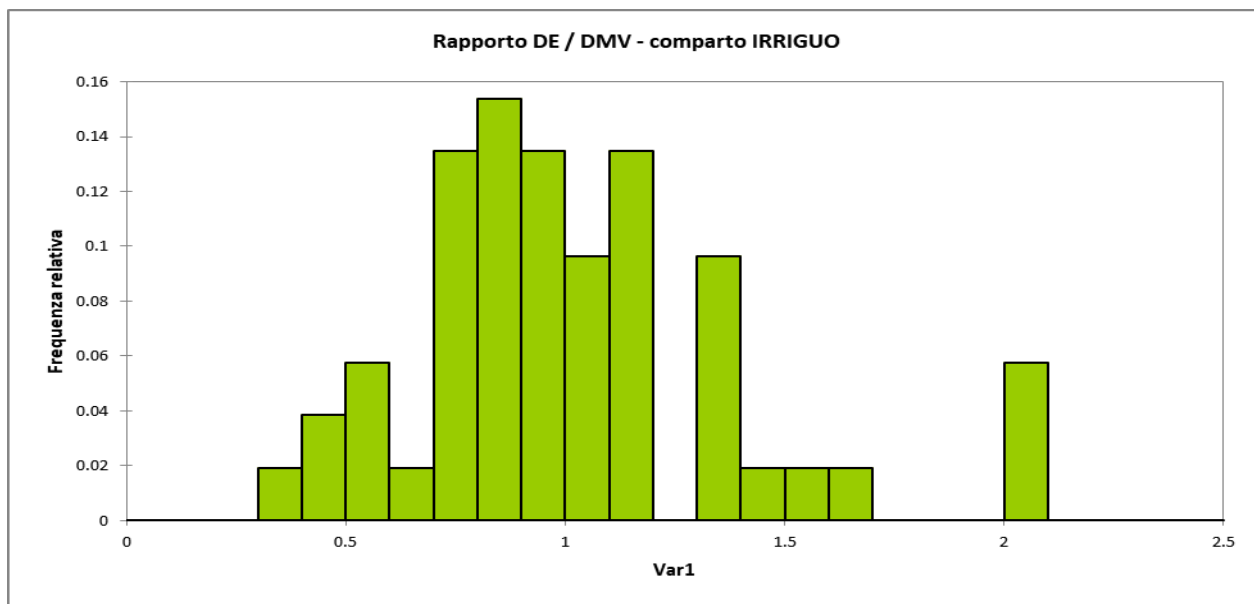
Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto Deflusso Ecologico / DMV attuale.

Scorporando il dato delle derivazioni irrigue (per lo più ubicate in ambito pedemontano e pianiziale) e delle derivazioni idroelettriche (ubicate soprattutto in ambito montano, ma talvolta anche lungo i corpi idrici di pianura), si possono osservare situazioni leggermente differenziate. Nel caso delle derivazioni idroelettriche, il Deflusso Ecologico medio annuo risulta superiore al DMV nel 48% dei casi. Il DE risulta compreso nell'intervallo tra 0.5 e 1.5 volte il DMV in circa l'82.4% dei casi.

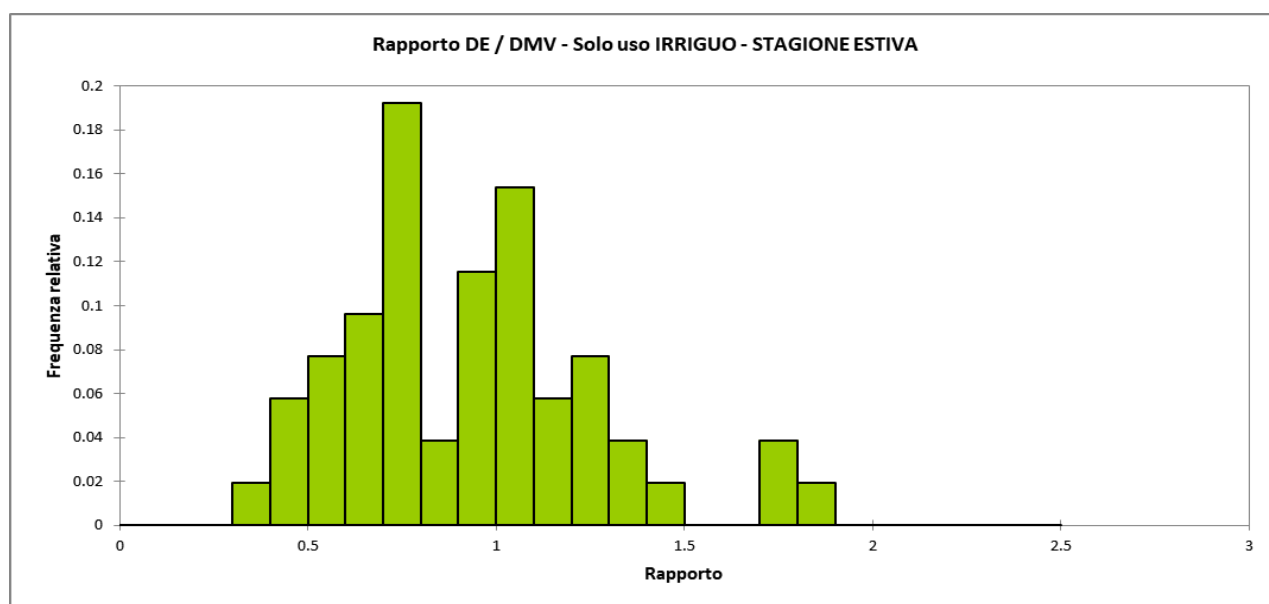


Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto Deflusso Ecologico / DMV attuale nelle sole derivazioni idroelettriche.

Nel comparto irriguo il DE previsto supera il DMV attuale nel 44.2% dei casi, e lo scostamento compreso tra 0.5 e 1.5 volte il DMV è pari all'84.6% dei casi. In 3 punti (5.8% dei casi) il DE è poco più che doppio rispetto al DMV attuale. Se si considera la stagione estiva (laddove il fabbisogno idrico a scopo irriguo è maggiore), tuttavia, il DE previsto supera il DMV attuale nel 40.4% dei casi, e di 1,5 volte il DMV previsto nel 5.8% dei casi. Non sono stati rilevati casi in cui, in estate, il DE sia risultato più che doppio rispetto al DMV attuale.

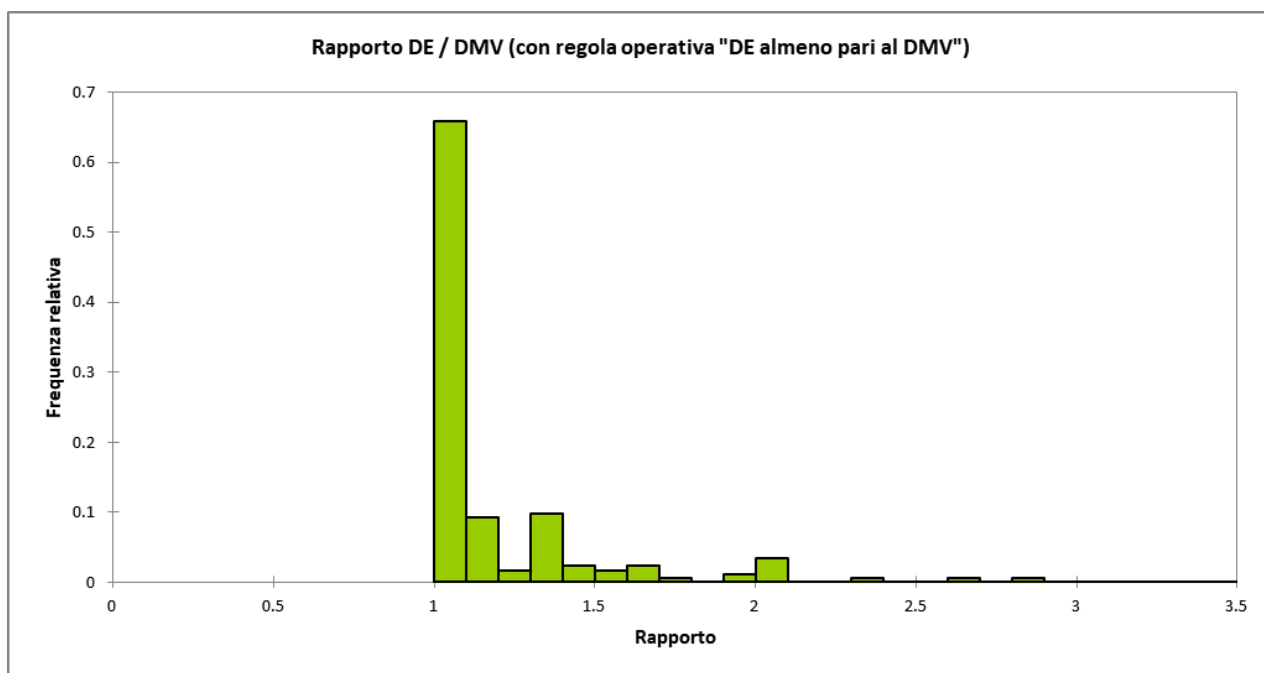


Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto DE / DMV attuale nelle sole derivazioni irrigue.



Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto DE / DMV attuale nelle sole derivazioni irrigue nel trimestre estivo (luglio – settembre o giugno – agosto, a seconda dei CI).

L'analisi degli effetti dell'introduzione del Deflusso Ecologico rispetto alla situazione odierna, infine, è stata effettuata anche considerando la regola applicativa (v. Allegato 2 alla DGR) per la quale, ai fini del mantenimento degli obiettivi di qualità per i Corpi idrici, il deflusso Ecologico non può essere inferiore al DMV attualmente rilasciato. L'applicazione di questa regola comporta, evidentemente, lo slittamento dei valori medi del Deflusso Ecologico verso l'alto. L'89.0% dei 173 punti esaminati presenta un DE compreso tra il DMV e 1.5 volte il DMV.



Istogramma di frequenza dei valori assunti dal rapporto Deflusso Ecologico / DMV attuale applicando la regola per la quale $DE \geq DMV$.