

**GIUNTA REGIONALE DEL LAZIO
AREA QUALITA' DELL'AMBIENTE**

**Servizio di studio ed elaborazione dati in materia ambientale ai fini
dell'aggiornamento dei Piani di gestione delle acque da parte delle Autorità di
Bacino distrettuali dell'Appennino centrale e meridionale.
CIG 8958658673**

Rapporto finale

ottobre2022

GRUPPO DI LAVORO

Il presente lavoro, di carattere fortemente multidisciplinare ha richiesto il contributo di diversi esperti, oltre al personale della Tecnostudi Ambiente S.r.l.

Hanno partecipato per gli aspetti salienti dello studio:

dott.Geol. Carlo Gazzetti – Cordinamento del gruppo di lavoro e analisi degli aspetti idrologici e idrogeologici;

dott. Geol. Paolo Sarandrea – Analisi territoriale, parametrizzazione ed elaborazioni in ambiente GIS;

prof. Giuseppe Raspa – Analisi e spazializzazione geostatistica dei dati meteorologici;

Ing. Luis Gomez - Analisi e spazializzazione geostatistica dei dati meteorologici;

dott. Agr. Massimo Paolanti (ARSIAL – Area Tutela risorse e Vigilanza sulle produzioni di qualità) - Fornitura dei dati pedologici elaborati nella banca dati pedologica regionale.

dott. Geol. Giuseppe Verbena – Analisi ed elaborazione dalle Banche Dati dei prelievi idrici superficiali;

Si ringraziano:

ARPALAZIO per le informazioni fornite e per il supporto alla definizione e alla codifica dei corpi idrici superficiali e dei relativi bacini afferenti;

L’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Centrale nella persona della dott.ssa Geol. Manuela Ruisi per i materiali forniti e per i suggerimenti.

Il Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Lazio per la fornitura dei dati delle stazioni idrometriche e meteo-climatiche

ARSIAL – Area Tutela risorse e Vigilanza sulle produzioni di qualità per la fornitura della Carta dei suoli della Regione Lazio a scala 1:250.000 e dei dati pedologici ad essa associati.



Sommario

Premessa	5
1. Oggetto dell’incarico e prodotti attesi	5
2. Approccio metodologico generale	9
3. Definizione delle geometrie dei bacini afferenti	13
3.1 Bacini idrografici afferenti (BAF-CIS)	13
3.2 Bacini idrogeologici afferenti (BAF-GWB).....	14
4. Stima del bilancio idrologico e proposta di valutazione del DMV/DE.....	15
4.1 Bilancio idrologico	15
4.1.2 Available Water Capacity (AWC)	18
4.1.3 Coefficiente di ruscellamento cK.....	19
4.1.4 Coefficienti colturali mensili KC.....	20
4.2 Valutazione preliminare delle portate sorgive.....	30
4.3 Calibrazione del modello idrologico distribuito	32
4.3.1 Bilancio idrogeologico dei corpi idrici sotterranei.....	35
4.4 Stima delle portate naturali e del deflusso di base	40
4.5 Valutazione preliminare del DMV/DE	43
4.5.1 Aspetti generali.....	43
4.5.2 Approccio metodologico	45
4.5.3 Valutazione del DMV	45
4.5.3 Modulazione mensile del DMV – DE presuntivo	51
5. Aggiornamento del quadro conoscitivo dei fabbisogni e dei prelievi idrici	53
5.1 Fabbisogno e captazioni a scopo idropotabile	53
5.1.1 Stima del fabbisogno idropotabile	53
5.1.2 Ricognizione delle captazioni e derivazioni a scopo idropotabile.....	55
5.2 Domanda idrica e prelievi per uso industriale.....	56
5.2.1 Stima del fabbisogno industriale e produttivo.....	56
5.2.2 Prelievi di acque superficiali a scopo industriale.....	59
5.2.3 Prelievi da pozzo per uso industriale e produttivo.....	59
5.3 Fabbisogno e prelievi idrici a scopo irriguo	59
5.3.1 Stima del fabbisogno irriguo.....	59
5.3.2 Prelievi di acque superficiali a scopo irriguo	62
5.3.3 Prelievi da pozzo per uso irriguo	63



5.4	Derivazioni a scopo idroelettrico.....	65
6.	Valutazione dello stato quantitativo dei Corpi Idrici Sotterranei.....	66
7.	Elaborazione delle schede di sintesi per i corpi idrici sotterranei.....	70
8.	Stima degli indicatori di pressione connessi con i prelievi idrici e supporto per la stima degli altri indicatori di pressione	71
	Bibliografia essenziale	80

ALLEGATI

1. Carta dei bacini idrografici e idrogeologici afferenti
2. Shapefile (UTM33 WGS84) descritti nell'allegato 6
3. Tabelle Excel descritte nell'allegato 6
4. Schede di sintesi per i corpi idrici sotterranei
5. Valutazione del surplus di Azoto
6. Elenco dei file allegati e descrizione dei contenuti dei campi



Premessa

La presente relazione descrive le metodologie adottate e i risultati delle attività connesse con l'incarico ricevuto dall'Area Qualità dell'Ambiente della Regione Lazio (CIG 8958658673) relativo a "servizio di studio ed elaborazione dati in materia ambientale ai fini dell'aggiornamento dei Piani di gestione delle acque da parte delle Autorità di Bacino distrettuali dell'Appennino centrale e meridionale.

Nel documento vengono descritte le attività svolte, le metodologie adottate e i risultati ottenuti.

Per ogni attività/prodotto viene riportata una breve valutazione della **completezza e rappresentatività del lavoro svolto** rispetto ai dati di base disponibili e alle esigenze della pianificazione regionale in materia di gestione e tutela delle risorse idriche.

1. Oggetto dell'incarico e prodotti attesi

Per chiarezza di esposizione, nel seguito si riporta una tabella con l'elenco delle attività previste dall'incarico ricevuto, i contenuti operativi e i prodotti attesi.

I diversi temi sintetizzati nella tabella sono descritti con maggior dettaglio nei paragrafi successivi.

TEMA DA SVILUPPARE	work package	Prodotti attesi
1. aggiornamento del quadro conoscitivo dei fabbisogni e dei prelievi idrici che insistono sui corpi idrici significativi superficiali e sotterranei individuati dal PTA;	Analisi del fabbisogno e captazioni ad uso idropotabile	Fabbisogno idropotabile distribuito a scala di sezione di censimento ISTAT
		Raccolta e georeferenziazione delle captazioni a scopo idropotabile da acque superficiali e da pozzi
	Studio della domanda e dei prelievi per uso industriale	Fabbisogno Industriale a scala di sezione di censimento ISTAT
		Stima dei prelievi idrici da acque superficiali a scala di corpo idrico
		Stima dei prelievi idrici da pozzi a scala corpo idrico
	Studio delle derivazioni a scopo idroelettrico	Derivazioni a scopo idroelettrico a scala di corpo idrico
	Studio della domanda e dei prelievi per scopi irrigui	Fabbisogno irriguo a scala comunale da dati CREA - AGEA e disaggregazione a scala di corpo idrico
		Stima dei prelievi idrici da acque superficiali a scala di corpo idrico superficiale
Stima dei prelievi idrici da acque sotterranee, a scala di CI sotterraneo		
2. stima del bilancio idrologico	Bilancio idrologico naturale, flusso di base	Spazializzazione geostatistica dei dati meteo-climatici mensili sul territorio regionale



TEMA DA SVILUPPARE	work package	Prodotti attesi
<p>dei corpi idrici sotterranei e superficiali e prima definizione dei valori del Deflusso Minimo Vitale e del Deflusso Ecologico presuntivo nelle sezioni di maggiore interesse per il territorio regionale;</p>	<p>e portate medie naturali, stima del deflusso ecologico presuntivo</p>	<p>Definizione delle mappe dei fattori fisici e di uso del territorio necessari per il bilancio idrologico distribuito</p>
		<p>Calcolo del bilancio idrologico distribuito medio di riferimento (bilancio naturale): Precipitazioni, evapotraspirazione, ruscellamento, infiltrazione efficace</p>
		<p>Calibrazione del bilancio idrologico mediante confronto con le portate misurate</p>
		<p>Censimento, georeferenziazione e connessione con i corpi idrici individuati dal PTA delle sorgenti lineari e puntuali e relative portate</p>
		<p>Aggregazione dei dati di portate sorgive per bacini e sottobacini al fine di determinarne il contributo rispetto al flusso di base dei CI superficiali</p>
		<p>Aggregazione del bilancio idrologico e dei dati di portata delle sorgenti per la valutazione delle portate naturali</p>
		<p>Valutazione del deflusso naturale e del deflusso ecologico (DE) presuntivo</p>
<p>3. stima degli indicatori di pressione relativi ai prelievi dai corpi idrici significativi della Regione Lazio, secondo le indicazioni di cui alle linee guida ISPRA, 2018;</p>	<p>Calcolo degli indicatori di pressione connessi con i prelievi dai corpi idrici principali e verifica degli indicatori di impatto</p>	<p>Ridefinizione delle geometrie dei bacini afferenti secondo criteri idrologici e gerarchizzazione</p> <p>Delimitazione dei buffer (criteri linee guida ISPRA 2018)</p> <p>Calcolo degli indicatori di pressione "Prelievi e diversioni" per i CI superficiali e sotterranei (metodo ad alta complessità - circa 14 indicatori)</p>



TEMA DA SVILUPPARE	work package	Prodotti attesi
4. supporto in ambiente GIS per il calcolo degli altri indicatori di pressione richiesti dalle Linee guida ISPRA (2018), sulla base delle informazioni fornite dalla Committente;	Elaborazione in ambiente GIS dei dati relativi ai diversi indicatori di pressione (scarichi, industrie IED, siti contaminati, discariche ecc) che potranno essere forniti dalle banche dati informatizzate regionali per la valutazione degli indicatori di pressione.	Calcolo degli indicatori di pressione definibili allo stato attuale, sulla base dei dati disponibili (circa 60 indicatori per CI fluviali, costieri, lacustri e di transizione)
5. valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei secondo le indicazioni richieste dalle Autorità di Bacino Distrettuali;	Risoluzione, a scala di corpo idrico sotterraneo significativo principale, del bilancio idrico, con particolare riferimento al rapporto tra risorse disponibili (ricarica), risorse utilizzate (mantenimento dei deflussi ecologici pianificati) e prelievi idrici (vedi tema 1), confronto con i dati di misure piezometriche disponibili.	Valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei (TEST 1 - Bilancio idrico e TST 2 - Acque superficiali connesse)
6. elaborazione delle "Schede di sintesi" per i corpi idrici sotterranei, definite dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, sulla base di quanto richiesto dalla direttiva acque e sulla base delle relative informazioni da inserire nel WISE (Water Information System for Europe).	a) Analisi degli studi pregressi, della documentazione bibliografica e dei dati di misure disponibili (archivio della società e dati forniti dalla Regione Lazio: Servizio idrografico, difesa del suolo, perforazioni ecc.) per la definizione degli schemi di circolazione idrica; b) elaborazione dei dati di cui ai punti precedenti per le valutazioni riguardanti il bilancio	Analisi degli studi pregressi e schemi di circolazione idrica
		Sorgenti lineari e puntuali e corpi idrici superficiali connessi
		Reti di monitoraggio quali-quantitativo
		Bilancio idrologico naturale
		Geochimica delle acque



TEMA DA SVILUPPARE	work package	Prodotti attesi
	idrico; c) integrazione dei dati di qualità derivanti dal monitoraggio regionale.	Pressioni quantitative e stato quantitativo DB ed editing grafico delle 47 schede monografiche

Per completezza di esposizione si riporta di seguito un elenco di attività che, pur non previste nell'incarico, si sono rese nel frattempo necessarie per supportare la committente nell'ambito delle attività connesse con la predisposizione della documentazione richiesta per il Piano di Gestione delle Acque delle Autorità di Distretto e per la compilazione del WFD Reporting.

ATTIVITA' DI SUPPORTO AGGIUNTIVE
Riallineamento e ridefinizione delle basi GIS dei corpi idrici sotterranei e superficiali (sessennio 2015-2020) in coordinamento con ARPA
Valutazione del surplus di Azoto, in coordinamento con la Direzione Regionale Agricoltura
Supporto alla sistematizzazione e valutazione dei dati inerenti lo stato, le pressioni e gli impatti, le deroghe e gli obiettivi sui corpi idrici regionali nell'ambito del Piano di Gestione e per la predisposizione del WFD reporting

2. Approccio metodologico generale

Le attività oggetto dello studio, seppur molto diversificate, hanno come elemento centrale la risoluzione del bilancio idrologico e idrogeologico naturale dei corpi idrici significativi della Regione Lazio e una prima valutazione del bilancio idrico, inteso come bilancio tra risorse idriche disponibili e prelievi antropici. Tale attività è finalizzata a supportare la definizione, in ogni ambito territoriale di riferimento, delle risorse idriche superficiali e sotterranee disponibili, del livello delle pressioni antropiche che insistono sulle stesse e, in definitiva, a valutare le risorse ancora utilizzabili e lo stato quantitativo dei corpi idrici.

Risulta evidente che la risoluzione del problema richiede la definizione dei deflussi ecologici (DE) da garantire in alveo, come parte delle risorse indisponibili e quindi come prima indicazione delle soglie di sfruttamento da non superare per il mantenimento dello stato quantitativo e qualitativo buono. E' evidente che oltre tali considerazioni, in particolari contesti, risulta necessario estendere la valutazione al mantenimento dei carichi piezometrici necessari per garantire la conservazione delle direzioni del deflusso sotterraneo (scambi falda fiume, tutela dai fenomeni di ingressione di acque marine o mineralizzate ecc.).

Con riferimento allo schema riportato nella figura 2.1, l'analisi e la valutazione del bilancio idrologico e idrico per le finalità descritte deve essere riportata a definiti ambiti di bilancio che hanno come riferimento il bacino idrografico (BAF-CIS) e il bacino idrogeologico (BAF-GWB) sottesi dal corpo idrico superficiale (CIS) di interesse (corso d'acqua, lago, mare), a meno di non disporre di modelli numerici complessi, di difficile implementazione e taratura, se l'analisi riguarda, come nel nostro caso, l'intero territorio regionale.

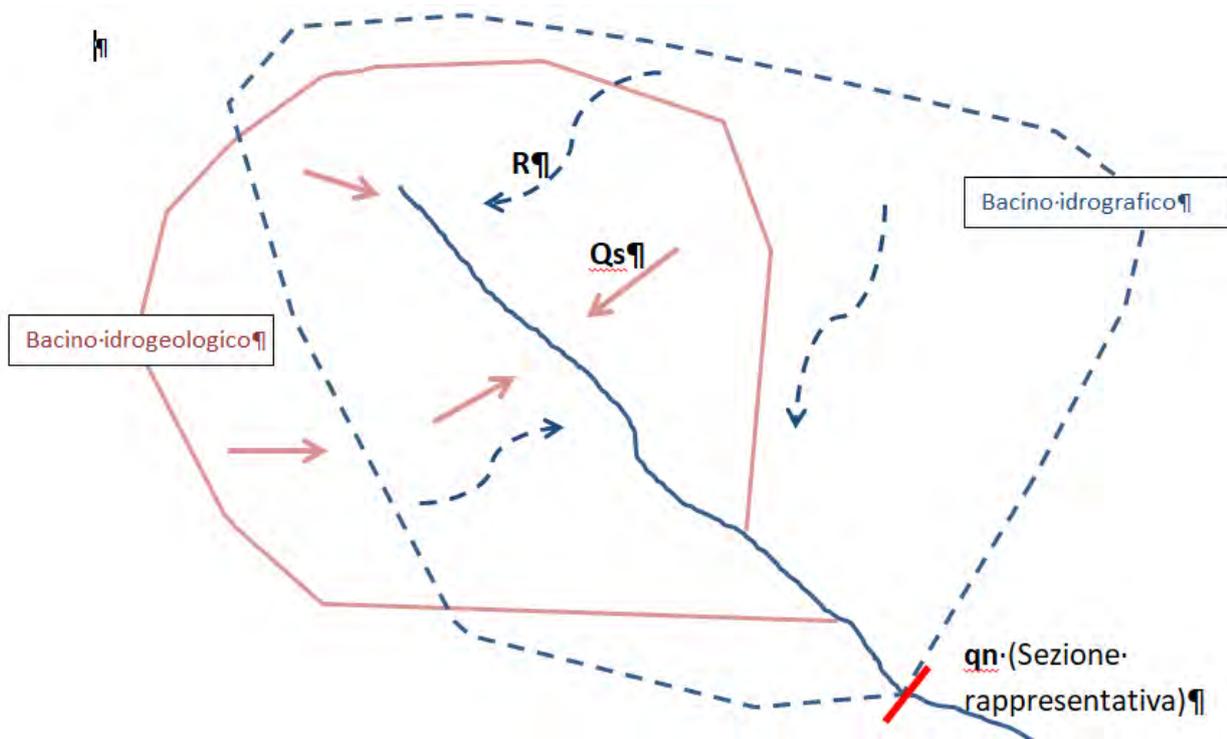


Fig.2.1 – Bacino idrografico e bacino idrogeologico di un tratto di corpo idrico superficiale sotteso da una sezione d'alveo significativa (Nodo). q_n =portata naturale; R = ruscellamento nel bacino idrografico; Q_s = acque sotterranee emergenti da sorgenti o drenaggio in alveo.

Con riferimento alla figura 2.1, la portata naturale in una determinata sezione d'alveo (q_n) è data dalla somma delle portate sorgive emergenti (Q_s) all'interno del bacino e del ruscellamento (R):

$$q_n = Q_s + R$$

Se denominiamo con IE l'infiltrazione efficace nell'area del bacino idrogeologico sotteso, note le portate sorgive (Q_s), si può ritenere che la differenza tra IE e Q_s fornisca una misura del volume dei travasi sotterranei (TS) verso un altro corpo idrico:

$$TS = IE - Q_s$$

Inserendo nel modello i prelievi di acque superficiali e sotterranee (DER) e le restituzioni (RES), la portata misurata in alveo (Q_a) assume il seguente significato:

$$Q_a = Q_s + R - DER + RES$$

Ovvero

$$Q_a = (IE - TS) + R - DER + RES$$

Le considerazioni esposte evidenziano l'importanza fondamentale del monitoraggio e della misura delle portate sorgive (sorgenti puntuali e incrementi di portata in alveo) in quanto unico elemento conoscitivo che consente di valutare la ripartizione dell'infiltrazione efficace tra contributi alle acque superficiali e contributo al travaso sotterraneo verso altri corpi idrici.

Tenendo conto dei dati e delle informazioni ad oggi disponibili, nel presente studio è stato implementato un modello concettuale di analisi del bilancio idrico centrato sui corpi idrici superficiali e sotterranei significativi classificati dal Piano di Tutela delle Acque Regionale e dal Piano di Gestione delle Autorità di bacino Distrettuale.

L'approccio metodologico seguito è sintetizzato nel diagramma di flusso riportato in figura 2.2. I passaggi fondamentali riguardano:

1. la stima del bilancio idrologico distribuito a partire dai dati meteo-climatici spazializzati e dalla parametrizzazione delle mappe di uso del suolo, pedologia, litologie e modello digitale del terreno (DEM) per il calcolo distribuito delle precipitazioni (P), dell'Evapotraspirazione reale (EVR), del Ruscellamento (R) e dell'infiltrazione efficace (IE) a scala mensile sull'intero territorio regionale, su una griglia con celle di 250 m di lato;
2. il censimento, a partire dalla documentazione bibliografica disponibile, delle sorgenti puntuali e degli incrementi di portata in alveo (sorgenti lineari);
3. la stima del fabbisogno idrico e dei prelievi (DER) perlomeno a scala di bacino afferente;
4. gli scarichi e le restituzioni (RES), qualora resi disponibili dalla Regione Lazio;
5. la definizione dei bacini afferenti idrografico e idrogeologico (rispettivamente BAF-CIS e BAF-GWB) connessi con i diversi tratti dei corpi idrici superficiali significativi e la loro relativa gerarchizzazione, necessaria per la delimitazione del bacino totale sotteso da ogni sezione di chiusura dei diversi tratti del reticolo idrografico principale (nodi) su cui ricavare i valori cumulati;



6. l'associazione di tutti i parametri richiamati (P, EVR, R, IE, Qs, DER e RES) ad ogni bacino afferente e quindi ad ogni nodo;
7. la calibrazione del modello idrologico distribuito mediante il confronto con le portate in alveo rilevate dalle stazioni idrometriche e con le portate sorgive;
8. il modello idrologico calibrato viene utilizzato per ricavare il bilancio naturale, la portata naturale mensile stimata (qn), il deflusso di base (FB) (deflusso non condizionato dai fenomeni di ruscellamento) e il DMV/DE come quota parte del deflusso di base per ogni bacino afferente e quindi per ogni Nodo (sezione di chiusura di un tratto di corpo idrico superficiale), a partire da R, IE, Qs e TS,;
9. Il confronto tra i parametri naturali del bilancio con le derivazioni (DER) e le restituzioni (RES) a scala di bacino afferente (BAF-CIS e BAF-GWB) e di bacino totale rispetto ad ogni Nodo consente di ottenere una valutazione del bilancio idrico.

Le necessarie semplificazioni del modello concettuale proposto sono connesse soprattutto con la necessità di imporre limiti fissi ai bacini idrogeologici, lì dove gli spartiacque sotterranei e i limiti di flusso possono avere carattere dinamico, in risposta alla variabilità annuale o stagionale della ricarica e/o al regime degli emungimenti e delle opere di drenaggio. Tale complessità, nei casi più rilevanti o più sensibili, deve essere affrontata mediante l'implementazione di modelli numerici complessi. Tuttavia si ritiene che nell'ambito della normale gestione e delle approssimazioni compatibili alla scala di pianificazione del Piano di Tutela e del PGA, tale problematica possa essere gestita efficacemente mediante l'aggiornamento periodico del modello con i dati delle reti di monitoraggio e con le risultanze degli studi e delle ricerche sulla circolazione idrica sotterranea che progressivamente si renderanno disponibili.

Come premessa essenziale si sottolinea che l'analisi idrostrutturale e della circolazione idrica dei corpi idrici sotterranei e i prodotti derivati, con particolare riferimento alla delimitazione dei bacini idrogeologici afferenti e alle portate sorgive, deriva dalla lettura critica delle informazioni bibliografiche e degli studi ad oggi disponibili. L'incarico ricevuto non prevedeva infatti l'esecuzione di campagne di misura in sito e di rilievi di verifica in campo. Analogamente, le scale di deflusso delle portate e i dati delle grandi e piccole derivazioni sono quelli ad oggi disponibili nei database della Regione Lazio.

La procedura proposta mira a costruire un quadro complessivo e fortemente correlato, tra acque superficiali e sotterranee, di tutti i fattori che incidono sugli aspetti quantitativi delle risorse idriche, incentrato su definiti ambiti di bilancio (bacino idrografico e bacino idrogeologico) rapidamente aggregabili rispetto ai tratti dei corpi idrici superficiali significativi e ai nodi (sezioni d'alveo) di chiusura degli stessi. Il bilancio idrico tiene conto di ogni porzione del territorio regionale e delle relative interazioni.

Il modello attualmente sviluppato è necessariamente affetto da imprecisioni e approssimazioni, ma eventuali imprecisioni che possono assumere rilevanza a scala locale sono sostanzialmente irrilevanti nelle valutazioni riferite ad areali più ampi, in quanto i vincoli derivanti dal bilancio delle strutture adiacenti e dai dati sperimentali restringono notevolmente il campo della variabilità delle condizioni in tutti i settori dell'areale studiato. Nell'architettura proposta, qualsiasi aggiornamento o puntualizzazione può essere progressivamente inserito, contribuendo a migliorare la risoluzione dell'analisi.



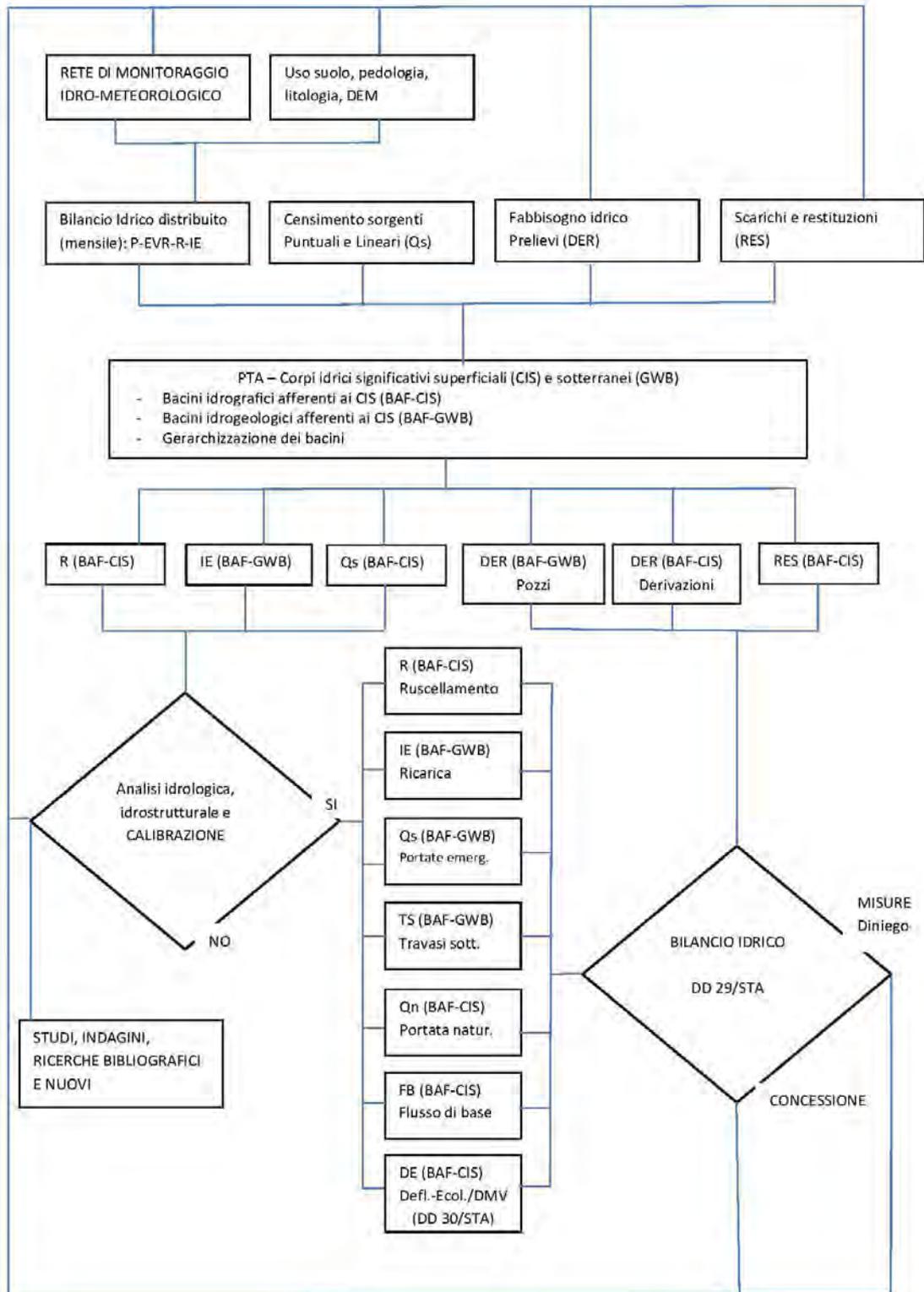


Fig.2.2 – Schema concettuale di riferimento dello studio degli aspetti quantitativi dei corpi idrici superficiali e sotterranei



3. Definizione delle geometrie dei bacini afferenti

3.1 Bacini idrografici afferenti (BAF-CIS)

La definizione dell'ambito territoriale è un passo preliminare irrinunciabile sia per il bilancio idrologico e idrogeologico che per lo svolgimento dell'analisi delle pressioni in quanto esso costituisce l'area di ricerca e selezione dell'indicatore e la sua estensione viene utilizzata per il calcolo degli indicatori che richiedono una valutazione di densità.

L'unità di riferimento per lo studio degli indicatori e delle relative soglie di significatività per le pressioni è il "corpo idrico" (CI) definito ai sensi della normativa di settore vigente.

In conformità con quanto definito dalle Linee Guida Ispra 2018 si è pertanto provveduto a definire, per ogni corpo idrico, i seguenti ambiti di riferimento:

- **bacino totale del corpo idrico:** è il bacino imbrifero chiuso alla sezione di valle del CI nel caso di corpo idrico fluviale; è il bacino imbrifero dato dalla somma dei bacini idrografici che versano nel corpo idrico nel caso di corpo idrico lacustre o marino-costiero.
- **bacino afferente al corpo idrico:** nel caso di corpo idrico fluviale è l'areale ottenuto dalla differenza tra il bacino totale e il bacino a monte del CI, escludendo le eventuali aree drenate di CI tipizzati affluenti del CI in esame. Nel caso di corpo idrico lacustre o marino-costiero è dato dalla differenza tra bacino totale e bacini dei corpi idrici affluenti tipizzati.
- **buffer:** area adiacente alle sponde del corpo idrico di una certa ampiezza che si è concordato, in questo caso, essere pari a 500 metri dalla sponda (su entrambe le sponde per i CI fluviali) per tutti i tipi di acque superficiali. Il buffer non è previsto per le acque sotterranee.
- **area del corpo idrico:** corrisponde alla superficie del GWB (previsto solo per i CI sotterranei).

L'ambito territoriale consigliato dalle "LG Ispra 2018" come riferimento da adottare per l'analisi delle pressioni, è il bacino afferente al corpo idrico. L'analisi nel bacino totale e nel buffer integrano le valutazioni su alcune tipologie di pressione e costituiscono, in particolare il primo, gli ambiti territoriali di riferimento per l'analisi delle pressioni cumulate.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Le cartografie prodotte, in ambiente GIS, forniscono un quadro coerente e condiviso rispetto ai corpi idrici e ai diversi ambiti di riferimento relativi all'ultimo sessennio (2015-2020).

Nel quadro dell'aggiornamento del nuovo Piano di Tutela è da valutare l'inserimento e/o l'accorpamento di eventuali nuovi corpi idrici fluviali e lacustri. Una diversa delimitazione dei corpi idrici marino-costieri.

3.2 Bacini idrogeologici afferenti (BAF-GWB)

La delimitazione dei bacini idrogeologici afferenti per le finalità richiamate nel capitolo 2 costituisce un elemento essenziale della proposta metodologica adottata per la configurazione dello strumento di valutazione e gestione quantitativa delle risorse idriche.

I bacini idrogeologici afferenti sono stati delimitati a partire dalle informazioni bibliografiche disponibili, con particolare riferimento ai seguenti elaborati cartografici:

- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986)-Schema idrogeologico dell'Italia centrale. Mem. Soc. Geol. It., 35 (2), 991-1012.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) - Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio (Scala 1:250.000). Regione Lazio, Assessorato alla Programmazione, Ufficio Parchi e Riserve Naturali, Università degli Studi "La Sapienza", Dipartimento di Scienze della Terra, Roma.
- Capelli G. & Mazza R. (1994) - : Lineamenti idrogeologici dei terrazzi marini pleistocenici del Lazio settentrionale. risultati della campagna di rilevamento "1991 - 1992". GEOLOGICA ROMANA, 30: 589-600, 2 fig, 1 tav. ft., Roma (1994).
- Capelli G., Mastroiello L., Mazza R., Petitta M., Baldoni T., Banzato F., Cascone D., Di Salvo C., La Vigna F., Taviani S., Teoli P. (2012) - Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio, scala 1:100.000. Regione Lazio, SELCA, Firenze.
- CELICO P. (1983) - Idrogeologia dell' Italia centro meridionale. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4 (2)
- G. CAPELLI, R. MAZZA & C. GAZZETTI (2005) – “Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio”. Quaderni di tecniche di protezione ambientale. Pitagora Editrice, Bologna, 216 pagine, 48 figure, 4 carte fuori testo.
- Brunamonte F., Cosentino D., D'Amico L., Gavasci R., Prestininzi A., Romagnoli C. (1983) - Cart dei Sistemi Idrogeologici del territorio della Regione Lazio - Scala 1:200.000. SELCA, Firenze, 1983.

L'interpretazione della documentazione cartografica richiamata è stata effettuata anche alla luce dei numerosi articoli scientifici pubblicati (si veda il Capitolo descrittivo della bibliografia essenziale).

I bacini idrogeologici sono individuati rispetto ai corpi idrici superficiali significativi (tratti di corsi d'acqua significativi, Laghi, Corpi idrici Marino-costieri) assegnando ad ogni bacino la denominazione del relativo corpo idrico superficiale rendendo così i bacini idrogeologici aggregabili e cumulabili rispetto a qualsiasi sezione d'alveo, con particolare riferimento ai nodi di chiusura dei tratti significativi del PTAR.

Per la definizione del perimetro si è proceduto mediante un approccio progressivo, a partire dai limiti idrogeologici più definiti:

- limiti strutturali a flusso nullo segnalati dagli autori e cartografati, sovrascorrimenti, contatti con formazioni a bassa permeabilità;
- limiti di potenziale tracciabili sulla base dell'andamento delle linee isopiezometriche;
- limiti strutturali e/o di potenziale proposti dagli autori sulla base di studi idrogeologici di dettaglio;
- direzioni di flusso segnalate dagli autori;
- limiti derivanti, per esclusione, a valle del tracciamento dei limiti richiamati nei punti precedenti.



Il risultato dell'attività di definizione dei bacini afferenti è riportato negli shapefile allegati e nella tavola allegato 1.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

I bacini idrogeologici afferenti delimitati sono il risultato di una onerosa attività di interpretazione ed analisi idrogeologica della documentazione bibliografica ad oggi disponibile.

Tale perimetrazione, ha indubbiamente il vantaggio di non essere limitata ad un unico acquifero, ma di essere estesa a tutto il territorio regionale, senza escludere nessuna area. Tale caratteristica obbliga a tenere conto dei vincoli di natura idrostrutturale e di bilancio idrogeologico imposti dalle strutture adiacenti e dal rapporto tra acque superficiali e sotterranee.

In questo senso il documento può costituire un riferimento per gli studi successivi, utile per individuare le carenze conoscitive, la scala di dettaglio da superare e le incongruenze da risolvere.

4. Stima del bilancio idrologico e proposta di valutazione del DMV/DE

4.1 Bilancio idrologico

4.1.1 Approccio metodologico per il calcolo distribuito di EV, R ed IE

Per il calcolo dei parametri naturali del bilancio idrologico distribuito si fa riferimento alla procedura sviluppata nell'ambito degli studi svolti in altre aree della regione Lazio¹ (Colli Albani, Monti Lepini, Provincia di Latina) e oggetto di pubblicazioni scientifiche.

Il calcolo del bilancio idrogeologico distribuito viene affrontato con passo temporale mensile risolvendo in continuo per ogni mese e per ogni cella della griglia di calcolo, le seguenti relazioni.

$$ETP = 0.0023 (T_{media} + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5} RA \quad (\text{Hargreaves Samani, 1985}) \quad (1)$$

dove:

- ETP è l'evapotraspirazione potenziale
- T_{media} è la temperatura media mensile
- T_{max} è la temperatura massima media mensile
- T_{min} è la temperatura minima media mensile
- RA è la radiazione solare netta extratmosferica

¹ G. CAPELLI, R. MAZZA & C. GAZZETTI (2005) – "Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio". Quaderni di tecniche di protezione ambientale. Pitagora Editrice, Bologna, 216 pagine, 48 figure, 4 carte fuori testo.
GAZZETTI C, GOMEZ, L. RASPA G., SARANDREA P, Verbeno G. (2019) - Stima degli effetti delle variazioni climatiche attese sul bilancio idrico dell'area del distretto vulcanico dei Colli Albani. Rend. Online Soc. Geol. It Vol. 48 (2019), pp. 61-68, 3 figs.
(<https://doi.org/10.3301/ROL.2019.39>)

C. ALIMONTI, E. FEDERICI, C. GAZZETTI (2011) – Bilancio idrico distribuito e usi antropici della risorsa idrica lepina – in Progetto Monti Lepini – Studi idrogeologici per la tutela e la gestione della risorsa idrica. Gangemi Editore, Roma.

$$ETr = ETP * K_C \quad (2)$$

dove:

- ETr è l'evapotraspirazione colturale potenziale
- K_C è il coefficiente colturale del tipo di copertura vegetale presente

$$Evr = ETr \quad \text{se } P + U_{i(mese)} \geq ETr \quad (3)$$

$$Evr = P + U_i \quad \text{se } P + U_{i(mese)} \leq ETr \quad (4)$$

dove:

- EVr è l'evapotraspirazione reale del mese
- P è la precipitazione mensile
- $U_{i(mese)}$ è il volume d'acqua utilizzabile dalle piante immagazzinato nel terreno all'inizio del mese.

Il valore di U_i è calcolato per ogni mese come risultato del bilancio della frazione d'acqua immagazzinabile nel suolo (mm) tra -30 e -150 kPa (Available Water Capacity - AWC) espresso come segue:

$$U_{i(mese)} = AWC \quad \text{se } U_{f(mese\ precedente)} + P - ETr \geq AWC \quad (5)$$

$$U_{i(mese)} = U_{f(mese\ precedente)} + P - ETr \quad \text{se } 0 \leq U_{f(mese\ precedente)} + P - ETr \leq AWC \quad (6)$$

$$U_{i(mese)} = 0 \quad \text{se } U_{f(mese\ precedente)} + P - ETr < 0 \quad (7)$$

Il valore di $U_{f(mese\ precedente)}$ viene calcolato utilizzando una procedura concettualmente analoga a quella descritta per $U_{i(mese)}$.

E' interessante osservare che, per quanto esposto, si può ritenere che la differenza tra EVr (evapotraspirazione reale) e ETr (evapotraspirazione colturale potenziale) di seguito indicata come DA possa fornire una stima di massima del fabbisogno irriguo medio mensile di una determinata coltura o specie vegetale presente nell'area analizzata (Capelli et. al, 2005).

Gli altri parametri del bilancio possono essere ricavati dalle seguenti relazioni:

$$R_{anno} = \sum (P_{mese} - EVr_{mese}) * CK \quad (8)$$

$$Ie_{anno} = \sum (P_{mese} - EVr_{mese} - R_{mese} + Endo_{mese}) \quad (9)$$

dove:

- R_{anno} è il ruscellamento annuo
- CK è il coefficiente di deflusso
- Ie_{anno} è l'infiltrazione efficace annua
- Endo è il contributo dell'infiltrazione concentrata nelle aree endoreiche



I parametri fisici territoriali che caratterizzano il modello sono pertanto costituiti dalla carta dei suoli, dalla carta litologica, dalla carta della copertura del suolo e dal DEM, parametrizzati per ricavare i fattori territoriali del bilancio idrico distribuito (figura che segue):

- mappa dell'AWC (Available Water Capacity) che esprime il volume di acqua che può essere trattenuto nel suolo tra -30 e -150 kPa, corrispondente al volume potenzialmente utilizzabile dalle piante.
- mappa del CK (Coefficiente di ruscellamento) secondo di Kennesey (1930) derivante dalla sommatoria di tre coefficiente parziali ricavati da: Acclività, Permeabilità dei litotipi affioranti, Tipo di copertura vegetale e soggetto a taratura sulla base delle misure idrometriche;
- mappe mensili del KC (Coefficiente colturale) che esprimono la proporzionalità tra l'evapotraspirazione della coltura di riferimento (Festuca arundinacea) rispetto a quella della coltura presente in sito.
- Mappe delle aree endoreiche e delle aree di infiltrazione concentrata all'interno delle aree endoreiche (caldere del distretto vulcanico) ricavata dal DEM e da analisi geomorfologiche.

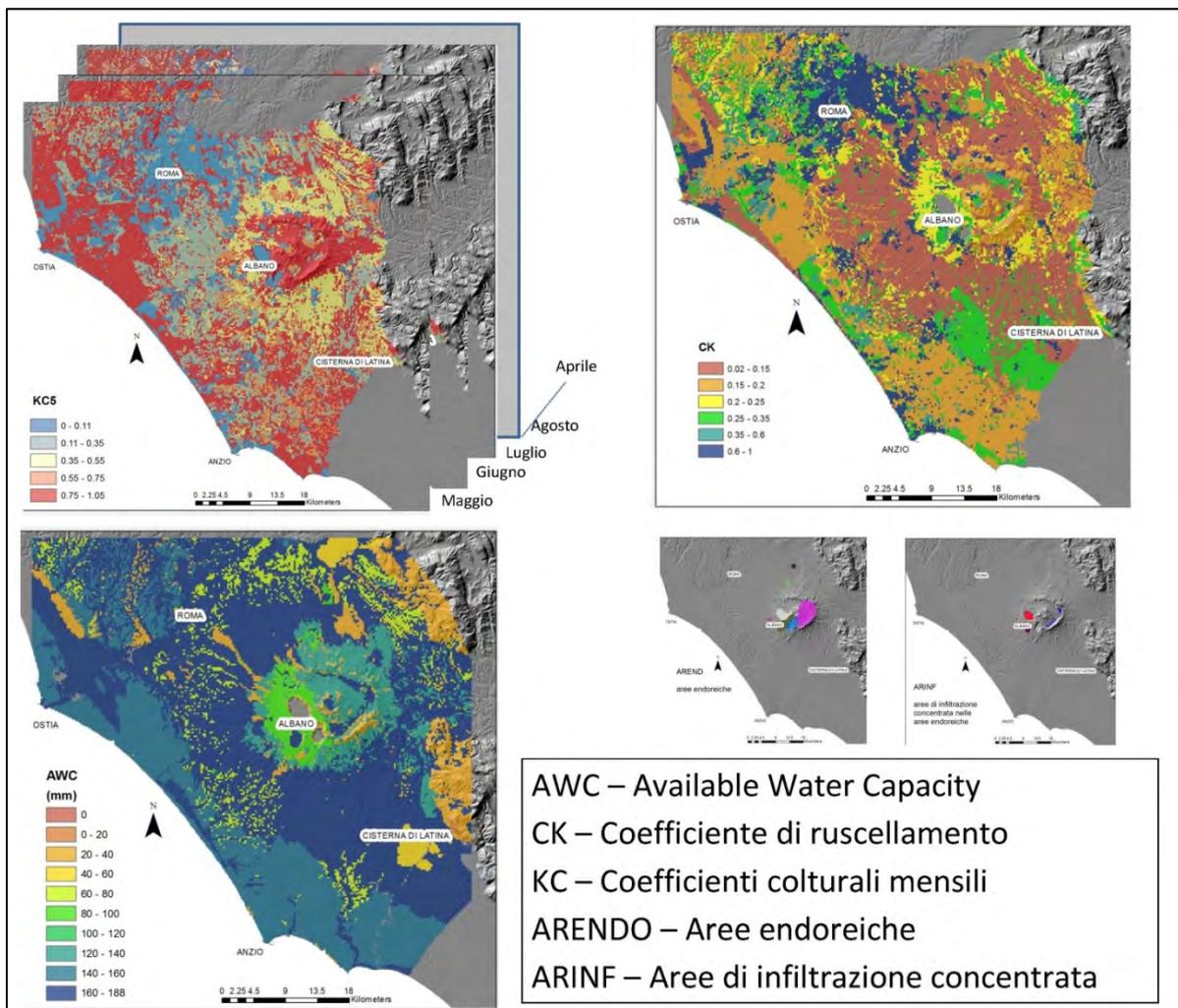


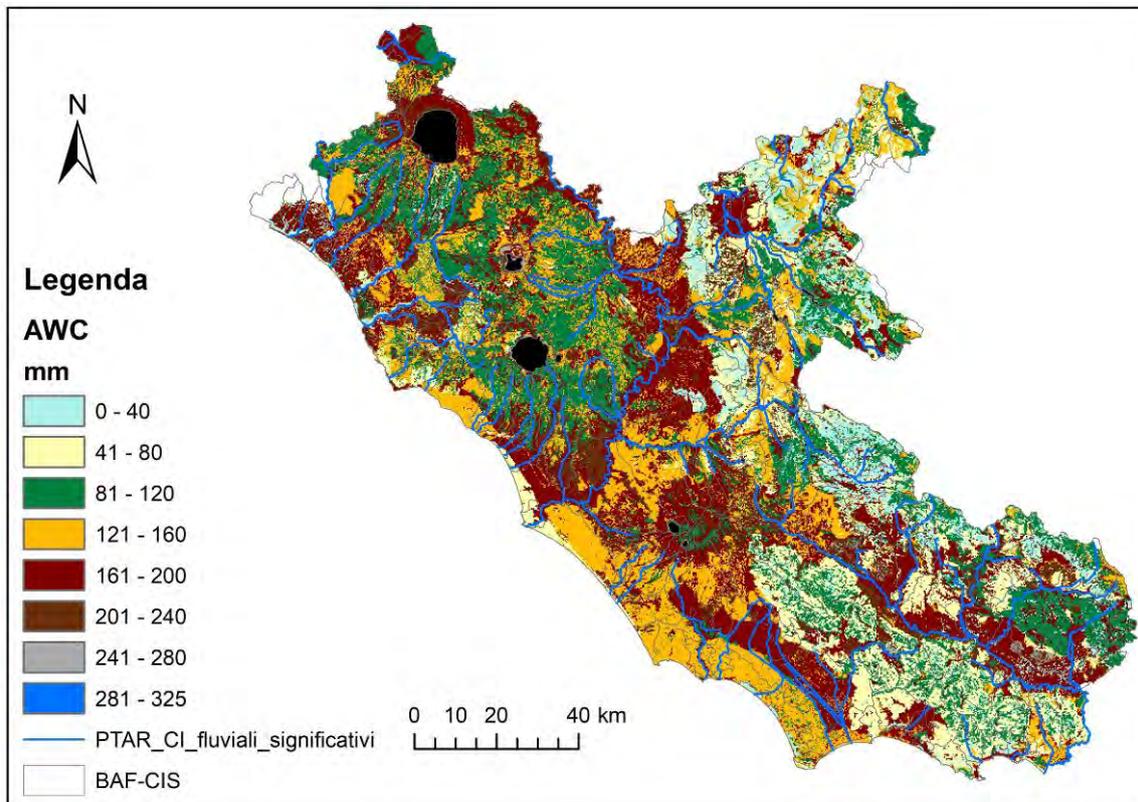
Fig.4.1 – Esempio di parametrizzazione dei fattori territoriali per il bilancio idrico distribuito (da Gazzetti et al, 2019)

4.1.2 Available Water Capacity (AWC)

Come AWC (Available water capacity), ovvero la capacità idrica disponibile, si intende il volume di acqua che uno strato di suolo mantiene tra le tensioni di 33 kPa e 1500 kPa, l'acqua presente in questo intervallo è per convenzione considerata l'acqua disponibile per le piante ed è espressa in mm. La quantità di acqua viene ridotta a seconda del volume dei frammenti di roccia e degli effetti osmotici di alta concentrazione di sale.

Per il presente lavoro per la stima dell'AWC è stata utilizzata la Carta dei suoli della Regione Lazio alla scala 1:250'000 prodotta dall'ARSIAL. Nella banca dati dei suoli della Regione Lazio la stima dell'AWC, è stata effettuata per tutti gli orizzonti di suolo dei profili considerati utili ai fini della correlazione. Quindi l'AWC dei diversi orizzonti di ogni profilo di suolo sono stati sommati per calcolare l'AWC dei profili stessi. Il calcolo eseguito prevede la correzione per lo scheletro e considera solo gli orizzonti compresi nella profondità utile.

L'ARSIAL ha inoltre fornito i dati già predisposti nella banca dati dei suoli regionali e la spazializzazione geografica delle STS (Sottounità Tipologiche di Suolo) cui riferire l'AWC calcolata per ottenere lo strato geografico necessario. Il metodo utilizzato in questo caso per la stima dell'AWC è quello proposto da Saxton (Saxton K.E., Rawls W.J., Romberger J.S. et al. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 50(4), USA, p. 1031-1036.), ovvero una pedofunzione che calcola l'AWC utilizzando la sola tessitura. ARSIAL sta elaborando i dati ottenuti da misure dirette, per confrontare i dati con le varie pedofunzioni disponibili e selezionare quindi quella/e da utilizzare per elaborare una successiva elaborazione dell'AWC di maggiore accuratezza.



4.1.3 Coefficiente di ruscellamento cK

Per la stima del ruscellamento è stato utilizzato il metodo sviluppato da Kennessey (1930) che, data la relativa semplicità di implementazione e il diffuso utilizzo, può essere applicato con una certa attendibilità e confidenza con il valore dei risultati.

Per una definita porzione di territorio il metodo calcola il coefficiente di deflusso medio annuo. Tale coefficiente deriva dalla somma di tre componenti dovute: all'acclività dei versanti; alla permeabilità dei terreni affioranti; alla copertura vegetale.

A ciascuna cella viene attribuito il valore del coefficiente di ruscellamento (CK) secondo le indicazioni della tabella che segue (Tab.4.1).

FATTORI COMPONENTI L'INDICE DI KENNESSEY	Indice di aridità		
	< 25	tra 25 e 40	> 40
PERMEABILITA'			
Molto scarsa	0,21	0,26	0,30
Scarsa	0,16	0,21	0,25
Mediocre	0,12	0,16	0,20
Buona	0,06	0,08	0,10
Elevata	0,03	0,04	0,05
ACCLIVITA'			
> 35%	0,22	0,26	0,30
10% < A < 35%	0,12	0,16	0,20
3,5% < A < 10%	0,01	0,03	0,05
< 3,5%	0,00	0,01	0,03
COPERTURA VEGETALE			
Assente (roccia nuda)	0,26	0,28	0,30
Pascoli	0,17	0,21	0,25
Colture – arbusti	0,07	0,11	0,15
Bosco d'alto fusto	0,03	0,04	0,05

Tab. 4.1 – Coefficienti parziali di ruscellamento (Kennessey, 1930)

Per la scelta del valore, oltre alle caratteristiche fisiche del territorio si fa riferimento (Tardi & Vittoriani, 1977) all'indice di aridità (Ia):

$$Ia = [P/(T + 10) + 12p/t] / 2 \tag{10}$$

Dove:

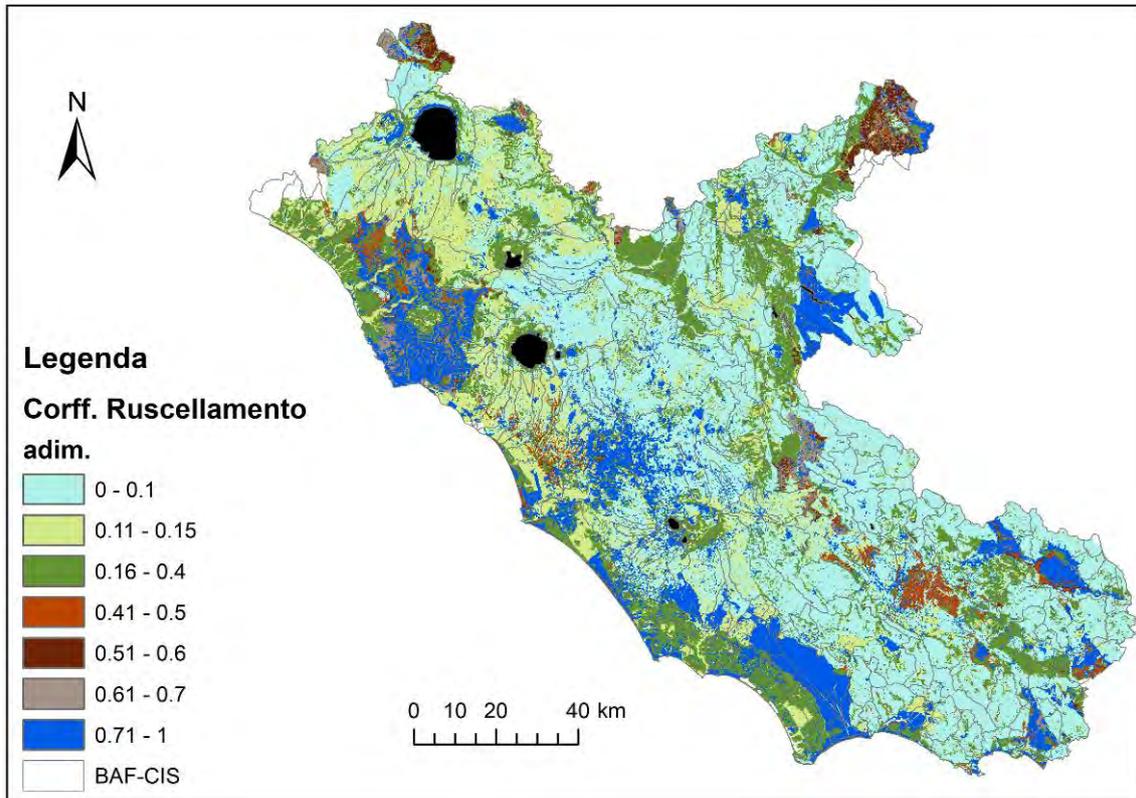
- P = precipitazione media annua
- T = Temperatura media annua
- p = precipitazione del mese più arido
- t = temperatura del mese più arido

Per l'area studiata l'indice presenta valori inferiori a 25 indicando l'opportunità di prendere a riferimento i valori della prima colonna.

Si evidenzia come, mentre per gli acquiferi vulcanici e terrigeni in generale i valori indicati abbiano fornito buoni livelli di correlazione con i dati sperimentali (Capelli et al, 2005), nel caso degli acquiferi carbonatici l'applicazione del coefficiente di Kennessey, senza una opportuna calibrazione, fornisce valori fortemente sovrastimati, in quanto non riesce a tenere conto dell'elevatissima permeabilità dei calcari fratturati e carsificati.

Si è perciò proceduto ad effettuare una calibrazione mediante l'analisi di serie idrometriche di stazioni poste a valle di bacini idrografici estesi essenzialmente su formazioni carbonatiche.

Per quanto riguarda le aree endoreiche, l'approccio è stato semplificato imponendo il valore del coefficiente di ruscellamento pari a zero.



4.1.4 Coefficienti culturali mensili KC

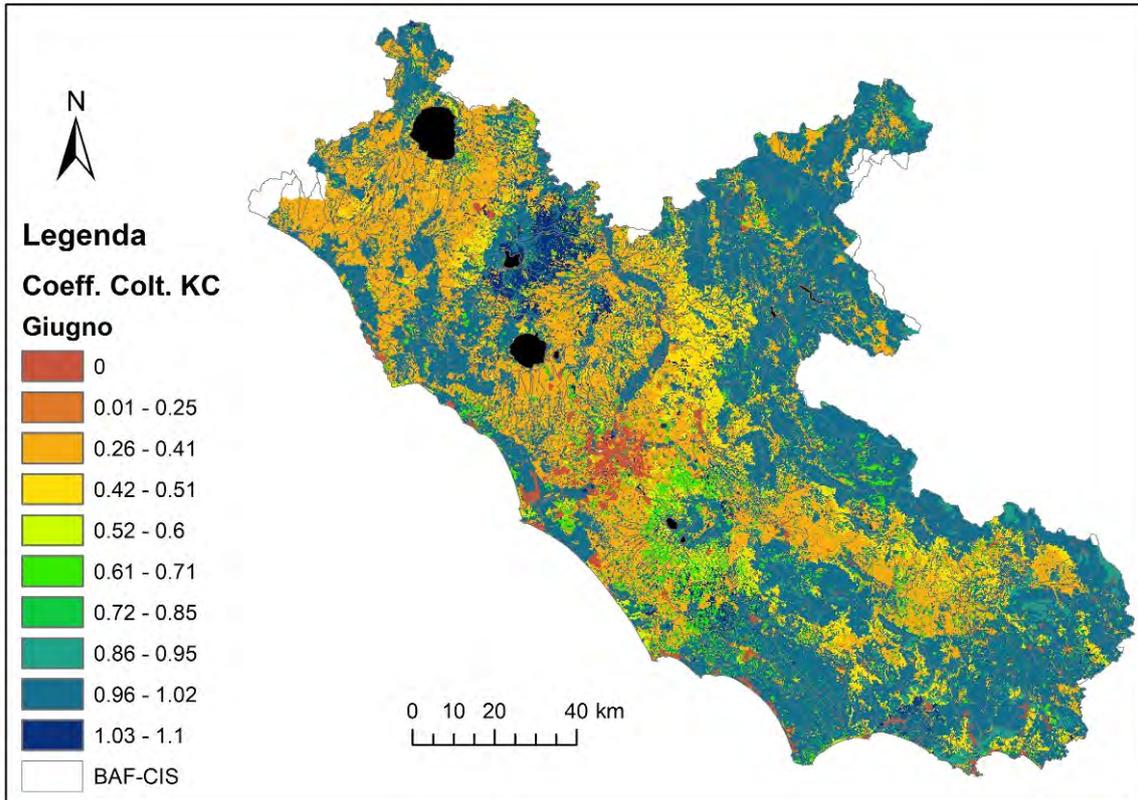
Per quanto riguarda gli aspetti connessi con l'uso del suolo, a ciascuna categoria della Nuova Carta dell'Uso del Suolo della Regione Lazio sono stati assegnati specifici coefficienti culturali (Kc) mensili.

Per i territori agricoli, i coefficienti culturali sono stati ricavati dal lavoro di Doorenbos J. e Pruitt W.A.O. pubblicato sul quaderno FAO n° 24 del 1977 (*Guidelines for prediction Crop water requirements*). Tali coefficienti sono funzione dello stadio vegetativo delle diverse specie vegetali nonché delle condizioni climatiche dell'area in cui le specie si sviluppano. La validità dei coefficienti culturali utilizzati è confermata da prove sperimentali compiute in diverse zone del mondo.

I coefficienti culturali non forniti dalle tabelle FAO sono stati ottenuti da altre pubblicazioni scientifiche (Capelli et al, 2005; Motawi A., 1993) e/o attraverso medie in funzione della "somiglianza culturale" delle specie vegetali considerate.

Una valutazione della validità dei valori di KC mensile stimati è stata ricavata confrontando il deficit idrico del suolo ricavati dal bilancio, con i fabbisogni idrici medi annui delle colture. Tale confronto ha fornito valori mediamente comparabili.





Dati meteorologici e scelta della serie temporale di misure di riferimento

Per le finalità dello studio, si ritiene che il bilancio idrologico naturale debba essere relativo al valore medio dei dati meteorologici (piogge e temperature) di lungo periodo (almeno 10 o 20 anni).

Tuttavia non si può non tenere conto della variabilità annuale che, soprattutto negli ultimi 20 anni, è stata caratterizzata da periodi di 1 o 2 anni particolarmente siccitosi che si sono susseguiti ogni 4 o 5 anni (Fig.4.2), con particolare riferimento alle annate: 2000-2001; 2006-2007; 2011; 2016-2017.

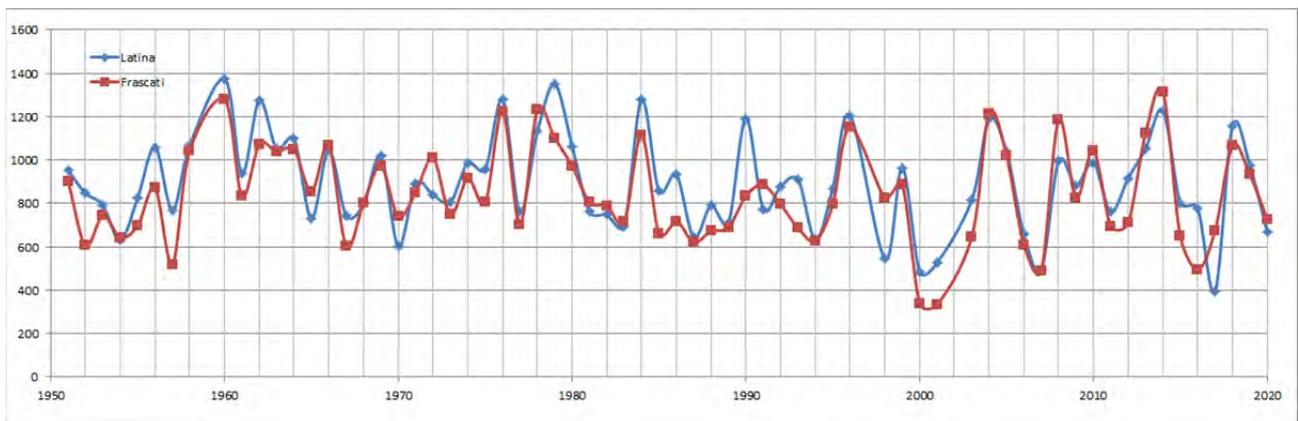


Fig.4.2 – Precipitazioni medie annue misurate a Velletri e a Latina (Stazioni Servizio Idrografico)

La scelta delle serie temporali di riferimento per il bilancio è stata effettuata tenendo conto della necessità di selezionare un periodo sufficientemente lungo da comprendere un numero equivalente di annate siccitose e annate umide.

In ragione delle variazioni del regime meteo-climatico osservato negli ultimi 20 anni, si ritiene opportuno selezionare questo arco temporale, escludendo condizioni naturali di riferimento non più attuali.

Tale scelta è stata inoltre dettata dal fatto che, a partire dall'anno 2005, le serie di dati registrate dal Servizio Idrografico sono più continue e la stessa rete idrometeorologica è stata oggetto, in questo periodo, di un notevole potenziamento.

Il bilancio idrico fa pertanto riferimento ai dati medi mensili di pioggia e temperatura registrati nel periodo compreso tra il 2005 e il 2020 (16 anni) da 231 stazioni pluviometriche e 172 stazioni termometriche.

I dati utilizzati e le coordinate e i riferimenti delle stazioni termometriche e pluviometriche sono riportati nei relativi file allegati.

Per completezza di informazione, il bilancio idrologico è stato sviluppato a scala mensile, anche per gli anni 2016 e 2017, caratterizzati da condizioni particolarmente siccitose.

4.1.5 Spazializzazione dei dati meteo-climatici

La ricostruzione spaziale delle precipitazioni e delle temperature mensili medie del ventennio di riferimento viene effettuata applicando il mapping geostatistico automatizzato (Bruno & Raspa, 1995, Raspa et al, 2018) che prevede i seguenti passi operativi:

1. Calcolo mediante lo stimatore MINQUE (Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation - Rao, 1971) di tutte le funzioni di covarianza generalizzata $K(h)$ ammissibili
2. Esecuzione della validazione incrociata con ciascuna delle funzioni $K(h)$ calcolate e selezione di quella che dà i migliori risultati in termini di validazione incrociata, ossia quella che soddisfa contemporaneamente due esigenze opportunamente pesate:
 - Varianza degli errori più vicina allo zero
 - Varianza degli errori standardizzati più vicina a 1
3. Kriging (intrinseco) della variabile di interesse nei punti di coordinate assegnate eseguito con la funzione selezionata $K(h)$

Il programma richiede i seguenti file di ingresso:

- file contenente le coordinate dei punti di misura $(x_j, y_j), j = 1, 2, \dots, n$;
- file contenente la tabella delle misure nei suddetti punti $Z_{ij}, i=1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$; dove m è il numero di variabili, ossia il numero di misure effettuate nello stesso punto;
- file contenente le coordinate dei punti in cui deve essere effettuata la stima o le caratteristiche

della griglia di calcolo: estensione, coordinate dell'origine e passo della cella.

I dati spazializzati sono stati quindi elaborati in ambiente GIS per ricavare le mappe di base mensili pluriennali dei diversi parametri.

Nel complesso sono state elaborate:

- le mappe mensili medie pluriennali (2005-2020) delle precipitazioni (P) e delle temperature medie (Td), minime (Tm) e massime (Tx) dell'intero territorio regionale su griglia con passo di 250 m.
- le mappe mensili (periodo 2016-2017) delle precipitazioni (P) e delle temperature medie (Td), minime (Tm) e massime (Tx) dell'intero territorio regionale su griglia con passo di 250 m.

La procedura di spazializzazione adottata presenta l'indubbio vantaggio, rispetto ad altre metodologie (poligoni di Thiessen, interpolazione) di consentire la verifica dell'errore, attraverso la validazione incrociata che consiste nella possibilità di confrontare in ogni stazione la differenza del valore simulato (in assenza della stessa) rispetto al valore reale misurato (Fig.4.3).

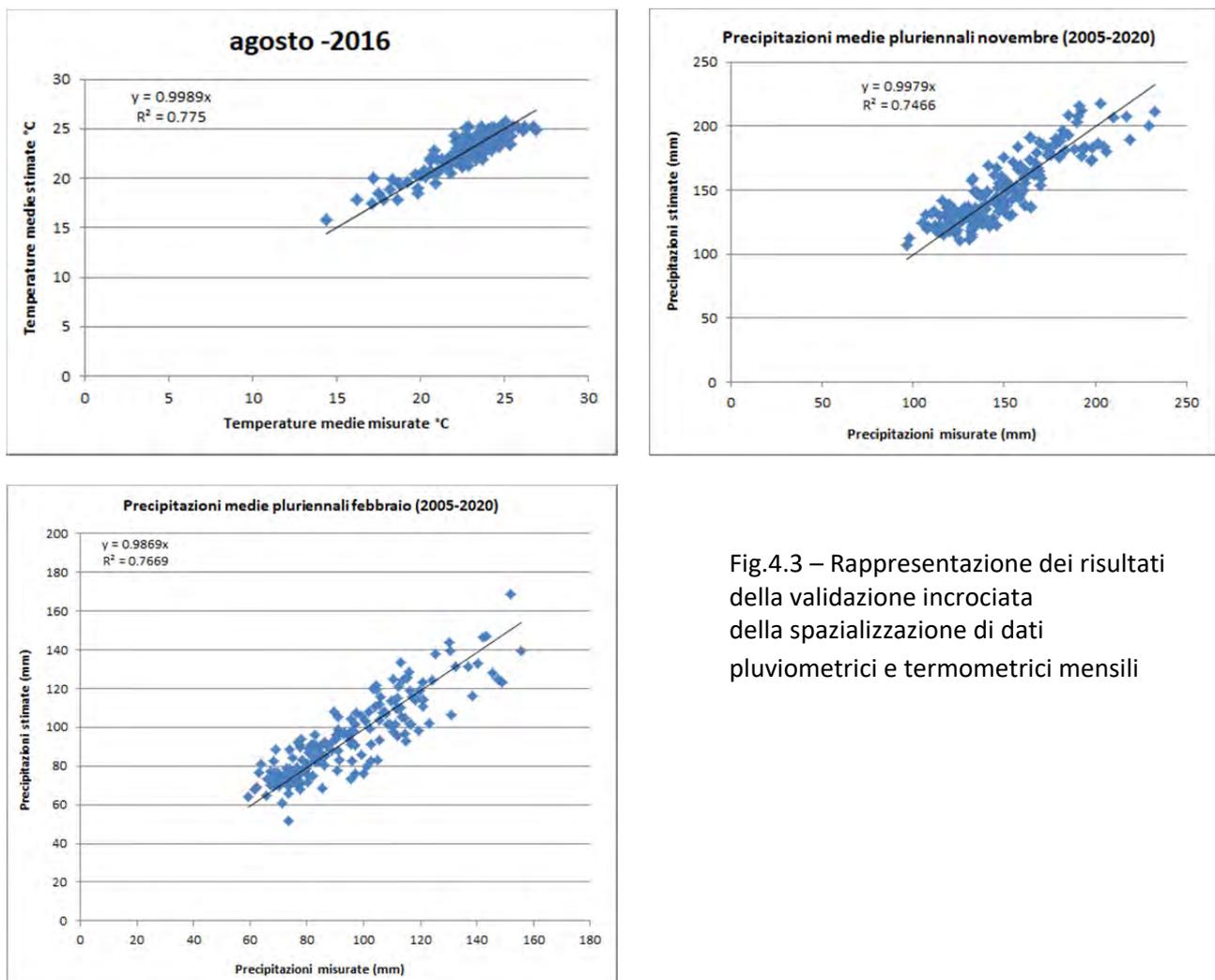


Fig.4.3 – Rappresentazione dei risultati della validazione incrociata della spazializzazione di dati pluviometrici e termometrici mensili



Dalla figura 4.3 si può osservare che la validazione incrociata fornisce risultati soddisfacenti. I dati stimati presentano infatti un elevato coefficiente di correlazione (R^2) con coefficiente angolare della retta di correlazione molto prossimo a 1.

Complessivamente sono state spazializzate:

- 48 mappe mensili per i valori medi pluriennali del periodo 2005-2020
- 96 mappe mensili del periodo 2016-2017

I file delle mappe spazializzate in formato asci di ArcMap vengono allegati alla presente relazione.

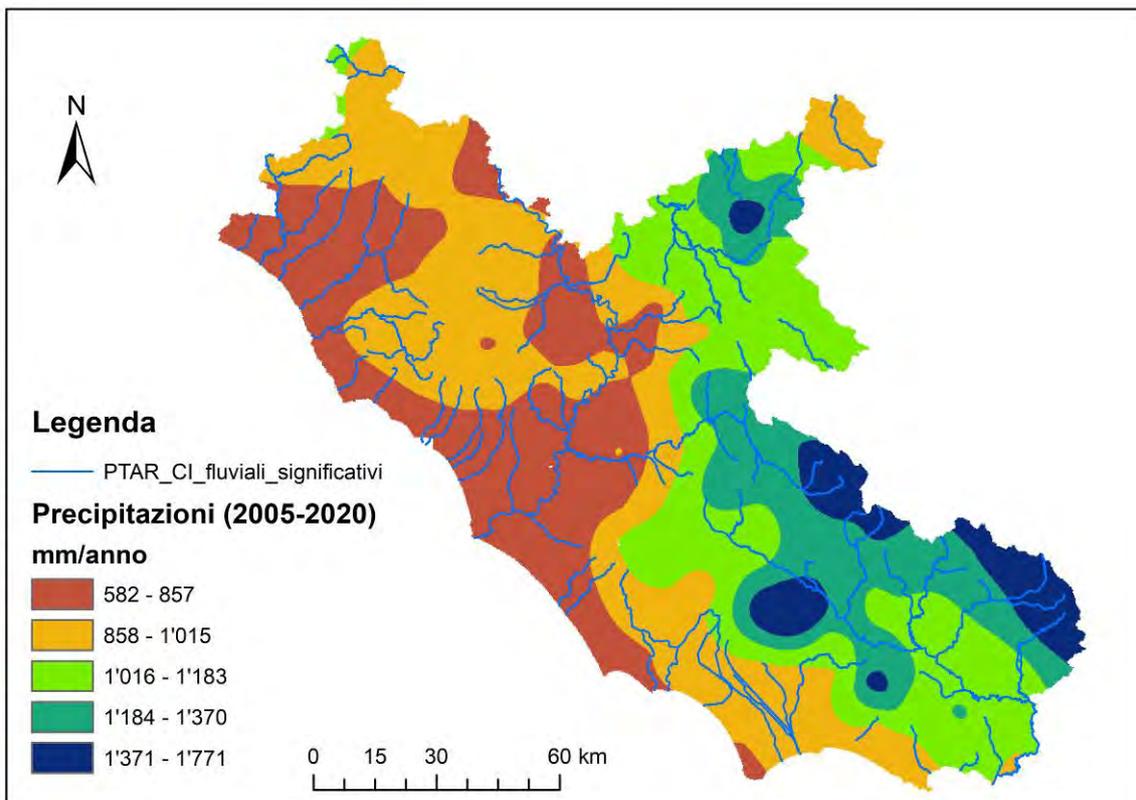


Fig.4.5 – Esempio di mappe spazializzate delle precipitazioni

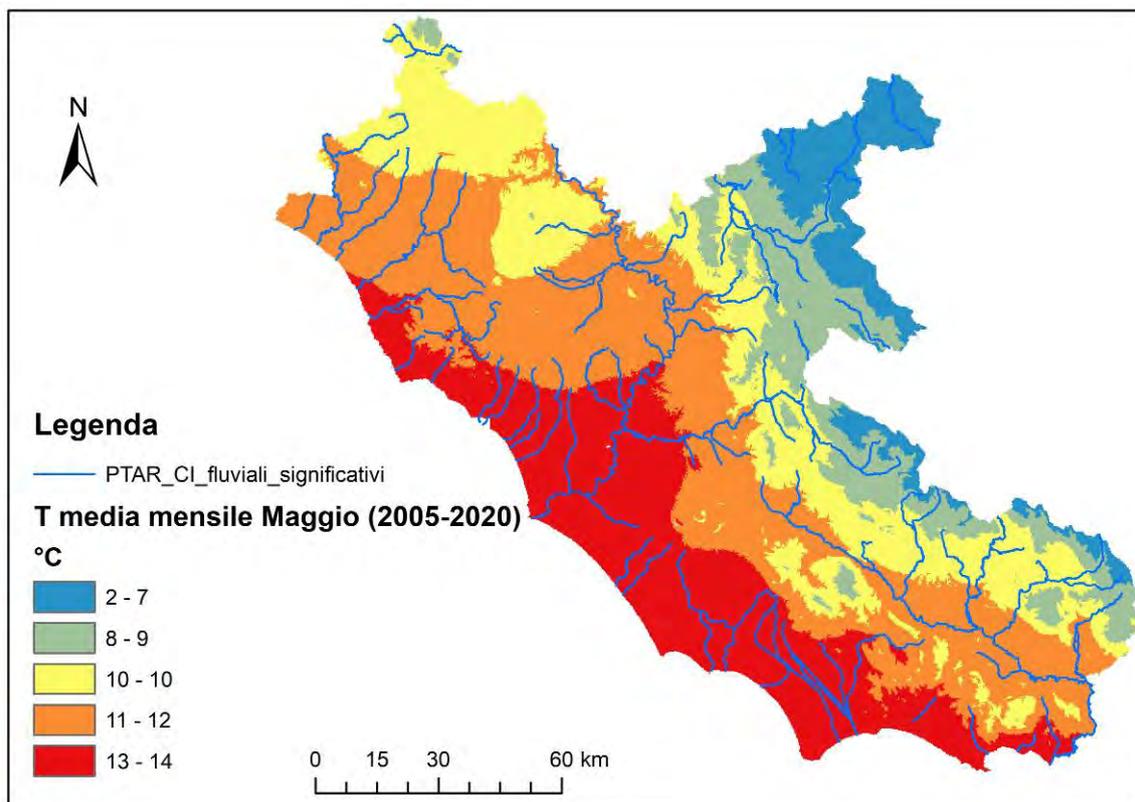


Fig.4.6 – Esempio di mappe spazializzate delle temperature

4.1.6 Bilancio idrologico distribuito

Come scritto nel paragrafo 4.1.1., il bilancio idrologico distribuito è stato calcolato mediante un approccio numerico a passo mensile su una griglia con celle di 250 m di lato calcolando in ogni passo il bilancio tra afflussi, acqua immagazzinata nel suolo (AWC) e evapotraspirazione potenziale e reale e ripartendo le precipitazioni efficaci nelle rispettive aliquote di infiltrazione efficace e ruscellamento.

Il risultato del modello implementato è costituito dalle mappe mensili spazializzate dei diversi parametri (vedi file allegati).

Nelle figure che seguono si riportano le mappe dei valori medi annuali (periodo 2005-2020) dell'evapotraspirazione reale, del ruscellamento e dell'infiltrazione efficace calcolati.

A scala regionale risulta senz'altro utile una comparazione (Tab.4.2) tra i valori medi regionali calcolati nel presente studio per il periodo 2005-2020, con i valori medi calcolati nell'ambito del progetto BIGBANG 4.0 (Ispra, 2021) per il territorio laziale per il periodo 1951-2019 mediante un modello distribuito basato sui coefficienti di infiltrazione potenziale (CIP).

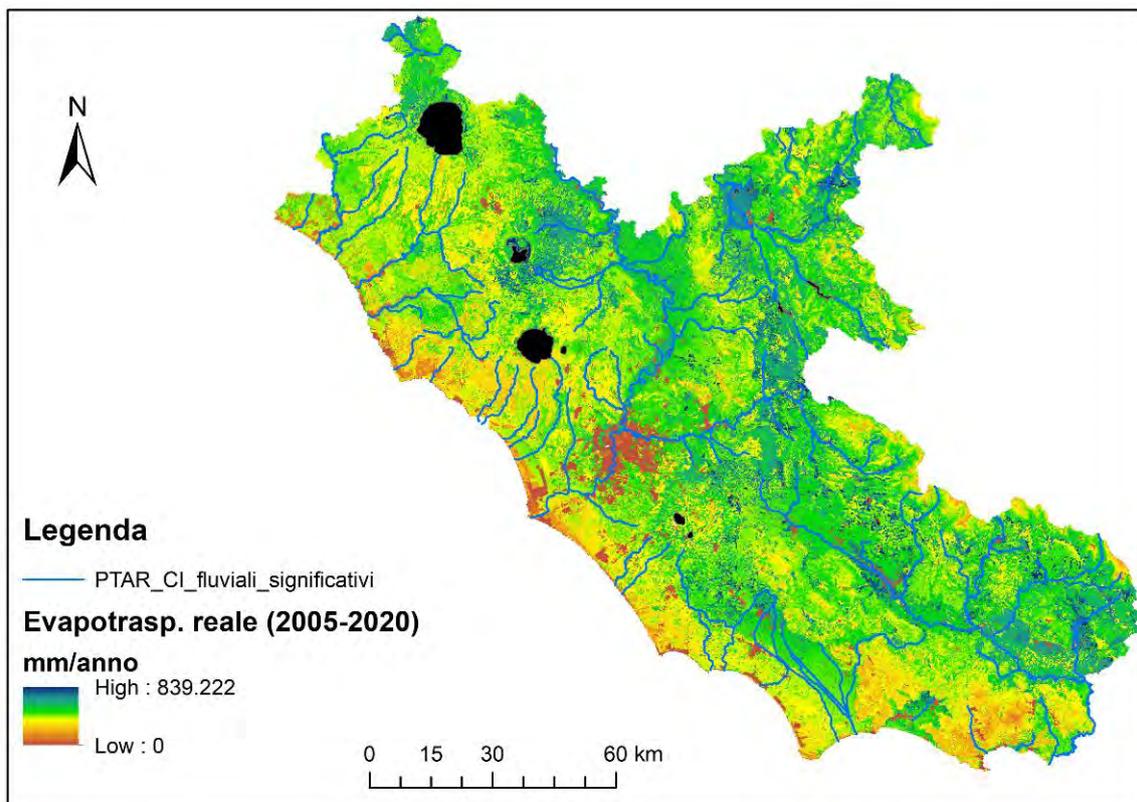
PARAMETRO	BIGBANG (mm/anno periodo 1951-2019)	Presente studio (mm/anno periodo 2005-2020)
Precipitazioni	1031.9	1016.84
Evapotraspirazione reale	512.1	477.03
Infiltrazione efficace	332.7	397.82
Ruscellamento	187.1	136.66

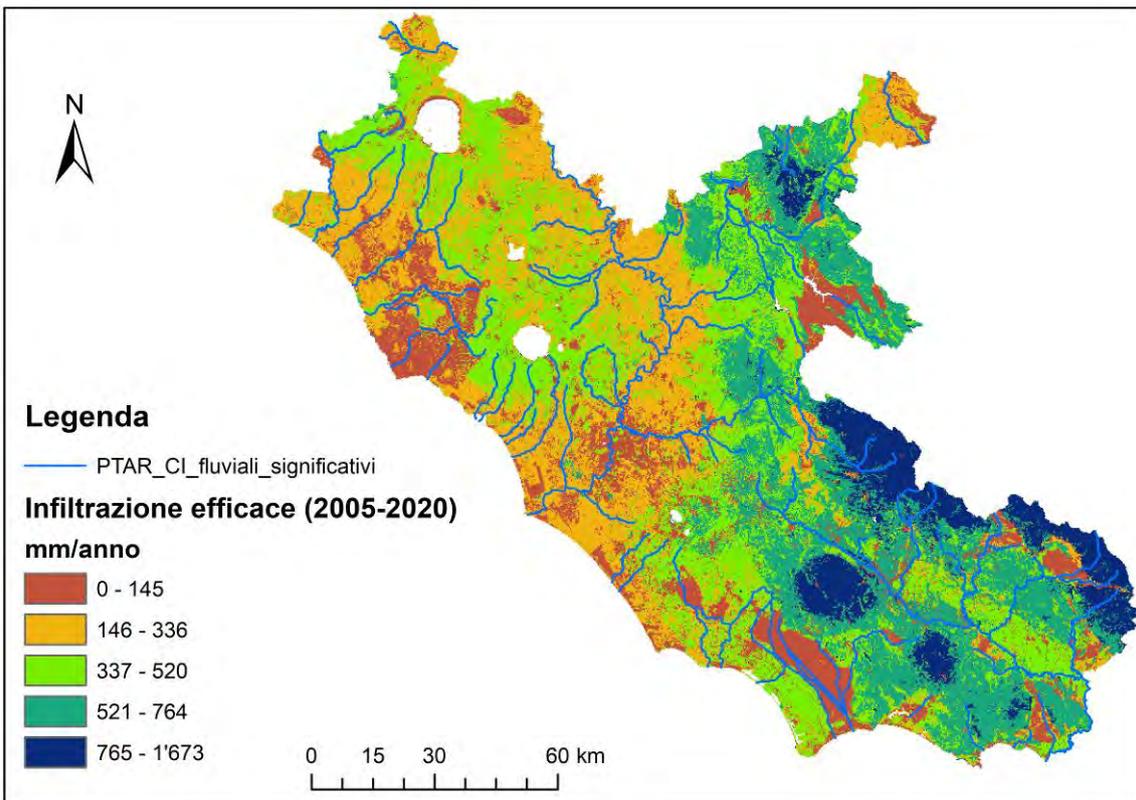
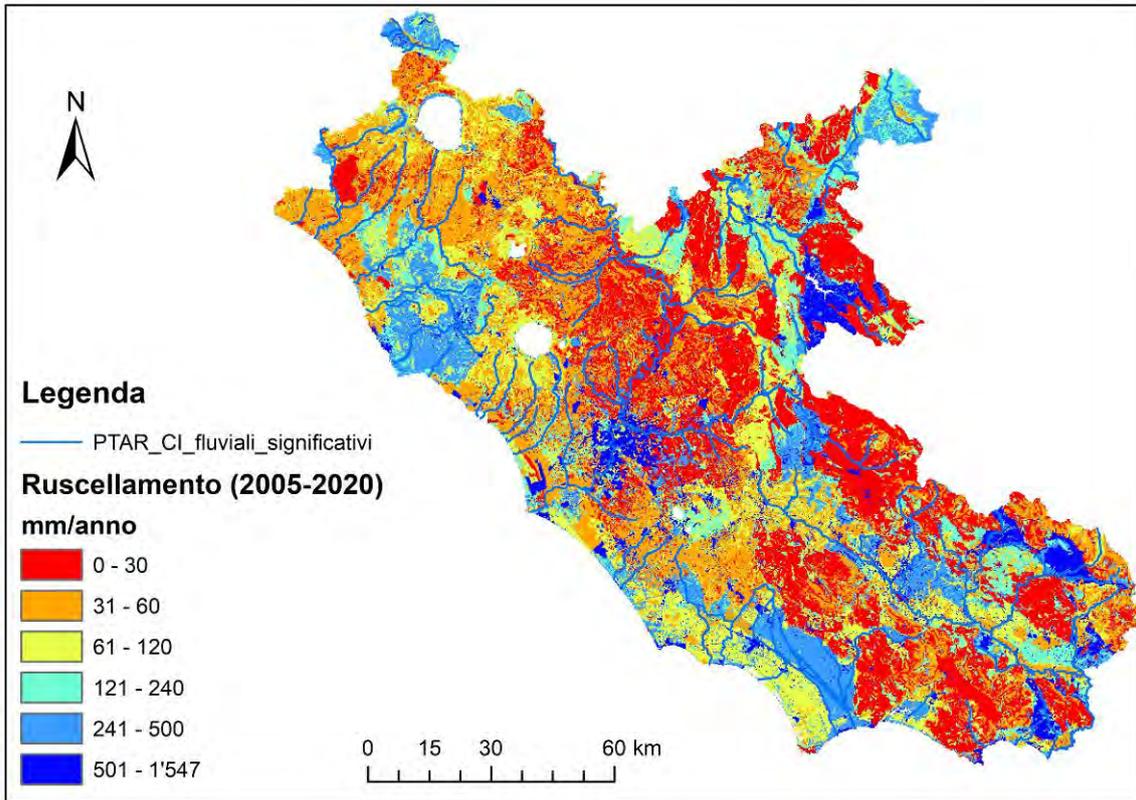
Tab.4.2 – Confronto tra il bilancio idrologico medio calcolato per il territorio della Regione Lazio nel progetto BIGBANG (Ispra, 2021) per il periodo 1051-2019 e il bilancio idrologico medio calcolato nel presente studio per il periodo 2005-2016.

Dai dati riportati in tabella 4.2 si ricava che le precipitazioni medie annue del periodo considerato risultano comparabili con quelle medie di lungo periodo con un valore inferiore di soli 15 cm. Tale osservazione conferma la rappresentatività del periodo preso in considerazione, ai fini della valutazione del bilancio idrologico naturale.

I valori dell’evapotraspirazione reale, del Ruscellamento e dell’Infiltrazione efficace, seppur comparabili, presentano scostamenti maggiori.

Ciò è probabilmente da ricondurre al diverso grado di risoluzione dei modelli applicati (il modello BIGBANG è impostato su celle di 1 km di lato) e al differente livello di calibrazione dei parametri territoriali che nel presente studio sono stati oggetto di calibrazione basata su un cospicuo numero di osservazioni e misure.





4.1.7 Riaggregazione bilancio idrologico naturale

I dati medi mensili spazializzati relativi ai parametri Infiltrazione Efficace (IE) e Ruscellamento (R) sono stati riaggregati rispetto ai diversi ambiti di bilancio riferiti ai corpi idrici significativi:

- il ruscellamento rispetto ai bacini idrografici afferenti (BAF-CIS) e totali dei corpi idrici superficiali regionali;
- l'infiltrazione efficace rispetto ai bacini idrogeologici afferenti (BAF-GWB) derivanti dall'analisi degli schemi di circolazione idrica sotterranea.

Sulla base di tali aggregazioni è stato possibile ottenere una stima delle risorse idriche superficiali e sotterranee disponibili nei diversi ambiti.

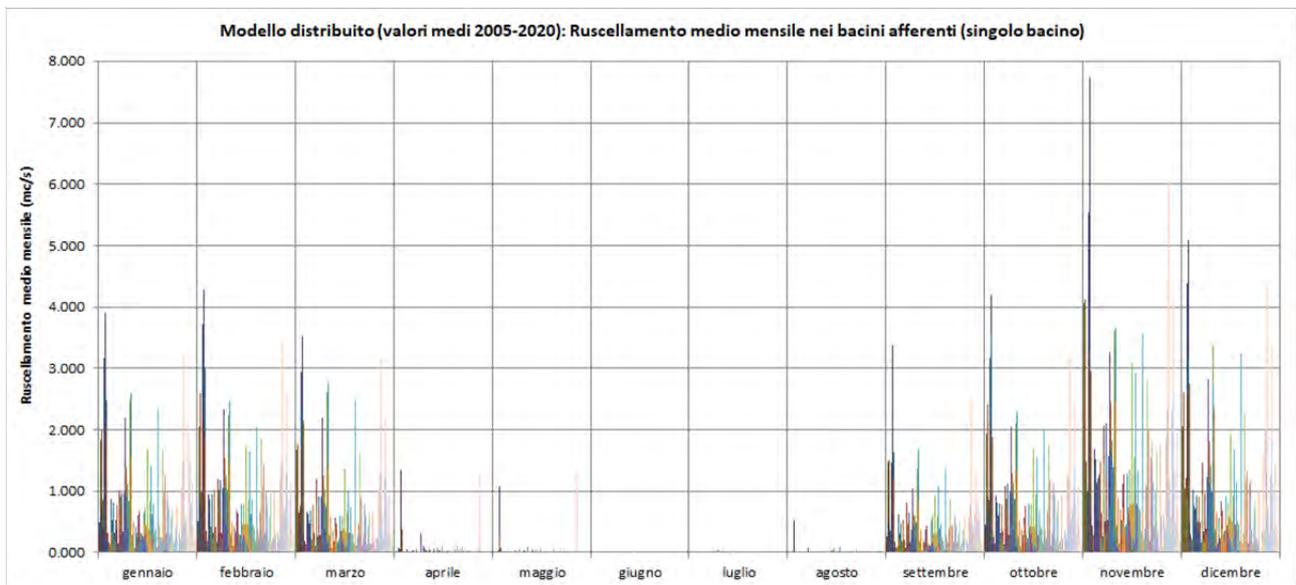
La calibrazione del bilancio, come descritto nel seguito, viene quindi effettuata secondo i criteri dell'idrogeologica classica, mediante il confronto tra le portate stimate e le portate misurate (portate sorgive e portate medie mensili registrate dalle stazioni idrometriche sui corsi d'acqua regionali).

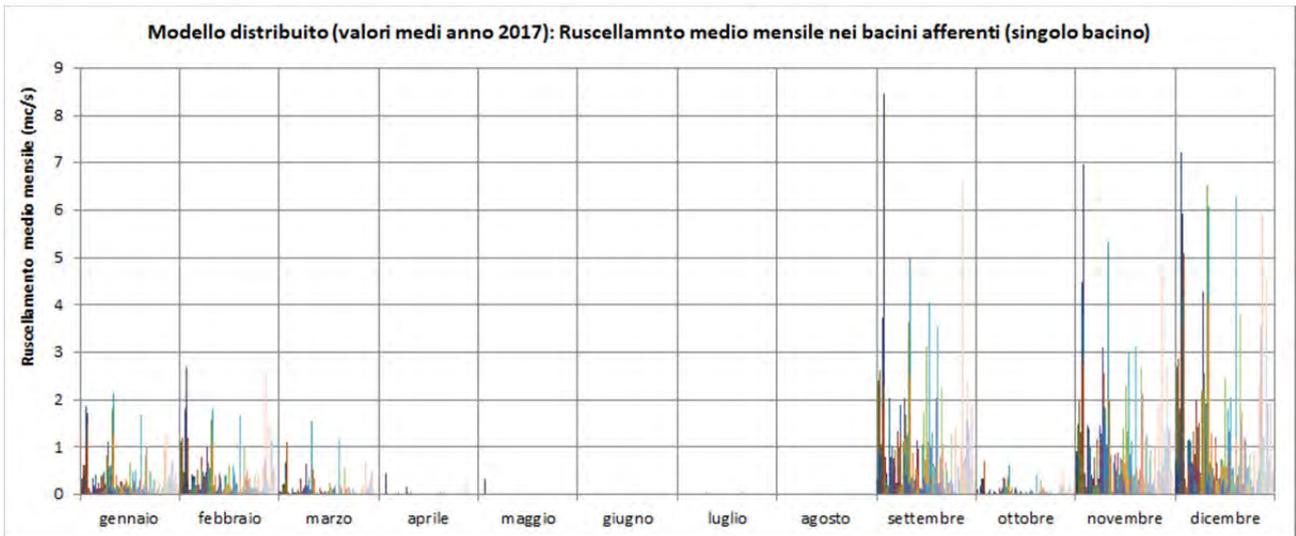
Obiettivo del bilancio idrologico naturale è quindi quello:

- di contribuire a definire il regime delle portate medie mensili naturali di riferimento dei nodi di chiusura dei corpi idrici superficiali della Regione Lazio;
- di valutare la ricarica naturale (Infiltrazione Efficace) dei corpi idrici sotterranei.

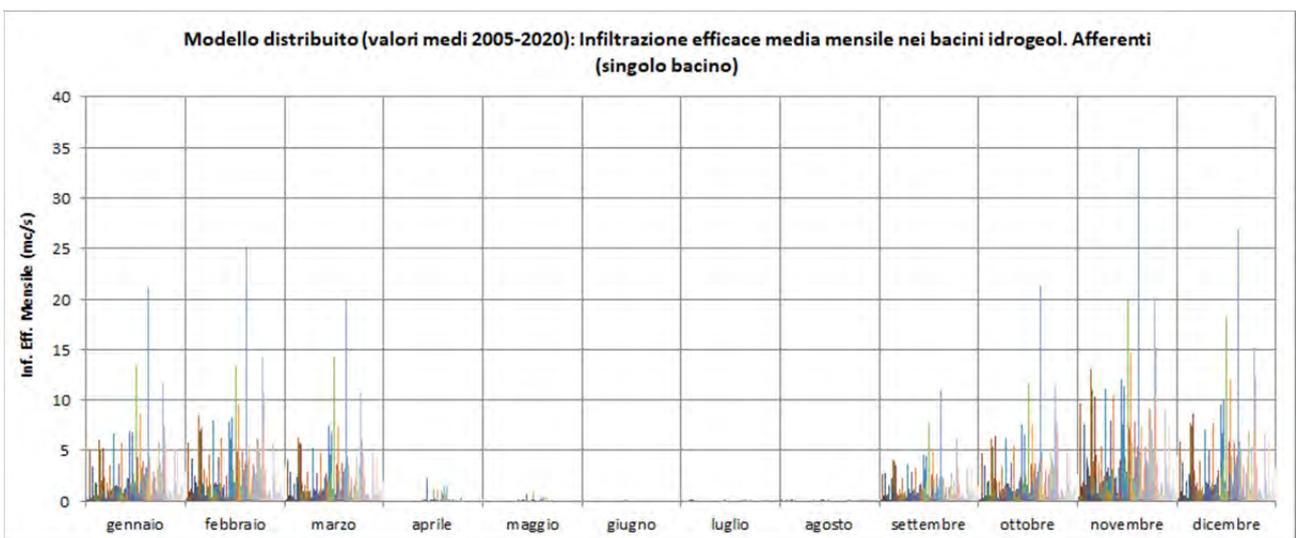
Nelle figure che seguono sono rappresentati i valori di ruscellamento ed infiltrazione efficace cumulati nei diversi bacini afferenti.

Tale rappresentazione evidenzia come gli apporti di ruscellamento risultano praticamente nulli in tutti i bacini afferenti tra giugno e luglio e sostanzialmente trascurabili nei mesi di aprile maggio e agosto.





Considerazioni analoghe si osservano per quanto riguarda l'infiltrazione efficace che risulta sostanzialmente trascurabile tra aprile/maggio e agosto.



Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Il bilancio idrologico naturale distribuito copre l'intero territorio regionale e consente di estrapolare agevolmente i valori della ripartizione degli afflussi meteorici rispetto ai diversi possibili ambiti di interesse.

Tale prodotto, unito agli shapefile dei bacini idrografici e idrogeologici afferenti, costituisce uno strumento di estrema utilità per la tutela e la gestione delle risorse idriche sotterranee del territorio regionale.

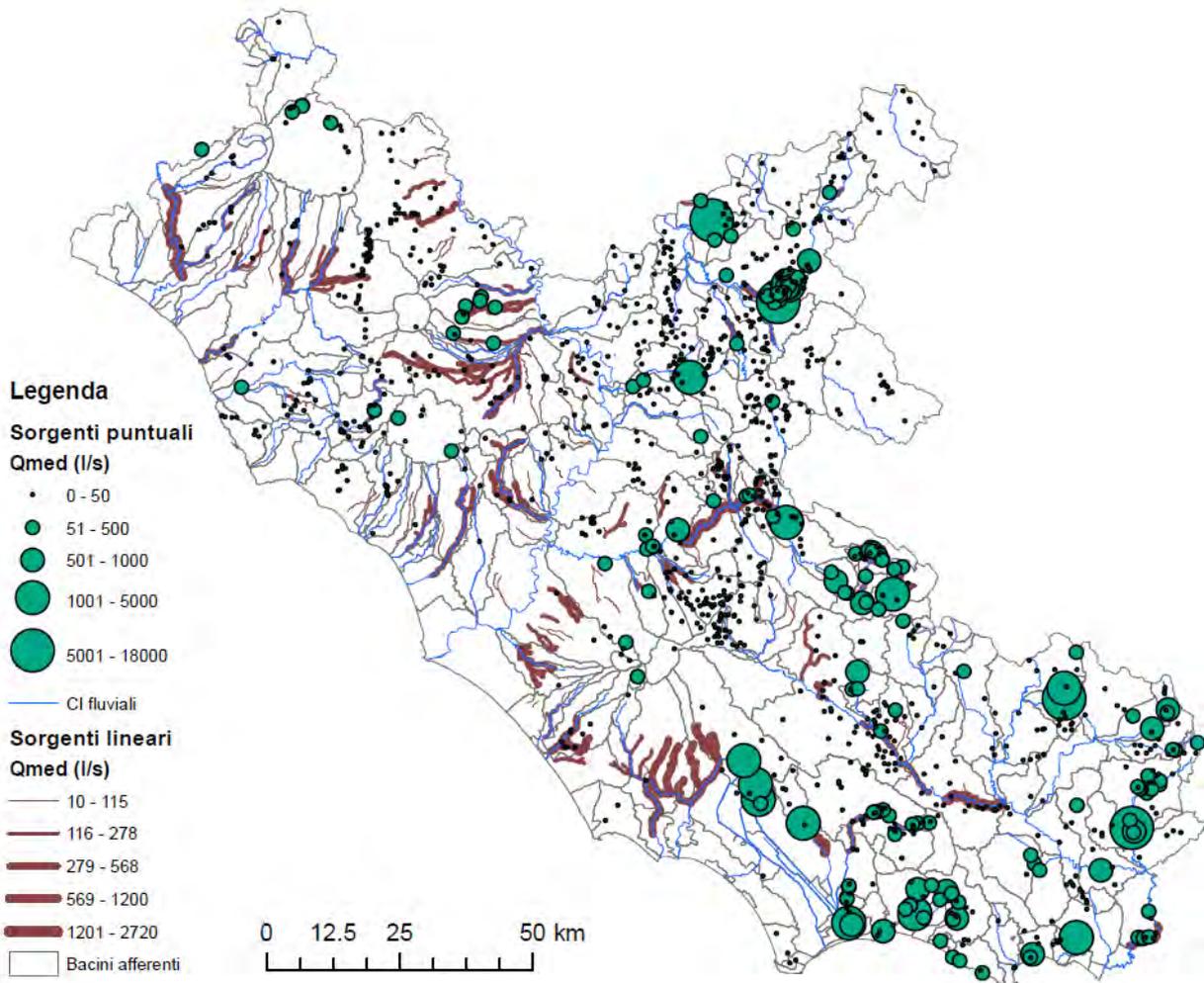


4.2 Valutazione preliminare delle portate sorgive

Parallelamente al lavoro di elaborazione del bilancio idrologico naturale, si è proceduto al censimento e alla classificazione (in base al corpo idrico superficiale e sotterraneo di riferimento) delle sorgenti puntuali e lineari e dei relativi dati di portata media.

Le informazioni sono state ricavate ed elaborate a partire dalla Carta Idrogeologica della Regione Lazio 1:100.000, dalla documentazione bibliografica e da dati di archivio della Tecnostudi Ambiente S.r.l.. Tutti gli elementi censiti sono stati georeferenziati e correlati con i corpi idrici superficiali e sotterranei di riferimento (vedi figura che segue). Tale prodotto, integrato nella rete di bacini afferenti gerarchizzati consente di ricavare, per ogni nodo di riferimento dei corpi idrici fluviali significativi, il valore della portata sorgiva cumulata, approssimabile al deflusso di base.

A tal proposito si richiama quanto espresso dal Prof. Carlo Boni (2006) in merito alle caratteristiche del deflusso dei corsi d'acqua dell'appennino: *“nell’arco dell’anno, le portate delle aste fluviali che solcano i rilievi prevalentemente carbonatici sono alimentate, in media, tra il 10 e il 20 % da processi di ruscellamento superficiale e tra l’80 e il 90 % da apporti sorgivi. Nel periodo estivo il ruscellamento è assolutamente trascurabile e gli apporti sorgivi alimentano l’intera portata dei corsi d’acqua perenni. Si può concludere che il “Flusso di Base” estivo (BF), nei rilievi carbonatici dell’Appennino, è interamente alimentato da sorgenti, distribuite nel territorio in modo molto irregolare”.*



Per valutare il significato dei valori di portata ricavati dall'analisi dei dati delle sorgenti è stato effettuato un confronto con altre analisi disponibili a scala regionale (tabella che segue):

- Gli autori (Calenda e Mancini, 2005), mediante un'accurata e rigorosa analisi delle serie idrometriche disponibili arrivano a definire la portata minima di 7 giorni con tempo di ritorno 10 anni (Q_{7,10}), per le principali sezioni del Fiume Tevere e dei maggiori affluenti, come sintetizzato nella tabella che segue.
- Boni et al, 1993, attraverso l'analisi delle serie idrometriche definiscono le medie delle portate minime giornaliere del trimestre estivo calcolate sui dati disponibili tra il 1940 e il 1980.

Nella tabella, tali portate vengono confrontate con i valori cumulati derivati dall'analisi effettuata nel presente studio.

A	B	C	D	E
Sezione	Q _{7,10} mc/s (AdB Tevere, 2005)	Medie delle portate minime giornaliere del trimestre estivo mc/s (Boni et al, 1993)	Somma delle portate medie delle sorgenti puntuali e lineari mc/s	(D-B)/B %
Aniene a Lunghezza (AN04)	14.58	16		
Aniene (AN01)	18.93		20.9	10.4
Nera a Macchiagrossa (NE03)	55.88	42.2		
Paglia a Orvieto (PG02)	0.448	0.62		
Tevere a Ripetta (TV05)	95.49	108		
Tevere (TV1)	98.92		97.58	-1.4
Tevere a Passo San Francesco (TV17)	64.71	62.9	65.6	1.4
Treia (TE01)	2.01	2.65	2.12	5.5
Velino a Terria (VE03)	30.78	22.3	28.47	-7.5
Velino (VE01)	34.95		35.1	0.4

Il confronto evidenzia che i valori ricavati dal presente studio, come portate medie cumulate degli apporti sorgivi noti, non differiscono di molto dai valori calcolati per altra via dagli autori richiamati.

Tali portate possono pertanto essere assunte come rappresentative del deflusso di base minimo (estivo) dei corsi d'acqua regionali.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Il prodotto risulta essere rappresentativo del deflusso di base estivo dei corsi d'acqua regionali.

Tali valori hanno un significato molto importante nel quadro della valutazione dei dati di monitoraggio e delle condizioni quantitative dei corpi idrici superficiali e sotterranei della Regione Lazio.

Le portate sorgive sono inoltre fondamentali per la ripartizione degli apporti di acque sotterranee (Infiltrazione Efficace) verso un determinato corpo idrico superficiale o, per travaso sotterraneo, verso un altro.

4.3 Calibrazione del modello idrologico distribuito

La verifica e la calibrazione del modello idrologico distribuito è stata effettuata mediante il confronto dei risultati ottenuti aggregati rispetto ai bacini idrografici ed idrogeologici sottesi dalla stazioni idrometriche del Servizio idrografico regionale per cui si dispone di scale di deflusso valide e che presentano caratteristiche idonee quali:

- essere posizionate ad una congrua distanza a valle di tratti sottesi da importanti derivazioni idroelettriche;
- non essere interessate a monte da grandi specchi lacustri (il bilancio idrologico elaborato non tiene conto delle dinamiche lacustri);
- la serie di misure deve essere coincidente o comunque rappresentativa del periodo preso in considerazione (2005-2020).

Delle numerose stazioni idrometriche attualmente in funzione, solo poche presentano tali caratteristiche.

Tuttavia è stato possibile effettuare significative verifiche utilizzando i dati disponibili.

A titolo esemplificativo si riportano i riscontri ottenuti rispetto alle seguenti stazioni idrometriche:

- Aniene a Lunghezza;
- Tevere a Ripetta, sottraendo le portate provenienti dai bacini esterni alla Regione Lazio misurate dalla stazione di Tevere a Ponte Felice;

La stazione idrometrica **Aniene a Lunghezza** si colloca in un settore in cui si può ritenere che la maggior parte delle acque prelevate vengono restituite a monte, ad eccezione delle derivazioni a scopo idropotabile, circa 5,91 mc/s, dirette prevalentemente verso la città di Roma.

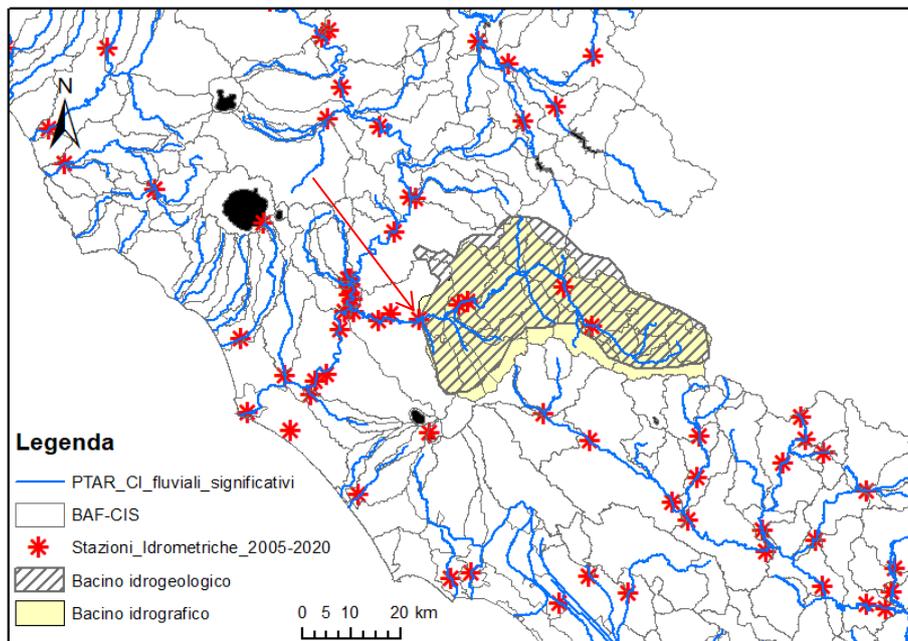


Fig.4.7 – Bacino idrografico e bacino idrogeologico sottesi dalla stazione idrometrica Aniene a Lunghezza

L'idrogramma delle portate misurate (Fig.4.8) consente di ricavare i valori medi del ruscellamento e del deflusso di base sostenuto dalle acque sorgive che in questo caso si può assumere possano corrispondere all'Infiltrazione efficace nel bacino idrogeologico sotteso. Tali valori sono confrontati in Tab.4.3 con i valori ricavati dal bilancio idrologico distribuito relativo allo stesso periodo.

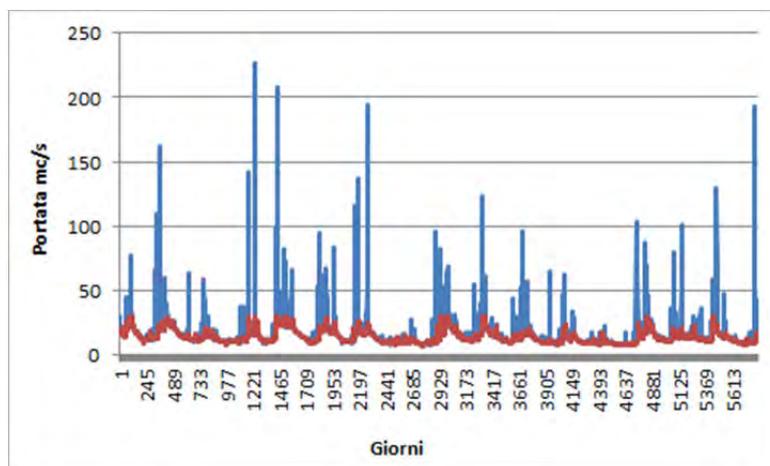


Fig.4.8 – Idrogramma delle portate giornaliere misurate dalla stazione Aniene a Lunghezza dal 01/01/2005 al 31/12/2020, con evidenziazione del deflusso di base.

Come si può osservare dalla tabella 4.3 i valori medi misurati del ruscellamento e del deflusso di base, nonché delle portate sorgive (sorgenti lineari e puntuali) presentano differenze minime rispetto ai valori ricavati dal bilancio idrologico distribuito.

Idrometro ANIENE A LUNGHEZZA (2005-2020)		mc/s
N ANNI		16
N Giorni		5844
Portata totale media pluriennale		16.5
Flusso di base medio pluriennale		13.3
Ruscellamento medio pluriennale		3.20
Prelievi idropotabili da sorgenti e pozzi non restituiti in alveo		5.91
Flusso di base misurato + prelievi idropotabili		19.24

Aniene a Lunghezza - Portata sorgiva media cumulata (da studi bibliografici)	20.1
---	------

VALORI MEDI ANNUI CUMULATI DA MODELLO IDROLOGICO (2005-2020)		
Infiltrazione efficace stimata su bacino idrogeologico		19.5
Ruscellamento modello distribuito bacino idrografico sotteso (mc/s)		3.57

Tab.4.3 – Confronto tra valori medi annui misurati dalla stazione idrometrica Aniene a Lunghezza e valori medi annui del modello idrologico distribuito cumulati sul bacino idrografico e idrogeologico sotteso.



Considerazioni analoghe possono essere ricavate dal confronto con le portate misurate dalla stazione idrometrica **Tevere a Ripetta**, al netto delle portate provenienti dai bacini esterni alla Regione Lazio misurate dalla stazione di Tevere a Ponte Felice, come sintetizzato nella tabella 4.4.

In questo caso, la scomposizione degli idrogrammi effettuata con il metodo grafico risulta più problematica, a causa della complessità del deflusso e dei disturbi di natura antropica (tab.??)

Idrometro TEVERE A PONTE FELICE (2005-2020)	mc/s
N ANNI	16
N Giorni	5844
Portata totale media pluriennale	125.3
Flusso di base medio pluriennale	76.0
Ruscigliamento medio pluriennale	49.3
Portata sorgiva media cumulata (da studi bibliografici)	69.2

Idrometro TEVERE A RIPETTA (2005-2020)	mc/s
N ANNI	16
N Giorni	5844
Portata totale media pluriennale	152.3
Flusso di base medio pluriennale	93.7
Ruscigliamento medio pluriennale	58.6
Portata sorgiva media cumulata (da studi bibliografici)	96.287

Tab.4.4 – Dati caratteristici di portata ricavati dalle misure idrometriche sul Fiume Tevere a Ponte Felice e a Roma Ripetta.

I dati idrometrici rilevati dalle stazioni sul Fiume Tevere mostrano un elevato grado di corrispondenza tra i valori del deflusso di base e le portate medie sorgive cumulate derivate dall'analisi della documentazione bibliografica.

Per quanto riguarda il ruscellamento è possibile un confronto tra i valori cumulati ricavati dal modello idrologico distribuito, come apporto dai bacini idrografici compresi tra le due stazioni considerate, pari a 11,76 mc/s, e il valore della differenza tra le due stazioni idrometriche della componente di flusso riconducibile al ruscellamento, pari a circa 9.3 mc/s. Anche in questo caso si riscontra un discreto grado di corrispondenza.

Per quanto riguarda il contributo dei bacini idrogeologici afferenti, compresi tra le due stazioni stimato dal modello distribuito, risulterebbe un valore di circa 40 mc/s di acque sotterranee (Infiltrazione efficace), superiore di circa 22 mc/s rispetto al valore della differenza tra i deflussi di base misurati, pari a circa 18 mc/s.

Tale differenza può in parte essere giustificata dalla presenza di prelievi dissipativi a scopo irriguo, idropotabile e produttivo o ad una non precisa calibrazione delle scale di deflusso delle stazioni idrometriche, anche in considerazione del fatto che il solo apporto naturale al flusso di base del Fiume Tevere da parte del Fiume Aniene, del Torrente Treja e del Torrente Farfa è sicuramente superiore a 25 mc/s. Non si esclude comunque che tali discrepanze possano dipendere anche dalla necessità di un maggiore affinamento della calibrazione del modello idrologico distribuito.



Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Il processo di verifica e calibrazione del modello idrologico distribuito ha preso in considerazione i dati idrometrici disponibili.

Per affinare la qualità del modello sarebbe utile poter disporre delle scale di deflusso di un maggior numero di stazioni idrometriche, rappresentative dei diversi contesti idrologici, geologici e idrogeologici del territorio regionale.

4.3.1 Bilancio idrogeologico dei corpi idrici sotterranei

Come ulteriore valutazione del grado di calibrazione del modello idrologico distribuito nella tabella che segue si riportano i valori cumulati dell'infiltrazione efficace calcolata sui diversi corpi idrici sotterranei regionali e il confronto con le portate medie emergenti (Qs) ricavate dalla documentazione bibliografica.

La differenza tra l'infiltrazione efficace calcolata (IE) e la portata media sorgiva misurata (Qs) fornisce un'indicazione dei valori dei travasi sotterranei o dell'ordine di grandezza delle incertezze e delle approssimazioni.

Nel complesso si rileva una significativa congruenza tra i valori della ricarica naturale stimata degli acquiferi, le portate sorgive e i travasi sotterranei rispetto anche a quanto riportato nei diversi studi bibliografici.

Le situazioni più problematiche riguardano il sistema acquifero dell'Unità terrigena valli Fiumi Sacco, Liri e Garigliano, dove il bilancio idrico evidenzia una potenzialità complessiva di circa 18 mc/s che non trova riscontri nelle misure di portata (circa 4.3 mc/s). Vista la grande rilevanza di quest'area, sia dal punto di vista ambientale che delle attività umane, tale discrepanza indica necessità di un approfondimento degli studi idrogeologici, delle misure di portata e delle caratteristiche dei diversi acquiferi.

Come evidenziato nelle note che completano la tabella, esigenze analoghe si rilevano anche per altri settori del territorio regionale:

- Monti Sabini Meridionali;
- Acquifero vulcanici peritirrenici;
- Valle del Fiume Tevere.

In altri importanti settori quali le idrostrutture dei Monti della Marsica Occidentale e dei Monti Giano-Nuria-Velino, risulta necessario estendere o connettere gli studi del bilancio idrico con quelli effettuati dalla Regione Abruzzo.



Corpo idrico sotterraneo (GWB)	Superficie (kmq)	IE (mc/s)	Qs (mc/s)	IE-Qs (mc/s)	Note e osservazioni (IE-Qs)
Monti Giano-Nuria-Velino	463	8.501	25.770	-17.27	Contributo non calcolato dalla porzione dell'idrostruttura ricadente in Abruzzo
Monti della Marsica Occidentale	120	3.250	9.853	-6.60	Apporti da acquiferi carbonatici esterni (PTA Abruzzo Monte Cornacchia - Monti della Meta)
Monti Simbruini-Ernici	438	11.696	13.910	-2.21	Da approfondire probabile infiltrazione da aree esterne (il bacino idrogeologico si estende probabilmente per ulteriori circa 50 kmq in Abruzzo)
Monte Terminillo	216	5.031	6.029	-1.00	Da approfondire schemi di circolazione idrica
Monti Sabini Meridionali	480	7.123	7.634	-0.51	Approfondire misure di portata
Monte Maio	106	2.019	2.479	-0.46	Apporto dalla struttura di Roccamonfina
Unità alluvionale del Fiume Marta	17	0.161	0.453	-0.29	Da approfondire - Probabile alimentazione da acquifero stagionale area di monti della Tolfa
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 5	12	0.013	0.066	-0.05	Trascurabile Sorgenti da copertura detritica non cartografata su depositi a bassa permeabilità
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 6	13	0.016	0.055	-0.04	Trascurabile
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 8	16	0.011	0.014	0.00	Trascurabile
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 3	10	0.006	0.001	0.01	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Unità alluvionale del Fiume Paglia	14	0.155	0.137	0.02	
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile15	25	0.030	0.010	0.02	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 7	13	0.021	0.000	0.02	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 2	8	0.034	0.000	0.03	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 1	6	0.056	0.000	0.06	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile16	15	0.070	0.000	0.07	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 9	18	0.073	0.001	0.07	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Monte Circeo	11	0.111	0.014	0.10	Trascurabile
Flysch marnoso-arenaceo del L. Salto	136	0.144	0.013	0.13	Apporto verso Lago Salto
Unità terrigena della Piana di Sora	17	0.142	0.000	0.14	Drenaggio verso Liri/Cassino

Corpo idrico sotterraneo (GWB)	Superficie (kmq)	IE (mc/s)	Qs (mc/s)	IE-Qs (mc/s)	Note e osservazioni (IE-Qs)
Unità del Soratte	14	0.143	0.000	0.14	Travaso verso valle Tevere
Flysch marnoso-arenaceo della valle del F. Aniene	68	0.159	0.011	0.15	Alimentazione in alveo F. Aniene
Unità alluvionale del Fiume Mignone	21	0.258	0.080	0.18	Scambio in alveo e travaso a mare
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile12	63	0.211	0.000	0.21	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Unità di Tolfa-Allumiere	45	0.481	0.254	0.23	Travasi (approfondire misure di portata)
Unità alluvionale del Fiume Fiora	26	0.232	0.000	0.23	Travaso verso l'alveo del Fiora e a mare
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile11	52	0.294	0.052	0.24	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile10	34	0.262	0.006	0.26	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Monte Bove	21	0.269	0.000	0.27	Verso altra regione
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile14	117	0.351	0.018	0.33	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Monti Solenne-Ferentillo	33	0.491	0.150	0.34	Esterno Verso il Nera
Unità terrigena della Piana di Leonessa	24	0.448	0.050	0.40	Verso altra regione
Conglomerati Mio-Pliocenici	26	0.491	0.080	0.41	Bacino del Liri
Monti Aspra-Coscerno	28	0.549	0.080	0.47	Verso il Nera
Unità delle Acque Albule	64	0.631	0.133	0.50	Travaso verso l'Aniene
Monti di Narni-Amelia	32	0.560	0.050	0.51	Esterno Verso il Nera
Unità terrigena della media valle del F. Tevere riva Dx	79	0.679	0.157	0.52	Incremento di portata nel Tevere (vedi dati calibrazione)
Unità dei depositi terrigeni costieri di S.Severa	104	0.763	0.000	0.76	Deflusso a Mare
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile13	159	0.983	0.039	0.94	Deflusso di base corsi d'acqua (stagionale)
Unità terrigena della Piana di Gaeta	69	0.954	0.000	0.95	Travasi a mare
Unità terrigena della Piana di Fondi	99	0.984	0.000	0.98	Travasi a mare e drenaggio canali
Monti Lepini	547	12.659	11.121	1.54	La differenza esprime il travaso noto verso la Pianura Pontina
Monti della Meta-Mainarde	122	3.948	2.352	1.60	Rivedere schemi idrogeologici e bilancio idrico con aree esterne (stazioni meteo Abruzzo e Molise)
Monti Ernici-Cairo	815	16.833	15.224	1.61	Ok



Corpo idrico sotterraneo (GWB)	Superficie (kmq)	IE (mc/s)	Qs (mc/s)	IE-Qs (mc/s)	Note e osservazioni (IE-Qs)
Unità terrigena della Piana di Rieti	126	1.635	0.000	1.64	Deflusso di base, drenaggio
Monti della Laga	295	2.264	0.574	1.69	Deflusso di base stagionale acque superficiali
Monti Ausoni-Aurunci	889	17.618	15.910	1.71	Sorgenti in mare
Unità del delta del Fiume Tevere	279	1.825	0.000	1.83	Travaso in mare e drenaggio idrovore
Unità dei depositi terrazzati costieri settentrionali	299	2.001	0.139	1.86	Travaso in mare
Unità alluvionale del F. Tevere	261	2.188	0.017	2.17	Incremento di portata nel Tevere (vedi dati calibrazione)
Monti Prenestini-Ruffi-Cornicolani	447	7.258	4.931	2.33	Travasi sotterranei verso Valle del Sacco e Verso F. Aniene
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 17	706	2.399	0.031	2.37	Deflusso ipodermico stagionale (Vedi bacini drogeologici)
Monti Tolentino-Cavogna	142	2.496	0.077	2.42	Deflusso verso aree esterne alla Regione Lazio
Monti del Venafro	183	4.628	1.936	2.69	La differenza è riconducibile a portate verso aree Esterne alla Regione (vedi bacini idrogeologici)
Monti Sabini Settentrionali	168	2.893	0.091	2.80	Esterno Verso il Nera
Unità dei depositi terrazzati costieri meridionali	335	2.848	0.040	2.81	Deflusso a mare, prelievi
Unità terrigena della media valle del F. Tevere riva Sx	615	4.689	1.425	3.26	Incremento di portata nel Tevere (vedi dati calibrazione)
Conglomerati Plio-Pleistocenici	256	3.639	0.242	3.40	Mancano misure di portata
Unità terrigena della Piana Pontina	748	6.768	0.351	6.42	Nel PTA andrebbe suddivisa in Pianura Pedemontana e Acquifero della duna antica. La differenza IE-Qs può essere giustificata dal deflusso verso mare, drenaggio dell'acquifero superficiale da parte delle idrovore e canali e incremento di portata Fiume Sisto.
Unità dei Monti Cimini-Vicani	1329	13.111	6.065	7.05	Le misure di portata sono già al netto dei prelievi (studi AbR) il resto sono travasi sotterranei
Unità dei Monti Vulsini	1210	12.607	5.533	7.07	Le misure di portata sono già al netto dei prelievi (studi AbR) il resto sono travasi sotterranei
Unità dei Monti Sabatini	1189	11.765	2.379	9.39	Le misure di portata sono già al netto dei prelievi (studi AbR) il resto sono travasi sotterranei



Corpo idrico sotterraneo (GWB)	Superficie (kmq)	IE (mc/s)	Qs (mc/s)	IE-Qs (mc/s)	Note e osservazioni (IE-Qs)
Unità dei Colli Albani	1453	14.951	5.492	9.46	Le misure di portata sono già al netto dei prelievi (studi AbR) il resto sono travasi sotterranei
Unità terrigena valli Fiumi Sacco, Liri e Garigliano	1205	17.930	4.338	13.59	Probabile carenza misure di portata degli incrementi in alveo Fiumi Sacco, Liri e Garigliano. Modello idrogeologico e parametrizzazione del modello idrologico da rivedere sulla base di studi e di nuove indagini.

4.4 Stima delle portate naturali e del deflusso di base

La portata naturale di corpi idrici superficiali della Regione Lazio è sostanzialmente data dalla somma di due componenti:

1. il ruscellamento superficiale, con durata variabile da alcune ore a qualche giorno, in funzione dell'estensione del bacino sotteso;
2. le portate emergenti dagli acquiferi (sorgenti puntuali e lineari) che sostengono di fatto il deflusso di base, soprattutto durante i mesi estivi e che, come osservato nei capitoli precedenti, costituiscono il maggior volume delle portate annue.

Mentre il ruscellamento trova una correlazione diretta con le caratteristiche del bacino idrografico e risulta pertanto generalizzabile sulla base di modelli idrologici a vario grado di complessità, il deflusso di base risulta condizionato dalla posizione e dall'entità delle emergenze delle acque sotterranee che dipendono dall'assetto idrostrutturale degli acquiferi, con caratteristiche difficilmente generalizzabili.

Per la stima a scala mensile della portata media naturale caratteristica dei diversi Nodi del reticolo idrografico principale è stato quindi utilizzato un approccio diversificato per le due componenti.

Il valore dell'afflusso medio mensile connesso con il **ruscellamento** è stato ricavato direttamente dal modello idrologico distribuito come somma dei valori mensili cumulati calcolati per i bacini sottesi dalla sezione (Nodo) considerata.

Per la componente riconducibile a deflusso di base l'approccio da utilizzare deve tenere conto del fatto che l'infiltrazione efficace nei bacini idrogeologici, anche in assenza di travasi, emerge in tempi differenti rispetto a quelli della ricarica dell'acquifero (tempo di ritardo) e con un regime di flusso fortemente laminato.

Tenendo conto della problematica esposta e dei dati disponibili, è stato seguito il seguente approccio:

- determinazione del valore del flusso di base medio annuo a partire dalle portate sorgive note e/o dal valore dell'IE media annua;
- ripartizione mensile del deflusso di base medio annuo mediante coefficienti mensili ricavati dalle osservazioni delle serie di misure idrometriche in contesti similari.

I coefficienti di ripartizione mensile del deflusso di base (FB) medio sono ricavati dalle misure idrometriche disponibili, dal rapporto tra portata media mensile del FB e portata media annua del FB, come evidenziato negli esempi che seguono.

Nella tabella 4.5 si riportano i valori dei coefficienti di ripartizione mensile del FB calcolati per diversi contesti idrogeologici:

- casi **A-B-D-E-G-H**: contesti governati essenzialmente da deflusso basale, caratterizzati da elevata laminazione delle portate e bassa variabilità stagionale;
- casi **C-F-I**: contesti caratterizzati da sorgenti a forte controllo carsico (sfioro della falda) o da sorgenti sospese, caratterizzati da marcata variabilità stagionale.



I coefficienti di ripartizione mensile del FB risultano tanto più corrispondenti e validi, quanto più la stazione idrometrica di riferimento risulta rappresentativa del contesto idrogeologico del bacino considerato.

A fronte di tale necessità, si evidenzia che ad oggi non sono disponibili le scale di deflusso calibrate per elaborare i dati di altre stazioni idrometriche attive che sarebbero di notevole importanza per una più precisa suddivisione delle diverse casistiche.

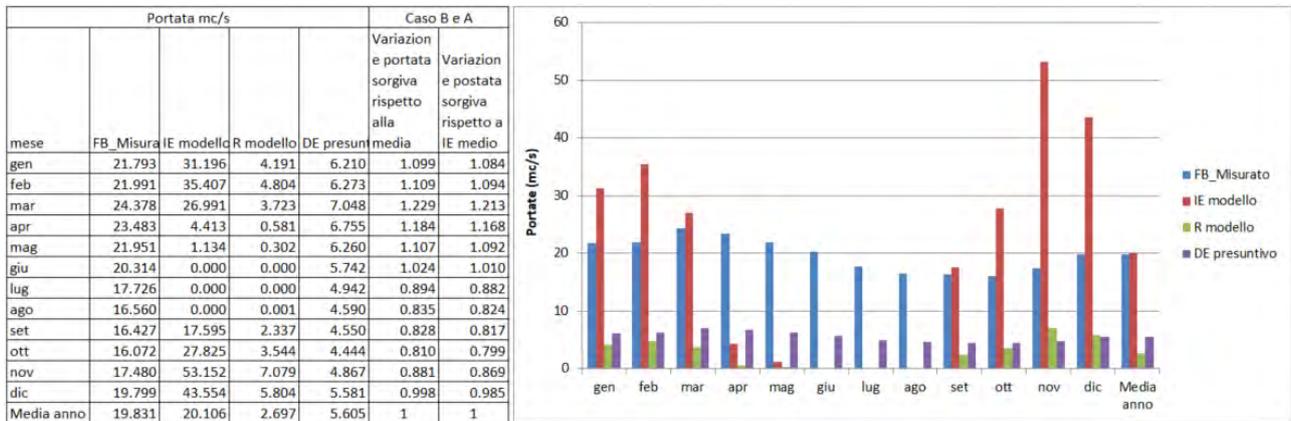


Fig.4.9 – Esempio di valutazione e ripartizione del deflusso naturale (qn) secondo la metodologia proposta nel presente studio – Nodo Aniene a Lunghezza.

Mese	Caso A-B-D-E-G-H		Caso C-F-I
	Aniene FBmese/FBmed	Tevere FBmese/FBmed	Amaseno FBmese/FBmed
gen	1.099	1.090	1.499
feb	1.109	1.176	1.735
mar	1.229	1.223	1.833
apr	1.184	1.184	1.489
mag	1.107	1.064	1.063
giu	1.024	0.957	0.796
lug	0.894	0.878	0.519
ago	0.835	0.836	0.360
set	0.828	0.834	0.300
ott	0.810	0.849	0.348
nov	0.881	0.914	0.772
dic	0.998	0.994	1.286

Tab.4.5 – Valori dei coefficienti di ripartizione mensile del Flusso di Base medio annuo ricavati per diverse stazioni (Tevere a Ripetta, Aniene a Lunghezza, Amaseno a Fossanova).

Per estendere la stima delle portate naturali e del deflusso di base a tutte le sezioni (Nodi) di interesse per il PTAR si è quindi proceduto a codificare le diverse situazioni secondo i seguenti criteri.

Tipo	Acquifero	Condizione emergenza dominante	Travasamento sotterraneo verso altra struttura	Criterio di stima e ripartizione mensile del Flusso di Base
A	Carbonatico	Basale	SI	Ripartizione mensile della portata emergente e/o IE in base ai coefficienti ricavati dalla scomposizione degli idrogrammi sperimentali (Sezioni basali)
B	Carbonatico	Basale	NO	
C	Carbonatico	Sfioro o sorspesa		Ripartizione mensile della portata emergente in base ai coefficienti ricavati dalla scomposizione degli idrogrammi sperimentali (sezioni che sottendono sorgenti sospese o di sfioro della falda)
D	Vulcanico	Basale	SI	Ripartizione mensile della portata emergente in base ai coefficienti ricavati dalla scomposizione degli idrogrammi sperimentali (Sezioni basali). Si consideri però che le portate emergenti bibliografiche (Studio AbR 2005, sono fortemente condizionate dai prelievi)
E	Vulcanico	Basale	NO	
F	Vulcanico	Sfioro o sospesa		Ripartizione mensile della portata emergente in base ai coefficienti ricavati dalla scomposizione degli idrogrammi sperimentali (sezioni che sottendono sorgenti sospese o di sfioro della falda)
G	Alluvionale/terrazzi/complessi	Basale	SI	Si fa riferimento alle portate emergenti note, ripartite secondo i coefficienti mensili sperimentali
H	Alluvionale/terrazzi/complessi	Basale	NO	Si fa riferimento all'IE nei depositi quaternari e ai travasi dalle strutture adiacenti, in considerazione della mancanza di misure sperimentali degli incrementi in alveo e del fatto che tutto il flusso sotterraneo è comunque diretto verso l'alveo. Ripartizione mensile mediante coefficienti mensili ricavati a partire dagli idrogrammi sperimentali.



Tipo	Acquifero	Condizione emergenza dominante	Travasamento sotterraneo verso altra struttura	Criterio di stima e ripartizione mensile del Flusso di Base
I	Alluvionale/terrazzi/complessi	Sfioro o sospesa		Ripartizione mensile della portata emergente in base ai coefficienti ricavati dalla scomposizione degli idrogrammi sperimentali (sezioni che sottendono sorgenti sospese o di sfioro della falda)
L	Formazioni argilloso/marnose			Trattandosi di acquiferi effimeri molto superficiali nelle coltri di copertura con gradiente che segue l'andamento topografico, la portata media mensile equivale all'infiltrazione mensile nella porzione predominante del bacino idrografico a bassa permeabilità.

I valori calcolati per ogni nodo del reticolo idrografico principale sono riportati nello shapefile e nelle tabelle allegate.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

La stima delle portate naturali e del deflusso di base è stata applicata a tutti i nodi di chiusura dei corpi idrici fluviali significativi del territorio regionale. Ogni nodo è stato denominato con il nome del CI superficiale e con il codice N01, sottintendendo che, in qualsiasi momento, ove necessario, è possibile inserire altri nodi a monte, operando la suddivisione del relativo bacino afferente.

Il lavoro non ha previsto l'analisi del bilancio idrologico degli specchi lacustri, pertanto i deflussi calcolati per i corsi d'acqua emissari, con deflusso fortemente condizionato dai livelli lacustri può risultare sottostimato e comunque con basso grado di attendibilità.

4.5 Valutazione preliminare del DMV/DE

4.5.1 Aspetti generali

Secondo quanto richiesto dalle "Linee Guida per l'aggiornamento dei metodi di determinazione del deflusso minimo vitale al fine di garantire il mantenimento, nei corsi d'acqua, del deflusso ecologico a sostegno del raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti ai sensi della Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000" di cui al D.D. del Ministero dell'Ambiente n. 30/STA del 13.02.2017 (in seguito DD 30/STA), è necessario pervenire alla determinazione di valori di DMV modulati su scala mensile o stagionale, più rispondenti al paradigma delle portate naturali come primo avanzamento nel processo iterativo di ricerca (verifica, miglioramento, sostituzione) del Deflusso Ecologico.

Nell'ambito delle linee guida ministeriali si intende:



- per deflusso ecologico (DE), il regime idrologico che, in un tratto idraulicamente omogeneo di un corso d'acqua, appartenente ad un corpo idrico così come definito nei Piani di Gestione dei distretti idrografici, è conforme col raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti ai sensi dell'art. 4 della DQA;
- per deflusso minimo vitale (DMV), la portata istantanea da determinare in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua, che deve garantire la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua, chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali. Per "salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua" deve intendersi il mantenimento delle sue tendenze evolutive naturali (morfologiche ed idrologiche), anche in presenza delle variazioni artificialmente indotte nel tirante idrico, nella portata e nel trasporto solido; per "salvaguardia delle caratteristiche chimico-fisiche e delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali delle acque", deve intendersi invece il mantenimento, nel tempo, dello stato di qualità chimica e ecologica delle acque, tale da consentire il perseguimento degli obiettivi di qualità individuati ai sensi degli artt. 76, 77, 78 e 79 del Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006, di recepimento dell'art. 4 della DQA.

Sebbene la definizione di DMV sia sostanzialmente coincidente con quella di DE, l'introduzione del concetto di deflusso ecologico mira ad una più precisa e modulata considerazione e salvaguardia degli aspetti connessi con i deflussi naturali "garantiti" rispetto alla tutela dei corsi d'acqua in tutti gli aspetti considerati (biologici, geomorfologici, chimico-fisici ecc.).

La definizione dei DE presenta un carattere dinamico in quanto, come messo in evidenza dal DD 30/STA e dalle successive "Direttive Deflusso Ecologico" di cui alle Delibere CIP 2/2017 e 4/2017 rispettivamente delle Autorità di Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (ABDAM) e dell'Appennino Centrale (ABDAC)", risultato di un processo di progressivo approfondimento e di condivisione che può prevedere una prima formulazione del Deflusso Ecologico presuntivo attraverso l'utilizzo delle formulazioni regionali del deflusso minimo vitale – aggiornate, tramite l'applicazione di fattori correttivi.

Le attività di sperimentazione e monitoraggio assumono pertanto un ruolo fondamentale di importanza strategica nel processo di definizione del Deflusso Ecologico.

Dal momento che la partecipazione pubblica rappresenta uno dei punti fondamentali delineati dal DD 30/STA per il raggiungimento degli obiettivi ambientali connessi al Deflusso Ecologico, considerato anche il potenziale impatto delle misure necessarie al loro raggiungimento sulle parti interessate, si ritiene che qualsiasi valutazione preliminare debba mantenere un'impostazione "aperta", cioè sottoposta ad un percorso partecipativo a partire dal coinvolgimento dei Distretti Idrografici di riferimento e dei soggetti pubblici e privati più direttamente interessati.

Tale approccio risulta delineato dalla DIRETTIVA per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento / raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale (Delibera CIP 4/2017) che prevede un processo di sperimentazione, a partire dalla modulazione dei valori del DMV già definito che in questa fase potremmo definire come DE presuntivo, con orizzonte temporale al 2025.



Anche la corrispondente direttiva del Distretto dell'Appennino Meridionale (Delibera CIP 2/2017) fa riferimento ad una fase di sperimentazione e ad una fase transitoria che prevede l'associazione di un DE transitorio (presuntivo) basato sulla modulazione mensile del DMV.

Rispetto al quadro tecnico/normativo sinteticamente richiamato, cui si rimanda per approfondimenti, si deve prendere atto del fatto che il PTAR del Lazio attualmente vigente non definisce i valori del DMV dei nodi dei corpi idrici fluviali significativi.

Allo stato attuale, sulla base del bilancio e delle stime delle portate naturali e del deflusso di base ricavati dal presente studio, l'obiettivo possibile, nel quadro della definizione del DE, risulta essere quello di addivenire ad una prima individuazione del DMV per tutti i nodi di corsi d'acqua significativi individuati dal PTAR e ad una prima proposta di modulazione mensile o stagionale dei valori del DMV come primo riferimento dei valori di portata del DE presuntivo da assumere come punto di partenza per il monitoraggio e le sperimentazioni.

4.5.2 Approccio metodologico

I valori del DMV/DE presuntivo vengono calcolati a partire dai dati dei deflussi naturali mensili e dei deflussi di base stimati tenendo conto delle indicazioni dei documenti delle Autorità di Bacino Distrettuali, degli indirizzi ministeriali e di quanto già proposto dalle altre regioni.

Tali valori presuntivi dovranno essere, nelle successive fasi, oggetto di monitoraggio verifica e calibrazione, coerente con le indicazioni date dal decreto direttoriale n. 30 del MATTM, quando parla di *“approccio iterativo per successive approssimazioni: formulazione dell'ipotesi (valore presuntivo del regime di deflusso ecologico) e verifica (valore osservato e misurato del deflusso ecologico in condizioni di stato ecologico “buono”). Sulla base dei risultati delle attività di monitoraggio, deve essere sempre possibile procedere ad una revisione del DMV/DE stabilito o alla correzione delle metodologie impiegate. I diversi indici e/o indicatori utilizzati non possono infatti considerarsi totalmente esaustivi, dovendo al contrario essere necessariamente intesi come oggetto di un processo periodico, a scala pluriennale, di verifica/miglioramento/sostituzione”*.

Per la stima del DE presuntivo si è proceduto in due fasi:

1. definizione del valore del DMV;
2. stima del DE presuntivo modulato a scala mensile in proporzione alla variazione del deflusso di base stimato per ogni nodo.

4.5.3 Valutazione del DMV

Come detto, nel Lazio non risultano definiti i valori del DMV per i diversi nodi dei corpi idrici superficiali significativi del PTAR.

Negli anni, le Autorità di Bacino hanno proposto diverse metodologie e approcci la cui applicazione ha riguardato solo alcuni corsi d'acqua maggiori.



Nel presente studio, sulla base dei dati acquisiti e calcolati, è stato effettuato un confronto tra i risultati delle procedure proposte dalle Autorità di Bacino Distrettuale e quindi definito un criterio omogeneo a scala regionale.

Si richiamano in particolare le seguenti formulazioni rimandando per le valutazioni specifiche ai documenti originali citati.

PS9 – Autorità di Bacino del Fiume Tevere

$$DMV = 0.1 + 0.4FB - 0.01FB^2$$

Dove

FB = flusso di base naturale medio di magra ordinaria in una qualunque sezione del reticolo idrografico perenne

La formula, specifica soprattutto per le aree carbonatiche, ha validità per FB compreso tra 0,2 e 20 mc/s.

Tale formulazione è stata calibrata rispetto ad alcuni importanti parametri ambientali.

Direttiva del Distretto dell'Appennino Meridionale (Delibera CIP 2/2017) – Fase transitoria

$$DMV = Sbac * Rs * K$$

Dove

Sbac è la superficie del bacino

Rs = Portata media naturale annua/Sbac

$K = 1 + G + N + Qb + A + P$

Con:

- G fattore geomorfologico, rappresentativo della percentuale di pool presenti nel corso d'acqua (variabile da -0.4 a 0.4)
- N fattore di naturalità, determinato sulla base dell'IFF e del grado di antropizzazione (variabile da 0 a 0.2)
- Qb fattore di qualità, dipendente dalla qualità biologica (STAR_ICMi) (variabile da 0 a 0.2)
- A indice dell'altitudine media del bacino sotteso (Variabile da 0 a 0.15)
- P indice della piovosità media nel bacino sotteso (variabile da 0 a 0.15)

Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Uso sostenibile delle acque del bacino del Tevere – Deflusso di base e deflusso minimo vitale. Calenda & Mancini, 2005 (studio a corredo del PS9)



In questo studio il minimo deflusso vitale di alcune sezioni significative dei corsi d'acqua del Bacino del Fiume Tevere è stato valutato a partire da un'accurata analisi delle serie idrometriche disponibili e di considerazioni di natura idromorfologica e ambientale.

I valori ricavati per le sezioni studiate (Tab.4.6), data la significativa mole dei dati sperimentali analizzati e l'approccio rigoroso della valutazione, possono essere ritenuti validi come riferimento.

fiume	stazione	asta	area (km ²)	Q _{7,10} (m ³ /s)	0,7Q _{7,10} (m ³ /s)	0,5Q _{7,10} (m ³ /s)	Q _{est} (m ³ /s)	MDV (m ³ /s)
Aniene	Lunghezza	AN01	1452	18,93	13,25	9,47	3,53	3,53
		AN02	1237	16,13	11,29	8,06	3,46	3,46
		AN03	1201	15,66	10,96	7,83	3,45	3,45
		AN04	1118	14,58	10,20	7,29	3,41	3,41
		AN05	1065	13,88	9,72	6,94	3,39	3,39
		AN06	735	10,23	7,16	5,12	3,21	3,21
		AN07	450	8,56	5,99	4,28	3,10	3,10
	Subiaco	AN08	233	2,86	2,00	1,43	2,13	1,43
	Casc. di Trevi	AN09	126	2,02	1,41	1,01	1,79	1,01
Tevere	Ripetta	TV01	17270	98,92	69,25	49,46		49,46
		TV02	17096	97,93	68,55	48,96		48,96
		TV03	16944	97,06	67,94	48,53		48,53
		TV04	16787	96,16	67,31	48,08		48,08
		TV05	16671	95,49	66,85	47,75		47,75
		TV06	15176	76,56	53,59	38,28		38,28
		TV07	15024	76,15	53,31	38,08		38,08
		TV08	14904	75,83	53,08	37,91		37,91
		TV09	14793	75,53	52,87	37,77		37,77
		TV10	14513	74,78	52,34	37,39		37,39
		TV11	14206	70,56	49,39	35,28		35,28
		TV12	13951	69,87	48,91	34,94		34,94
Treia	C. Castellana	TE01	524	2,01	1,41		1,78	1,41
		TE02	497	1,90	1,33		1,73	1,33
		TE03	432	1,66	1,16		1,59	1,16
		TE04	184	0,705	0,494		0,880	0,494
		TE05	85	0,326	0,228		0,461	0,228
Velino	Terria	VE01	2357	34,95	24,46	17,47	3,73	3,73
		VE02	2274	33,72	23,60	16,86	3,72	3,72
		VE03	2076	30,78	21,55	15,39	3,70	3,70
		VE04	1395	30,45	21,32	15,23	3,70	3,70
	P. Nuovo	VE05	1367	29,84	20,89	14,92	3,69	3,69
		VE06	552	29,37	20,56	14,69	3,69	3,69
		VE07	375	9,28	6,50	4,64	3,15	3,15
	Antrodoco	VE08	361	1,01	0,704			0,704
	Posta	VE09	95	0,239	0,167			0,167

Tab.4.6 – Esempio di alcuni valori estratti dallo studio di Calenda & Mancini, 2005



Da un confronto dei valori ricavati dalle diverse metodologie proposte si osserva una discreta congruenza per i corsi d'acqua con portate comprese tra circa 20 e 0,2 mc/s. Tuttavia si osservano alcuni disallineamenti che non possono essere trascurati:

- per i nodi con portata maggiore di 20 mc/s, la metodologia di cui alla Delibera CIP 2/2017 dell'ABDAM fornisce valori molto più bassi rispetto a quelli calcolati dallo studio di Calenda & Mancini, 2005 che possono essere ritenuti i valori di riferimento più congrui;
- per i corsi d'acqua con bacino idrografico poco esteso e deflusso di base sostenuto da grandi sorgenti carbonatiche, la richiamata metodologia di cui alla Delibera CIP 2/2017 dell'ABDAM, tende a fornire valori molto più bassi rispetto a quelli ricavabili dalla formula del PS9;
- la formula del PS9, calibrata per portate del FB di magra comprese tra 20 e 0,2 mc/s, nel settore delle portate più basse tende a valori del DMV che possono attestarsi a oltre il 90% della portata. Al disotto dei 200 l/s, il PS9 mira al mantenimento delle portate naturali destinando tendenzialmente l'intera portata al DMV.

La destinazione dell'intera portata al disotto dei 200 l/s al DMV/DE, come indicato dall'Autorità di Bacino nel PS9, può costituire, per i corsi d'acqua caratterizzati da condizioni di elevata naturalità, un livello di tutela ottimale. Tuttavia, nei contesti caratterizzati da concessioni già assentite, l'applicazione di tale misura può risultare molto complessa ed eccessivamente onerosa, data la necessità di reperire risorse idriche alternative, nei casi in cui non sia possibile operare una riconversione delle attività dipendenti (usi irrigui, idroelettrici, idropotabili o industriali) nel breve o medio periodo.

Tale considerazione pone la necessità di definire valori del DMV/DE presuntivo non eccessivamente restrittivi, da utilizzare come base di partenza per gli approfondimenti e le sperimentazioni di carattere sito-specifico.

Proposta metodologica del presente studio

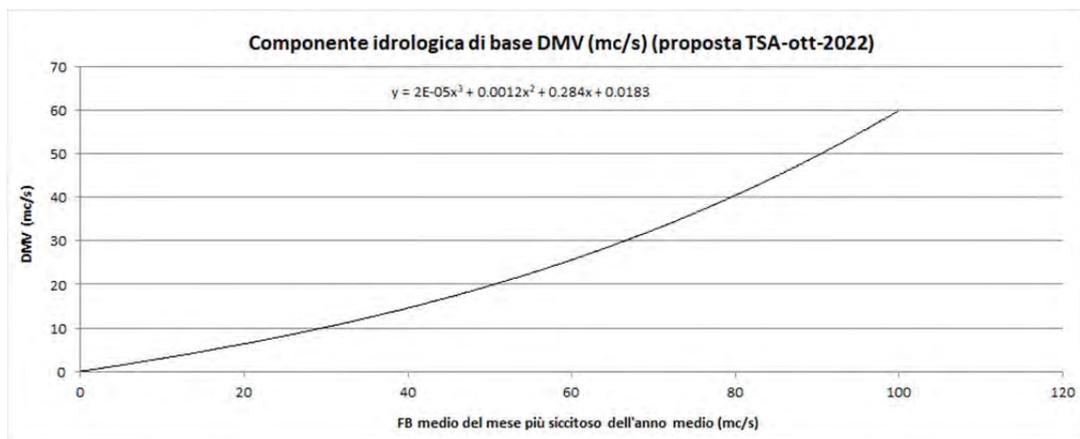
Tenendo conto dei risultati ottenuti dall'applicazione delle diverse metodologie suggerite e delle problematiche richiamate, nel presente studio si propone di applicare la seguente relazione:

$$DMV = 2E-05*FB^3 + 0.0012*FB^2 + 0.284*FB + 0.0183$$

Dove

FB è il valore del deflusso di base medio mensile del mese più siccitoso dell'anno medio





Tale relazione interpola i valori più significativi definiti nello studio di Calenda&Mancini, 2005 per le portate più elevate, i valori suggeriti dal PS29 per le portate più basse e valori comparabili con quelli della formulazione dell'ABDAM per i valori più bassi.

Cautelativamente, si suggerisce in questa fase di assumere, al disotto dei 300 l/s di FB un valore fisso del DMV nell'ordine del 30% del FB medio del mese più critico dell'anno di ogni sezione.

Nella figura 4.9 e nella tabella 4.7 che seguono si riporta il confronto dei risultati delle varie formulazioni.

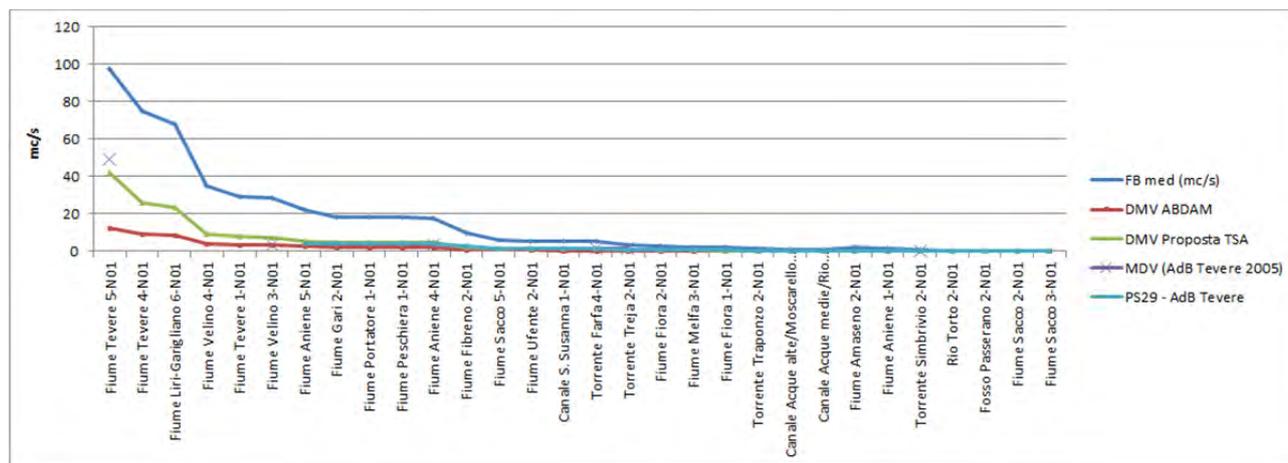


Fig.4.10 – Confronto tra alcuni valori rappresentati del DMV calcolati con diverse formulazioni.

COD_NODO	FB med (mc/s)	FB_Minimo (mc/s)	Qn (mc/s)	Area bacino kmq	DMV mc/s			
					MDV (AdB Tev. 2005)	PS9 - AdB Tev.	DMV ABDAM	DMV Prop. TSA
Fiume Tevere 5-N01	97.736	81.558	123.559	6875	49.460		12.356	42.013
Fiume Tevere 4-N01	75.248	60.985	90.649	4714			9.065	26.337
Fiume Liri-Garigliano 6-N01	67.745	56.531	85.756	3424			8.576	23.521
Fiume Velino 4-N01	35.191	28.520	43.560	1662			4.356	9.558
Fiume Tevere 1-N01	29.551	23.950	32.030	788			3.203	7.783
Fiume Velino 3-N01	28.472	23.075	34.352	1079	3.730		3.435	7.456
Fiume Aniene 5-N01	22.341	18.106	28.384	1519		4.064	2.838	5.673

COD_NODO	FB med (mc/s)	FB_Minimo (mc/s)	Qn (mc/s)	Area bacino kmq	DMV mc/s			
					MDV (AdB Tev. 2005)	PS9 - AdB Tev.	DMV ABDAM	DMV Prop. TSA
Fiume Gari 2-N01	18.538	15.469	20.415	341		3.895	2.042	4.773
Fiume Portatore 1-N01	18.588	15.065	22.730	770		3.856	2.273	4.637
Fiume Peschiera 1-N01	18.575	15.054	18.609	10		3.855	1.861	4.634
Fiume Aniene 4-N01	17.870	14.483	20.567	929	3.530	3.796	2.057	4.444
Fiume Fibreno 2-N01	9.817	7.956	10.434	71		2.649	1.043	2.364
Fiume Sacco 5-N01	5.771	4.816	12.748	1466		1.794	1.275	1.416
Fiume Ufente 2-N01	5.554	4.501	7.129	191		1.698	0.713	1.323
Canale S. Susanna 1-N01	5.406	4.381	5.557	70		1.661	0.556	1.287
Torrente Farfa 4-N01	5.154	4.177	5.475	245	1.690	1.596	0.547	1.227
Torrente Treja 2-N01	3.337	2.785	4.151	482	1.410	1.136	0.415	0.819
Fiume Fiora 2-N01	2.818	2.352	3.860	419		0.985	0.386	0.693
Fiume Melfa 3-N01	2.346	1.901	5.391	403		0.824	0.539	0.563
Fiume Fiora 1-N01	2.201	1.837	3.012	280		0.801	0.301	0.544
Torrente Traponzo 2-N01	1.316	1.098	2.128	300		0.527	0.213	0.332
Canale Acque alte/Moscarello 3-N01	0.928	0.774	3.118	586		0.404	0.312	0.239
Canale Acque medie/Rio Martino 1-N01	0.900	0.729	0.969	18		0.386	0.097	0.226
Fiume Amaseno 2-N01	2.338	0.702	3.211	353		0.376	0.321	0.218
Fiume Aniene 1-N01	1.222	0.367	1.303	55		0.245	0.130	0.123
Torrente Simbrivio 2-N01	1.101	0.330	1.206	125	0.272	0.231	0.121	0.112
Rio Torto 2-N01	0.298	0.249	0.648	53		0.199	0.065	0.075
Fosso Passerano 2-N01	0.293	0.245	0.750	147		0.197	0.075	0.073
Fosso di Rustica 2-N01	0.249	0.208	0.402	74		0.183	0.040	0.062
Fiume Cosa 2-N01	0.430	0.129	0.878	170			0.088	0.039
Fosso di S.Vittorino 3-N01	0.152	0.127	0.254	40			0.025	0.038
Torrente Biedano 2-N01	0.138	0.115	0.736	176			0.074	0.035
Rio Vicano 2-N01	0.133	0.111	0.183	23			0.018	0.033
Fosso dell'Osa 1-N01	0.122	0.102	0.311	57			0.031	0.031
Fosso di Leprignano 1-N01	0.107	0.089	0.193	59			0.019	0.027
Torrente Stridolone 1-N01	0.102	0.085	0.233	40			0.023	0.026
Fosso Verginese 2-N01	0.089	0.074	0.485	45			0.049	0.022
Fiume Ratto 1-N01	0.083	0.069	0.340	49			0.034	0.021
Torrente l'Aia 3-N01	0.081	0.068	0.525	154			0.053	0.020
Fiume Sacco 1-N01	0.078	0.065	0.495	39			0.049	0.020
Fosso del Tafone 2-N01	0.075	0.063	0.265	112			0.026	0.019
Rio Valchetta (Cremera) 2-N01	0.179	0.054	0.390	76			0.039	0.016
Fiume Amaseno 1-N01	0.174	0.052	0.303	56			0.030	0.016
Fiume Cosa 1-N01	0.150	0.045	0.159	10			0.016	0.014
Fosso Galeria 2-N01	0.050	0.042	0.745	155			0.074	0.013
Fosso Corno 1-N01	0.137	0.041	0.216	29			0.022	0.012
Fosso Bagnatore 1-N01	0.127	0.038	0.201	21			0.020	0.011



COD_NODO	FB med (mc/s)	FB_Minimo (mc/s)	Qn (mc/s)	Area bacino kmq	DMV mc/s			
					MDV (AdB Tev. 2005)	PS9 - AdB Tev.	DMV ABDAM	DMV Prop. TSA
Fosso Sanguinara 1-N01	0.044	0.037	0.142	45			0.014	0.011
Torrente Amaseno 1-N01	0.106	0.032	0.748	157			0.075	0.010
Fiume Salto 1-N01	0.092	0.028	1.738	303			0.174	0.008
Fosso del Tafone 1-N01	0.032	0.027	0.046	10			0.005	0.008
Torrente Fiumicino 1-N01	0.087	0.026	0.342	72			0.034	0.008
Rio Vicano 1-N01	0.086	0.026	0.115	8			0.011	0.008
Fosso delle Cadute 1-N01	0.064	0.019	0.085	10			0.009	0.006
Fosso di S.Vittorino 2-N01	0.062	0.019	0.153	36			0.015	0.006

Tab.4.7 – Confronto tra alcuni valori rappresentati del DMV calcolati con diverse formulazioni.

4.5.3 Modulazione mensile del DMV - DE presuntivo

Per la modulazione mensile del DMV si propone cautelativamente mantenere la stessa proporzionalità utilizzata per la definizione del DMV, applicando la funzione proposta nel presente studio alla portata del flusso di base medio mensile pluriennale stimato per i diversi nodi del reticolo idrografico principale. Nella figura 4.11 che segue si riportano i risultati di tale operazione ricavati per alcuni nodi significativi del reticolo idrografico regionale.

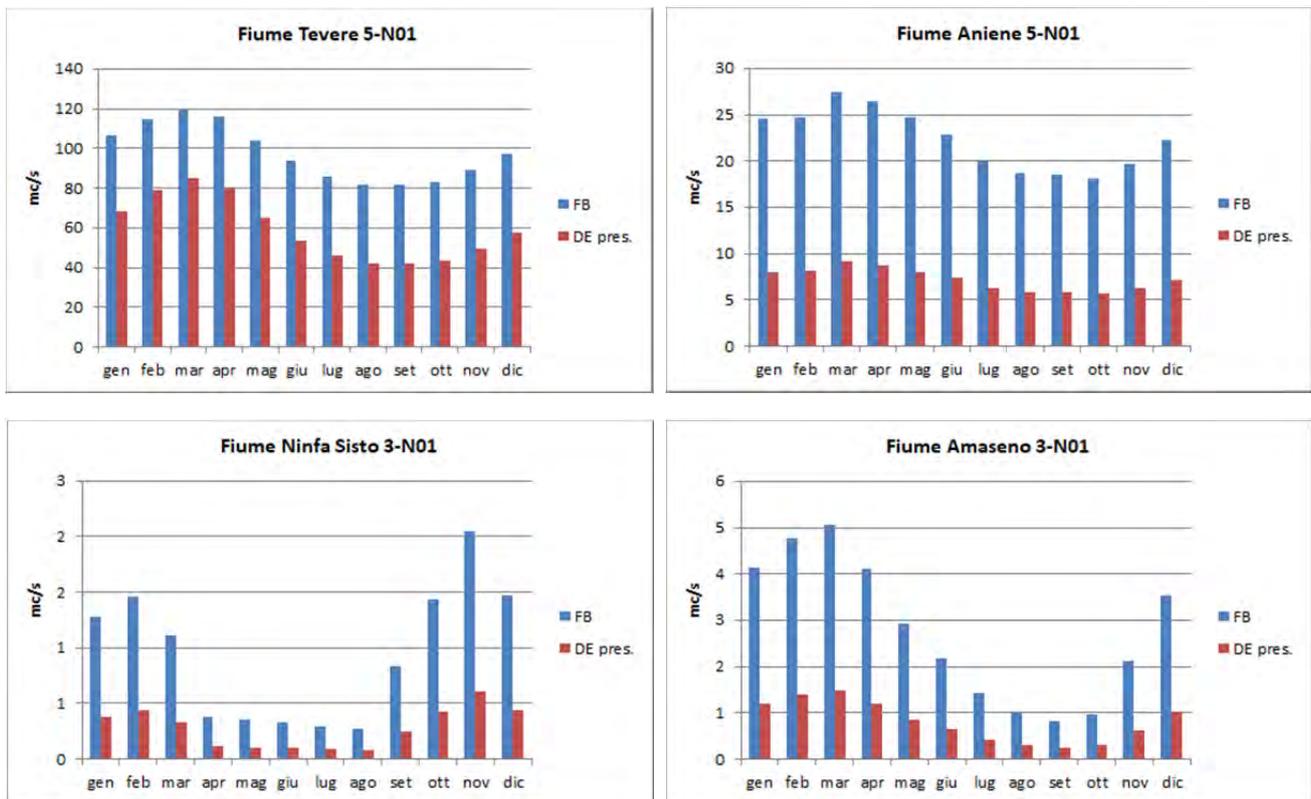


Fig.4.11 – Confronto tra i valori del flusso di base medio mensile pluriennale stimato e il deflusso ecologico DE presuntivo per alcuni corsi d’acqua del Lazio



Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Le portate naturali, il deflusso di base e il deflusso ecologico presuntivo sono stati stimati per tutti i nodi del reticolo idrografico significativo regionale. Come già detto, il processo di individuazione del deflusso ecologico deve completarsi con attività di monitoraggio e sperimentazione a scala regionale.

I risultati ottenuti e riportati negli elaborati allegati devono pertanto essere intesi non come punto di arrivo ma come punto di partenza del processo che condurrà alla definizione dei valori più opportuni del DE.



5. Aggiornamento del quadro conoscitivo dei fabbisogni e dei prelievi idrici

5.1 Fabbisogno e captazioni a scopo idropotabile

5.1.1 Stima del fabbisogno idropotabile

Le portate addotte e le criticità della rete acquedottistica devono essere valutate in rapporto all'entità e alla distribuzione del fabbisogno idrico residenziale. Per tale ragione, nel corso dello studio si è proceduto ad effettuare una stima della domanda idrica sulla base della popolazione residente e fluttuante a scala di sezione di censimento utilizzando i dati del Censimento della Popolazione (ISTAT 2011), pubblicati sul sito dell'Istituto, appunto a scala di sezione censuaria.

Il fabbisogno idrico teorico medio di ciascuna sezione di censimento è stato quindi calcolato associando, in maniera speditiva, una dotazione teorica giornaliera di 250 litri per abitante residente e fluttuante.

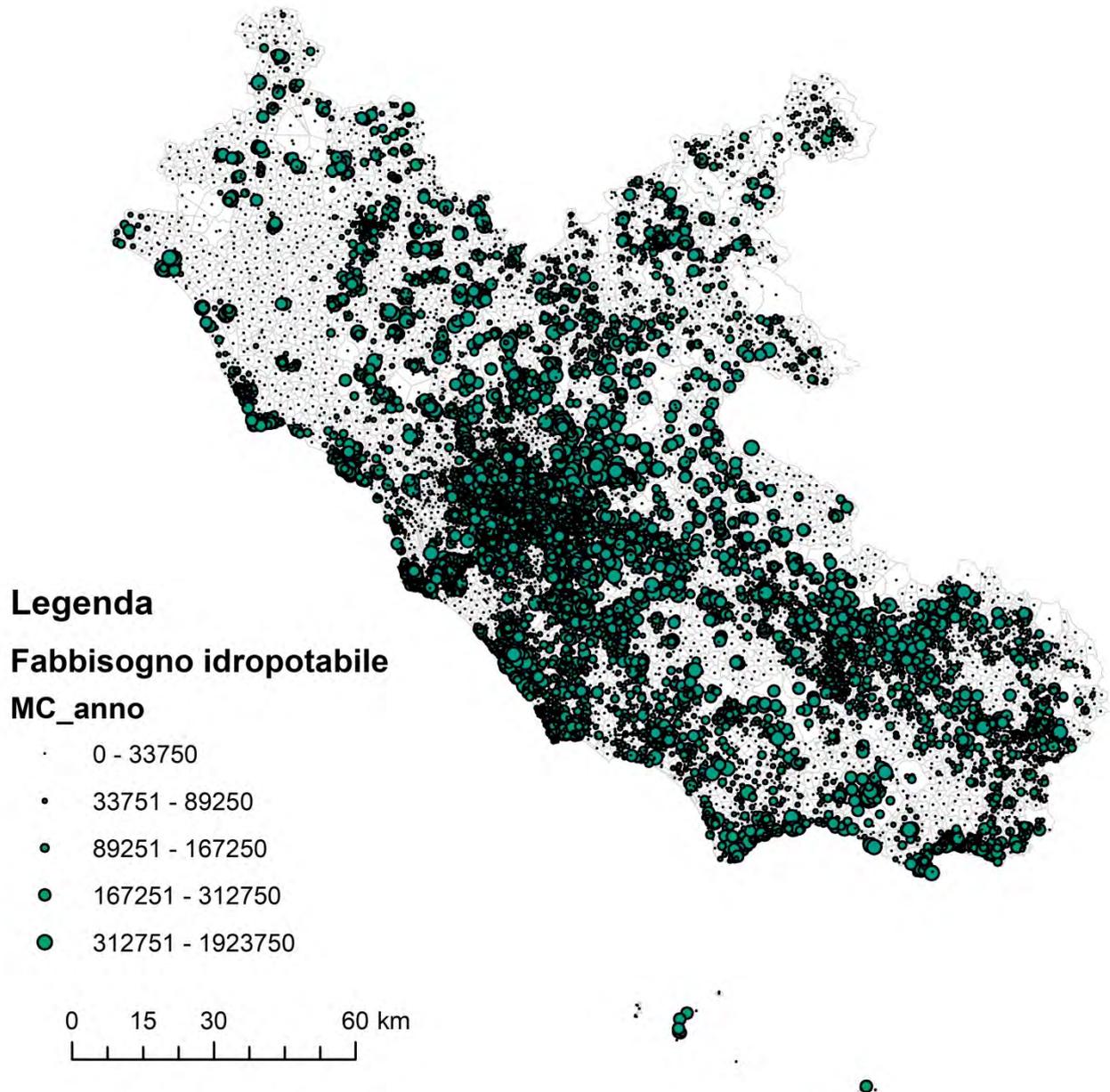
Per la stima degli abitanti fluttuanti si è tenuto conto della quantità e della distribuzione delle abitazioni non occupate, come indicatore della presenza di flussi di abitanti stagionali, assegnando un coefficiente pari a 3 abitanti fluttuanti per abitazione non occupata.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Il valore ricavato può essere approssimativamente considerato rappresentativo del fabbisogno idrico teorico stagionale di punta. Tuttavia è evidente che oltre gli usi residenziali, le acque della rete idrica alimentano parzialmente anche i servizi igienici di molte attività del terziario e che possono esservi, soprattutto nel periodo estivo, usi impropri connessi con l'irrigazione di giardini o altro.

Tali considerazioni fanno ritenere plausibile che il fabbisogno idrico stimato possa essere in parte sottostimato rispetto ai reali usi attuali. Tuttavia, per le finalità del presente documento, risulta rilevante poter disporre di un quadro rappresentativo della distribuzione areale della domanda, da confrontare con le fonti di approvvigionamento idropotabile note e con le dotazioni idriche immesse in rete.

Valutazioni più precise, ove necessario, possono essere ricavate dai Gestori dei servizi idrici.

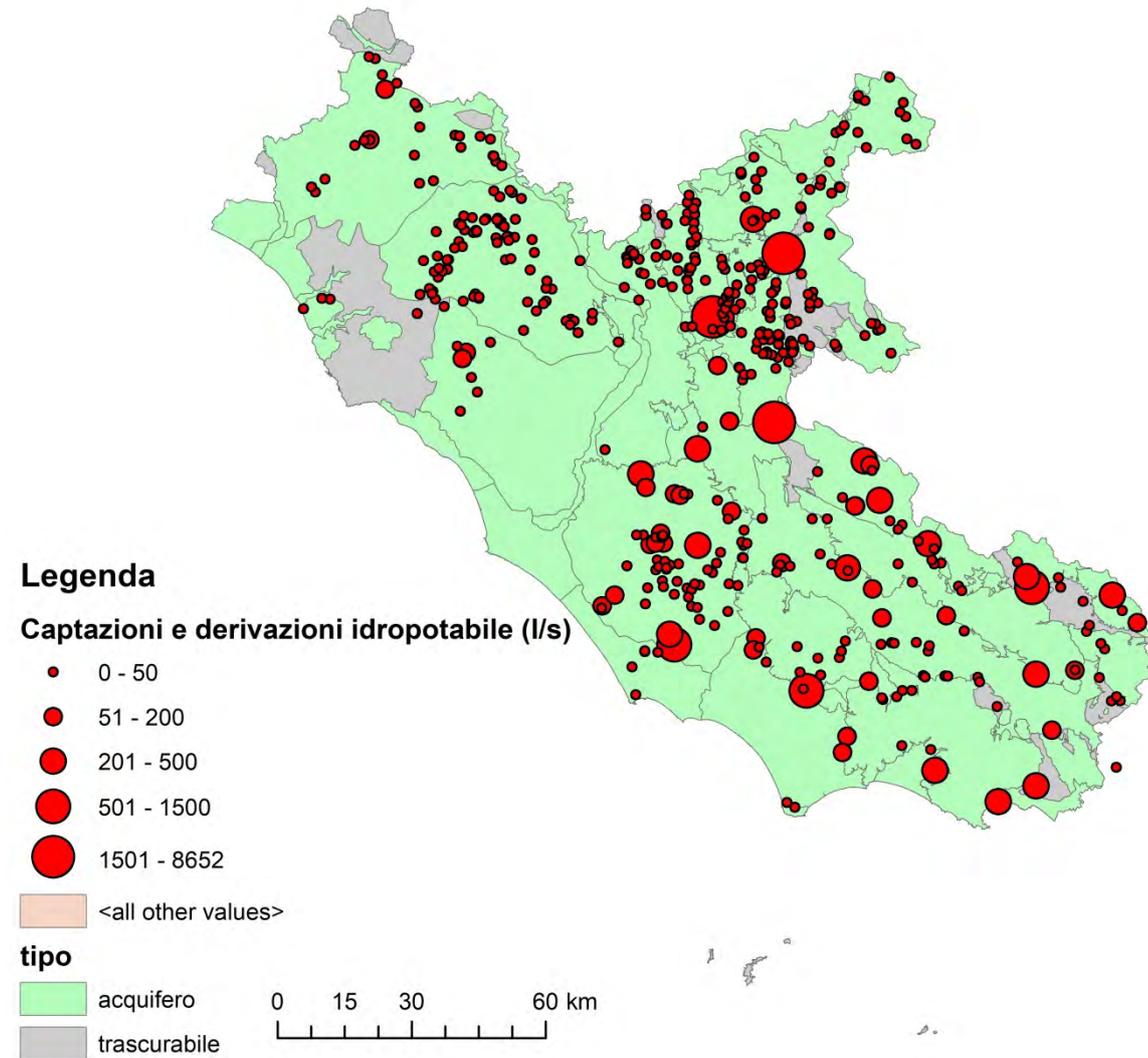


5.1.2 Ricognizione delle captazioni e derivazioni a scopo idropotabile

La ricognizione delle derivazioni e captazioni a scopo idropotabile nella Regione Lazio è stata effettuata a partire dai dati forniti alla committente da parte dei Gestori del Servizio Idrico dei 5 ATO della Regione Lazio.

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei dati acquisiti e delle elaborazioni effettuate.

Gestore	Dati forniti	Elaborazione effettuata
ATO 1 - ATO 5	Il gestore ha fornito la denominazione delle captazioni e derivazioni e le portate emunte	I dati sono stati georeferenziati mediante correlazione con i punti di campionamento delle ASL e mediante fotografie aeree
ATO 2 e ATO 4	Il gestore ha fornito le portate, la denominazione delle captazioni e le coordinate	
ATO 3	Allo stato attuale il gestore non è in grado di fornire indicazione sui punti di captazione	Le portate e le ubicazioni dei punti sono state ricavate, in prima approssimazione, dagli ultimi studi effettuati dalla Regione Lazio per l'aggiornamento del PRGA



Il prelievo a scopo idropotabile per gli acquedotti nella Regione Lazio è pari ad una portata media di 30,43 mc/s così ripartiti:

- 6,03 mc/s da pozzi
- 24,4 mc/s da sorgenti

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

La ricognizione effettuata fornisce un quadro di elevato dettaglio dei prelievi reali per gli usi idropotabili degli acquedotti nel territorio regionale.

Il lavoro può essere ulteriormente approfondito, qualora i Gestori riescano a fornire dati ed informazioni di maggior dettaglio.

5.2 Domanda idrica e prelievi per uso industriale

5.2.1 Stima del fabbisogno industriale e produttivo

Per la valutazione distribuita del fabbisogno industriale e delle attività produttive si è quindi proceduto ad applicare una procedura di stima basata sull'analisi degli archivi regionali delle derivazioni e dei pozzi e sull'analisi della distribuzione e delle caratteristiche delle attività produttive, come risultanti dai dati del censimento dell'industria (ISTAT, 2011), pubblicati a scala di sezione censuaria sul sito dell'ISTAT.

Il fabbisogno idrico è stato quindi stimato mediante l'applicazione di una metodologia di stima indiretta, basata sull'analisi dei dati a scala di sezione di censimento ed usando coefficienti di consumo idrico ricavati dalla letteratura di settore calibrati con i dati disponibili a scala locale.

Per la stima dei coefficienti di consumo idrico per addetto sono stati utilizzati due studi, molto significativi, condotti negli ultimi anni nell'Italia centrale:

Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio (Capelli et al, 2005);

Stima dei consumi idrici dell'industria e del terziario in Toscana (IRPET Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana, 2009).

Questi studi hanno preso in considerazione un ampio campione statistico di attività industriali, con lo scopo di valutare un volume idrico necessario in funzione degli addetti impiegati. Secondo tali studi, dunque, l'esigenza idrica di ogni industria può essere valutata in funzione di due fattori:

- Tipo di attività produttiva svolta nell'industria
- Numero di addetti presenti nell'industria

Nella tabella che segue, tratta dallo studio di Capelli et al 2005, vengono riportate le attività manifatturiere ed i volumi per addetto ricavati dalla documentazione bibliografica di settore e calibrati rispetto alle pratiche di concessione nella Regione Lazio. Rispetto alle fonti bibliografiche citate, la tabella riporta anche

la classe “altre industrie manifatturiere”. Per questa classe il valore di riferimento è stato ottenuto calcolando la media dei consumi idrici di 12 diversi tipi di attività manifatturiera.

I volumi di acqua in tabella sono stati oggetto di verifica mediante il confronto con le richieste di concessione di sfruttamento di pozzi presentate da alcune aziende. Dal confronto i dati bibliografici sono risultati piuttosto congruenti con le richieste pervenute; si può pertanto ritenere che i dati riportati in tabella siano rappresentativi per l’area di studio. In particolare il dato preso come riferimento per il calcolo del fabbisogno idrico è stato quello ridotto del 20%, che è apparso più congruente.

FABBISOGNI IDRICI DELLE INDUSTRIE		
Fabbisogni idrici specifici definiti per le diverse categorie imprenditoriali (da Capelli et al, 2005)		
CATEGORIA IMPRENDITORIALE (ISTAT)	m³/anno/addetto*	(m³/anno/addetto) diminuito del 20%
DA - industrie alimentari, delle bevande e del tabacco	2461	1969
DB - industrie tessili e dell'abbigliamento	1725	1380
DC - industrie conciarie, fabbricazione di prodotti in cuoio, pelle e similari	912	730
DD - industria del legno e dei prodotti in legno	1100	880
DE - fabbricazione di pasta-carta, carta e prodotti di carta; stampa ed editoria	7360	5888
DG - fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali	5115	4092
DH - fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	1100	880
DI - fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	1700	1360
DJ - produzione di metallo e fabbricazione di prodotti in metallo	1950	1560
DK - fabbricazione macchine ed apparecchi meccanici; installazione e riparazione	424	339
DL - fabbricazione macchine elettriche e apparecchiature elettriche ed ottiche	280	224
DM - fabbricazione di mezzi di trasporto	1164	931
DN* - altre industrie manifatturiere	1174	939

aggiornamento ottobre 2022

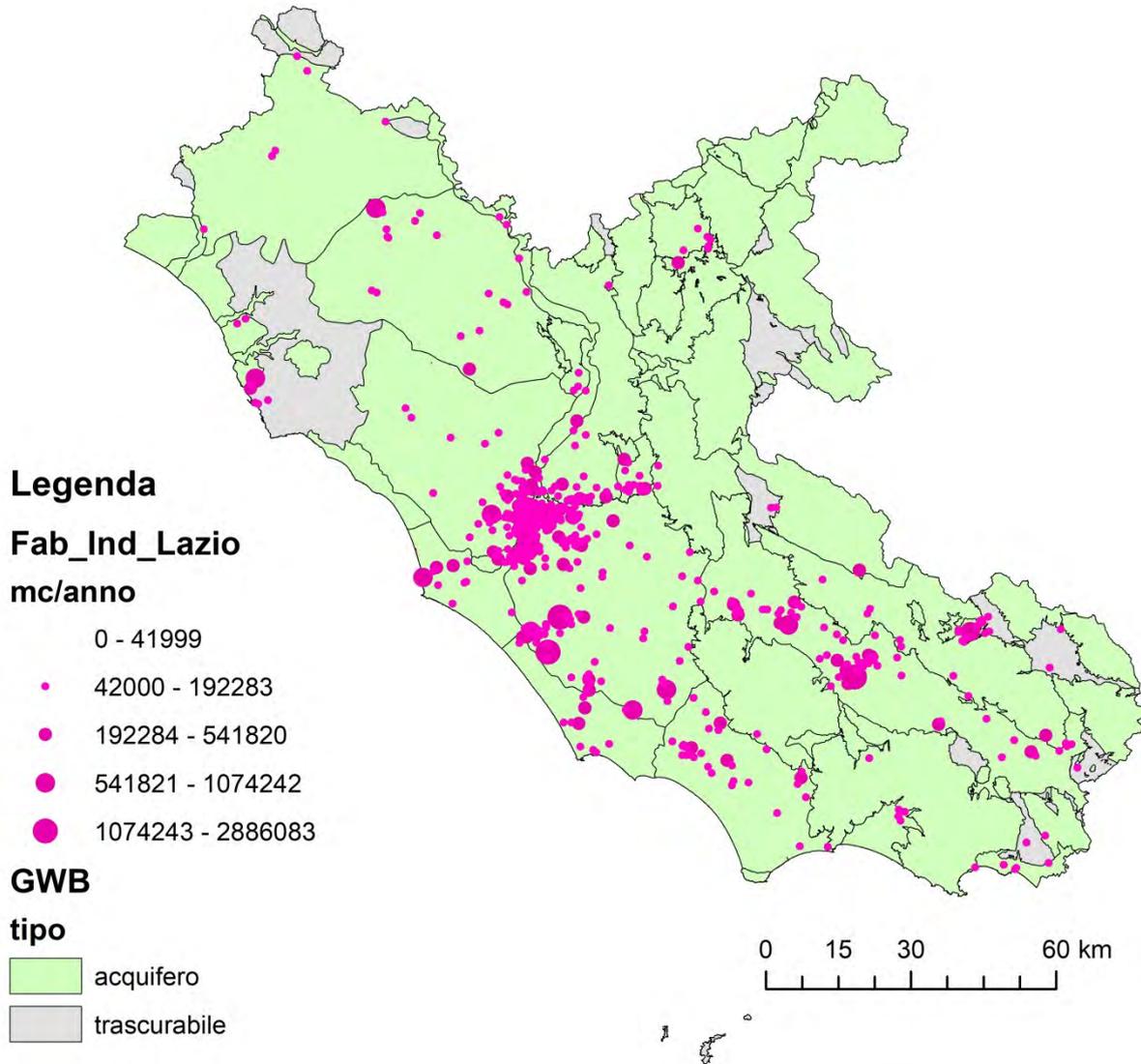
REGIONE LAZIO



Le valutazioni effettuate forniscono un valore complessivo a scala regionale dell’idroesigenza per usi industriali e produttivi compreso tra 6.9 m³/s e 8.5 m³/s, distribuito come riportato nella figura che segue

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

A livello di stima del fabbisogno idrico per l'industria, il lavoro svolto può ritenersi significativo.



5.2.2 Prelievi di acque superficiali a scopo industriale

Il fabbisogno idrico industriale è soddisfatto essenzialmente da captazioni e pozzi aziendali e misura trascurabile, se si escludono i servizi igienici già parzialmente computati nel fabbisogno idropotabile.

Per la valutazione dei prelievi idrici da corpi idrici superficiali si è proceduto mediante l'analisi e l'elaborazione delle banche dati delle concessioni elaborate negli scorsi anni dall'area Risorse Idriche della Regione Lazio per la richiesta dei canoni.

Dai diversi DB risultano 2441 derivazioni di acque superficiali per diversi usi. Tali derivazioni sono state associate ai corpi idrici superficiali mediante georeferenziazione effettuata con diverse metodologie:

- coordinate, ove disponibili;
- località e comune e relativo bacino afferente di pertinenza.

Complessivamente risultano circa 120 derivazioni significative per usi industriali dai diversi fiumi del Lazio, per una portata complessiva variabile tra 1,5 e 3 m³/s.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Allo stato attuale l'analisi effettuata rappresenta il massimo dettaglio ottenibile.

Ulteriori approfondimenti saranno possibili quando la Regione avrà terminato la ricognizione degli archivi delle concessioni e le necessarie verifiche di campo sugli effettivi volumi derivati.

5.2.3 Prelievi da pozzo per uso industriale e produttivo

La stima e la distribuzione dei prelievi idrici da pozzi per uso industriale è stata fatta a partire dal fabbisogno idrico stimato a cui, nelle diverse aree è stata sottratta la quota parte di fabbisogno idrico soddisfatto dai prelievi di acque superficiali precedentemente stimati.

Il prelievo da pozzi industriali è nell'ordine dei 6,8 mc/s distribuiti come riportato nella precedente figura.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Allo stato attuale l'analisi effettuata rappresenta il massimo dettaglio ottenibile.

Ulteriori approfondimenti saranno possibili quando la Regione avrà terminato la ricognizione degli archivi delle concessioni e le necessarie verifiche di campo sugli effettivi volumi derivati.

5.3 Fabbisogno e prelievi idrici a scopo irriguo

5.3.1 Stima del fabbisogno irriguo

La stima del fabbisogno irriguo a scala comunale, suddivisa per uso collettivo (comprensori irrigui) e autoapprovvigionamento, è stata fornita dalla Regione Lazio. Per completezza si riporta nel seguito la descrizione delle elaborazioni effettuate dalla Regione (a cura del **Stefano Lo Presti – Consulente della Regione Lazio**).

L'analisi della stima dei fabbisogni irrigui elaborati dalla Regione Lazio è stata svolta sulla base dei dati forniti dal CREA², contenenti l'uso del suolo (domanda grafica AGEA del 2018) della Evapotraspirazione di riferimento ETO suddivisa per mese (periodo marzo-settembre) e per comune e delle piogge per mese e per comune.

Di seguito si riporta la metodologia seguita per il calcolo dei fabbisogni irrigui calcolati per comune, per l'autoapprovvigionamento, per l'irrigazione collettiva e per le regioni ricadenti nel Distretto Appennino Centrale (DAC).

L'analisi è stata condotta tenendo conto di elementi e conoscenze forniti dalla Regione Marche Servizio Ambiente e Agricoltura - (P.O. Monitoraggio Suoli) (Referente: dr. Mauro Tiberi), che avevano già svolto il calcolo sui fabbisogni irrigui utilizzando il modello CropWat della FAO per gli anni 2017 e 2018. In particolare sono stati utilizzati per il presente calcolo le classificazioni della domanda grafica di AGEA (con alcune modificate) ed i valori dei Kc utilizzati nel modello CropWat e desunti dal Quaderno FAO 56.

I passaggi seguiti per la stima dei fabbisogni irrigui sono di seguito descritti.

Step 1 Classificazione dei codici colturali AGEA (cft. File excel decod_colt_AGEA)

I circa 400 codici colturali (Cod_occupazione) del Piano Colturale Grafico (PCG) di AGEA sono stati attribuiti a tre macrocategorie (non SAU, SAU non irrigua, SAU Irrigua) la SAU irrigua è stata disaggregata in "seminativi" o "altro"

Le 165 colture individuate come irrigue sono state accorpate a 20 colture sulla base di caratteristiche fenologiche simili.

Le colture
NON AGRICOLO NON IRRIGATO
ERBA MEDICA ERBAIO
CARCIOFO
CAVOLO
AGRUMI
UVA DA TAVOLA/KIWI
MAIS
LINO
PATATA
SORGO
SOIA
GIRASOLE
MELONE
POMODORO
ORTIVE DA FOGLIA
RISO
ALBICOCCO
TABACCO
SEMINATIVI
LEGUMINOSE DA GRANELLA/FAGIOLO

Step 2 Individuazione dei Kc per le 20 colture

I kc delle diverse fasi fenologiche delle colture (iniziale, crescita, maturazione e senescenza) sono stati ottenuti partendo dai valori presenti nel modello CropWat. Attraverso la durata ed i valori dei kc delle fasi fenologiche sono stati ottenuti i valori dei Kc medi

² Coordinamento delle attività di supporto alla definizione del Piano Strategico Nazionale (Regolamento PAC 2021-2027 – COM (2018) 392 final) e l'Analisi economica dei Piani di gestione delle acque (Direttiva 2000/60/CE)



per i mesi considerati (aprile-settembre) delle 20 colture, ipotizzando una data di semina per i seminativi e una data di inizio vegetativo per le colture arboree.

Step 3 Individuazione della superficie a seminativo irriguo per comune

Poiché il PCG di AGEA riporta tra i codici Occupazione anche una voce di seminativi da fotointerpretazione (seminativi_666) che risultano pari a 43.674 ha per il DAC corrispondente al 9% della SAU irrigata dell'area di studio, è stato necessario individuare la quota parte di seminativo_666 irriguo. A tal fine è stata individuata la % di seminativo irriguo sul seminativo totale per ciascun comune e tale % è stata applicata al seminativo_666 di ciascun comune ottenendo la superficie dei seminativi_666 irrigui. Tale superficie è risultata pari a 26.500 ha il 61% del totale dei seminativi_666.

Step 4 Individuazione del kc dei seminativi 666 irrigui per comune

Sulla base del peso percentuale per comune della superficie dei seminativi delle 21 colture analizzate (una delle 22 colture è seminativi_666) è stato calcolato il valore del Kc medio dei seminativi_666 di cui non si disponeva del dettaglio della coltura.

Ste 5 Efficienza del sistema di irrigazione (Cft. File excel "kc 22 colture")

Per la stima dell'efficienza del sistema di irrigazione, si è scelto di non utilizzare i dati del censimento dell'agricoltura del 2010 poiché il dato è poco aggiornato ed i cambiamenti avvenuti sull'uso del suolo avvenuti negli ultimi 10 anni potrebbero influenzare molto il risultato. Pertanto si è optato per attribuire a ciascuna delle 20 colture analizzate un sistema di irrigazione prevalente. A ciascuno dei sistemi è stata attribuita una efficienza desunta dal documento redatto dal CREA: *Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni) Documento approvato in Conferenza Stato Regioni del 3 agosto 2016*

Step 6 Calcolo delle piogge efficienti (Pe)

Al fine di individuare le piogge efficienti cioè quelle che effettivamente vanno a costituire la riserva idrica del suolo, approssimabile alla Capacità di Campo (CC), è stato necessario considerare che parte della pioggia si disperde per scorrimento superficiale e sotterraneo. Per tale stima sono stati applicati ai valori di pioggia mensili i coefficienti di Infiltrazione (Ci) per le classi di piovosità riportate nella tabella successiva desunta dal modello CropWat.

Classi di piovosità'	Ci
mm/mese	
10 - 50	0,95
50 - 100	0,9
100 - 150	0,8
150 - 200	0,6
200	0,5



Step 7 Calcolo dei fabbisogni

Per l'intero territorio del DAC sono stati calcolati i fabbisogni irrigui utilizzando l'equazione seguente³:

$$FI = (ETc - Pe) / Ei$$

Dove FI=Fabbisogno Idrico delle colture

Etc=evapotraspirazione colturale; Etc=ET0*kc; ET0= evapotraspirazione di riferimento mensile; kc= coefficiente colturale mensile

Pe= l'apporto meteorico mensile*Ci mensile

Ei= efficienza del sistema di irrigazione

Fi è stato calcolato per ciascuna delle 20 colture analizzate, per Comune e per ciascun mese (aprile-settembre). Tutti i valori di Fi delle colture del mese di settembre negativi, cioè dove Pe supera la Etc, è stato posto uguale a zero. Ciò in quanto il ciclo colturale si è considerato terminato a fine settembre e l'accumulo della riserva idrica del mese di settembre non può essere utilizzata nel periodo successivo, al contrario degli altri mesi. Sommando i Fi di ciascun mese per coltura si è ottenuto Fi_stagionale. I valori di Fi stagionale della coltura_x negativi sono stati posti uguali a zero. In quanto il surplus idrico della coltura_x non può essere utilizzato da altre colture.

Il data base che è stato creato riporta per ogni riga:

- Il distretto idrografico di appartenenza
- Irrigazione collettiva o autoapprovvigionamento
- Eventuale indicazione dell'Ente irriguo, comprensorio ecc.
- I dati amministrativi (Regione, Provincia, Comune)
- Il nome delle 20 colture analizzate

il Fi in m3 dei mesi considerati (aprile-settembre) ed il Fi_stagionale

Il fabbisogno irriguo annuo stimato, per l'anno 2018 è pari a circa 444,8 Mmc, equivalente ad una portata media annua di circa 16,5 mc/s (14,1 in auto-approvvigionamento e 2,4 collettivo).

Chiaramente, i volumi di irrigazione sono erogati nei soli mesi estivi. Dai dati dello studio del CREA si evidenzia che il fabbisogno irriguo del mese di punta (luglio) è stimato il 78,4 m3/s. Ciò evidenzia che la domanda di picco, nei giorni di massima richiesta può superare i 100 mc/s.

5.3.2 Prelievi di acque superficiali a scopo irriguo

Analogamente a quanto svolto per le derivazioni di acque superficiali ad uso industriale, anche per le derivazioni a scopo irriguo si è proceduto mediante l'analisi e l'elaborazione delle banche dati delle concessioni elaborate negli scorsi anni dall'area Risorse Idriche della Regione Lazio per la richiesta dei canoni.

³ Coordinamento delle attività di supporto alla definizione del Piano Strategico Nazionale (Regolamento PAC 2021-2027 – COM (2018) 392 final) e l'Analisi economica dei Piani di gestione delle acque (Direttiva 2000/60/CE)

Dai diversi DB risultano 2441 derivazioni di acque superficiali per diversi usi. Tali derivazioni sono state associate ai corpi idrici superficiali mediante georeferenziazione effettuata con diverse metodologie:

- coordinate, ove disponibili;
- località e comune e relativo bacino afferente di pertinenza.

Complessivamente risultano:

- circa 1934 piccole derivazioni significative per usi irrigui dai diversi fiumi del Lazio, per una portata complessiva richiesta in concessione nell'ordine dei 48,2 m³/s.
- circa 93 derivazioni (archivio grandi derivazioni) per usi irrigui dai diversi fiumi del Lazio, per una portata complessiva richiesta in concessione nell'ordine dei 57 m³/s.

La sommatoria delle portate richieste in concessione risulta comparabile con i valori di picco del fabbisogno idrico stimato.

Tale fatto evidenzia che nella maggior parte dei casi, il valore indicato nelle richieste di concessione si riferisce al fabbisogno idrico di punta e/o alla portata di esercizio della derivazione e non al fabbisogno medio annuo che è probabilmente nell'ordine di 1/6 della portata di punta, come desumibile dalle osservazioni esposte.

Di tali considerazioni si è tenuto conto nell'analisi del bilancio idrico e delle pressioni.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Allo stato attuale l'analisi effettuata rappresenta il massimo dettaglio ottenibile.

Ulteriori approfondimenti saranno possibili quando la Regione avrà terminato la ricognizione degli archivi delle concessioni e le necessarie verifiche di campo sugli effettivi volumi derivati.

5.3.3 Prelievi da pozzo per uso irriguo

Sono presenti nella Regione Lazio migliaia di pozzi per uso irriguo.

Come evidenziato per i prelievi irrigui da acque superficiali, i dati degli archivi delle concessioni e richieste di concessioni non consentono di ricavare valutazioni attendibili sulle ubicazioni e sulle portate medie emunte.

La distribuzione e la quantità dei prelievi irrigui operati da pozzi è stata quindi stimata sulla base di una complessa procedura basata:

- sulle stime del fabbisogno fornite dalla Regione Lazio a scala di territorio comunale (autoapprovvigionamento e collettivo);
- sulla distribuzione della SAU (carta uso del suolo della Regione Lazio) e dei compresori irrigui (SIGRIAN);
- sulla distribuzione ed entità dei prelievi "noti" da acque superficiali (consortili e privati).

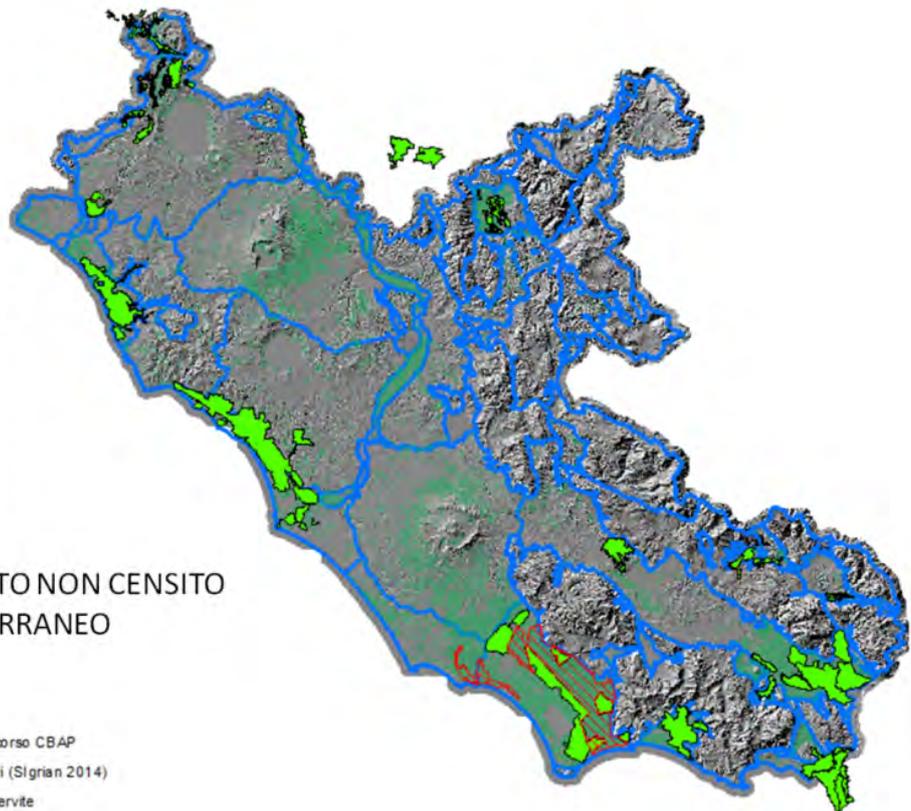
I passi della procedura di stima applicata sono i seguenti:

- 1) stralcio dei fabbisogni idrici dei comprensori irrigui (usi collettivi) soddisfatti dalle captazioni dei consorzi (acque superficiali);
- 2) allocazione dei soli pozzi noti dei consorzi di bonifica (computati separatamente);
- 3) Confronto a scala comunale del fabbisogno irriguo stimato con le portate delle derivazioni di acque superficiali note (fabbisogno stimato decurtato delle portate derivate da acque superficiali)
- 4) Ripartizione (mc/anno/ha) a scala di SAU per comune del fabbisogno residuo, verosimilmente soddisfatto da prelievi da pozzi;
- 5) Aggregazione dei valori unitari calcolati a scala di corpo idrico sotterraneo.

Tale elaborazione ha consentito di ricavare l'ordine di grandezza delle portate emunte da pozzi ad uso irriguo nei diversi settori del territorio regionale.

Il prelievo medio complessivo di acque sotterranee per uso irriguo risulta essere nell'ordine dei 6,01 mc/s.

NOME	prelievo pozzi annuo
Unità dei Monti Vulsini	34145860
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 17	28578882
Unità dei Colli Albani	25699899
Unità dei Monti Cimini-Vicini	24125605
Unità dei depositi terrazzati costieri settentrionali	22956155
Unità dei Monti Sabatini	15966534
Unità alluvionale del F. Tevere	14883834
Unità terrigena della Piana Pontina	12742456
Unità dei depositi terrazzati costieri meridionali	12246858
Unità dei depositi terrazzati costieri meridionali	8709696
Unità terrigena della media valle del F. Tevere riva Sx	5899042
Unità del delta del Fiume Tevere	3579141
Unità terrigena della Piana di Rieti	2290616
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile14	2058990
Unità alluvionale del Fiume Mignone	1235311
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile15	1221059
Unità alluvionale del Fiume Marta	1073737
Unità alluvionale del Fiume Fiora	936439
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile10	862451
Unità dei depositi terrigeni costieri di S. Severo	745993
Unità terrigena della media valle del F. Tevere riva Dx	721514
Conglomerati Plio-Pleistocenici	448952
Unità di Tofia-Alumiere	439437
Unità terrigena della Piana di Fondi	434044
Unità terrigena della Piana di Sora	307681
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile16	230833
Unità alluvionale del Fiume Paglia	159682
Conglomerati Mio-Pliocenici	97174
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile13	78561
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 5	68191
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile12	26255
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile11	19576
Area Risorsa Idrica Sotterranea Trascurabile 8	18750
Flysch marnoso-arenaceo del L. Salto	14058
Unità terrigena della Piana di Gaeta	10733
Monti della Lega	1101



PRELIEVO IRRIGUO STIMATO NON CENSITO PER CORPO IDRICO SOTTERRANEO

Legenda

- irrigazione di soccorso CBAP
- comprensori irrigui (SIgrian 2014)
- aree irrigue non servite

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

L'analisi svolta ha consentito di ricavare valori che mostrano una significativa coerenza a scala regionale e di corpo idrico sotterraneo. Il dettaglio non risulta ancora adeguato per valutazioni a scala locale.

Ulteriori approfondimenti saranno possibili quando la Regione avrà terminato la ricognizione degli archivi delle concessioni e le necessarie verifiche di campo sugli effettivi volumi derivati in relazione alle superfici irrigate e alle tipologie colturali.

5.4 Derivazioni a scopo idroelettrico

Anche in questo caso si è proceduto mediante l'analisi e l'elaborazione delle banche dati delle concessioni elaborate negli scorsi anni dall'area Risorse Idriche della Regione Lazio per la richiesta dei canoni.

Dai diversi DB risultano:

- circa 43 opere connesse con grandi derivazioni, per una portata complessiva di circa 814 mc/s
- circa 82 opere connesse con piccole derivazioni per una portata complessiva di circa 254 mc/s;

Tali derivazioni sono state associate ai corpi idrici superficiali mediante georeferenziazione effettuata con diverse metodologie:

- coordinate, ove disponibili;
- località e comune e relativo bacino afferente di pertinenza.

Per quanto riguarda i tratti sotesi non si dispone di dati ed informazioni.

Si osserva che le portate derivate, in assenza di precise conoscenze sui punti di restituzione e i tratti sotesi non costituiscono un'informazione significativa a livello di bilancio idrico, in quanto lungo uno stesso corso d'acqua la stessa portata può essere derivata più volte, a valle delle restituzioni.

L'impatto delle derivazioni idroelettriche riguarda, infatti, i tratti sotesi e deve essere valutato caso per caso, in relazione ai DMV/DE.

Nel presente studio, ai fini dell'analisi delle pressioni viene considerato il solo numero di derivazioni presenti lungo il corpo idrico.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Lo studio delle derivazioni per uso idroelettrico necessita di attività di archivio e di campo, al fine di valutare la possibilità di addivenire ad un quadro più definito dei punti di presa e di restituzione.



6. Valutazione dello stato quantitativo dei Corpi Idrici Sotterranei

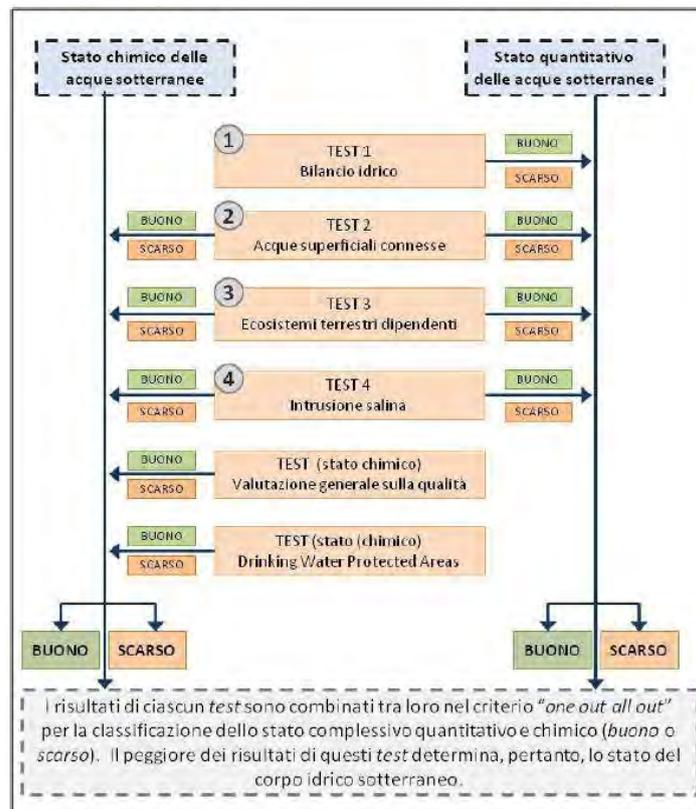
Questa attività è stata sviluppata nel mese di dicembre 2021 al fine di fornire una valutazione per l'aggiornamento del Piano di Gestione dell'ABDAC. Non disponendo ancora a quella data delle informazioni e dei dati idrometeorologici necessari per l'elaborazione del bilancio idrico descritto nei precedenti paragrafi, l'attività è stata svolta utilizzando le informazioni bibliografiche disponibili.

La valutazione dello stato quantitativo dei Corpi idrici sotterranei è stata effettuata secondo le indicazioni delle Linee Guida ISPRA 157/20174.

Nelle Linee Guida, con riferimento al lavoro svolto dal Working Group on Groundwater nel Guidance Document No.18 (European Commission, 2009,) vengono definiti i test operativi necessari per la verifica sul campo delle condizioni stabilite dalle Direttive WFD e GWD, finalizzati alla determinazione dello stato quantitativo e chimico delle acque sotterranee.

I test, opportunamente declinati per tipologia di corpo idrico e delle relazioni con le acque superficiali e marine, rispondono a quanto previsto dalle direttive Europee e possono essere ritenuti strumenti di riferimento per l'analisi di stato dei corpi idrici sotterranei.

L'applicazione dei test è stata ottimizzata rispetto alle caratteristiche dei corpi idrici della Regione Lazio e alla tipologia e alla qualità e quantità dei dati disponibili.



⁴ Percopo C., Brandolin D., Canepa M., Capodaglio P., Cipriano G., Gafà R., Iervolino D., Marcaccio M., Mazzola M., Mottola A., Sesia E., Testa M. (2017): Criteri tecnici per l'analisi dello stato quantitativo e il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei - ISPRA – Manuali e Linee Guida 157/2017. Roma, Giugno 2017.



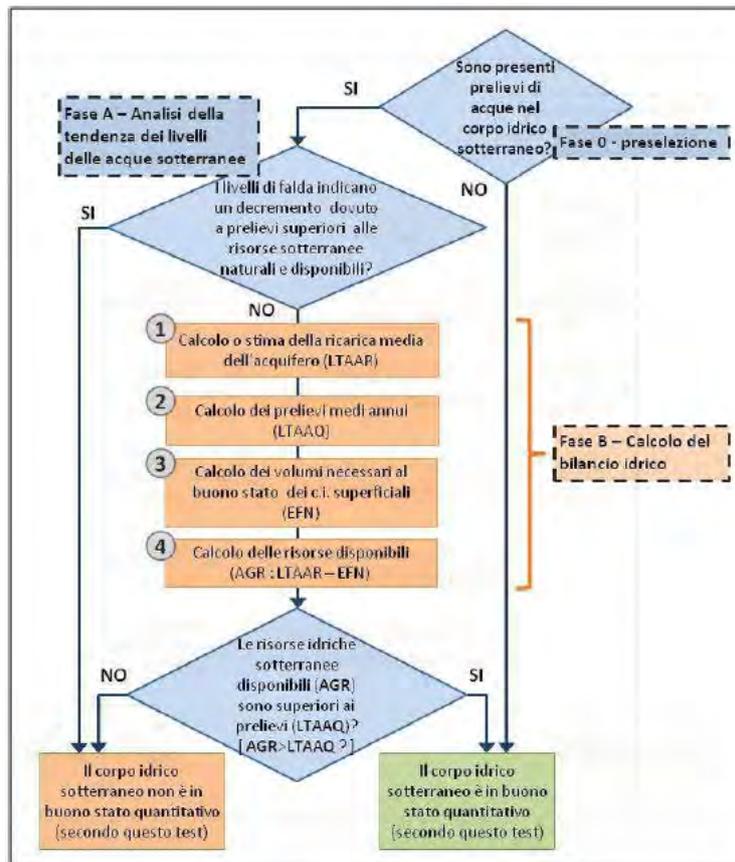
In particolare, con riferimento alla figura, i dati ad oggi disponibili hanno consentito di effettuare valutazioni dello stato quantitativo sulla base dei test 1 (Bilancio idrico) e test 2 (acque superficiali connesse). Per quanto riguarda il Test 3 (ecosistemi terrestri dipendenti), in questa fase non si dispone di informazioni di dettaglio sulle aree protette e sugli ecosistemi terrestri dipendenti. Tali informazioni potranno essere richieste e approfondite con i competenti uffici regionali.

Per quanto riguarda il Test 4 (Intrusione salina), non si dispone allo stato attuale di misure sistematiche in quanto la rete di monitoraggio regionale deve ancora essere opportunamente definita. Tuttavia esistono segnalazioni di fenomeni di salinizzazione di alcuni settori degli acquiferi costieri documentati in studi scientifici e pubblicazioni, anche se risalenti ad alcuni anni fa. Tali segnalazioni vengono richiamate nelle schede di dettaglio dei GWB. Ai fini della tutela e della classificazione dei GWB è necessario indagare il fenomeno mediante un monitoraggio sistematico, al fine di evitare approssimazioni ed errori.

Test 1 – Bilancio idrico

Il test è suddiviso in tre fasi distinte, che necessitano di altrettante fasi di analisi dei dati sulle pressioni esistenti e sui livelli piezometrici:

- Fase 0: Preselezione - verifica della presenza di pressioni significative dirette o indirette;
- Fase A: Analisi della tendenza dei livelli delle acque sotterranee;
- Fase B: Calcolo del bilancio idrico.



Test No. 1 del bilancio idrico (European Commission, 2009, modificato)



Nel nostro caso, dall'analisi delle pressioni è stato possibile valutare con elevato grado di attendibilità la presenza di prelievi idrici (da pozzi) sul corpo idrico.

Non disponendo ad oggi di sufficienti informazioni ufficiali, validate all'interno della rete di monitoraggio piezometrica e quantitativa del Piano di Tutela Vigente, in questa fase non è stata presa in considerazione l'osservazione sperimentale di fenomeni di abbassamento piezometrico e/o di decremento delle portate sorgive.

Ove presenti, tali indicazioni costituiscono un elemento di verifica del test di bilancio.

Il test 1, per ogni GWB è stato quindi effettuato mediante le seguenti attività:

1. Stima dell'infiltrazione efficace media a partire dai dati degli studi scientifici disponibili;
2. Valutazione del rapporto tra prelievi da pozzi valutati per i diversi usi per ogni GWB e Infiltrazione efficace

Test 1 – (Bilancio = Prelievo pozzi/IE Regione) %

Test 2 – Acque superficiali connesse

La valutazione del rapporto tra livello di sfruttamento dell'acquifero in relazione alle acque superficiali connesse, costituisce un'attività complessa ma di estrema necessità e significatività ambientale ed economica.

Si tratta, infatti, di valutare l'impatto dei prelievi idrici da pozzi rispetto al deflusso naturale e al deflusso ecologico dei corpi idrici superficiali.

Risulta evidente che tale analisi può essere fatta solo attraverso una valutazione complessiva del bilancio idrico di ogni corso d'acqua e dei relativi bacini idrografici e idrogeologici afferenti. Tale attività è oggetto degli studi attualmente in corso, o che dovranno essere avviati nell'ambito del POA coordinato dalle Autorità di Bacino Distrettuale.

Del resto non è sostenibile, per le finalità del piano di Gestione e del Piano di Tutela, la gestione delle risorse idriche superficiali e sotterranee, in assenza di valutazioni, anche se di carattere generale, relative al bilancio idrico.

Pertanto, sulla base dei dati disponibili e di considerazioni di tutela del bilancio idrico a scala regionale e di GWB, una stima cautelativa del bilancio idrico complessivo è stata effettuata applicando, ad ogni GWB i seguenti criteri:



N	ELEMENTO DELLA PROCEDURA	DEFINIZIONI E ASSUNZIONI DI BASE
1	Prelievi pozzi INDUSTRIALE (l/s)	Stima da fabbisogno per addetto, per tipologia, per sezione di censimento (Rif. Metodologia Capelli et al, 2005)
2	Capt. Sorgenti IDROPOTABILE (l/s)	Dato misurato fornito dai Gestori. Per l'ato 3 (Rieti) si fa riferimento all'ultimo studio di aggiornamento del PRGA
3	Prelievi pozzi IDROPOTABILE (l/s)	
4	Prelievi pozzi IRRIGUO (l/s)	Stima a partire dai dati CREA-AGEA 2018 - La parte consortile deriva dall'archivio utilizzazioni dell'Area Risore Idriche del Lazio. La parte extra-consortile a scala comunale è stata distribuita come valore medio nelle aree irrigue da carta uso del suolo (agg. 2020) al netto delle derivazioni di acque superficiali (per comune) censite nell'Archivio dell'Area Risore Idriche.
5	Risorse emergenti impegnate (dissipativi estivi e contributo DE)	(ACQUE SUPERFICIALI CONNESSE). In questa fase, essendo ancora in corso gli studi sui CI superficiali connessi, si fa riferimento ai valori medi delle portate non restituite dalle derivazioni dissipative ricavabili dalla sistematizzazione (a scala di Bacino afferente) delle derivazioni dissipative da acque superficiali, secondo il seguente criterio: 1) 20% delle derivazioni per uso industriale ; 80% del prelievo per uso irriguo e valutazione del rapporto tra prelievo dissipativo (non restituito) e flusso di base (portate emergenti), pari a 58% della portata emergente. 2) riserva, cautelativa del 15 % delle portate emergenti per il contributo al DMV/DE.
6	Totale risorse emergenti impegnate (l/s)	(ACQUE SUPERFICIALI CONNESSE) Si aggiunge al valore del punto precedente il 20% delle portate non restituite, captate da sorgenti per uso idropotabile.
7	Portate Potenzialmente disponibili per emungimento pozzi (l/s)	Sulla base delle risorse emergenti impegnate viene effettuata una valutazione delle acque che potenzialmente possono essere emunte dall'acquifero da pozzi comprensivo di quelli già censiti e/o stimati. Per gli acquiferi carbonatici: Portate emergenti - Totale risorse emergenti impegnate. Per gli altri acquiferi: Portate emergenti + 30% travasi sotterranei (IE-portate emergenti) - Totale risorse emergenti impegnate
8	Test 1 - Bilancio = Prelievo pozzi/IE Regione %	Rapporto tra portate emunte dai pozzi e infiltrazione efficace (per ogni acquifero)
9	Test 2 - Acque sup. Connesse = Differenza portata potenzialmente disponibile per prelievo da pozzi e Prelievi da pozzi esistenti stimati	Fornisce una stima del grado di interferenza tra prelievo da pozzi e regime delle acque superficiali connesse



N	ELEMENTO DELLA PROCEDURA	DEFINIZIONI E ASSUNZIONI DI BASE
10	Stato Quantitativo (2015-2020)	Valore Test 1 elevato (> circa 30%) e Valore Test 2 negativo

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Come detto, questa attività è stata sviluppata nel mese di dicembre 2021 al fine di fornire una valutazione per l'aggiornamento del Piano di Gestione dell'ABDAC. Non disponendo ancora a quella data delle informazioni e dei dati idrometeorologici necessari per l'elaborazione del bilancio idrico descritto nei precedenti paragrafi, l'attività è stata svolta utilizzando le informazioni bibliografiche disponibili.

La valutazione dello stato quantitativo è stata effettuata sulla base dei dati disponibili utilizzando comunque una procedura rigorosa, con valori e parametri definiti e ripetibili che a livello di GWB consentono una classificazione attendibile rispetto al sessennio 2015-2020.

Alla luce del completamento del presente studio di dettaglio sul bilancio idrologico naturale, dei DMV/DE e del completamento della ricognizione delle concessioni idriche in corso di svolgimento da parte della Regione Lazio e sulla base dei dati acquisiti dalla rete di monitoraggio quantitativo sarà possibile aumentare il grado di dettaglio.

Tale aumento di risoluzione dovrà consentire di superare la mera classificazione a scala di grandi GWB al fine di individuare gli squilibri che possono compromettere le risorse idriche superficiali e sotterranee a scala di CI superficiale e di bacino idrogeologico connesso con i CI superficiali e con le aree sensibili, ove si concentra lo sfruttamento delle risorse idriche.

Ciò, nell'ottica di migliorare la focalizzazione e la programmazione delle misure e degli interventi di tutela per la gestione sostenibile dell'uso delle risorse idriche.

7. Elaborazione delle schede di sintesi per i corpi idrici sotterranei

Le schede di sintesi dei GWB organizzate secondo le indicazioni dell'ABDAC contengono la sintesi delle caratteristiche idrogeologiche dei GWB, le acque superficiali connesse, gli schemi idrogeologici e l'elenco delle sorgenti lineari e puntuali connesse, oltre agli altri elementi relativi alle pressioni, al bilancio idrico e alla geochimica delle acque (elementi essenziali noti).

Le schede sono riportate nell'allegato 4 alla presente relazione.

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Le schede forniscono gli elementi conoscitivi necessari per supportare la ridefinizione della rete di monitoraggio quantitativo e qualitativo dei corpi idrici sotterranei.

Le schede devono essere intese come un prodotto dinamico, soggetto nel tempo, agli aggiornamenti conseguenti alle nuove analisi e riscontri ed all'evoluzione delle conoscenze idrogeologiche.

8. Stima degli indicatori di pressione connessi con i prelievi idrici e supporto per la stima degli altri indicatori di pressione

L'analisi delle pressioni è stata condotta in conformità alle LG Ispra 2018, facendo riferimento quindi alle tipologie di pressioni espressamente indicate in tale documento, che recepisce interamente le indicazioni della linea guida "Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance Document n. 3 – Analysis of Pressures and Impacts".

La schematizzazione delle tipologie di pressioni risponde inoltre alle linee guida "WFD Reporting Guidance 2016", che forniscono indicazioni sulle modalità di comunicazione dei dati alla Commissione europea.

Le tipologie di pressioni analizzate sono inizialmente distinte nei seguenti gruppi:

- 1) Pressioni puntuali;
- 2) Pressioni diffuse;
- 3) Prelievi idrici;
- 4) Alterazioni morfologiche e regolazioni di portata;
- 5) Altre pressioni (introduzione di specie e malattie, sfruttamento/rimozione di piante e animali, rifiuti/discariche abusive);
- 6) Cambiamenti del livello e del flusso idrico delle acque sotterranee;
- 7) Altre pressioni antropiche;
- 8) Pressioni sconosciute;
- 9) Inquinamento remoto/storico.

Le tipologie di pressione riportate nell'elenco non sono da considerare per tutte le categorie di acque, in quanto in alcuni casi non sono attinenti. Inoltre, non tutte le pressioni rivestono la stessa importanza ai fini dell'analisi. La tabella 1 indica le tipologie di pressioni attinenti a ciascuna categoria di acque e la rilevanza/priorità della pressione ai fini dell'analisi.

Per ogni tipologia di pressione le "LG Ispra 2018" definiscono i relativi indicatori per la valutazione della significatività.



Elenco tipologie pressione	Fiumi	Laghi	Marino-costiere	Transizione	Sotterranee
1.1 Puntuali - scarichi urbani	PC	PC	PC	PC	
1.2 Puntuali - sfioratori di piena	PC	PC	PC	PC	
1.3 Puntuali - impianti IED	PC	PC	PC	PC	
1.4 Puntuali - impianti non IED	PC	PC	PC	PC	
1.5 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC	PC	PC	PC
1.6 Puntuali - discariche	PC	PC	PC	PC	PC
1.7 Puntuali - acque di miniera	PC				
1.8 Puntuali - impianti di acquacoltura	PC	PC	PC	PC	
1.9 Puntuali - altre pressioni					
2.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	PC	PC	*(PC)	PC	PC
2.2 Diffuse - agricoltura	PC	PC	*(PC)	PC	PC
2.3 Diffuse - selvicoltura					
2.4 Diffuse - trasporti	PC	PC	PC	PC	
2.5 Diffuse - siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC		PC	PC
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura	PC	PC	PC	PC	PC
2.7 Diffuse - deposizioni atmosferiche		PC			
2.8 Diffuse - attività minerarie					
2.9 Diffuse - impianti di acquacoltura			PC	PC	
2.10 Diffuse - altre pressioni					
3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo	PC	PC			PC
3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile	PC	PC			PC
3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale	PC	PC			PC
3.4 Prelievi/diversioni - raffreddamento	PC	PC			PC
3.5 Prelievi/diversioni - uso idroelettrico	PC	PC			
3.6 Prelievi/diversioni - piscicoltura	PC	PC		PC	PC
3.7 Prelievi/diversioni - altri usi					
4.1 Alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde	PC	PC	PC	PC	
4.2 Dighe, barriere e chiuse	PC	PC	PC	PC	
4.3 Alterazione idrologica	PC	PC			
4.4 Perdita fisica totale o parziale del corpo idrico	PC				
4.5 Altre alterazioni idromorfologiche					
5.1 Introduzione di malattie e specie aliene	PC	PC	PC	PC	
5.2 Sfruttamento/rimozione di animali/piante	PC	PC	PC	PC	
5.3 Rifiuti/discariche abusive					
6.1 Ricarica delle acque sotterranee					PC
6.2 Alterazione del livello o del volume di falda					PC
7 Altre pressioni antropiche					
8 Pressioni antropiche sconosciute					
9 Pressioni antropiche - inquinamento storico					

Tabella 1⁵. Attinenza e rilevanza delle tipologie di pressione per categoria di acque. PC: pressioni da considerare prioritariamente, casella grigia: pressione di secondaria priorità, casella nera: pressione da non considerare

⁵ Linee guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE – ISPRA – Manuali e Linee Guida 177/2018. Roma, aprile 2018.



Sulla base dei dati disponibili sono state valutate le seguenti pressioni.

CI fluviali		
Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
1.1 Puntuali - scarichi urbani		Carico unitario AE: somma degli AE nel bacino afferente al C.I./kmq del bacino totale
1.3 Puntuali - impianti IED		Numero di scarichi di industrie IPPC nel bacino afferente al C.I. / kmq del bacino totale
1.5.2 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di un sito di superficie \geq di 1000 mq.
1.6_2 Puntuali - discariche		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di una discarica per inerti o per rifiuti urbani di volume \geq 0.3 Mmc, oppure per rifiuti speciali.
Indicatori cumulativi di pressioni puntuali		Percentuale di C.I. con pressioni da 1.1 a 1.4 (escluso 1.2) significative nel bacino totale sul totale dei C.I.
2.1.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	
2.1.2 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore 2: Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli in un buffer di 500 m del C.I. rispetto alla linea di riva.	
2.2.1 Diffuse - agricoltura	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	
2.2.2 Diffuse - agricoltura	Indicatore 2: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I. rispetto alla linea di riva.	
2.2.3 Diffuse - agricoltura	Indicatore 3: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area del bacino afferente al C.I. in kgN/ha/anno	
2.4 Diffuse - trasporti		Indicatore 1: Rapporto tra km lineari di strade principali e ferrovie e kmq di bacino afferente al C.I.
2.5 Diffuse - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Rapporto tra il numero dei siti nel bacino afferente al C.I. e i kmq del bacino afferente.
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura	Rapporto tra la portata del corpo idrico (QCI) e la portata stimata degli scarichi (QSC) provenienti da case sparse sul bacino afferente al C.I.. QSC è calcolata attribuendo a ciascun abitante residente/equivalente una portata scaricata assunta pari a 100 mc/anno (per la valutazione dei residenti si può fare riferimento alle sezioni censuarie ricadenti nella tipologia "Case Sparse").	
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 1		Indicatore 1: percentuale di C.I. con pressione 2.1 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 2		Indicatore 2: percentuale di C.I. con pressione 2.2 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.



CI fluviali

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo	Rapporto percentuale tra la somma delle portate massime derivate/derivabili a fini irrigui sul bacino afferente al C.I. e la portata media naturale del corpo idrico (QCI) nel periodo giugno-agosto alla sezione di chiusura. Se non si ha a disposizione il dato di portata estiva si può utilizzare la portata media annua naturale del C.I. moltiplicata per un fattore di correzione da definire localmente sulla base delle caratteristiche idromorfologiche e pluviometriche del bacino.	
3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile	Rapporto percentuale tra la somma delle portate medie derivate/derivabili a fini potabili sul bacino afferente al C.I. e la portata media annua naturale del corpo idrico (QCI) alla sezione di chiusura.	
3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale	Rapporto percentuale tra la somma delle portate medie derivate/derivabili a fini industriali sul bacino afferente al C.I. e la portata media annua naturale del corpo idrico (QCI) alla sezione di chiusura.	
3.5 Prelievi/diversioni - uso idroelettrico		Rapporto tra il numero di captazioni per idroelettrico presenti sul bacino afferente al C.I. e la superficie del bacino afferente espressa in kmq.
Indicatori cumulativi di prelievo	Indicatore 1: rapporto percentuale tra la somma delle portate medie derivate/derivabili ai vari fini di utilizzo sul bacino afferente al C.I. e la portata media annua naturale del corpo idrico alla sezione di chiusura.	
5.1.1 Introduzione di malattie e specie aliene		Indicatore 1: presenza nel C.I. della specie siluro o di una delle specie indicate nel regolamento UE 2016/1141
5.1.2 Introduzione di malattie e specie aliene		Indicatore 2: presenza di specie aliene delle Liste 1 e 2 del sub-indice f4 dell'ISECI

REGIONE LAZIO aggiornamento ottobre 2022



CI Lacustri

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
1.1 Puntuali - scarichi urbani		Carico unitario AE: somma degli AE nel bacino afferente al C.I./kmq del bacino totale.
1.3 Puntuali - impianti IED		Numero di scarichi di industrie IPPC nel bacino afferente al C.I. / kmq del bacino totale
1.5.1 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		
1.5.2 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di un sito di superficie \geq di 1000 mq.
1.6_2 Puntuali - discariche		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di una discarica per inerti o per rifiuti urbani di volume \geq 0.3 Mmc, oppure per rifiuti speciali.

CI Lacustri		
Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
Indicatori cumulativi di pressioni puntuali		Percentuale di C.I con pressioni da 1.1 a 1.4 significative nel bacino totale sul totale dei C.I.
2.1.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	
2.1.2 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore 2: Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva.	
2.2.1 Diffuse - agricoltura	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I	
2.2.2 Diffuse - agricoltura	Indicatore 2: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva.	
2.2.3 Diffuse - agricoltura	Indicatore 3: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area del bacino afferente al C.I. in kgN/ha/anno	
2.4 Diffuse - trasporti		Indicatore 1: Rapporto tra km lineari di strade principali e ferrovie e kmq di bacino afferente al C.I.
2.5 Diffuse - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Rapporto tra il numero dei siti nel bacino afferente al C.I. e i kmq del bacino afferente.
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura		Numero di AE non collettati * 4.7 kgN/anno/AE / Area del bacino afferente al C.I. (in ha).
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 1		Indicatore 1: percentuale di C.I. con pressione 2.1 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 2		Indicatore 2: percentuale di C.I con pressione 2.2 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo	Rapporto tra la somma dei volumi medi derivati/derivabili annualmente a fini irrigui sul lago e sul bacino afferente al C.I. lacustre e la superficie del lago. Per gli invasi non ha senso parlare di significatività dei prelievi, essendo gli invasi realizzati a questo fine, quindi da considerare solo per naturali o HMWB.	
3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile	Rapporto tra la somma dei volumi medi derivati/derivabili annualmente a fini potabili sul lago e sul bacino afferente al C.I. lacustre (porzione non restituita) e la superficie del lago. Per gli invasi non ha senso parlare di significatività dei prelievi, essendo gli invasi realizzati a questo fine, quindi da considerare solo per naturali o HMWB.	
3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale	Rapporto tra la somma dei volumi medi derivati/derivabili annualmente a fini industriali sul lago e sul bacino afferente al C.I. lacustre (porzione non restituita) e la superficie del lago. Per gli invasi non ha senso parlare di significatività dei prelievi, essendo gli invasi realizzati a questo fine, quindi da considerare solo per naturali o HMWB.	



CI Lacustri

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
3.5 Prelievi/diversioni - uso idroelettrico		Rapporto tra il numero di captazioni per idroelettrico presenti sul lago e sul bacino afferente al C.I. e la superficie del bacino afferente espressa in kmq
Indicatori cumulativi di prelievo	<p>Per gli invasi non ha senso parlare di significatività dei prelievi, essendo gli invasi realizzati a questo fine, quindi da considerare solo per naturali o HMWB.</p> <p>Indicatore 1: rapporto tra la somma dei volumi medi derivati/derivabili annualmente a qualsiasi uso sul lago e sul bacino afferente al C.I. lacustre (porzione non restituita) e la superficie del lago.</p> <p>Se presenti C.I. immissari a monte:</p> <p>Indicatore 2: rapporto tra la somma dei volumi medi derivati/derivabili annualmente a qualsiasi uso sul lago e sul bacino totale (porzione non restituita) e la superficie del lago.</p>	
4.1 Alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde		Lunghezza della sponda urbanizzata*100/Lunghezza totale sponda del C.I., considerando un buffer di 500 m
5.1.1 Introduzione di malattie e specie aliene		Indicatore 1: presenza nel C.I. della specie siluro o di una delle specie indicate nel regolamento UE 2016/1141
5.1.2 Introduzione di malattie e specie aliene		Indicatore 2: presenza di specie aliene delle Liste 1 e 2 del sub-indice f4 dell'ISECI

aggiornamento ottobre 2022

CI Marino-Costieri

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
1.1 Puntuali - scarichi urbani		Carico unitario AE: Somma degli AE nel bacino afferente al C.I./kml di tratto costiero
1.3 Puntuali - impianti IED		Numero di scarichi di industrie IPPC nel C.I. marino-costiero e nel bacino afferente al C.I. / kml di tratto costiero
1.5.1 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Indicatore 1: rapporto tra il numero dei siti nel bacino afferente al C.I. e i kmq del bacino afferente.
1.5.2 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di un sito di superficie \geq di 1000 mq.
1.6_2 Puntuali - discariche		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di una discarica per inerti o per rifiuti urbani di volume \geq 0.3 Mmc, oppure per rifiuti speciali.
Indicatori cumulativi di pressioni puntuali		<p>Se presenti altri C.I. immissari a monte:</p> <p>percentuale di C.I. con pressioni da 1.1 a 1.4 significative nel bacino totale sul totale dei C.I.</p>
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura		Numero di AE non collettati * 4.7 kgN/anno/AE / Area del bacino afferente al C.I. oppure al buffer di 500 m dalla linea di costa (in ha).
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 1		Indicatore 1: percentuale di C.I. con pressione 2.1 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.

REGIONE LAZIO



Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 2		Indicatore 2: percentuale di C.I con pressione 2.2 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
4.1 Alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde		Lunghezza del tratto di costa urbanizzato*100/lunghezza totale costa del C.I., considerando un buffer di 500 m dalla linea di riva.

CI Transizione

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
1.1 Puntuali - scarichi urbani		Carico unitario AE: somma degli AE nel bacino afferente al C.I./kmq del bacino totale.
1.3 Puntuali - impianti IED		Numero di scarichi di industrie IPPC nel bacino afferente al C.I. / kmq del bacino totale
1.5.1 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Indicatore 1: rapporto tra il numero dei siti nel bacino afferente al C.I. e i kmq del bacino afferente.
1.5.2 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di un sito di superficie \geq di 1000 mq.
1.6_2 Puntuali - discariche		Indicatore 2: presenza in un buffer di 500 metri rispetto al C.I. di una discarica per inerti o per rifiuti urbani di volume \geq 0.3 Mmc, oppure per rifiuti speciali.
2.1.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	
2.2.1 Diffuse - agricoltura	Indicatore 1: Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I.	
2.2.3 Diffuse - agricoltura	Indicatore 3: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area del bacino afferente al C.I. in kgN/ha/anno	
2.4 Diffuse - trasporti		Indicatore 1: Rapporto tra km lineari di strade principali e ferrovie e kmq di bacino afferente al C.I.
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura		Numero di AE non collettati * 4.7 kgN/anno/AE / Area del bacino afferente al C.I. (in ha).
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 1		Indicatore 1: percentuale di C.I. con pressione 2.1 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
Indicatori cumulativi di pressioni diffuse 2		Indicatore 2: percentuale di C.I con pressione 2.2 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
4.1 Alterazione fisica dei canali/alveo/fascia riparia/sponde		Lunghezza sponda urbanizzata*100/Lunghezza totale sponda del C.I.

aggiornamento ottobre 2022

REGIONE LAZIO



CI Sotterranei

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
1.5.2 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati		Valutazione congiunta di: 1) rapporto percentuale tra la somma delle superfici dei siti sovrastanti il GWB e i kmq del GWB; 2) presenza di almeno un sito \geq 1000 mq con matrice contaminata acque sotterranee.
1.6_2 Puntuali - discariche		2) presenza di almeno una discarica per inerti o urbani \geq 0.3 Mmc o per speciali \geq 0.05 Mmc con matrice contaminata acque sotterranee.

CI Sotterranei

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
2.1.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	<p>Estensione percentuale delle aree ad uso urbano dei suoli rispetto all'estensione del GWB, corretta in funzione della vulnerabilità SINTACS, valutata per acquiferi liberi di conoide e freatici o al più per quelli confinati superiori (nel complesso definiti da taluni superficiali) se impattati dalla pressione in esame.</p> <p>L' estensione percentuale delle aree ad uso urbano è moltiplicata per un coefficiente correttivo tra 1 e 2 per tenere conto della vulnerabilità media del GWB</p>	
2.2.1 Diffuse - agricoltura	<p>Indicatore 1: Estensione percentuale delle aree ad uso agricolo dei suoli rispetto all'estensione del GWB, corretta in funzione della vulnerabilità SINTACS, valutata per acquiferi liberi di conoide e freatici o al più per quelli confinati superiori (nel complesso definiti da taluni superficiali) se impattati dalla pressione in esame</p>	
2.2.2 Diffuse - agricoltura	<p>Indicatore 2: Valore di surplus di azoto calcolato nell'area sovrastante il GWB in kgN/ha/anno, corretto in funzione della vulnerabilità SINTACS, valutato per acquiferi liberi di conoide e freatici o al più per quelli confinati superiori (nel complesso definiti da taluni superficiali) se impattati dalla pressione in esame.</p>	
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura	<p>Carico potenziale di azoto per unità di areale sovrastante il GWB, valutato come: numero di AE non collettati *4.7 kgN/anno/AE / Area del GWB (in ha), corretto in funzione della vulnerabilità SINTACS.</p> <p>Per la valutazione del numero di AE non collettati si farà riferimento a quelli delle aree esterne agli agglomerati.</p>	
3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo	<p>Rapporto tra il volume medio prelevato/prelevabile annualmente a fini irrigui e la superficie "utile" del GWB.</p> <p>Se l'acquifero è libero / freatico la superficie "utile" coincide con la superficie del GWB; se l'acquifero risulta confinato la superficie "utile" è assunta pari al 10-20% della superficie del GWB.</p>	
3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile	<p>Rapporto tra il volume medio prelevato/prelevabile annualmente a fini potabili e la superficie "utile" del GWB.</p> <p>Se l'acquifero è libero / freatico la superficie "utile" coincide con la superficie del GWB; se l'acquifero risulta confinato la superficie "utile" è assunta pari al 10-20% della superficie del GWB.</p>	



CI Sotterranei

Elenco tipologie pressione	MAC	MBC
3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale	Rapporto tra il volume medio prelevato/prelevabile annualmente a fini industriali e la superficie "utile" del GWB. Se l'acquifero è libero / freatico la superficie "utile" coincide con la superficie del GWB; se l'acquifero risulta confinato la superficie "utile" è assunta pari al 10-20% della superficie del GWB.	
Indicatori cumulativi di prelievo	Rapporto tra il volume medio prelevato/prelevabile annualmente per tutti gli usi e la superficie "utile" del GWB. Se l'acquifero è libero / freatico la superficie "utile" coincide con la superficie del GWB; se l'acquifero risulta confinato la superficie "utile" è assunta pari al 10-20% della superficie del GWB.	

Completezza e rappresentatività del lavoro svolto

Gli indicatori di pressione calcolati consentono di ricavare un quadro significativo delle principali pressioni che insistono sui CI regionali. Tuttavia, il quadro conoscitivo risulta ancora caratterizzato da importanti lacune che riguardano in particolare i temi riportati nella tabella che segue.

Principali informazioni di base lacunose	Fonte dei dati da reperire da parte della Regione
Ubicazione ed entità degli scarichi civili	Da completare l'acquisizione delle informazioni da parte dei Gestori del Servizio Idrico
	Acquisire i dati del questionario UWWTD 2019 e successivi per gli agglomerati > 2.000 AE e i dati forniti dagli Enti gestori per gli agglomerati < 2.000 AE
Ubicazione ed entità degli scarichi industriali	Acquisire le portate degli scarichi delle industrie IPPC (Pratiche AIA)
	Acquisire i catasti degli scarichi provinciali per le industrie non IPPC
Completamento del censimento delle utilizzazioni in atto	Aggiornamento e completamento delle banche dati delle utilizzazioni di acque pubbliche in atto
	Verifica della congruità dei dati delle concessioni e domande di concessione mediante operazioni di stima e verifiche sul terreno delle opere più significative
Censimento delle alterazioni fisiche e opere idrauliche	Verificare la possibilità di censire le traverse, i pennelli, le alterazioni ripariali ecc..
	Punti di prelievo e restituzione (tratti sottesi) delle concessioni idroelettriche
Approfondimento dei fattori ecologici e biologici	Ulteriori approfondimenti delle indagini relative a malattie e specie aliene



Bibliografia essenziale

AdB Fiume Tevere & AdB Regionali del Lazio, (2005) – Convenzione di Ricerca (Univ. Roma 3) per Studi Idrogeologici per la definizione degli strumenti operativi del Piano Stralcio per l'Uso Compatibile delle risorse idriche sotterranee nell'ambito dei sistemi acquiferi prospicienti i territori vulcanici. Resp Sc.: Prof. Capelli G., coordinatore: dott. Mazza R., collaboratori: Taviani S., Tecnostudi Ambiente S.r.l.. Rapporto inedito.

ALIMONTI C., BONO P., CAPELLI G., FEDERICI E., GAZZETTI C., MAZZA R., TALLINI M., TEOLI P. (2011) – *Schema della circolazione idrica sotterranea della dorsale dei Monti Lepini* – in Progetto Monti Lepini – Studi idrogeologici per la tutela e la gestione della risorsa idrica. Gangemi Editore, Roma.

ALIMONTI C., BONO P., CAPELLI G., FEDERICI E., GAZZETTI C., MAZZA R., TALLINI M., TEOLI P (2011) – *Individuazione delle aree di infiltrazione dei gruppi sorgivi* – in Progetto Monti Lepini – Studi idrogeologici per la tutela e la gestione della risorsa idrica. Gangemi Editore, Roma.

ALIMONTI C., PEROTTO C., GAZZETTI C., MARINUCCI E. (2006) – Captazioni e risorsa idrica nel bacino di Mazzocchio. Gangemi Editore, Roma, 128 pagine.

ARNOLDUS A.H., PEROTTO C., SARANDREA P. (2009) – I suoli della Provincia di Latina – Carta, database e applicazioni). Gangemi Editore, Roma.

ARPALAZIO (2021) - Relazione tecnica sul monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della regione lazio - 2015-2020 - Proposta di classificazione dello stato chimico. ARPALAZIO, 2021.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2005) - Uso sostenibile delle acque del bacino del Tevere - Deflusso di base e deflusso minimo vitale; a cura di Calenda G. & Mancini C.P. Rapporto inedito.

Boni C. & Petitta M.-Redazione informatizzata della cartografia idrogeologica tematica del territorio della Regione Umbria. Regione Umbria, Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Roma 'La Sapienza'.

BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986)-Schema idrogeologico dell'Italia centrale. Mem. Soc. Geol. It., 35 (2), 991-1012.

BONI C., BONO P., CALDERONI G., LOMBARDI S. & TURI B. (1980) – Indagine idrogeologica e geochemica sui rapporti tra ciclo carsico e circuito idrotermale nella Pianura Pontina (Lazio meridionale). Geol. Appl. e Idrog., 15, 203-247, Bari.

Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) - Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio (Scala 1:250.000). Regione Lazio, Assessorato alla Programmazione, Ufficio Parchi e Riserve Naturali, Università degli Studi "La Sapienza", Dipartimento di Scienze della Terra, Roma.

Boni C., Petitta M. (1994) - Sorgenti lineari e valutazione dell'infiltrazione efficace in alcuni bacini dell'Italia centrale. Quaderni di Geologia Applicata. n.1/1994

Boni C., Petitta M., Preziosi E. & Sereni M. (1993) – Genesi e regime di portata delle acque superficiali del Lazio. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma 1993).

Boni C.F. (1969) - Acque superficiali e sotterranee. GEOL. ROM., VIII, 1969, pp. 413-472, figg. 94-124, tafrb. 61-73.

BONO P., CARBONI M.G. & ESU D. (1980) – Analisi petrografica e paleogeologica dei sondaggi Mazzocchio nella Pianura Pontina. (Relazione inedita, citata in: M. MANFREDINI 1990). Roma.



- Braca G., Bussettini M., Lastoria B., Mariani S., Piva F., 2021, Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 339/21, Roma.
- Brunamonte F., Cosentino D., D'Amico L., Gavasci R., Prestininzi A., Romagnoli C. (1983) - Carta dei Sistemi Idrogeologici del territorio della Regione Lazio - Scala 1:200.000. SELCA, Firenze, 1983.
- BRUNO R. & RASPA G. (1995) - "La Pratica della Geostatistica Lineare - Il Trattamento dei Dati Spaziali". Ed. Guerini, 1994, 170 pp.
- C. ALIMONTI, P. BONO, G. CAPELLI, E. FEDERICI, C. GAZZETTI, R. MAZZA, M. TALLINI, P. TEOLI (2011) – *Schema della circolazione idrica sotterranea della dorsale dei Monti Lepini* – in Progetto Monti Lepini – Studi idrogeologici per la tutela e la gestione della risorsa idrica. Gangemi Editore, Roma.
- C. GAZZETTI (2011) - Esperienze e approccio metodologico nella pianificazione per la tutela e la gestione degli acquiferi del Lazio – Consiglio Nazionale dei Geologi – Forum Nazionale sull'acqua – Fino all'ultima goccia. Roma 18-19 ottobre 2011. Geologia Tecnica & Ambientale, volume 2/2012
- Capelli G. & Mazza R. (1994) - : Lineamenti idrogeologici dei terrazzi marini pleistocenici del Lazio settentrionale. risultati della campagna di rilevamento "1991 - 1992". GEOLOGICA ROMANA, 30: 589-600, 2 fig, I tav ft., Roma (1994).
- Capelli G., Cosentino D., Messina P., Raffi R., Ventura G. (1989) – Modalità di ricarica e assetto strutturale dell'acquifero delle sorgenti Capore – S. Angelo (Monti Lucretili – Sabina Meridionale). Geologica Romana, 26, 419-447.
- Capelli G., Mastrorillo L., Mazza R., Petitta M., Baldoni T., Banzato F., Cascone D., Di Salvo C., La Vigna F., Taviani S., Teoli P. (2012) - Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio, scala 1:100.000. Regione Lazio, SELCA, Firenze.
- CELICO P. (1983) - Idrogeologia dell' Italia centro meridionale. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4 (2)
- COSENTINO, C. SCOPPOLA, D. SCROCCA & P. VECCHIA (1991/2) - Stile strutturale dei Monti Reatini e dei Monti Sabini settentrionali (appennino centrale) a confronto. Studi Geologici Camerti volume speciale 1991/2), CROP 11, 55-61
- DI MATTEO L.; DRAGONI W. & VALIGI D.- Aggiornamento delle conoscenze sulle risorse idriche dei Monti di Amelia (Italia centrale). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 (2009).
- Doorenbos J. e Pruitt W.A.O. (1977) - *Guidelines for prediction Crop water requirements*. Quaderno FAO n° 24, 1977
- G. Capelli, R. Mazza & C. Gazzetti (2005) – "Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio". Quaderni di tecniche di protezione ambientale. Pitagora Editrice, Bologna, 216 pagine, 48 figure, 4 carte fuori testo.
- GAZZETTI C, GOMEZ, L.RASPA G.,SARANDREA P, Verbena G. (2019) - Stima degli effetti delle variazioni climatiche attese sul bilancio idrico dell'area del distretto vulcanico dei Colli Albani. Rend. Online Soc. Geol. It Vol. 48 (2019), pp. 61-68, 3 figs. (<https://doi.org/10.3301/ROL.2019.39>)



GAZZETTI C. & PEROTTO C. (2019) - Studio 'Emergenza idrica e ricadute sulle strutture aziendali nella Provincia di Latina. Unindustria Lazio. <https://www.un-industria.it/canale/ambiente/notizia/88597/studio-emergenza-idrica-e-ricadute-sulle-strutture/>

GAZZETTI C., LOY A., ROSSI S., SARANDREA P. (2010) – *Atlante delle sorgenti della Provincia di Latina - A* Cura del Settore Ecologia e Ambiente della Provincia di Latina –Progetto Monitoraggio acque superficiali interne e costiere della Provincia di Latina. Gangemi Editore, Roma, 287 pagine

HARGREAVES G.H. & SAMANI Z.A. (1985) – Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Appl. Eng. Agric., vol. 1, no 2, 96-99.

IRSA (1973) – L'impiego dell'acqua nell'industria. Quaderni IRSA.

ISPRA- Geological map of the central part of Narni-Amelia Ridge (Central Apennines, Italy). ISPRA, Periodici tecnici, Geological Field Trips 11 (2.2)/2019, SSN: 2038-4947.

ISPRA- Geological map of the central part of Narni-Amelia Ridge (Central Apennines, Italy). ISPRA, Periodici tecnici, Geological Field Trips 11 (2.2)/2019, SSN: 2038-4947.

L.; DRAGONI W. & VALIGI D.- Aggiornamento delle conoscenze sulle risorse idriche dei Monti di Amelia (Italia centrale). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 (2009). ISPRA- Geological map of the central part of Narni-Amelia Ridge (Central Apennines, Italy). ISPRA, Periodici tecnici, Geological Field Trips 11 (2.2)/2019, SSN: 2038-4947.

Mancini M., Girotti O., Cavinato G.P. (2003/04) - Il pliocene e il quaternario della media valle del Tevere (Appennino centrale). *Geologica Romana* 37 (2003-2004), 175-236.

MARTARELLI L., PETITTA M., SCALISE A.R., SILVI A. (2008) - Cartografia idrogeologica sperimentale della Piana Reatina (Lazio). Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXXI (2008), pp. 137-156, figg. 4, tab. 1

MAZZA R., CAPELLI G., TAVIANI S., TEOLI P. GAZZETTI C., ROSA C., LA VIGNA F. (2009) – L'unità idrogeologica dei Colli Albani: modellazione numerica degli acquiferi per un piano di uso compatibile della risorsa. Atti dei convegni Lincei 248. Accademia Nazionale dei Lincei. Bardi Editore, Roma 2009.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO IDROGRAFICO (1934-1042) - Sorgenti Italiane: *Agro pontino e Bacino di Fondi*; Pubbl. n. 14, vol. III°, 1934; *Campania*; n. 14 vol. VII°, 1942.

MINISTERO DI AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO (1899) – Carta Idrografica d'Italia – Tevere. A cura di Eugenio Perrone. Tip. Nazionale di G. Bertero, 1899, Roma

MOTAWI A. (1993) – Raccolta e analisi di dati e informazioni inerenti alcune problematiche legate all'agricoltura. SIET, Rapporto inedito.

NAPOLI R., PAOLANTI M., RIVIECCIO R., DI FERDINANDO S. (2019) – Carta dei suoli del Lazio. Selca Firenze, 2019.

Petitta M. (2009) - Idrogeologia della Media Valle del Fiume Velino e della Piana di S.Vittorino (Rieti, Italia Centrale)

RAO C.R. (1971) - Estimation of Variance and Covariance Components – MINQUE Theory. *Journal of Multivariate Analysis* 1, 257-275

RASPA G., GAZZETTI C., GOMEZ L. & SARANDREA P. (2018) – Mappatura geostatistica automatizzata di parametri meteo-climatici per il bilancio idrico. Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 46 (2018). (<https://doi.org/10.3301/ROL.2018.44>)

Regione Abruzzo – Piano di Tutela delle Acque (2010) – Relazione Idrogeologica (Elaborato A1.2), a cura di ATI Enel.Hydro D’Apollonia Proger (2008).

SAPPA G. (2007) – Carta Idrogeologica del Sistema Acquifero della Pianura Pontina. S.EL.CA, Firenze.

