

4. BILANCIO IDRICO

4.1 Bilancio Idrologico – generalità

L'acqua, a causa del calore del sole e di altri fattori, evapora dagli oceani, dai laghi, dai fiumi e da tutti gli specchi d'acqua, dal suolo e dalla vegetazione (traspirazione) e, sotto forma di vapore acqueo, raggiunge l'atmosfera. Il vapore acqueo salito nell'atmosfera condensa e, come acqua liquida o ghiaccio, forma le nuvole. Quando le goccioline di acqua o i cristalli di ghiaccio diventano abbastanza grandi, ricadono sulla superficie terrestre sotto forma di precipitazioni (pioggia o neve). In parte quest'acqua evapora e ritorna nell'aria, in parte viene utilizzata dalle piante; ma la quantità più cospicua filtra attraverso il terreno (infiltrazione), o si riversa nei corsi d'acqua sfociando infine nel mare (ruscellamento). I processi descritti e schematizzati in figura 4.1 costituiscono il ciclo dell'acqua o ciclo idrologico.

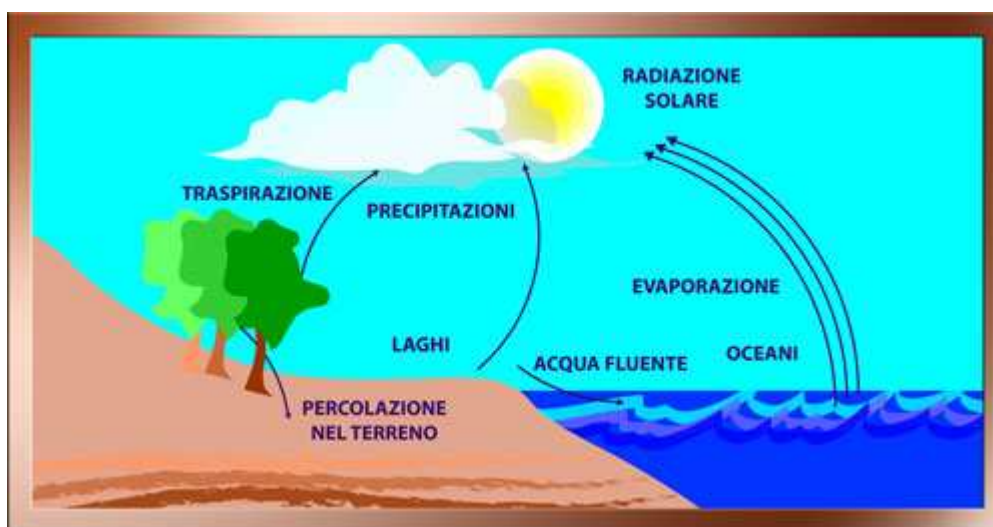


Figura 4.1 – Schematizzazione del ciclo idrologico

Da quanto sopra evidenziato si evince che il ciclo idrologico avviene all'interno di un sistema di tipo dinamico, dal punto di vista sia spaziale, sia temporale: il sistema idrologico.

In merito all'aspetto temporale occorre considerare che il sistema idrologico è costituito da cicli idrologici di differenti durate: si passa dai pochi secondi necessari all'acqua piovana per evaporare ancor prima di toccare il suolo, alle migliaia di anni necessarie all'acqua infiltratasi nel sottosuolo per

ritornare in superficie; nel mezzo vi sono cicli aventi variabilità giornaliera, mensile, stagionale ed annuale.

In modo del tutto analogo, nella loro estensione spaziale, i flussi idrologici si possono studiare su scale di dettaglio differenti, dal singolo appezzamento di terreno coltivato o forestale (ordine di grandezza: ettaro), al piccolo bacino fluviale montano (ordine di grandezza: chilometro quadrato), sino al grande bacino fluviale che si estende per centinaia di migliaia di chilometri quadrati e copre intere porzioni dei continenti.

Per i suddetti motivi l'analisi del ciclo idrologico necessita della definizione di una scala spazio – temporale che individui il sistema idrologico prescelto.

Per quanto concerne le scale spaziali, si definisce bacino idrografico il dominio delle risorse idriche superficiali. Più propriamente, l'art. 1 comma terzo della Legge 183/89 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” definisce il bacino idrografico come *“il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente; qualora un territorio possa essere allagato dalle acque di più corsi di acqua, esso si intende ricadente nel bacino idrografico il cui bacino imbrifero montano ha la superficie maggiore”*; l'art. 13 comma primo della stessa legge sancisce che *“l'intero territorio nazionale, ivi comprese le isole minori, è ripartito in bacini idrografici. Ai fini della presente legge i bacini idrografici sono classificati in bacini di rilievo nazionale, interregionale e regionale”*.

I bacini idrografici sono delimitati dagli spartiacque superficiali, che coincidono coi punti di massimo topografico. Poiché in generale non è detto che gli spartiacque superficiali coincidano con quelli sotterranei, definiti dalle strutture idrogeologiche presenti nel sottosuolo, occorre operare una distinzione tra il dominio spaziale delle acque superficiali e quello delle acque sotterranee, accumulate all'interno delle strutture idrogeologiche stesse. Si parla pertanto di bacino idrogeologico, quale dominio delle acque sotterranee, che ospita al suo interno uno o più acquiferi delimitati da strati impermeabili.

L'insieme del bacino idrografico e del bacino idrogeologico definisce il bacino idrologico, che costituisce l'unità spaziale standard su cui si effettuano considerazioni inerenti al ciclo idrologico. In realtà è consuetudine suddividere un bacino in più sottobacini idrologici, in base a caratteristiche di omogeneità delle aree indagate.

Per quanto attiene alle scale temporali, tutte le componenti che intervengono nel ciclo idrologico devono essere riferite ad una dimensione temporale omogenea. Qualora si debbano effettuare stime idrologiche annuali, la scala temporale che generalmente viene scelta è l'anno idrologico medio, cioè quell'anno "virtuale" caratterizzato dai valori medi di tutte le componenti del ciclo idrologico calcolati su una base temporale che sia la più ampia possibile e al tempo stesso la più attuale.

Uno dei problemi idrologici di maggiore interesse, legato al ciclo dell'acqua, è quello del bilancio idrologico, che permette di quantificare i volumi d'acqua disponibili all'interno del dominio idrogeologico in cui è compreso il territorio in studio e di valutare il corretto e razionale utilizzo delle risorse nel territorio stesso. L'equazione generale che descrive il bilancio idrologico è la seguente:

$$P = E_r + R + I$$

dove:

P sono i quantitativi d'acqua di precipitazione;

E_r sono i quantitativi d'acqua di evapotraspirazione reale;

R sono i quantitativi d'acqua di ruscellamento superficiale;

I sono i quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace.

Nei paragrafi successivi i suddetti termini verranno spiegati ed analizzati in dettaglio singolarmente, ma si vuole sin da ora sottolineare come la somma dei termini R ed I, relativi al ruscellamento superficiale e all'infiltrazione efficace, costituisca il deflusso idrico globale (D). La separazione del deflusso globale nelle due componenti superficiale e sotterranea dipende da numerosi fattori, di tipo meteorologico (intensità della pioggia, precipitazioni nevose), morfologico (acclività dei versanti, presenza di zone pianeggianti), idrogeologico (permeabilità dei terreni) e biologico (azione delle piante e della vegetazione). A tali fattori si aggiunga l'azione antropica, che con l'impiego del cemento nelle zone urbanizzate determina un aumento del ruscellamento a svantaggio dell'infiltrazione.

Ai fini della presente trattazione il bilancio idrologico risulterà dalla comparazione, nel periodo di tempo considerato e con riferimento ad un determinato bacino o sottobacino, tra afflussi e deflussi sia superficiali, sia sotterranei naturali, ovvero deflussi che si avrebbero in assenza di pressione antropica. Il bilancio così ottenuto sarà funzionale alla realizzazione del bilancio idrico di bacino o sottobacino, inteso quale comparazione, nel periodo di tempo considerato, fra le risorse idriche (disponibili o

reperibili) in un determinato bacino o sottobacino al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici ed i fabbisogni per i diversi usi (esistenti o previsti).

Per l'elaborazione del bilancio è necessario acquisire i seguenti elementi conoscitivi di base:

- a) individuazione dei corpi idrici superficiali e delle relative sezioni d'interesse;
- b) individuazione dei corpi idrici sotterranei (acquiferi);
- c) perimetrazione del bacino o sottobacino idrografico e del bacino idrogeologico.

Successivamente è necessario quantificare i termini che compaiono nella precedente equazione generale; a tal fine occorre acquisire i seguenti elementi conoscitivi di base:

- afflusso meteorico pluviale e nevoso ragguagliato sull'intero bacino,
- evapotraspirazione effettiva ragguagliata sull'intero bacino,
- infiltrazione nel terreno ragguagliata sull'intero bacino,
- risorgenze, fontanili, ecc. (nel caso di bilancio riferito o al solo bacino superficiale o al solo bacino idrogeologico),
- deflusso idrico nella sezione fluviale di chiusura del bacino considerato,
- apporti o deflussi idrici profondi provenienti da altri bacini o defluenti verso di essi,
- scambio idrico tra corso d'acqua e falda (nel caso di bilancio riferito o al solo bacino o sottobacino superficiale o al solo bacino idrogeologico),
- differenza tra i volumi idrici invasati all'interno del sottosuolo all'inizio ed alla fine del periodo di riferimento,
- differenza tra i volumi idrici invasati negli eventuali serbatoi superficiali naturali all'inizio ed alla fine del periodo di riferimento.

Si osservi che la quantificazione dei suddetti termini è strettamente connessa alla conoscenza di grandezze fisiche, per la valutazione delle quali è necessario disporre di misure puntuali. Poiché in molti casi tali misure puntuali non sono disponibili o sono del tutto assenti, si comprende come l'uguaglianza espressa dall'equazione generale del bilancio idrologico sia difficilmente verificabile in termini concreti. Questi aspetti dovranno essere valutati per ogni singolo bilancio, definendo anche una tolleranza massima accettabile per gli scostamenti individuati.

Per la stima dei bilanci idrici occorre aggiungere ai precedenti elementi i seguenti termini dovuti ad usi antropici:

- i volumi idrici prelevati e restituiti all'interno del bacino o sottobacino,
- i volumi idrici provenienti da altri bacini o sottobacini o trasferiti verso di essi,

- i volumi scambiati tra i corpi idrici superficiali e sotterranei (nel caso di bilancio riferito al solo bacino o sottobacino superficiale o al solo bacino idrogeologico);
- la differenza tra i volumi idrici invasati negli eventuali serbatoi artificiali all'inizio ed alla fine del periodo di riferimento.

Anche per la valutazione di questi ultimi elementi occorrerà procedere, in alcuni casi, a stime di larga massima che influenzeranno il risultato finale.

Si osservi che l'equazione generale del bilancio idrologico precedentemente riportata è valida per bacini idrogeologici ben isolati, in cui gli afflussi pluviometrici siano l'unica componente degli apporti idrici, l'evapotraspirazione sia quella reale e l'infiltrazione efficace sia controllabile attraverso misure di portata (verrebbe a corrispondere ai volumi d'acqua sorgiva emergenti dal volume di controllo).

Nella realtà oltre agli apporti idrici diretti costituiti dagli afflussi meteorici, verso un determinato bacino o sottobacino possono convergere anche apporti idrici indiretti (A) dovuti ad esempio a travasi da domini idrogeologici adiacenti e ad alimentazioni da superfici d'acqua libera. Ne consegue che l'infiltrazione totale (I) è quella dovuta sia agli afflussi diretti, sia a quelli indiretti e deve corrispondere alle uscite (U) di acqua gravifica dal volume di controllo (tali uscite sono date dalla somma dei volumi d'acqua sorgiva emergenti, dai travasi verso domini idrogeologici adiacenti e dalle uscite verso superfici d'acqua libera).

Per quanto concerne l'evapotraspirazione complessiva occorre sottolineare che a quella reale si deve aggiungere la componente di evaporazione dovuta all'eventuale esistenza di superfici piezometriche sub – affioranti o di superfici d'acqua libera legate all'affioramento della piezometrica stessa.

In definitiva, per un dominio idrogeologico nel quale non siano trascurabili i termini aggiuntivi di alimentazione, di evaporazione e di uscita sopra indicati, l'equazione del bilancio idrologico può essere riscritta nella seguente formula generale:

$$(P + A) = E + R + (I + A)$$

Rispetto all'espressione precedente compare, sia a destra sia a sinistra del segno di uguaglianza, il termine relativo alla componente indiretta degli afflussi; all'evapotraspirazione reale è stata sostituita una evapotraspirazione complessiva, che tenga conto della componente di evaporazione dovuta a superfici piezometriche. L'aver introdotto ulteriori termini nell'equazione di bilancio, correlati a grandezze di difficile o non sempre possibile valutazione, comporta maggiori difficoltà nella verifica del bilancio. Gli stessi modelli informatizzati, quale il programma Hydro_co, che consentono l'analisi

delle risorse idriche fornendo bilanci sulla disponibilità d'acqua, necessitano di semplificazioni e di approssimazioni che portano ad ottenere risultati più o meno rispecchianti la situazione reale.

4.1.1 *Afflussi*

Gli apporti idrici che possono affluire globalmente in un determinato dominio idrogeologico sono costituiti dall'alimentazione diretta dovuta alle precipitazioni (P) e dall'alimentazione indiretta (A), che può provenire da domini idrogeologici adiacenti, può essere dovuta agli scambi idrici con corsi d'acqua, laghi e mare e può dipendere da una serie di ulteriori fattori.

4.1.1.1 *Apporti idrici diretti – dati pluviometrici strumentali*

Gli apporti idrici diretti sono dovuti alle precipitazioni atmosferiche, sia allo stato liquido (pioggia, nebbia e rugiada), sia allo stato solido (neve, grandine e brina). Occorre sottolineare come gli apporti idrici dovuti alla nebbia, alla brina e alla rugiada costituiscano quantitativi d'acqua generalmente trascurabili ai fini idrologici, che vengono assorbiti dal fenomeno dell'evapotraspirazione.

Le precipitazioni vengono espresse in millimetri di altezza d'acqua, come se cadessero su un piano perfettamente orizzontale senza subire processi di assorbimento o evaporazione. Per ottenere il volume delle precipitazioni cadute su una determinata superficie (solido di pioggia) è sufficiente moltiplicare la proiezione di quest'ultima su un piano orizzontale per l'altezza media d'acqua.

Ai fini di una corretta valutazione degli apporti idrici diretti all'interno dell'area oggetto d'indagine è necessario disporre di dati pluviometrici strumentali che, opportunamente elaborati mediante metodologie di tipo matematico e probabilistico, consentano di calcolare gli afflussi meteorici e l'altezza media d'acqua. La valutazione del volume d'acqua meteorica caduto su un'assegnata area in un certo tempo, a seconda dell'estensione dell'area stessa e dell'obiettivo che si vuol conseguire (valutazione delle risorse idriche medie annuali – mensili – giornaliere, valutazione delle portate di piena di un bacino, progettazione di una rete fognaria), richiede di considerare tutte le stazioni di misura ricadenti nell'area, ovvero di considerare la sola stazione maggiormente significativa dal punto di vista idrologico.

Nel caso di valutazioni idrologiche su grandi aree è evidente che ad un maggiore numero di stazioni pluviometriche (se necessario anche nivometriche) di cui si dispongono dati corrisponde un più attendibile calcolo del solido di pioggia nell'area di interesse. Nel caso invece di valutazioni

idrologiche su aree di modesta estensione, quali ad esempio le indagini idrologiche propedeutiche al dimensionamento di condotte fognarie per la raccolta di acque bianche e/o miste, si ricerca la stazione pluviometrica maggiormente significativa, ubicata all'interno dell'area o in prossimità della stessa, per la quale siano disponibili misure di precipitazioni per un opportuno numero di anni.

Le misure pluviometriche nelle stazioni permettono di svolgere alcune considerazioni sulla distribuzione delle precipitazioni nei diversi mesi dell'anno: il regime pluviometrico. È evidente come in funzione dell'estensione del sito oggetto di indagine si possa passare da regimi pluviometrici a scala continentale a regimi a scala regionale. Si definisce altezza mensile di precipitazione, in una stazione, la somma delle altezze di pioggia giornaliere osservate nel corso del mese; analogamente si parla di altezza annuale per indicare la somma delle altezze di pioggia giornaliere osservate nel corso dell'anno. Le altezze annue di precipitazione possono variare anche notevolmente nel corso del tempo: ad annate molto piovose (anni di piena) possono alternarsi annate tendenzialmente asciutte (anni di magra). Tuttavia esiste un valore normale, caratteristico di ogni stazione di misura, che deriva dalla media aritmetica delle altezze annue relative ad un lungo periodo di tempo, valutabile in almeno 30 anni (periodo normale).

Oltre che nel tempo, le precipitazioni variano nello spazio. Su grande scala spaziale la distribuzione delle piogge è dovuta a fattori meteorologici macroclimatici, mentre la distribuzione a piccola scala è legata a fattori orografici.

Da quanto sopra enunciato si evince che un'analisi idrologica affidabile dipende, oltre che dal numero di stazioni di misura disponibili, dall'ubicazione delle stesse: pertanto la scelta dell'ubicazione degli strumenti di misura non può prescindere da una valutazione, caso per caso, della variazione spaziale delle piogge e dell'orografia dell'area interessata.

CARATTERISTICHE TECNICHE STAZIONI PLUVIOMETRICHE UBICATE NEL TERRITORIO IMPERIESE, PUBBLICATE DALL'EX SERVIZIO IDROGRAFICO E UTILIZZATE DAL MODELLO HYDRO_CO						
STAZIONE	COORDINATE GAUSS-BOAGA		TIPO APPARECCHIO	QUOTA SUL MARE (m)	DATA Inizio Osservazioni	ANNI di funzionamento
Airole	1383822*	4858735*	Pr dal 1951 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	103	1921	1951-1989 1993-1998
Ventimiglia	1388704*	4849469*	Pr dal 1951 al 1987 Pe nel 1993 Pe dal 1995 al 1998	9	1950	1951-1988 1993 1995-1998
Calvo	1383744*	4854293*	Pr dal 1956 al 1979 Pe dal 1994 al 1998	57	1938	1956-1987 1994-1998
Colle Melosa	1394469*	4871520*	Pr dal 1967 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	1600	1966	1967-1984 1986-1989 1993-1998
Colle Belenda	1396186*	4871236*	Pr dal 1961 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	1350	1961	1961-1989 1993-1998
Rocchetta Nervina	1387549*	4860656*	Pr dal 1951 al 1979 Pr dal 1982 al 1984 P dal 1985 al 1987 Pe dal 1993 al 1994 P nel 1995 Pe dal 1996 al 1998	225	1933	1951-1973 1975-1979 1982-1989 1993-1998
Sanremo	1402029*	4852741*	Pr dal 1951 al 1962 P dal 1963 al 1965 Pr dal 1966 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	9	1865	1951-1988 1993-1998
Imperia	1420994*	4858981*	Pr dal 1951 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	15	1876	1951-1987 1993-1998
Bestagno	1419285*	4867460*	Pr dal 1951 al 1987 Pe dal 1993 al 1998	300	1933	1951-1989 1993-1998
Pigna	1392819*	4865310*	Pr dal 1951 al 1984 Pr dal 1993 al 1998	280	1921	1951-1984 1986-1989 1993-1998
Ceriana	1401512*	4859559*	P dal 1951 al 1953 Pr dal 1954 al 1979	369	1921	1951-1979
Triora	401230*	4871241*	Pn dal 1951 al 1953 Pr dal 1954 al 1981	780	1926	1951-1963 1965-1981

Centrale Argentina	1407426*	4859433*	Pr dal 1951 al 1977 Pr nel 1979 Pr dal 1985 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	70	1934	1951-1977 1979 1983-1989 1993-1998
Tavole	1412353*	4865877	P dal 1951 al 1952 Pr dal 1953 al 1976 Pe nel 1994 Pe dal 1996 al 1998	500	1934	1951-1976 1994 1996-1998
Dolcedo	1415479*	4863210*	P dal 1951 al 1971 Pr nel 1972 P dal 1973 al 1986 P nel 1994 Pe dal 1995 al 1998	77	1922	1951-1989 1994-1998
Colle San Bartolomeo	1415920*	4873511*	Pn dal 1951 al 1952 Pr dal 1953 al 1978	621	1921	1951-1978
Colle di Nava	1409782*	4881883*	Pn dal 1951 al 1952 Pr dal 1953 al 1972 Pr dal 1978 al 1980 Pr dal 1980 al 1987 Pr dal 1993 al 1998	930	1923	1951-1972 1978-1989 1993-1998
Pieve di Teco	1413124*	4878197*	P dal 1951 al 1953 Pr dal 1954 al 1980 Pe dal 1994 al 1998	240	1921	1951-1980 1994-1998

P = Pluviometro comune; Pn = Pluvionivometro; Pr = Pluviometro registratore; Pe = Pluviometro elettronico
 * = le coordinate Gauss-Boaga sono state dedotte da cartografia presente negli annali idrologici parte prima riferiti agli anni 1967 e 1972. Essendo la cartografia a scala 1:500000 i dati sono approssimativi

TABELLA 4.1 – Caratteristiche tecniche delle stazioni pluviometriche ubicate nel territorio della Provincia di Imperia utilizzate dal modello Hydro_co

Si sottolinea che dal 2001 sono in funzione le seguenti centraline gestite dall'ARPAL.

CENTRALINE PLUVIOMETRIA (P) / TERMOMETRIA (T) CATALOGO CMIRL - ARPAL					
NOME STAZIONE	Rete ETG	DATA Inizio funzionamento	NOME STAZIONE	Rete MTX	DATA Inizio funzionamento
Borgonuovo	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Bestagno	P T	Ottobre 2003 Ottobre 2003
Colle Belenda	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Buggio	P T	Ottobre 2003 Ottobre 2003
Colle di Nava	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Dolcedo	P T	Febbraio 2003 Febbraio 2003
Diano Castello	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Pieve di Teco	P T	Ottobre 2003 Ottobre 2003
Imperia- Osservatorio Meteosismico	P T	Giugno 2001 Giugno 2001	Rocchetta Nervina	P T	Ottobre 2003 Ottobre 2003
Montalto Ligure	P	Giugno 2004	Triora	P T	Febbraio 2003 Febbraio 2003
Monte Maure	P T	Giugno 2001 Giugno 2001	Ventimiglia	P T	Febbraio 2003 Febbraio 2003
Passo Ghimbegna (Ceriana)	P T	Marzo 2003 Marzo 2003			
Pornassio	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Stazioni meccaniche		
Ranzo	P T	Marzo 2003 Marzo 2003	Valle Tane	P	2000
Sanremo	P T	Marzo 2004 Marzo 2004			

TABELLA 4.2 – Centraline elettroniche Pluviometria / Termometria – ARPAL

4.1.1.2 Il calcolo degli apporti idrici diretti

Per la valutazione degli apporti idrici diretti generalmente è necessario che l'area oggetto di studio e una ristretta fascia ad essa adiacente siano coperte da una maglia di stazioni pluviometriche sufficientemente fitta e con distribuzione adeguata alla morfologia dei luoghi e alle caratteristiche climatiche degli stessi. A partire da tali dati è possibile determinare la lama media d'acqua di

precipitazione mediante l'applicazione di diverse metodologie, alcune di tipo tradizionale, basate su criteri di media aritmetica, pesatura di valori osservati e interpolazione lineare, altre che invece utilizzano tecniche di interpolazione di tipo stocastico.

Tra i metodi tradizionali i più comuni sono quello delle isoiete, basato sulla interpolazione lineare tra i valori rilevati in diverse stazioni, e quello dei topoletti, basato sull'ipotesi empirica che in qualunque punto dell'area considerata il valore della precipitazione sia pari a quello della stazione osservata più vicina.

In alternativa alle tradizionali tecniche di stima dei campi di precipitazione può essere utilizzata una tecnica di interpolazione stocastica (kriging) che tenga conto della variabilità spazio – temporale del campo schematizzandolo come un processo stocastico, in genere stazionario ed omogeneo. La stima in ogni punto del campo della variabile considerata, in questo caso il valore di precipitazione, viene effettuata attraverso stimatori che minimizzano la varianza dell'errore, in modo tale da ottenere una stima del campo della variabile unitamente a precise indicazioni sull'efficacia della stima. A partire dalle serie storiche di registrazioni afferenti a 178 stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico (ora di competenza dell'ARPAL) presenti nel territorio della Regione Liguria e in parte appartenenti al bacino del Po, nell'ambito del progetto Hydro_co utilizzato quale modello per la definizione del bilancio idrologico sono state tracciate le curve isoiete medie annuali e mensili per l'intero territorio regionale, secondo la metodologia di interpolazione stocastica sopra descritta. Inoltre è stata elaborata la restituzione sulla maglia del modello digitale delle precipitazioni (DPM) in analogia al modello digitale delle quote (DEM) utilizzato da Hydro_co. In questo modo è possibile ricostruire in modo automatico la variabilità delle precipitazioni in qualunque punto del bacino idrografico in esame, in particolare sui vertici di una maglia regolare predefinita quale è quella definita mediante il DEM.

Dall'interfacciabilità delle mappe digitali DEM e DPM col sistema automatico di analisi delle risorse idriche si evince il notevole vantaggio applicativo legato all'utilizzo di procedure basate sul kriging rispetto alle tradizionali tecniche di stima delle precipitazioni.

Negli allegati 4.2 si riportano le carte delle isoiete medie mensili riferite al bacino del Torrente Armea. Si osservi che i dati pluviometrici strumentali delle 178 stazioni, utilizzate dal modello Hydro_co per la definizione delle curve isoiete regionali, sono stati assunti con riferimento ad un anno idrologico medio ottenuto mediante le misurazioni registrate nel periodo 1951 – 1989. In particolare nell'imperiese sono presenti 18 stazioni, come di seguito indicato.

Per la realizzazione delle carte delle isoiete medie annuali Tav. 5 sono stati utilizzati come dati input la media delle precipitazioni annuali presenti in Hydro_co. In particolare sono stati presi in

considerazione 171 punti stazione pluviometrici. E' stato creato un modello tridimensionale in ambiente MGE utilizzando come coordinate X e Y le coordinate geografiche delle stazioni e come Z i valori delle piogge di input.

4.1.1.3 *Apporti idrici indiretti*

Nei paragrafi precedenti si è fatto cenno alla possibilità che un determinato bacino venga alimentato, oltre che da afflussi idrici di tipo diretto (precipitazioni liquide e solide) anche da apporti idrici indiretti. Questi possono essere suddivisi in due categorie: gli apporti idrici indiretti di tipo naturale e quelli di tipo artificiale. Si vuole sin da ora sottolineare come il modello di bilancio idrologico utilizzato nella redazione del presente piano di bilancio, il modello Hydro_co, non contempli la possibilità di valutare questi apporti, siano essi naturali o artificiali. Pertanto ogni possibile considerazione su tali tipologie di apporto idrico all'interno del bacino in esame e degli eventuali sottobacini in esso contenuti dovranno essere svolte al di fuori di quello che è il progetto Hydro_co e dovranno essere valutati caso per caso.

4.1.1.3.1 *Apporti idrici indiretti – naturali*

Tra gli apporti idrici indiretti di tipo naturale una componente che richiede un'attenta analisi in sede di valutazione del bilancio delle risorse idriche è quella dovuta ai domini idrogeologici adiacenti ed esterni al bacino idrologico in esame. La valutazione dei rapporti idrogeologici che intercorrono fra strutture adiacenti e dei travasi di acque sotterranee è condizionata dalla conoscenza di una serie di fattori, quali la differenza di permeabilità tra complessi idrogeologici adiacenti, l'ampiezza delle superfici di contatto, la direzione di flusso delle falde, i dislivelli piezometrici tra le diverse falde e i rapporti geometrici esistenti fra strutture idrologiche distinte.

In generale è possibile quantificare l'entità dei travasi tra acquiferi confinanti, con l'applicazione della legge di Darcy:

$$Q_t = K_t \cdot S_t \cdot i_t$$

dove:

Q_t è la portata di travaso (m^3/s)

K_t è la conducibilità idraulica del mezzo ricevente (o di quello alimentatore), misurata in prossimità della zona di travaso (m/s);

S_t è l'area della sezione di travaso (m^2);

i_t è il gradiente idraulico della falda del mezzo ricevente (o di quello alimentatore), misurato nella zona prossima alla sezione di travaso.

La scelta dell'acquifero ricevente piuttosto che quello alimentatore è dettata dalla considerazione che è sempre il mezzo meno permeabile a condizionare l'entità dei travasi.

In sede applicativa non sempre è possibile utilizzare la formula di Darcy, ad esempio laddove non sia valutabile lo spessore dell'acquifero. In tali situazioni è opportuno stimare la portata di travaso utilizzando, in luogo della conducibilità idraulica, la trasmissività:

$$Q = T \cdot L \cdot i$$

dove:

T è la trasmissività dell'acquifero (m^2/s), pari al prodotto tra la conducibilità idraulica e lo spessore dell'acquifero, se la conducibilità stessa è costante;

L è la larghezza della sezione di flusso dell'acquifero (m).

In questo caso, nota la trasmissività, non occorre conoscere lo spessore della falda.

Ai fini del bilancio idrico tali portate devono essere espresse in volumi annui d'acqua (mm/a).

Occorre osservare che le precedenti due espressioni che consentono di quantificare la portata di travaso da un acquifero ad uno adiacente richiedono la conoscenza di due parametri, la conducibilità idraulica (K) e la trasmissività (T) che devono essere determinati in modo puntuale mediante prove di pompaggio. I valori puntuali così ottenuti vengono estesi all'acquifero intero, conferendo quindi alla quantificazione della portata di travaso un certo grado di incertezza e di approssimazione.

Non sempre si dispone di dati puntuali sulle caratteristiche idrodinamiche degli acquiferi oggetto di indagini, per cui la valutazione degli apporti idrici indiretti dovuti agli scambi idrici tra acquiferi confinanti può anche non essere possibile.

Nel capitolo 2 del piano sono state fornite indicazioni in merito alla caratterizzazione idrogeologica del bacino in oggetto, ma non si dispone di informazioni di dettaglio sui singoli corpi idrici sotterranei. Si sottolinea inoltre che nel bacino del T. Armea la D.G.R. n. 1705/2003 (si veda il capitolo 1) non ha individuato alcun corpo idrico sotterraneo significativo.

Un ulteriore apporto idrico indiretto dovuto a cause naturali è quello legato all'alimentazione proveniente dalle superfici di acqua libera. La quantificazione della portata di travaso è possibile, in funzione della situazione idrogeologica locale e degli schemi di circolazione sotterranea delle acque,

mediante l'applicazione della legge di Darcy, effettuando successivamente controlli di tipo indiretto della validità dei risultati mediante misure differenziali di portata in alveo. Il grado di approssimazione delle valutazioni dipende da diversi fattori, quali la possibilità di estrapolazione dei dati di trasmissività a fronti acquiferi molto estesi, la sistematicità e la cadenza delle misure di portata dei corsi d'acqua (e di livello nel caso di laghi), ecc.

Per quanto concerne il bacino in oggetto, allo stato attuale non si dispone di informazioni puntuali per poter valutare gli apporti idrici indiretti legati all'alimentazione proveniente dalle superfici di acqua libera.

4.1.1.3.2 Apporti idrici indiretti – artificiali

Gli apporti idrici indiretti di tipo artificiale sono sostanzialmente legati ai seguenti aspetti:

- alimentazione artificiale delle falde;
- scarichi di rifiuti liquidi industriali e urbani;
- irrigazione.

Per quanto concerne l'alimentazione artificiale delle falde o rialimentazione, tale attività è mirata al riequilibrio di situazioni idrogeologiche parzialmente compromesse dall'intervento antropico di depauperamento delle risorse, con l'obiettivo di conseguire un aumento della potenzialità idrica delle falde, della qualità fisico – chimica delle acque sotterranee, l'adattamento del regime idrologico delle falde o delle sorgenti alle necessità delle utenze. Poiché l'alimentazione delle falde è spesso diffusa laddove vi sia una notevole disponibilità di risorse idriche superficiali, appare evidente come nel caso dei bacini tirrenici della Regione Liguria sia improponibile tale pratica di rialimentazione delle falde, visto il carattere prettamente torrentizio dei corsi d'acqua presenti. Anche nel caso del bacino in oggetto e dei corsi d'acqua ad esso appartenenti si può pertanto affermare che non esiste un apporto idrico indiretto dovuto all'alimentazione artificiale delle falde.

In merito agli scarichi di rifiuti liquidi industriali e urbani ricadenti nel bacino oggetto di indagine e quindi quantificabili come apporti idrici indiretti di tipo artificiale si sottolinea che, considerata la caratteristica della maggior parte dei bacini liguri di avere uno sbocco a mare e soprattutto la distribuzione di centri abitati a maggior densità di popolazione nelle zone costiere, molti degli scarichi di acque reflue di origine civile o industriale vengono recapitati in mare. Ai fini delle valutazioni del bilancio idrico tali quantitativi di acque non devono essere computati, poiché riversati esternamente al bacino stesso. È invece opportuno considerare gli scarichi che avvengono in corpi idrici recettori

diversi dal mare, nonché quelli che vengono dispersi nel terreno e che come tali vengono in qualche misura a costituire una rialimentazione delle falde. Nel successivo paragrafo 4.3 si procederà con la stima degli apporti indiretti artificiali dovuti agli scarichi di rifiuti liquidi.

Gli apporti idrici indiretti dovuti alle attività irrigue e ad altri processi di reinfiltrazione, quali ad esempio le perdite da acquedotti e fognature, risultano in generale di difficile quantificazione. In relazione al presente piano non si dispone di informazioni che consentano di valutare gli apporti idrici indiretti dovuti alle attività irrigue.

4.1.2 Deflussi

L'espressione generale del bilancio idrologico permette di definire il deflusso idrico globale come la somma delle quantità di acqua dovute al ruscellamento superficiale con le quantità di acqua che corrispondono all'infiltrazione efficace ($D = R + I$).

Il deflusso rappresenta la potenzialità idrica totale del territorio esaminato, cioè il massimo volume d'acqua (superficiale e sotterranea) teoricamente utilizzabile. Si evidenzia come la suddivisione nelle due componenti (R e I) possa risultare puramente teorica, perché si tratta di risorse interdipendenti. Infatti, nella maggior parte dei casi, la captazione di acque sotterranee comporta una diminuzione del deflusso superficiale; analogamente, in altri casi, l'utilizzazione di acque superficiali determina un depauperamento delle risorse sotterranee.

I volumi di R ed I sono soggetti a variazioni stagionali ed annue che ne condizionano in modo marcato l'effettiva disponibilità in relazione alle esigenze dell'utenza.

Nei seguenti paragrafi si procede dapprima con un'analisi dei dati termometrici strumentali, necessari per la stima dell'evapotraspirazione, successivamente con la quantificazione dei deflussi idrici calcolati e del rapporto tra questi e i deflussi strumentali.

4.1.2.1 Dati termometrici strumentali. Isoterme

Per la misura dei dati termometrici esiste sul territorio regionale una rete di stazioni più rada di quella pluviometrica. Ciò però non crea problemi perché le variazioni di temperatura con l'altitudine sono più uniformi rispetto a quelle delle precipitazioni, tra l'altro il regime termometrico risulta più regolare di quello pluviometrico. Per valutare il regime termometrico sono state inoltre utilizzate stazioni poste al di fuori del Bacino in esame, poiché è possibile ricostruire la legge di dipendenza della temperatura

dall'altitudine. Le isoterme all'interno del bacino sono state interpolate con gli stessi metodi impiegati e precedentemente descritti per le isoiete (vedere allegati 4.4 e Tav. 6).

L'ubicazione e le caratteristiche delle stazioni termometriche sono riportate nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE TECNICHE STAZIONI TERMOMETRICHE UBICATE NEL TERRITORIO IMPERIESE PUBBLICATE DALL'EX SERVIZIO IDROGRAFICO E UTILIZZATE DAL MODELLO HYDRO_CO						
NOME STAZIONE	TIPO APPARECCHIO	ANNI di funzionamento	COORDINATE GAUSS BOAGA		DATA Inizio osservazioni	QUOTA SUL MARE (m)
Airole	Tr dal 1951 al 1987 Tr dal 1993 al 1995 Tr dal 1997 al 1998	1951-1989 1993-1995 1997-1998	1383822*	4858735*	1925	103
Colle Melosa	Tr dal 1967 al 1987 Tr dal 1993 al 1998	1967-1989 1993-1998	1394469*	4871520*	1966	1600
Colle Belenda	Tm dal 1967 al 1984 Tr dal 1985 al 1987 Tr dal 1993 al 1998	1967-1989 1993-1998	1396186*	4871236*	1961	1350
Rocchetta Nervina	Tm nel 1951 Tm dal 1953 al 1970 Tm nel 1972 Tm dal 1974 al 1981 Tm dal 1983 al 1987 Tm dal 1993 al 1995 Te dal 1996 al 1998	1951 1953-1970 1972 1974-1989 1993-1998	1387549*	4860656*	1933	225
Sanremo	Tr dal 1951 al 1987 Tr dal 1993 al 1998	1951-1989 1993-1998	1402029*	4852741*	1865	9
Imperia	Tm dal 1951 al 1954 Tr dal 1955 al 1987 Tr dal 1993 al 1998	1951-1989 1993-1998	1420994*	4858981*	1934	15
Bestagno	Tm dal 1951 al 1987 Te dal 1993 al 1998	1951-1989 1993-1998	1419285*	4867460*	1933	300
Colle di Nava	Tr dal 1967 al 1973 Tr dal 1977 al 1987 Tr dal 1993 al 1998	1967-1973 1977-1989 1993-1998	1409782*	4881883*	1934	930

Tm = Termometro a massima e minima, Tr = Termometro registratore; Te = Termometro elettronico

TABELLA 4.3 – Caratteristiche tecniche delle stazioni pluviometriche ubicate nel territorio della provincia di Imperia

L'ARPAL gestisce la centralina elettronica Passo Ghimbegna dal marzo 2003. I dati vengono trasmessi attraverso la rete ETG.

4.1.2.2 Stima dell'evapotraspirazione reale

Con il termine evapotraspirazione reale si intende la quantità d'acqua effettivamente restituita all'atmosfera sotto forma di vapore, sia per evaporazione diretta che per traspirazione delle piante, all'interno della zona considerata. Le attrezzature utili per la sua misura diretta non sono di facile uso e danno in ogni caso risultati approssimati. D'altro canto, essendo esse assai onerose sia nel costo d'impianto che nella gestione, non presentano una distribuzione sul territorio tale da rendere disponibile una rete di stazioni di misura con serie storiche significative. Nelle normali applicazioni pratiche si fa pertanto ricorso a formule empiriche basate soprattutto sull'uso dei dati di temperatura dell'aria al suolo. Generalmente viene utilizzata la formula di Thornthwaite & Mather (1957), una delle più note e largamente usate in idrogeologia oltre che per la sua relativa semplicità, anche perché una vasta casistica la propone come affidabile anche per svariati ambienti climatici. Tale metodo si basa sul calcolo dell'evapotraspirazione potenziale media mensile (E_{pm}), intendendo con questo termine la quantità d'acqua che evaporerebbe nel caso in cui superficialmente ve ne fosse sempre una disponibilità sufficiente. Detto calcolo è fondato sulla relazione sperimentale esistente tra E_{pm} e la corrispondente temperatura media T_m . L'equazione proposta che fornisce E_{pm} in mm è la seguente:

$$E_{pm} = K \times 16 \times (10 \times T_m / I)^\beta$$

dove:

K = coefficiente che tiene conto delle ore di insolazione media mensile ed è funzione esclusiva della latitudine e del mese (in pratica è il rapporto tra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere)

I = indice termico annuale, pari alla sommatoria degli indici mensili (i) dei dodici mesi dell'anno ciascuno espresso da:

$$i = (T_m / 5)^{1,514}$$

β = funzione cubica dell'indice termico annuale

$$\beta = 0,49239 + (1,792 \times 10^{-5} \times I) - (771 \times 10^{-7} \times I^2) + (675 \times 10^{-9} \times I^3)$$

L'evapotraspirazione potenziale media annua si ottiene come somma dei singoli valori mensili. Successivamente, la determinazione dell'evapotraspirazione reale avviene attraverso una procedura diretta per la quale ad essa si arriva in funzione delle caratteristiche di umidità che presentano il terreno

e il suo manto vegetale. Il meccanismo di calcolo è subordinato alla quantità delle precipitazioni nonché alla capacità di ritenuta dell'acqua da parte del suolo.

Il modello Hydro_Co applica il metodo di Thornthwaite su base distribuita (su cella a cella) e la formula originale viene così definita:

$$ETP(u, i) = 16 b(i) c_e (10 T(u, i)/I(u))^a$$

dove u è la cella unitaria, i è l' i -esimo mese

Secondo l'ipotesi formulata da Thornthwaite l'evapotraspirazione potenziale è indipendente dal tipo di terreno e di coltura ed ancora dallo sviluppo di quest'ultima e risulta funzione della sola temperatura nella quale $I(u)$ indica il cosiddetto indice termico annuale, somma dei 12 indici termici mensili $i(u, i)$;

$$I(u) = \sum_{i=1, \dots, 12} i(u, i)$$

a loro volta funzioni della temperatura del mese, $T(u, i)$, secondo le seguenti relazioni:

$$i(u, i) = (T(u, i)/5)^{1.514} \quad \text{se } T(u, i) \geq 0$$

$$i(u, i) = 0 \quad \text{se } T(u, i) < 0$$

L'esponente a risulta anch'esso funzione dell'indice termico annuale $I = I(u, i)$, secondo la relazione:

$$a = 0,016 I + 0,5$$

mentre $b(i)$ è un coefficiente correttivo che tiene conto della differente durata dell'insolazione alle varie latitudini.

Infine c_e rappresenta un coefficiente correttivo della formulazione originale di Thornthwaite, il cui valore può essere determinato per taratura, che risulta necessario per adattare la formula in esame alla specifica situazione climatica di interesse.

L'andamento dei processi evapotraspirativi è fortemente variabile, in dipendenza dall'andamento della temperatura, della disponibilità d'acqua nel suolo, dal tipo di copertura vegetale e del suo grado di sviluppo. Ciò rende la valutazione dell'evapotraspirazione effettiva alquanto complessa. Queste difficoltà vengono superate con l'introduzione, suggerita dall'osservazione dei fenomeni naturali, del concetto di "evapotraspirazione potenziale" che, come precedentemente ricordato, rappresenta il consumo d'acqua che si verifica quando nel terreno è presente tutta l'acqua necessaria al più rigoglioso sviluppo delle piante.

Il modello Hydro_co ha permesso di pervenire alla messa a punto delle mappe digitali dei valori assunti dall'evapotraspirazione potenziale Etp e da quella effettiva Ete.

Le mappe digitali dell'evapotraspirazione potenziale DETPMs (Digital Potential Evapotraspiration Maps) rappresentano per ogni mese il fabbisogno idrico medio delle colture mentre le mappe digitali dell'evapotraspirazione effettiva DETEMs (Digital Effective Evapotraspiration Maps) rappresentano il consumo idrico effettivo medio delle piante nei vari mesi dell'anno.

4.1.2.3 Dati idrometrici strumentali

Le misure di portata assumono grande importanza negli studi idrogeologici, perché permettono di definire il regime dei corsi d'acqua, nonché di acquisire dati indispensabili per la corretta stesura del bilancio idrologico dei bacini. Il valore del deflusso strumentale deriva dal saldo di tutte le interferenze naturali ed antropiche del bacino e quindi corrisponde al deflusso naturale al netto dei consumi e sommato agli apporti. La disponibilità degli strumenti di misura è in genere scarsa.

Il regime dei corsi d'acqua viene definito dalle misure di portata che si devono riferire ad un intervallo di tempo comune a tutti i parametri in gioco, detto Anno Idrologico medio (A.I.), che deve essere della maggiore durata possibile (minimo = 10 anni; optimum = 30 anni): nel progetto Hydro_co è stato utilizzato l'anno medio relativo al periodo 1951 – 1989 per le piogge e 1951 – 1970 per le misure idrometriche, in relazione all'effettivo periodo di disponibilità dei dati di base relativi alle varie stazioni di misura dislocate su tutto il territorio regionale.

Per il periodo 1951 – 1970 non esistono dati idrometrici inerenti al bacino del T. Armea: esiste attualmente una stazione gestita dall'ARPAL, ma le rilevazioni, di cui peraltro non si dispongono dati, non riguardano il periodo sopra indicato, pertanto non consentono di effettuare confronti coi dati derivanti dal modello idrologico Hydro_Co.

4.1.2.4 Deflusso totale

Premessa

Le misure di portata assumono grande importanza negli studi idrogeologici perché permettono di definire il regime dei corsi d'acqua (ma anche di sorgenti e falde), nonché di acquisire dati indispensabili per la corretta stesura del bilancio idrologico dei bacini idrografici; è perciò di grande interesse l'integrazione delle suddette misure con valutazioni effettuate con metodologie di tipo

indiretto, anche perché è spesso assai scarsa (soprattutto negli ultimi anni, come già detto nel paragrafo precedente) la disponibilità d'idei strumenti di misura.

La valutazione di questo termine del bilancio, relativamente ai principali bacini e sottobacini presenti nella zona studiata, può essere eseguita in modi completamente diversi.

Ad esempio utilizzando i dati idrometrici registrati presso una stazione idrometrica si possono ottenere agevolmente le relative portate medie mensili ed annue (ed i deflussi) confrontabili con gli altri parametri del bilancio. Operando in tal modo si può pervenire alla definizione del regime idrologico dei corsi d'acqua e, in particolare, alla stima della portata minima attesa nell'anno medio (intesa come la portata che è superata per 355 giorni l'anno). Occorre tuttavia evidenziare che i dati idrometrici strumentali forniscono una misura della componente superficiale dei deflussi, i cui valori derivano dal saldo di tutte le interferenze naturali ed antropiche del bacino e quindi corrispondono ai deflussi naturali al netto dei consumi e sommati agli apporti.

In riferimento all'allegato A della D.G.R. 1146 del 15.10.04 della Regione Liguria, con cui sono stati approvati i criteri per la redazione dei Piani di Bacino stralcio per il Bilancio idrico in conformità alle "Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'art. 22, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999 n. 152", si evidenzia come la valutazione delle risorse idriche richieda la determinazione, per ogni sezione d'interesse del bacino, delle portate e dei volumi idrici naturali, cioè non influenzati da alcun intervento antropico.

L'intenso sfruttamento delle risorse idriche superficiali presenti nel territorio della Provincia di Imperia a scopo idropotabile, irriguo e in minor misura industriale, unitamente alla scarsa diffusione sul territorio stesso di stazioni idrometriche per la determinazione dei deflussi strumentali, determina la necessità di ricorrere a stime di tipo indiretto dei deflussi stessi.

Tra le varie metodologie maggiormente utilizzate, di cui si abbiano riferimenti in letteratura, si ricordano le seguenti:

- metodo del Coefficiente di Infiltrazione Potenziale (Celico, 1988), che consente di definire la percentuale d'acqua che si infila e quella che ruscella tenendo conto dei litotipi affioranti all'interno del dominio idrogeologico.

Il deflusso idrico totale è dato dalla somma dei deflussi superficiali e di quelli sotterranei:

$$D = R + I$$

Tale parametro espresso in mm di colonna d'acqua può essere determinato dall'espressione:

$$D_p = P - E_r$$

D_p = deflusso idrico globale presunto, ricavato cioè per differenza tra gli afflussi e l'evapotraspirazione reale e non sperimentalmente, cumula le approssimazioni di misura e/o di calcolo degli afflussi P e dell'evapotraspirazione E_r ; il termine D_p così calcolato viene anche detto precipitazione efficace.

Dal deflusso idrico globale presunto (D_p) si può risalire al valore delle due componenti che lo costituiscono, mediante coefficienti d'infiltrazione potenziale (c.i.p.):

$$D_p = R_p + I_p$$

dove R_p e I_p sono rispettivamente il ruscellamento e l'infiltrazione presunte, in quanto anch'esse non derivanti da misure dirette.

Mediante i c.i.p. è possibile definire la percentuale d'acqua che s'infiltra e quella che ruscella: si tratta di percentuali di D_p ricavate da osservazioni su bacini campione e da dati sperimentali:

$$c.i.p. = \frac{I_p}{D_p} 100$$

I valori dei c.i.p. vengono forniti sotto forma tabellare, in fasce di variazione per i differenti tipi litologici.

Tale metodo è indicato particolarmente per la valutazione delle risorse idriche sotterranee e risulta tanto più preciso quanto minore risulta la quota parte di acqua di ruscellamento superficiale (ad esempio per i domini calcarei);

- metodo dei deflussi fisiografici (D_f), che consente di risalire ai parametri del bilancio per mezzo della stima del coefficiente di deflusso medio annuo C_d ($C_d = D/P$) (Barazzuoli et alii "Valutazione delle risorse idriche Bacino interregionale del Fiume Magra – Applicazione del Metodo Kennessey), effettuata in funzione di alcune caratteristiche fisiografiche e climatiche puntuali del bacino esaminato. Il metodo consiste, in sintesi, nel calcolare il coefficiente di deflusso medio annuo C_{df} ($C_{df} = D_f/P$) di un bacino, o di un'area qualsiasi, come semplice somma di tre componenti (CA , CV , CP) relative all'influenza esercitata sul deflusso, rispettivamente dall'acclività, dalla copertura vegetale e dalla permeabilità. Per ognuna delle tre componenti il contributo al C_{df} è ricavato da un'apposita carta tematica, dove i valori del parametro preso in considerazione sono ripartiti in classi, a ciascuna delle quali è attribuito un particolare coefficiente in funzione delle caratteristiche climatiche generali della zona;

- la modellazione quali – quantitativa dei fenomeni idrologici naturali, quale la valutazione dei deflussi totali, può essere ottenuta mediante modelli di tipo fisico – matematico che simulino il processo di propagazione afflussi – deflussi.

L'impostazione distribuita al problema della modellazione fisico – matematica della risposta idrologica consiste nel decomporre il bacino imbrifero in celle elementari tra loro interconnesse, di dimensione sufficientemente piccola da rendere attendibile un'analisi fisica di tipo deterministico all'interno delle celle stesse. I flussi elementari sono poi integrati secondo un modello idraulico di propagazione del flusso idrico verso gli alvei della rete idrografica, pervenendo in tal modo alla determinazione del deflusso in qualunque sezione del bacino.

La modellazione idrologica di tipo distribuito utilizza la rappresentazione dettagliata delle principali caratteristiche del terreno, la principale delle quali è la quota altimetrica di ciascun punto del territorio considerato. La base informativa risulta quindi essere la rappresentazione del territorio mediante una matrice delle quote topografiche, rappresentative di zone elementari (celle) la cui dimensione viene scelta in base alla precisione che si vuole ottenere e alle estensioni del dominio fisico considerato. Con riferimento a tale matrice delle quote (DEM) vengono implementate nei modelli le informazioni geomorfologiche, di uso del suolo, meteorologiche e di altro tipo, necessarie per lo studio idrologico. Se per ogni cella si conoscono i contributi idrici in ingresso alla cella stessa dovuti alle precipitazioni che la interessano e al drenaggio delle celle contigue è possibile determinare il contributo di ogni cella al deflusso.

4.1.2.4.1 Il Modello Hydro – Co per il bilancio idrologico

Nei precedenti capitoli è stato più volte ricordato che, ai fini della valutazione dei bilanci idrologici nelle sezioni di maggiore interesse del bacino oggetto di studio, per la redazione del piano di bacino stralcio sul bilancio idrico del T. Armea, si è deciso di utilizzare una metodologia di tipo indiretto, che si avvalga di un modello fisico – matematico.

In conformità alla D.G.R. 1146 del 15.10.04 della Regione Liguria (criteri per la redazione dei Piani di Bacino stralcio per il Bilancio idrico), art. 2, si è scelto di utilizzare un modello in possesso della Regione Liguria: il programma Hydro-Co.

Il programma Hydro-Co, adottando una metodologia indiretta, risale al valore dei deflussi sulla base dei dati termopluviometrici, delle caratteristiche geolitologiche, dell'uso del suolo e dei valori della

conduttività idraulica, permettendo così di creare le mappe digitali della produzione di deflusso DWYMs (Digital Water Yield Maps) che rappresentano, per i vari mesi dell'anno, il volume medio d'acqua rifiutato dagli strati di terreno più superficiali e quindi atto a contribuire alla formazione del deflusso superficiale e profondo.

Prescelta la generica cella elementare corrispondente ad un punto della rete idrografica digitale attraverso il DRNM viene individuato il bacino idrografico che compete a tale cella, ovvero la porzione di territorio le cui acque piovane contribuiscono al deflusso attraverso la cella considerata. In mancanza di altre informazioni, si assume che lo spartiacque freatico coincida con quello topografico individuato dal DRNM. In tal modo la porzione di territorio che contribuisce al deflusso sotterraneo, viene assunta coincidente con quella relativa al deflusso superficiale.

Una volta delimitato il bacino idrografico tributario della cella considerata, si realizza l'analisi distribuita del bilancio idrologico. L'informazione distribuita sulla distribuzione di deflusso viene successivamente sintetizzata a scala di bacino tramite un opportuno modello di trasferimento alla sezione di chiusura in esame, pervenendo all'obiettivo della valutazione delle risorse idriche.

Indicata con "u" la generica cella sottesa dalla sezione di chiusura (corrispondente ad una cella "v"), di seguito si riporta una descrizione delle operazioni effettuate dal modello per la valutazione su base mensile della produzione di deflusso e del contenuto idrico della stessa cella "u".

Posti:

- $P(u,i)$ = altezza totale di precipitazione del mese i – esimo ($i = 1,2,\dots,12$) sulla cella u ;
 - $ETE(u,i)$ = altezza d'acqua effettivamente persa dalla cella u per evapotraspirazione, ovvero per evaporazione da specchi d'acqua, dal terreno e per traspirazione da parte della copertura vegetale nel mese i – esimo ($i = 1,2,\dots,12$);
 - $W(u,i)$ = volume specifico (per unità di area) di acqua contenuto negli strati di terreno più superficiale della cella u alla fine del mese i -esimo;
 - $Y(u,i)$ = volume di acqua specifico che percola verso gli strati profondi o scorre in superficie;
- il principio di conservazione della massa si esprime mediante la seguente uguaglianza:

$$P(u,i) = ETE(u,i) + W(u,i) - W(u,i-1) + Y(u,i)$$

(1)

che rappresenta l'equazione del bilancio idrologico del terreno su base mensile, alla scala della singola cella u .

Per quanto attiene alla valutazione dell'evapotraspirazione effettiva si rimanda a quanto enunciato nel paragrafo 4.1.2.2.

La procedura seguita dal modello per l'esecuzione del bilancio prevede innanzitutto la suddivisione dell'anno medio, considerato ai fini del bilancio, in due stagioni: la stagione "umida", ovvero quella in cui gli apporti meteorici superano i consumi idrici della vegetazione in condizioni ottimali (evapotraspirazione potenziale) e quindi il terreno tende a ricostruire le proprie riserve d'acqua, e quella "secca" in cui avviene l'opposto e di conseguenza il terreno tende ad essiccarsi.

Nei mesi della stagione umida può verificarsi che, sempre nella generica cella u , la ricarica del terreno sia tale che il contenuto d'acqua in esso presente raggiunga la massima capacità di ritenzione della cella, ovvero la capacità di campo $U(u)$. In tal caso il volume idrico eccedente tale capacità percola verso gli strati profondi o scorre in superficie, dando luogo ad un valore non nullo di produzione del deflusso, $Y(u,i)$; nei mesi della stagione umida in cui ciò non si verifica, ed inoltre in tutti i mesi della stagione secca, tale produzione di deflusso è invece nulla, ovvero si ha $Y(u,i) = 0$.

Indicando con $W_{\max}(u)$ il massimo valore del contenuto idrico nel terreno durante l'anno:

$$W_{\max}(u) = \max_{i=1,\dots,12} W(u,i)$$

(2)

e adottando la legge di essiccamento del terreno durante la stagione secca proposta da Thornthwaite e Mather si ha:

$$W(u,i) = W_{\max}(u) e^{-\lambda}$$

(3)

dove λ indica la perdita potenziale (volume specifico) relativa al mese della stagione secca che si sta considerando:

$$\lambda = \frac{\sum_s [P(u,i) - ETP(u,i)]}{U(u)}$$

(4)

essendo la sommatoria estesa dall'inizio della stagione secca al mese in esame.

Le equazioni sopra indicate consentono di risolvere il problema del bilancio idrologico della cella nel caso in cui il massimo valore del contenuto idrico nel terreno durante l'anno $W_{\max}(u)$ sia pari a $U(u)$.

Invece, nel caso in cui ciò non si verifichi, per l'esecuzione del bilancio occorre stimare preliminarmente $W_{\max}(u)$. In tal caso, indicando con $\sigma = \sigma(u)$ la quantità:

$$\sigma = \frac{\sum_u [P(u, i) - ETP(u, i)]}{U(u)}$$

(5)

dove la sommatoria va estesa all'intera stagione umida, è possibile mostrare che $W_{\max}(u)$ può essere ottenuto dalla seguente relazione:

$$W_{\max}(u) = \frac{U(u) \sigma}{(1 - e^{\lambda_{\min}})}$$

(6)

λ_{\min} indica il minimo valore assunto dalla grandezza adimensionale λ . Determinato il valore di $W_{\max}(u)$ si può pertanto procedere all'esecuzione del bilancio idrologico.

Per la determinazione delle portate medie mensili nella sezione di interesse e quindi delle curve di durata delle portate si è fatto ricorso ai criteri di modellazione dei sistemi lineari, attraverso la scelta di una opportuna forma per la risposta impulsiva della singola cella.

4.1.2.4.2 La determinazione delle portate medie mensili nelle sezioni di interesse

Il trasferimento alla generica sezione di chiusura del bacino dell'informazione distribuita sulla produzione di deflusso resa localmente disponibile, necessario per la determinazione dell'andamento dei deflussi superficiali e di subalveo e quindi della curva di durata delle portate, è stato effettuato ricorrendo ai criteri di modellazione dei sistemi lineari, attraverso la scelta di un'opportuna forma per la risposta impulsiva della singola cella.

Com'è noto, indicando con $p(t)$ la sollecitazione in ingresso ad un generico sistema lineare e stazionario, la risposta del sistema a tempo t , $p(t)$, può essere scritta come:

$$\int_{-\infty}^t p(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

(7)

nella quale $h(t)$ rappresenta l'idrogramma unitario istantaneo del sistema, ovvero la risposta dello stesso ad una sollecitazione di tipo impulsivo. Discretizzando la (7), per un intervallo di tempo di ampiezza finita Δt , la portata $q(k)$, relativa al k -esimo intervallo temporale risulta essere:

$$q(k) = \sum_{j=-\infty}^k p(j)h(k-j+1)\Delta t$$

(8)

nella quale $p(j)$ rappresenta il valore medio di $p(t)$ nell'intervallo di tempo $[(j-1)\Delta t, j\Delta t]$ mentre $h(k-j+1)$ indica il valore medio di $h(t)$ nell'intervallo di tempo $[(k-j)\Delta t, (k-j+1)\Delta t]$.

Il contributo fornito dalla cella $u=(x, y)$ alla portata defluente nel mese all'istante t generico nella sezione di chiusura v , $q(u, t)$, può quindi essere scritto come:

$$q(u, t) = \int_{-\infty}^t Y(u, t)h(u, t-\tau)d\tau$$

(9)

nella quale $Y(u, t)$ indica la produzione specifica di deflusso della cella u all'istante generico t , espressa in termini di portata $[L^3T^{-1}]$, mentre $h(u, t)$ rappresenta l'idrogramma unitario istantaneo di questa cella. Il meccanismo con il quale la generica cella trasferisce volumi idrici alla sezione di chiusura del bacino può essere ragionevolmente assimilato a quello di un serbatoio lineare, il che porta a specificare $h(u, t)$ nella formula:

$$h(u,t) = \frac{1}{\beta(u)} e^{-t/\beta(u)}$$

(10)

essendo $\beta(u)$ un parametro dipendente della cella u considerata, che rappresenta nell'analogia concettuale considerata la costante di tempo caratteristica del serbatoio lineare.

Dalle (9) e (10) si ha quindi:

$$q(u,t) = \frac{1}{\beta(u)} \int_{-\infty}^t Y(u,\tau) e^{-t/\beta(u)} d\tau$$

(11)

Per la pratica applicazione, la (11) deve essere convenientemente discretizzata, con scansione pari a quella adottata per l'esecuzione del bilancio idrologico. Si assuma quindi l'istante $t=0$ coincidente con l'inizio dell'anno generico e si indichi con $Q(u,0)$ la portata defluente all'inizio dell'anno nella sezione di chiusura v dovuta al contributo della cella u

e $Q(u,i)$ l'analogia portata alla fine del mese i -esimo. Il problema della determinazione delle $Q(u,i)$ si riconduce così a quello della determinazione della risposta di un serbatoio lineare soggetto ad una sollecitazione di natura periodica, la cui soluzione è già nota in letteratura.

Tenuto conto che la produzione di deflusso del mese generico i -esimo della cella generica u può ritenersi uniformemente distribuita sull'intera durata del mese stesso, ed indicando Δt_i un intervallo di tempo di durata pari a quella del mese i -esimo dell'anno, l'integrazione della (11) porta per $Q(u,1)$ alla:

$$Q(u,1) = Y(u,1)(1 - e^{-\Delta t_1/\beta(u)}) + Q(u,0)e^{-\Delta t_1/\beta(u)}$$

(12)

mentre per $Q(u,2)$ si ottiene:

$$Q(u,2) = Y(u,2)(1 - e^{-\Delta t_2 / \beta(u)}) + Q(u,1)e^{-\Delta t_2 / \beta(u)}$$

(13)

e analogamente per la portata $Q(u,i)$ al termine del mese generico i -esimo:

$$Q(u,i) = Y(u,i)(1 - e^{-\Delta t_i / \beta(u)}) + Q(u,i-1)e^{-\Delta t_i / \beta(u)}$$

(14)

La determinazione delle $Q(u,i)$ può essere effettuata una volta che sia nota la portata $Q(u,0)$, risolvendo in sequenza le (14) per $i = 1, 2, \dots, 12$. Il problema della determinazione delle $Q(u,i)$ è così ricondotto a quello della determinazione della $Q(u,0)$;

quest'ultimo può essere risolto osservando che per la supposta periodicità dell'andamento della produzione di deflusso in anni successivi deve aversi $Q(u,0) = Q(u,12)$.

Indicando con T la durata dell'anno, questa condizione comporta:

$$Q(u,0) = \frac{\sum_{j=1}^{12} [Y(u, j)(1 - e^{-\Delta t_j / \beta(u)}) e^{-\sum_{k=j+1}^{12} \delta \Delta t_k / \beta(u)}]}{1 - e^{-T / \beta(u)}}$$

(15)

che consente la determinazione di $Q(u,0)$ e quindi, successivamente, dei contributi di portata $Q(u,i)$. Evidentemente la portata media mensile defluente nel mese i -esimo attraverso la sezione di chiusura $q(v,i)$ risulta essere semplicemente la somma dei contributi $Q(u,i)$ delle varie celle del bacino idrografico di pertinenza della cella v , ovvero in simboli:

$$q(v,i) = \sum_{\forall u \in V} q(u,i)$$

(16)

Il modello appena delineato consente quindi la stima della portate medie mensili nella sezione di interesse e quindi della curva di durata delle portate che da queste ultime è immediatamente desumibile, una volta che siano stati assegnati per le varie celle del bacino i coefficienti $\beta(u)$.

Per la stima di questi ultimi, tenuto conto che $\beta(u)$ rappresenta un tempo caratteristico della risposta della cella u , è possibile scrivere:

$$\beta(u) = \frac{L_c(u)}{V_c(u)}$$

(17)

ove $L_c(u)$ e $V_c(u)$ rappresentano rispettivamente una lunghezza ed una velocità caratteristiche del fenomeno di trasferimento della produzione di deflusso della cella u alla sezione di chiusura v . Poiché certamente la maggior parte del contributo idrico fornito dalla cella generica alla sezione di chiusura si trasferisce dalla cella a quest'ultima compiendo una parte prevalente del percorso nel sottosuolo, a norma della legge di Darcy che governa i fenomeni di movimento dell'acqua nel suolo in condizioni di saturazione, può ragionevolmente ritenersi che:

$$V_c(u) = CK_m(u)J_m(u)$$

(18)

ove $K_m(u)$ indica il valore medio della conduttività idraulica satura lungo l'intero percorso della cella generica alla sezione di chiusura, $J_m(u)$ la pendenza piezometrica media lungo tale percorso e C un opportuno coefficiente di taratura. Assumendo poi, in assenza di indicazioni più precise, che la lunghezza del percorso sotterraneo mediamente compiuto dall'acqua per trasferirsi dalla cella u alla sezione di chiusura proporzionale a quella del percorso superficiale $L_s(u)$, lungo il reticolo, desumibile sulla base del DRNM e che infine la pendenza piezometrica media $J_m(u)$ possa ritenersi proporzionale al rapporto tra il dislivello geodetico $\Delta H(u)$ e $L_s(u)$, si ottiene :

$$\beta(u) = C_T \frac{[L_s(u)]^2}{[K_m(u)\Delta H(u)]} = C_T \beta^*(u)$$

(19)

Nella (19) C_T indica un coefficiente di taratura che tiene conto delle correzioni che si rendono necessarie ai fini del buon funzionamento del modello a causa delle inevitabili approssimazioni nella schematizzazione dei complessi fenomeni naturali in gioco, mentre $\beta^*(u)$ rappresenta:

$$\beta^* = \frac{[L_s(u)]^2}{[K_m(u)\Delta H(u)]}$$

(20)

4.1.2.4.3 *Calcolo del deflusso totale*

Il modello distribuito del bilancio idrico del suolo (Modello Hydro_co) permette di determinare per qualsiasi sezione della rete idrografica i valori dei deflussi totali medi annuali e mensili. La scala temporale mensile appare la più idonea anche per i modelli di tipo distribuito, essa infatti risulta adeguata a descrivere la variabilità naturale del fenomeno e congruente con i dati delle precipitazioni e temperature che vengono inserite nel modello stesso.

Il modello distribuito del bilancio idrico, una volta ricevuti in input i dati della precipitazione, delle temperature, delle caratteristiche geolitologiche e dell'uso del suolo, fornisce in uscita il valore indisturbato delle seguenti variabili idrologiche:

- Deflusso medio annuale;
- Deflusso medio mensile;
- Curva di durata media annua;
- Valori mensili ed annui dell'evapotraspirazione potenziale;
- Valori mensili ed annui dell'evapotraspirazione effettiva;
- Andamento mensile del contenuto d'acqua del terreno.

Nel bacino in oggetto viene calcolato il deflusso in corrispondenza della foce del Torrente Armea (Comune di Sanremo).

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche del bacino sotteso alla foce del T. Armea, estrapolate dal modello Hydro_co.

FOCE T. ARMEA	
<i>Numero celle</i>	753
<i>Superficie (kmq)</i>	38
<i>Quota minima (m.s.l.m.)</i>	0.00
<i>Quota media (m.s.l.m.)</i>	498
<i>Quota massima (m.s.l.m.)</i>	1230
<i>Pendenza media versanti (%)</i>	19
<i>Max lunghezza asta (km)</i>	15.5

4.4 – Caratteristiche del Bacino sotteso alla foce del T. Armea (da Hydro_co)

Il deflusso, calcolato con il modello Hydro_co alla foce del T. Armea, è riportato nella seguente tabella, cui segue un diagramma con l'andamento dei deflussi stessi.

	Deflusso (mc/sec)
Anno	0.790
Gennaio	1.328
Febbraio	1.386
Marzo	1.310
Aprile	1.009
Maggio	1.592
Giugno	0.236
Luglio	0.099
Agosto	0.044
Settembre	0.023
Ottobre	0.568
Novembre	1.463
Dicembre	1.424

TABELLA 4.5 – Valori del deflusso medio annuo e mensile alla foce del T. Armea (calcolato con il modello Hydro_co)

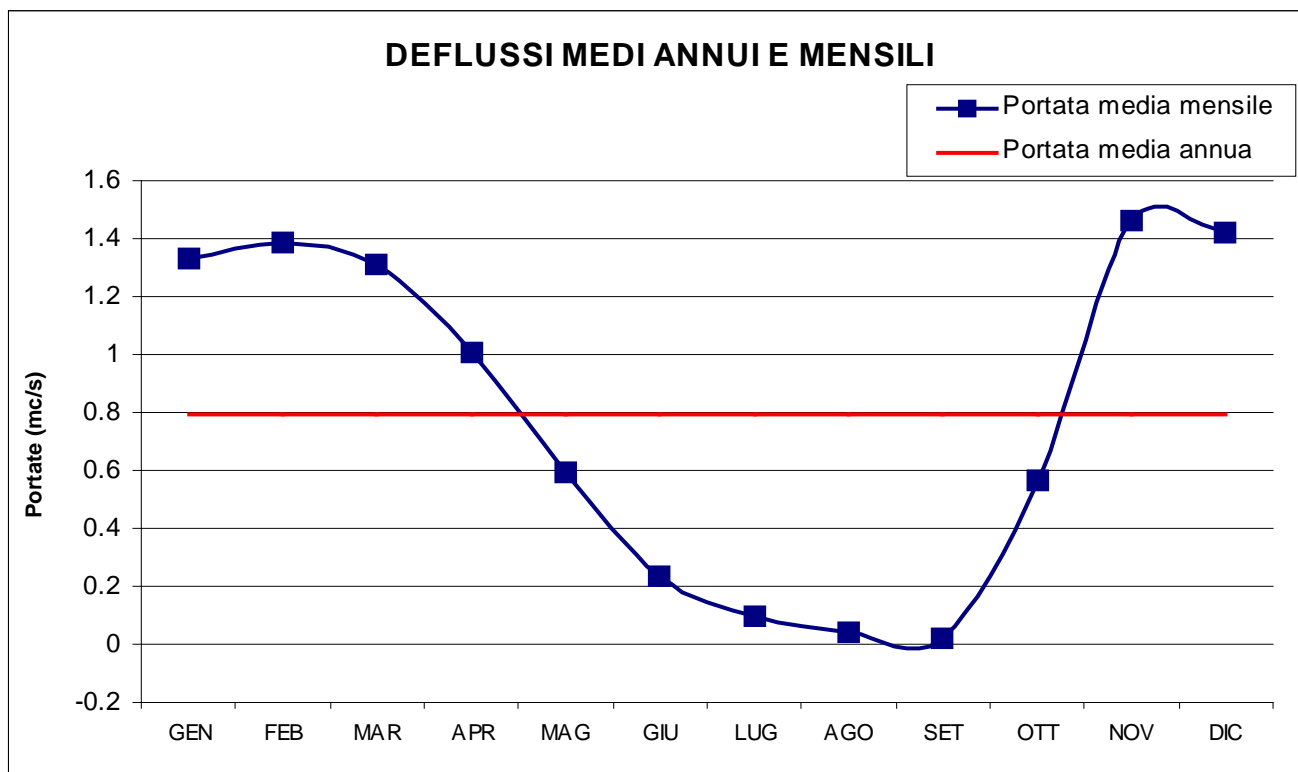


Figura 4.2 – Andamento dei deflussi medi annui e mensili alla foce del T. Armea

4.1.2.5 Uscite di acque sotterranee verso domini idrologici adiacenti o verso mare

Sulla difficoltà di effettuare valutazioni specifiche in merito agli scambi idrici tra corpi sotterranei adiacenti si è già detto all’inizio del presente capitolo. Si è inoltre specificato che il modello utilizzato, ai fini della presente trattazione, per la redazione del bilancio idrico (modello Hydro_Co) assume la coincidenza tra i domini delle acque sotterranee e delle acque superficiali. Pertanto, qualunque ulteriore considerazione sugli scambi idrici tra corpi sotterranei adiacenti, appartenenti a bacini distinti, non può prescindere dalla disponibilità di specifici studi inerenti agli acquiferi.

4.1.2.6 Valutazioni circa il rapporto tra il deflusso calcolato e quello strumentale

A causa dell'assenza di stazioni idrometriche nel periodo 1951 – 1970, e per la concomitante mancata disponibilità di dati strumentali della stazione attualmente presente nel bacino e gestita dall'ARPAL, non è possibile effettuare valutazioni circa il rapporto tra il deflusso calcolato e quello.

4.1.3 Eccedenza idrica

L'eccedenza idrica corrisponde al deflusso totale in uscita dal bacino idrologico, dovuto al ruscellamento superficiale (R) e all'infiltrazione efficace (I). Tale deflusso si verifica ogni qualvolta la quantità d'acqua di ritenzione contenuta nello strato di terreno interessato dallo sviluppo delle radici dei vegetali raggiunge il valore massimo, pari cioè alla Capacità di campo. In tali condizioni, per la vegetazione sono disponibili quantitativi d'acqua praticamente illimitati; infatti l'umidità del terreno si mantiene costantemente su valori coincidenti con quelli della capacità di campo. Ne consegue che il consumo per evapotraspirazione si mantiene sui valori massimi; quindi l'evapotraspirazione reale (E_r) eguaglia quella potenziale (E_p). Ciò si verifica nei mesi umidi, mentre nei mesi secchi la precedente uguaglianza risulta ancora verificata soltanto se le riserve invasate (ΔW) sono sufficienti a coprire il deficit risultante dalla differenza $P - E_p$. Quando invece le riserve invasate non sono sufficienti a coprire il deficit idrico, l'evapotraspirazione reale risulta pari a:

$$E_r = P + \Delta W$$

A tal proposito si ricorda che l'evapotraspirazione reale rappresenta la quantità d'acqua che viene effettivamente evapotraspirata in funzione delle reali disponibilità idriche del terreno. Invece l'evapotraspirazione potenziale rappresenta la quantità d'acqua che viene evapotraspirata (in una determinata zona climatica) per il sano e rigoglioso sviluppo delle varie associazioni vegetali (non carenti d'acqua, di uniforme altezza e completamente ricoprenti il terreno).

Se si riprende la formula generale del bilancio:

$$P = E_r + R + I$$

e si ipotizza che la quantità d'acqua di ritenzione contenuta nello strato di terreno interessato dallo sviluppo delle radici dei vegetali raggiunga il valore massimo (Capacità di campo), al posto del termine E_r è possibile inserire l'evapotraspirazione potenziale (E_p)

$$P - E_p = R + I$$

Il termine di sinistra costituisce il totale delle precipitazioni efficaci, mentre quello di destra costituisce l'eccedenza idrica.

Per quanto attiene al modello Hydro_co, in relazione a quanto espresso nel precedente paragrafo 4.1.2.4.1 in merito alla valutazione del contenuto idrico di ogni cella elementare, esso fornisce un deflusso totale (Y) il cui valore coincide con l'eccedenza idrica. Il modello fornisce inoltre alcune informazioni (valori mensili ed annui dell'evapotraspirazione potenziale E_p , valori mensili ed annui dell'evapotraspirazione reale E_r , andamento mensile del contenuto d'acqua nel terreno W), che consentono un inquadramento dei fabbisogni idrici delle colture, cioè dell'effettiva disponibilità idrica per il soddisfacimento di tali fabbisogni e del deficit agricolo ($E_p - E_r$).

Si riportano di seguito tabelle e grafici riepilogativi dei parametri del bilancio idrologico, relativi alla foce del T. Armea.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
P (mm)	99	107	106	87	74	58	31	47	75	126	145	111	1065
E_p (mm)	10	10	18	27	46	66	84	75	53	34	17	11	450
E_r (mm)	10	10	18	27	46	64	65	58	53	34	17	11	413
$W_{(i)}$ (mm)	132	132	132	132	132	123	90	78	99	131	132	132	
$W_{(i)} - W_{(i-1)}$ (mm)	0	0	0	0	0	-9	-33	-12	21	32	1	0	
Y (mm)	89	97	88	60	28	2	0	0	0	60	127	100	652

Tabella 4.6 – Riepilogo dei parametri del Bacino idrologico alla foce del T. Armea calcolati con il modello Hydro_co per l'anno idrologico medio 1951-1970

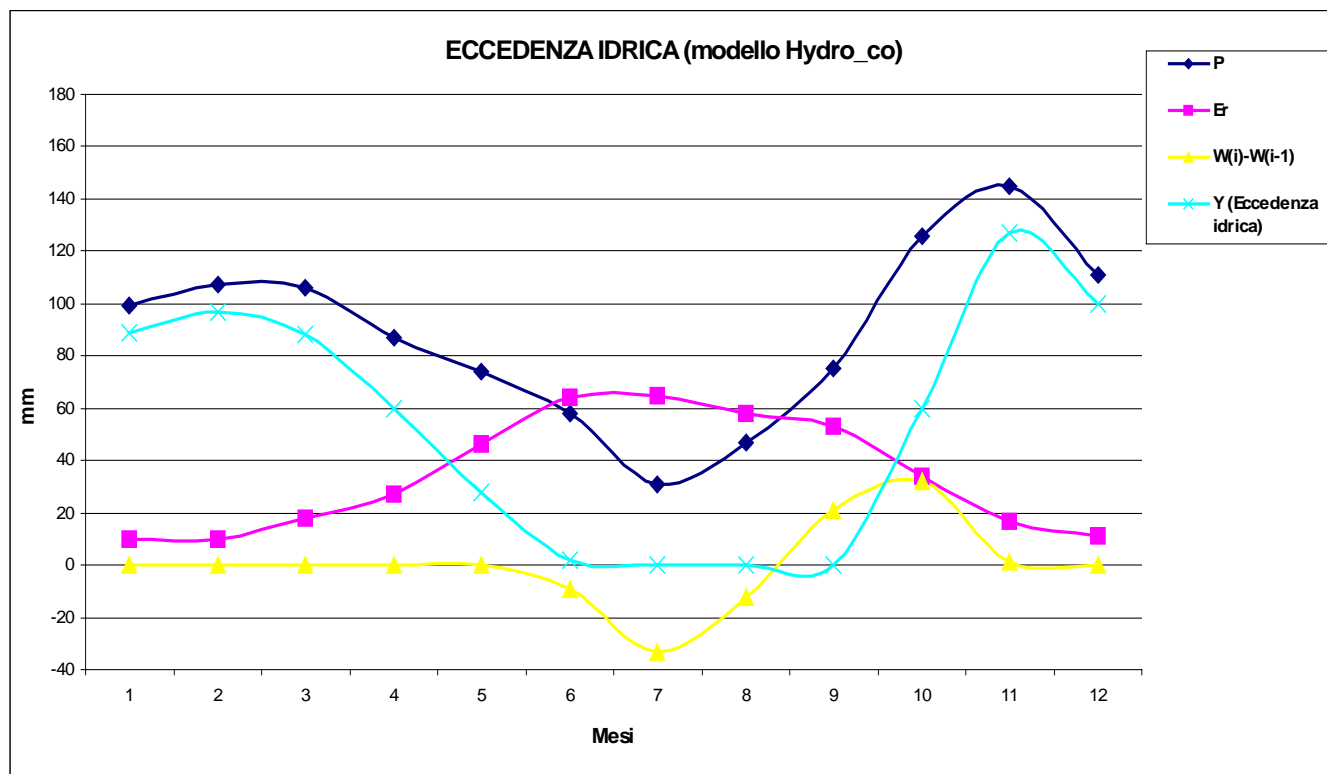


Figura4.3 – Eccedenza idrica mensile, riferita all’anno idrologico medio (dati di Hydro_co), alla foce del T. Armea

Si sottolinea che i precedenti risultati e le inerenti considerazioni svolte al riguardo si riferiscono ad un anno idrologico medio calcolato sulla base dei dati riferiti al periodo 1951 – 1970. È pertanto ipotizzabile che le risultanze dell’analisi sopra riportata, aggiornate con dati più recenti, possano fornire indicazioni differenti sull’andamento dell’eccedenza idrica.

4.2 Utilizzazioni in atto

Il censimento delle utilizzazioni in atto è stato effettuato dall’Ufficio Risorse idriche attraverso il reperimento dei dati relativi a concessioni di piccole derivazioni da corpi idrici superficiali e da corpi idrici sotterranei. Le informazioni reperite per il censimento di ognuna delle derivazioni sono le seguenti:

- dati anagrafici: comune e località;
- dati amministrativi, così suddivisi:
 - a) denominazione del concessionario della derivazione;
 - b) data della domanda di concessione, o del rinnovo o della rinuncia;

- c) il numero della pratica con estremi atto amministrativo;
- d) status amministrativo della derivazione;
- e) uso della derivazione;
- f) quantità di acqua concessa.

4.2.1 Censimento delle sorgenti

Le sorgenti per le quali sono disponibili dati sono solo quelle captate; per quanto riguarda le sorgenti non captate attualmente non si dispone di dati specifici.

Dai dati presenti negli uffici della Provincia di Imperia, Ufficio Risorse Idriche i punti di prelievo da sorgenti date in concessione e presenti sul registro delle concessioni in atto sono, ad oggi (febbraio 2006), in numero pari a 57 di cui 53 sono ubicate nel comune di Ceriana e 4 nel Comune di San Remo. Le sorgenti captate, sono ubicate sulla carta degli usi in atto concessionati (tav. 7), viceversa i dati anagrafici e amministrativi sono stati riportati nelle schede di cui all'allegato n.4.5 del presente piano stralcio del bilancio Idrico.

A seconda della tipologia di utilizzo, le sorgenti si distinguono in sorgenti potabili, sorgenti irrigue e sorgenti igieniche. Le sorgenti ad uso irriguo sono 48, le sorgenti ad uso igienico sono 7, le sorgenti ad uso potabile sono 2 come si evince dalle seguenti tabelle:

Numero Pratica	Ditta	Comune	Portata (l/s)
2	Lupi Pietro ed Altri ora Lupi Antonia	CERIANA	0.11
32	Crespi Augusto ed Altri ora Consorzio per le Acque "Rio Ravino"	CERIANA	4.5
86	Borria Francesco ed Altri ora Martini Angelo ed Altri ora Barbati Andrea ed Altri	CERIANA	0.6
107	Lupi Emilio	SAN REMO	0.056
113	Brezza Maiga Filippo ed Altri ora Mammoliti Annunziato Eros ed Altri	CERIANA	0.12
108	Savelli Angelo	SAN REMO	0.16
116	Tripodi Stella	CERIANA	0.035
120	Biancheri Giotto ed Altri	CERIANA	0.37

125	Prato Ugo ed Altri ora Marchisio Evelina ed Altri	CERIANA	0.18
130	Cons. Acqued. Irr. e Domes. non potabile picc. Prop. Di Ceriana Loc. Mainardi-Negre	CERIANA	2.2
134	Brigasco Maria d Altri	CERIANA	0.37
135	Martini Attilio ed Altri	CERIANA	0.548
140	Marino Michelangelo ed Altri	SAN REMO	0.08
143	Evangelista Lino e Rossi Marisa	CERIANA	0.12
151	Lanteri Lauria Pietro ed Altri	CERIANA	0.1936
152	Crespi Caterina	CERIANA	0.1
154	Meifret Emanuela	CERIANA	0.067
157	Verrando Giovanni ed Altri	CERIANA	0.08
162	Veneziano Vincenzo ed Altri	CERIANA	0.054
164	De Giovanni Maria Petronilla ed Altri	CERIANA	0.28
166	Verrando Giulia	CERIANA	0.18
168	Miceli Eugenio	CERIANA	0.045
170	De Benedetti Laura ed Altri	CERIANA	0.075
181	Veneziano Americuccio ed Altri	CERIANA	0.1
184	Panizzi Angelo ed Altri	CERIANA	0.15
185	Panizzi Angelo ed Altri	CERIANA	0.31
187	Peduto Ferruccio ed Altri	CERIANA	0.05
191	Martini Francesco ed Altri	CERIANA	0.1
192	Lupi Aurelio ed Altri	CERIANA	0.13
195	Crespi Pierina ed Altri	CERIANA	0.6
200	Lupi Francesca ed Altri	CERIANA	0.072
202	Martini Attilio ed Altri	CERIANA	0.155
203	Martini Caterina	CERIANA	0.048
204	Gambutì Giuseppe e Fratini Luisa	CERIANA	0.045
205	Lupi Pietro e Crespi Giovanni	CERIANA	0.046
206	Pellicanò Giovanni	CERIANA	0.036
210	Rosso Selma	CERIANA	0.0342
214	Biancheri Bartolomeo ed Altri	CERIANA	0.012
223	Lupi Danilo	CERIANA	0.0086
226	Sampietro Sebastiano ed Altri	CERIANA	0.475
227	Rebaudo Redentore ed Altri	CERIANA	0.095
229	Veneziano Maria Giulia ed Altri	CERIANA	0.25
231	Giordano Enrico ed Altri	CERIANA	0.0498
238	Crespi Antonio ed Altri	CERIANA	0.01

245	Mazzochitti Francesca ed Altri	CERIANA	0.035
246	Roverio Gianluigi	SAN REMO	0.135
248	Perona Maria Candida	CERIANA	1
251	Lanteri Gianpaolo	CERIANA	0.15
			14.6202

TABELLA 4.7-Sorgenti ad uso irriguo

Numero Pratica	Ditta	Comune	Portata (l/s)
130	Cons. Acqued. Irr. e Domes. non potabile picc. Prop. Di Ceriana Loc. Mainardi-Negre	CERIANA	2.2
170	De Benedetti Laura ed Altri	CERIANA	0.075
187	Peduto Ferruccio ed Altri	CERIANA	0.05
223	Lupi Danilo	CERIANA	0.0088
226	Sampietro Sebastiano ed Altri	CERIANA	0.475
231	Giordano Enrico ed Altri	CERIANA	0.0166
245	Mazzochitti Francesca ed Altri	CERIANA	0.035
			2.8604

TABELLA 4.8 – Sorgenti ad uso igienico

Numero Pratica	Ditta	Comune	Portata (l/s)
106	Comune di Ceriana	CERIANA	8
158	Comune di Ceriana	CERIANA	3.39
			11.39

TABELLA 4.9 – Sorgenti ad uso potabile

La portata totale prelevata dalle sorgenti riferite ai vari usi è riportata nella sottostante tabella

SORGENTE	PORTATA (l/s)
SORGENTE AD USO IRRIGUO	14.7
SORGENTE AD USO IGIENICO	2.86
SORGENTE AD USO POTABILE	11.4
TOTALE	28.87

TABELLA 4.10 – Sorgenti assentite presenti nel bacino

4.2.2 Censimento delle derivazioni

Le derivazioni sono ubicate principalmente lungo l'asta del torrente.

Le concessioni rilasciate sono 79 di cui 75 ad uso irriguo e 4 ad uso igienico. Le derivazioni sono ubicate sulla carta degli usi in atto concessionati (tav. 7), viceversa i dati anagrafici e amministrativi sono stati riportati nelle schede di cui all'allegato n. 4.5 del presente piano stralcio del Bilancio Idrico.

Numero pratica	Ditta	Comune	Portata
4	Borria Francesco ora Brezzo Giovanni Battista ed Altri	CERIANA	6
10	Rolando Giovanni ora Crosa di Vergagni Antonio ed Altri	SAN REMO	0.86
27	Cassini Maria Caterina ed Altri	CERIANA	0.15
28	Lilla Lucia ed Altri	CERIANA	0.85
30	Brezzo Emilia ed Altri	CERIANA	0.12
38	Brezzo Antonio ed Angela ora Brezzo Antonio ed Altri	CERIANA	0.0369
45	Bonifazio Antonio ora Bonifazio Ivano e Remo	SAN REMO	0.22
47	Brezzo Maiga Luciana e Patrizia e Rolando Maria Rosa	CERIANA	0.16
48	Lanteri Anna Maria ed Altri	CERIANA	0.1791
50	Ughetto Gio Batta ora Ghu Luigi ed Altri	CERIANA	0.07
51	Rondelli Ida	SAN REMO	0.16
53	Crespi Angelo Livio ed Altri ora Minti Giovanni ed Altri	CERIANA	0.17
54	Lupi Roberto ed Altri ora Cappone Guido ed Altri	CERIANA	5.5
55	Soc. Irrigua "Vallone Binelle e Passo del Bosco"	CERIANA	3
57	Brezzo Adelio ora Brezzo Angela ed Altri	CERIANA	0.1
58	Lanteri Stefano ed Altri ora Lupi Elia ed Altri	CERIANA	0.82
61	Merogno Armando ora Merogno Alfredo ed Altri	CERIANA	0.092
66	Lupi Domenico ed Altri	SAN REMO	0.17
67	Embriaco Giuseppina ed Altri	CERIANA	2.617
74	Viola Elio ed Altri ora Viola Emilia	SAN REMO	0.07
77	Basso Sebastiano ed Altri	SAN REMO	0.11
79	Lanteri Renato ed Altri ora Lanteri Dario ed Altri	CERIANA	0.47
90	Lanteri Pietro ora Lanteri Eugenio ed Altri	SAN REMO	0.07
94	Lupi Raffaele ora Lupi Alessandro	CERIANA	0.0571
97	Bianco Giovanni ora Bianco Gianni e Rinaldo	SAN REMO	0.052
99	Appicciutoli Domenico ora Reggi Emilia e Appicciutoli Maria	SAN REMO	0.091
103	Crespi Giuseppe ed Altri	SAN REMO	0.1
104	Lanteri Bruno	SAN REMO	0.16
105	Leone Maria Jole	SAN REMO	0.18
107	Lupi Emilio	SAN REMO	0.112
109	Ferrari Jacqueline in Tartarini	CERIANA	0.083
110	Carini Agostino	SAN REMO	0.033
111	Consorzio Irriguo Belando	CERIANA	1.5
117	Veneziano Bianca Livia	CERIANA	0.023
122	Perona Pietro ed Altri + Brezzo Angela	CERIANA	0.46
128	Martini Angela ed Altri	CERIANA	0.16
135	Martini Attilio ed Altri	CERIANA	0.822
136	Brezzo Maria Adele ed Altri	CERIANA	1.3

137	Crespi Antonietta ora Crespi Bruna	CERIANA	0.009
149	Revelli Marisa	SAN REMO	0.17
151	Lanteri Lauria Pietro ed Altri	CERIANA	0.2904
155	Rossi G. Battista, Ginestra Valeriana	CERIANA	0.9
156	Rebaudo Martino ed Altri	CERIANA	0.42
159	Verrando Caterina	CERIANA	0.04
160	Perona Bruno	CERIANA	0.06
162	Veneziano Vincenzo ed Altri	CERIANA	0.106
169	Rebaudo Roberto	CERIANA	0.09
173	Battistotti Fulvio ed Altri	CERIANA	0.112
174	Pizzo Emilia ora Rebaudo Camillo	CERIANA	0.014
175	Embriaco Antonio	CERIANA	0.019
177	Cappone Marida ed Altri	CERIANA	0.005
181	Veneziano Americuccio ed Altri	CERIANA	0.1
182	Piugioti Gabriele e Papa Domenica	SAN REMO	0.035
183	Caputo Giuseppe	SAN REMO	0.08
186	Bacelin Piera Maria e Boeri Battistina ora Bacelin Piera Maria	SAN REMO	0.05
189	Lupi Antonio ora Lupi Maria Teresa	CERIANA	0.03
197	Di Michele Carmela	SAN REMO	0.1
198	Alabastro Germano	SAN REMO	0.07
201	Minti Giovanna	CERIANA	0.006
202	Martini Attilio ed Altri	CERIANA	0.155
210	Rosso Selma	CERIANA	0.0342
223	Lupi Danilo	CERIANA	0.0086
227	Rebaudo Redentore ed Altri	CERIANA	0.095
231	Giordano Enrico ed Altri	CERIANA	0.0166
232	Crespi Battista ed Altri ora Baronio Antonio e Crespi Pierella	CERIANA	0.054
237	Amelio Antonio ed Altri	CERIANA	0.047
239	Siccardi Alberto	CERIANA	0.18
240	Zappia Giuseppe e Altri	CERIANA	0.24
241	Lupi Roberto ed Altri	CERIANA	0.15
242	Lupi Roberto ed Altri ora Lupi Alessandro ed Altri	CERIANA	0.15
243	Di Girolamo Mario ed Altri	CERIANA	0.005
246	Roverio Gianluigi	SAN REMO	0.135
247	Lupi Angela ed Altri	CERIANA	0.34
249	Morganti Enrica ora Morganti Enrica e Bruno Barbara	CERIANA	0.17
252	Lupi Pietro	CERIANA	0.0066
			31.6215

TABELLA 4.11- Derivazioni ad uso irriguo

Numero pratica	Ditta	Comune	Portata
50	Ughetto Gio Batta ora Ghu Luigi ed Altri	CERIANA	0.07
107	Lupi Emilio	SAN REMO	0.112
205	Lupi Pietro e Crespi Giovanni	CERIANA	0.094
247	Lupi Angela ed Altri	CERIANA	0.16
			0.436

TABELLA 4.12-Derivazioni ad uso igienico

La portata totale prelevata dalle derivazioni riferite ai vari usi è riportata nella sottostante tabella:

SORGENTE	PORTATA (l/s)
DERIVAZIONE AD USO IRRIGUO	31.6
DERIVAZIONE AD USO IGIENICO	0.436
TOTALE	32.06

TABELLA 4.13 – Derivazioni assentite presenti nel bacino

4.2.3 Censimento dei pozzi

I pozzi presenti all'interno del territorio del bacino del torrente Armea, ubicati principalmente nel subalveo del torrente, si trovano per l'88% nel comune di San Remo e per il rimanente 12% nel comune di Ceriana. Il numero delle concessioni sono 34: 24 ad uso irriguo, 3 ad uso industriale e 2 ad uso igienico.

I pozzi sono ubicati sulla carta degli usi in atto concessionati (tav. 7), viceversa i dati anagrafici e amministrativi sono stati riportati nelle schede di cui all'allegato n. 4.5 del presente piano stralcio del bilancio Idrico.

Numero d'ordine	Ditta	Comune	Portata (l/s)
14	Gherzi Alessandrina in Mancini	SAN REMO	0.2
22	Siccardi Severino ora Siccardi Fulvio	SAN REMO	0.3
25	Sappia Giuseppina	SAN REMO	0.26
26	Consorzio Irriguo di Capo Verde	SAN REMO	2
33	Consorzio Irriguo Piccoli Proprietari di Bussana Vecchia	SAN REMO	4.41
48	Lanteri Anna Maria ed Altri	CERIANA	0.1791
56	Bosio Gio Batta ed Altri ora Consorzio Irriguo "Pian del Colle"	SAN REMO	11
63	Amedeo Giorgio	SAN REMO	0.4
64	Gonella Rodolfo e Donella Franca	SAN REMO	0.11
78	Consorzio Banchette	SAN REMO	2.07
82	Consorzio Covo	SAN REMO	4.3

Alessandrino			
87	Camponagara Marcello ora Camponagara Gisella	SAN REMO	0.04
89	Soleri Giuseppe ed Altri ora Soleri Claudio	SAN REMO	0.06
92	Di Giorgio Antonio e D'Attilio Clelia	SAN REMO	2
93	Consorzio Irriguo Monte Calvo	SAN REMO	1.5
96	Albani Vincenzo ed Altri	SAN REMO	0.333
98	Virga Francesco	SAN REMO	0.12
101	Laigueglia Giuseppe ora Società Calcestruzzi Sanremo	SAN REMO	1
123	Nobile Egidio ed Enzo	SAN REMO	1.16
133	Lupi Pietrina e Roberto ed Altri	CERIANA	0.12
142	Patrucco Ezio ed Altri	SAN REMO	0.045
147	Agnese G. ed Altri ora Riccio A. ed Altri ora Riccio F. ed Altri ora Taylor Norman James ed Altri	CERIANA	0.3415
150	Cons. Irriguo "Monte Corvo"	SAN REMO	5
153	Consorzio Irriguo "Caponi"	SAN REMO	9
163	Lanteri Franco ed Altri	SAN REMO	0.08
165	Soleri Giancarlo	SAN REMO	0.02
167	Assereto Stefano ed Altri ora Assereto M. Grazia ed Altri	SAN REMO	0.4
199	Comune di Sanremo	SAN REMO	10
244	Vittani Giovanni Battista	SAN REMO	0.235
TOTALE			56.7

TABELLA 4.14 – Pozzi ad uso irriguo

Numero d'ordine	Ditta	Comune	Portata (l/s)
101	Laigueglia Giuseppe ora Società Calcestruzzi Sanremo	SAN REMO	1
199	Comune di Sanremo	SAN REMO	10
253	Colabeton SPA	SAN REMO	0.138
TOTALE			11.138

TABELLA 4.15 – Pozzi ad uso industriale

Numero d'ordine	Ditta	Comune	Portata (l/s)
147	Agnese G. ed Altri ora Riccio A. ed Altri ora Riccio F. ed Altri ora Taylor Norman James ed Altri	CERIANA	0.3415
176	Canavese Livio ora "Canavese e C." S.R.L.	SAN REMO	0.035
TOTALE			0.3765

TABELLA 4.16 – Pozzi ad uso igienico

La portata totale prelevata dai pozzi riferite ai vari usi è riportata nella sottostante tabella:

POZZI	CONCESSIONI	PORTATA (l/s)
POZZO AD USO IRRIGUO	29	56.7
POZZO AD USO INDUSTRIALE	3	11.14
POZZO AD USO IGIENICO	2	0.38
TOTALE	34	68.20

TABELLA 4.17 – Pozzi assentiti presenti nel bacino

4.3 Fabbisogni idrici

Per una corretta ed efficiente valutazione delle effettive necessità idriche del bacino del Torrente Armea bisogna effettuare una analisi approfondita relativa allo sviluppo socio-economico e turistico che tenga conto in primo luogo della presenza degli insediamenti urbani e della loro crescita (o decrescita) demografica, vista la priorità dell'uso potabile nella utilizzazione delle risorse idriche, e al tempo stesso della integrazione delle informazioni relative alla situazione agricola e industriale e soprattutto degli sviluppi futuri di tali settori.

Gli aspetti legati alla tutela quantitativa della risorsa idrica possono essere schematizzati secondo il modello DPSIR come di seguito elencato:

- Determinanti o driving forces: popolazione residente e fluttuante, industrie, aree irrigue etc.
- Pressioni: fabbisogno idrico, consumo idrico e densità del fabbisogno idrico
- Stato: quantità di acqua disponibile nei serbatoi (acque superficiali e sotterranee)
- Impatti: razionamenti all'anno
- Risposte: Deflusso Minimo Vitale, tariffa, riutilizzo della risorsa etc.

L'attuale disponibilità di dati non permette di quantificare il consumo idrico sul territorio del Bacino in maniera omogenea: per questo motivo è stato fatto ricorso alla stima del fabbisogno idrico che, seppur sommariamente, permette di fornire un quadro generale dei consumi potenziali della risorsa idrica nei tre settori (civile, irriguo ed industriale) e, di individuare i punti maggiormente critici per programmare interventi ai fini della tutela della risorsa idrica.

Fabbisogno Civile

Rappresenta il consumo idrico potenziale derivante dagli usi domestici calcolato sulla base della popolazione residente e fluttuante. Il n° di abitanti residenti può essere ricavato dai dati ISTAT relativi all'anno solare preso come riferimento. Il n° di abitanti fluttuanti può essere ricavato dai dati relativi alle presenze turistiche rilevate dalle Aziende di Promozione Turistica. Si possono distinguere due scenari differenti: il fabbisogno idrico minimo ipotizzabile, calcolato sulla base della sola popolazione residente, ed il fabbisogno idrico massimo, calcolato sulla base della popolazione residente e di quella fluttuante, rappresentativa dei mesi di massima affluenza turistica (periodo giugno-settembre). Le principali criticità possono derivare dai dati riguardanti gli abitanti fluttuanti. Le presenze turistiche trascurano, infatti, il fenomeno delle “seconde case” e quello del turismo giornaliero, molto consistente in Riviera soprattutto nel periodo primaverile ed estivo.

Fabbisogno Industriale

Rappresenta il consumo idrico potenziale derivante dalle attività industriali idroesigenti. Gli indicatori si possono calcolare attraverso il numero degli addetti delle singole categorie produttive. Tale numero può essere determinato dai dati ISTAT relativi all'8° Censimento dell'Industria e dei Servizi. Si possono prendere in considerazione le categorie ISTAT maggiormente idroesigenti (in ordine decrescente attività manifatturiere, estrazione di minerali, sanità e servizi sociali, costruzioni, pesca e piscicoltura, istruzione, alberghi e ristoranti, produzione e distribuzione di energia elettrica). Tale dato poi è da moltiplicare per un opportuno coefficiente che rappresenta la teorica dotazione idrica (mc/addetto giorno) tipica di ogni singola attività.

Fabbisogno irriguo

Rappresenta il consumo idrico potenziale derivante dalle attività agricole. Tali dati si possono ricavare dai dati ISTAT, estratti dal 5° Censimento dell'Agricoltura, relativi alle superfici irrigate per ogni singola tipologia agricola. Le principali criticità nel determinare il fabbisogno per questa categoria e dovuto alla sola disponibilità dei dati e dal fatto che, dalla carta dell'uso del suolo, non è possibile ricavare i tematismi relativi alle colture maggiormente idroesigenti.

Dai dati prelevati dal PTA della regione Liguria allegato IV, per quanto riguarda il bacino del torrente Armea e, a titolo di esempio, si riportano i parametri utilizzati per la determinazione del fabbisogno totale giornaliero.

Abitanti residenti nel bacino del Torrente Armea:

BACINO	N. ABITANTI RESIDENTI (elaborazioni a partire dai dati istat 2001)
ARMEA	9875

Abitanti fluttuanti (n. di presenze estive medie giornaliere estive relative al periodo giugno- settembre a partire dai dati dell'anno 2002) nel bacino del Torrente Armea:

BACINO	N. ABITANTI FLUTTUANTI (elaborazioni a partire dai dati istat 2001)
ARMEA	651

Partendo dai dati comunali relativi alla popolazione residente negli anni 91-98-99-2000-2001 (dati ISTAT) è stata effettuata una previsione al 2008 ed al 2016 attraverso la funzione di Excel "TENDENZA". Attraverso quest'ultima elaborazione è stato possibile ricavare il n. di abitanti residenti nel bacino del Torrente Armea.

BACINO	Residenti al 31-12-01 Fonte ISTAT	Previsione al 01-01-2008	Previsione al 01-01-2016
ARMEA	9875	10215	9891

Stima delle presenze medie giornaliere annuali per gli anni 2008 e 2016:

BACINO	Presenze medie giornaliere al 2008	Presenze medie giornaliere al 2016
ARMEA	95	68

Per quanto riguarda le componenti irrigue ed industriali, non è stato possibile effettuare una previsione precisa. A partire dai dati ISTAT relativi al numero di attività produttive registrate dal 1971 al 2001, è stata effettuata, attraverso la funzione "TENDENZA" di Excel, la previsione al 2016.

Stima fabbisogno idrico per scopi irrigui:

BACINO	Fabbisogno idrico (mc/giorno)
ARMEA	3459

Stima fabbisogno idrico per scopi industriali:

BACINO	Fabbisogno idrico (mc/giorno)
ARMEA	1513

Per quanto riguarda la determinazione del valore corrispondente al fabbisogno idrico totale giornaliero, di seguito, si farà riferimento a 4 diversi valori. Di conseguenza si avranno 4 scenari differenti:

- fabbisogno sulla base del D.P.C.M. 4/03/96 che indica in 150 litri al giorno/procapite, il livello minimo di acqua potabile che deve essere garantita in ciascun ambito territoriale ottimale alle utenze domestiche.
- fabbisogno sulla base della Direttiva 2000/60 sulle acque che indica in 200 litri al giorno/procapite, il livello di acqua potabile.
- fabbisogno sulla base dei dati disponibili presso il Comitato per la Vigilanza delle Risorse Idriche che indicano un consumo medio di acqua, per la Regione Liguria, pari a 239 l/abitante/giorno.
- fabbisogno sulla base del PRRA della Regione Liguria che indica come dotazione minima, 250 l/abitante/giorno e come dotazione massima 400 l/abitante/giorno.

Scenario futuro

Sulla base delle previsioni effettuate sulla popolazione residente e fluttuante al 2008 viene fornito il seguente scenario futuro:

- scenario relativo agli abitanti residenti e fluttuanti 2008:

BACINO	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo DM 4/3/96	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo Direttiva 2000/60	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo Comitato per la Vigilanza delle Risorse Idriche	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo PRRA minimo	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo PRRA massimo
ARMEA	1608	2145	2563	2681	4289

➤ fabbisogno totale giornaliero stimato:

	fabbisogno civile (residenti e fluttuanti)				fabbisogno agricolo	fabbisogno industriale	
BACINO	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo DM 4/3/96	fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo Comitato per la Vigilanza delle Risorse Idriche	Fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo PRRA minimo	Fabbisogno idrico (mc/giorno) secondo PRRA massimo	fabbisogno del bacino agricolo(mc/giorno)	consumo idrico giornaliero per bacino industriale	FABBISOGNO TOTALE GIORNALIERO
ARMEA	1608	2563	2681	4289	3459	1513	7535

4.4 *Equilibrio del bilancio idrico – Sostenibilità dell'uso della risorsa idrica*

Di seguito si procede ad una prima valutazione dell'equilibrio del bilancio, partendo dal calcolo della risorsa idrica naturale e deducendo da essa i volumi idrici utilizzati per uso antropico.

Secondo i criteri per la redazione dei Piani di bacino stralcio per il bilancio idrico, approvati dalla giunta regionale della Liguria con D.G.R. n. 1146 del 15/10/2004, una volta ricostruito il bilancio idrologico e valutata la risorsa idrica utilizzabile la condizione di equilibrio del bilancio idrico di un bacino (o sottobacino) è espressa dalla disuguaglianza seguente:

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

Tali termini rappresentano i volumi totali delle risorse e dei fabbisogni idrici riferiti al periodo considerato ed assumono i seguenti significati:

R_{ut} = risorsa idrica superficiale e sotterranea utilizzabile nel bacino (o sottobacino);

R_{riu} = risorsa idrica riutilizzata nel bacino (o sottobacino);

V_{rest} = volumi idrici restituiti al bacino da usi antropici interni al bacino stesso;

F_i = fabbisogni idrici di varia natura (uso potabile e civile non potabile, uso agricolo, industriale, idroelettrico, ecc.).

A sua volta la risorsa idrica utilizzabile è così quantificata:

$$R_{ut} \leq R_{pot} - V_{DMV}$$

essendo R_{pot} la risorsa idrica potenziale nel bacino, espressa a sua volta dalla seguente disuguaglianza:

$$R_{pot} \leq R_{nat} + R_{n.c.} + V_{est} \pm \Delta V - V_{trasf}$$

I termini delle due precedenti disuguaglianze rappresentano i volumi totali, riferiti al periodo considerato, coi seguenti significati:

R_{nat} = risorsa idrica naturale nella sezione di chiusura del bacino, quella dovuta al regime idrologico naturale dei corsi d'acqua (non influenzata da interventi antropici);

$R_{n.c.}$ = risorsa idrica non convenzionale nel bacino, derivante dal riutilizzo delle acque reflue opportunamente depurate, dagli usi in cascata della risorsa e dalla riduzione delle perdite e degli sprechi. Generalmente tale termine è già contemplato nelle definizioni dei fabbisogni idrici;

V_{est} = apporti idrici al bacino o sottobacino dovuti ad usi antropici provenienti da altri bacini;

ΔV = differenza tra i volumi idrici superficiali e sotterranei invasati nel bacino all'inizio e alla fine del periodo;

V_{trasf} = volumi idrici trasferiti, per uso antropico, al di fuori del bacino;

V_{DMV} = volume del deflusso minimo vitale, ottenuto come integrale della portata di deflusso minimo vitale nel periodo di riferimento.

Di seguito si procede ad adattare le precedenti disuguaglianze alla specificità dei bacini dell'imperiese, nonché al modello di bilancio idrologico utilizzato (modello Hydro_co) ai fini del presente Piano.

La risorsa idrica riutilizzabile (R_{riu}) viene computata nei fabbisogni idrici, mentre i volumi idrici restituiti (V_{rest}) sono in prima approssimazione imputabili agli scarichi di acque reflue non direttamente recapitanti in mare. Pertanto la disuguaglianza che esprime l'equilibrio del bilancio idrico diviene:

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

La differenza tra i volumi idrici invasati nel bacino all'inizio e alla fine dell'anno (ΔV) è valutata pari a 0; inoltre, l'aspetto inerente al DMV verrà trattato nel successivo capitolo 5, pertanto si procede di seguito a valutare l'equilibrio del bilancio idrico al lordo del DMV. Nel capitolo 5 si analizzeranno gli effetti del DMV sul bilancio idrico.

Alla luce di quanto detto, valgono le seguenti disuguaglianze:

$$R_{ut} \leq R_{pot}$$

$$R_{pot} \leq R_{nat} + V_{est} - V_{trasf}$$

essendo già stata computata nei fabbisogni la risorsa idrica non convenzionale.

4.4.1 Stima del bilancio idrico

Il calcolo del bilancio idrico nel bacino del Torrente Armea viene eseguito in corrispondenza della foce del torrente stesso.

Per la valutazione della risorsa idrica naturale viene utilizzato il modello Hydro_co, con riferimento all'anno idrologico medio precedentemente definito. Le risultanze delle elaborazioni compiute dal modello per la valutazione del bilancio sono quelle riportate nella precedente tabella 4.5: infatti il valore dei deflussi calcolati da Hydro_co coincide con la risorsa idrica naturale, nei limiti delle approssimazioni e delle ipotesi su cui si basa il modello stesso, quale la coincidenza di spartiacque superficiali e sotterranei all'interno del bacino.

Per quanto attiene alle risorse provenienti da bacini esterni (V_{est}), occorre sottolineare che le utenze ubicate nella parte bassa del bacino sono servite dall'acquedotto del Roia, ma allo stato attuale non è possibile quantificare tali apporti.

La valutazione dei fabbisogni idrici (F_i) si riferisce alle concessioni di derivazione rilasciate, aggiornate al mese di febbraio 2006, che includono anche eventuali volumi idrici trasferiti (V_{trasf}), per uso antropico, al di fuori del bacino.

Per quanto attiene ai volumi di acqua restituiti, imputabili agli scarichi di acque reflue non direttamente recapitanti in mare, in base ai dati forniti dal PTA nel bacino dell'Armea recapita un unico scarico, costituito dalle acque reflue urbane del Comune di Ceriana trattate nel depuratore di Santa Lucia. Il recettore è il torrente Armea. Non vi sono scarichi industriali recapitanti in ambiente. Il carico annuo di BOD complessivo (civile e produttivo) è stimato in 55 t_{BOD5}/anno: considerando un apporto procapite di 60 g_{BOD5}/abitante al giorno, il carico ammonta a circa 2500 Abitanti Equivalenti (A.E.).

Poiché non si dispone di informazioni puntuali in merito al dimensionamento dei sistemi depurativi locali, per stimare gli apporti idrici dovuti ai 2500 A.E. di cui sopra, si ipotizza una dotazione idrica procapite di 150 l/abitante al giorno. Pertanto l'apporto idrico, a monte della località Santa Lucia del Comune di Ceriana, dovuto agli scarichi di acque reflue viene stimato in:

$$2500 \text{ A.E.} \cdot 150 \frac{\text{l}}{\text{ab} \cdot \text{g}} \cdot \frac{10^{-3}}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0.004 \frac{\text{mc}}{\text{s}}$$

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle grandezze idriche che determinano l'equilibrio del bilancio idrico alla foce del T. Armea.

Sezione di chiusura	R_{nat} (mc/s)	V_{est} (mc/s)	R_{pot} (mc/s)	R_{ut} (mc/s)	F_i (mc/s)	V_{rest} (mc/s)
Foce T. Armea	0.790	-	0.790	0.790	0.129	0.004

N.B.: equilibrio del bilancio idrico al lordo del DMV

TABELLA 4.18 - Bilancio idrico alla Foce del T. Armea

La risorsa potenziale verrà ricalcolata successivamente nel Capitolo 5, una volta stimato il volume del Deflusso Minimo Vitale nei tratti di interesse.

Nella precedente tabella il termine F_i indica i prelievi d'acqua autorizzati mediante rilascio di concessioni all'interno del bacino, incluse quelle concessioni per prelievi d'acqua da destinarsi eventualmente ad utenze ubicate in bacini esterni.

Si richiama di seguito la disuguaglianza che esprime l'equilibrio del bilancio idrico:

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

Si può osservare, in base ai dati riportati nella precedente tabella, che nella sezione di chiusura in cui è stato realizzato il bilancio idrico la precedente disuguaglianza risulta soddisfatta.

Sezione di chiusura	$R_{ut} - \sum F_i + V_{rest}$ (mc/s)
Foce T. Armea	0.665

Tabella 4.19 - Verifica dell'equilibrio del bilancio idrico

In analogia a quanto sopra riportato, si procede ora ad una valutazione dell'equilibrio del bilancio idrico considerando per i fabbisogni (F_i), in luogo delle concessioni rilasciate per prelievi d'acqua, i fabbisogni individuati nel PTA sulla base delle dotazioni idriche da garantire alle utenze civili, irrigue e industriali. In via cautelativa si considera il valore massimo tra quelli riportati nel PTA stesso.

Nella seguente tabella (Tab. 4.22) si riportano le grandezze idriche che determinano l'equilibrio del bilancio idrico alla foce del Torrente Armea.

Sezione di chiusura	R_{nat} (mc/s)	V_{est} (mc/s)	V_{trasf} (mc/s)	R_{pot} (mc/s)	R_{ut} (mc/s)	F_i (PTA) (mc/s)	V_{rest} (mc/s)
Foce T. Armea	0.790	-	-	0.790	0.790	0.107	0.004

N.B. equilibrio del bilancio idrico al lordo del DMV

TABELLA 4.20 – Bilancio idrico alla foce del Torrente Armea, con individuazione dei fabbisogni idrici secondo le elaborazioni contenute nel PTA

Nella tabella sono indicati i volumi d'acqua trasferiti all'esterno del bacino (V_{trasf}), contrariamente a quanto riportato nella precedente tabella 4.22 in cui tali volumi sono compresi nel conteggio dei prelievi d'acqua autorizzati mediante rilascio di concessioni all'interno del bacino. Sulla base delle informazioni disponibili non è tuttavia possibile fornire, allo stato attuale, una stima di tali volumi d'acqua trasferiti all'esterno del bacino.

Si richiama di seguito la disuguaglianza che esprime l'equilibrio del bilancio idrico:

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

Sezione di chiusura	$R_{ut} - \sum F_i + V_{rest}$ (mc/s)
Foce T. Armea	0.687

TABELLA 4.21 - Verifica dell'equilibrio del bilancio idrico (fabbisogni secondo PTA)

Dai bilanci sinora eseguiti emerge che la risorsa idrica attualmente disponibile è in grado di soddisfare i fabbisogni delle utenze, valutati sia sulla base delle concessioni in atto, sia sulla base delle stime contenute nel PTA. Si sottolinea che la valutazione della sostenibilità della risorsa non può prescindere dalla determinazione delle portate d'acqua minime da garantire nelle sezioni significative dei corsi d'acqua, in ottemperanza alla vigente normativa in materia del Minimo Deflusso Vitale.

Tale argomento sarà sviluppato nel Capitolo 5, in cui si procederà ad effettuare valutazioni anche in relazione alla stagionalità delle portate nei corsi d'acqua.

4.5 Curve di durata delle portate

Il modello di bilancio Hydro_co a scala mensile (vedere Cap. 1) non fornisce direttamente le informazioni necessarie per la costruzione della curva di durata delle portate, tipiche di un'analisi a scala giornaliera. È possibile per ogni sezione fluviale determinare la curva di durata secondo una procedura che viene di seguito descritta.

La costruzione è limitata alla parte di curva relativa a durate superiori a 90 giorni; infatti sono tali durate quelle significative per studi sulla disponibilità della risorsa idrica.

Mediante procedure di taratura del modello è stato possibile determinare il rapporto tra il volume delle portate di durata superiore a 91 giorni (V_{91}), e il volume totale annuo; in base a tali rapporti si è riportato su tutto il territorio, memorizzandolo in ogni cella elementare, il coefficiente moltiplicativo del volume totale annuo, atto a calcolare V_{91} . Inoltre, sempre mediante taratura del modello, si è studiato l'andamento della curva storica e, mediando tra tutti quelli noti, si è determinato un andamento tipico delle curve da 91 giorni in avanti. Pertanto, per ogni sezione fluviale è possibile calcolare la curva di durata delle portate a partire da 91 giorni, in base al volume V_{91} e alla legge che ne regola l'andamento.

Si osservi che il modello Hydro_Co fornisce, assieme ai valori di deflusso medio mensile e annuo, i valori delle portate relative alle seguenti durate:

60 giorni; 90 giorni; 120 giorni; 150 giorni; 180 giorni; 210 giorni; 240 giorni; 270 giorni; 300 giorni; 330 giorni; 360 giorni.

Tali valori sono comunque estrapolati dalla curva di durata, realizzata con la metodologia sopra descritta.

Di seguito si riporta il diagramma della curve di durata delle portate per la sezione di chiusura in cui è stato realizzato il bilancio idrico: la foce del Torrente Armea.

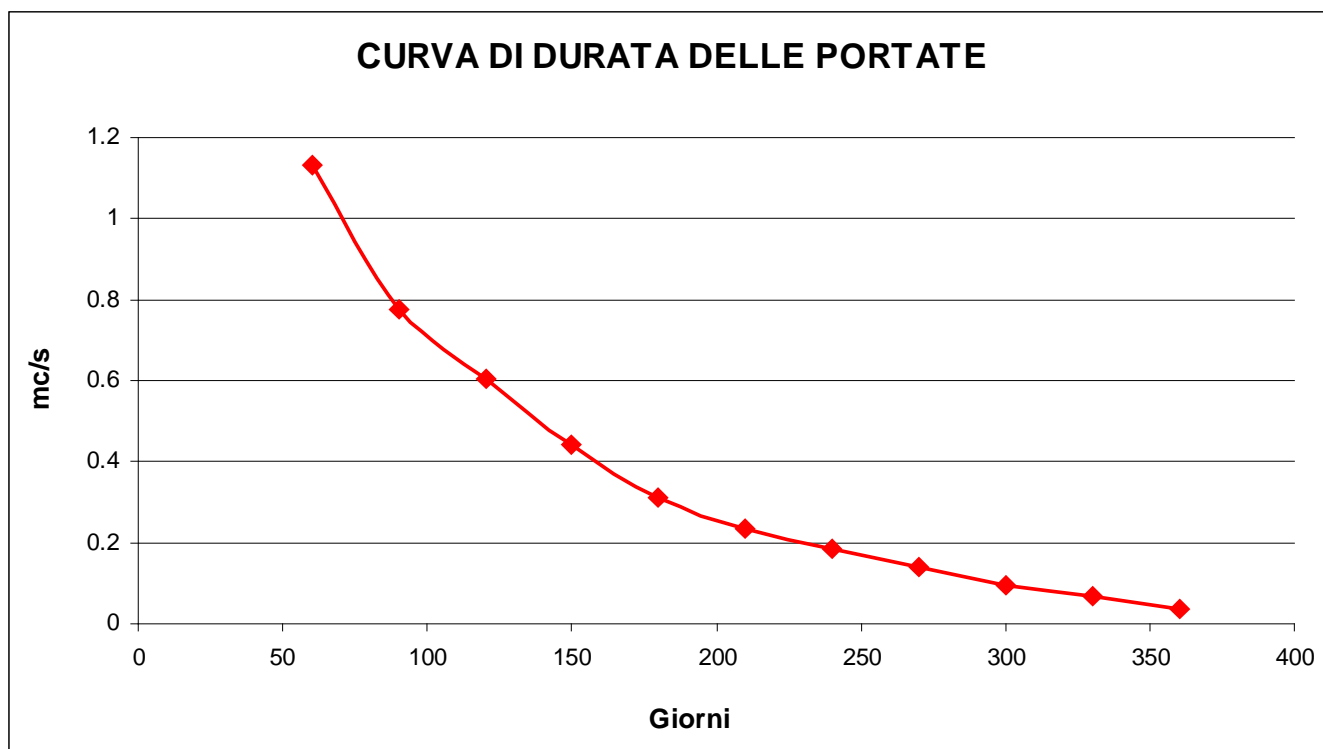


Figura 4.4- Curva di durata delle portate alla foce del T. Armea (modello Hydro_Co)

4.6 *Proposte finalizzate alla realizzazione di una rete di monitoraggio del bacino del Torrente Armea*

Il piano stralcio sul bilancio idrico, che mette a confronto le stime dei prelievi in atto (concessioni) con i deflussi superficiali e sotterranei valutati mediante modellazione idrologica,

contiene al suo interno tutti i limiti della conoscenza storica di cui si dispone, conoscenza caratterizzata da forti lacune. In particolare, lo studio del bilancio idrico deve essere in continuo aggiornamento, mediante l'acquisizione di nuovi dati derivanti da un'adeguata rete di monitoraggio. Infatti, ai fini della salvaguardia e dell'utilizzazione ottimale della risorsa idrica gestita, una rete di monitoraggio rileva con continuità nel tempo una serie cospicua di dati relativi a grandezze quali quelle idrologiche e meteorologiche che, confluendo in una banca dati, consentono l'aggiornamento e l'ampliamento degli elementi di base per il bilancio idrico di bacino.

La rete di monitoraggio, come previsto dall'art.8 delle norme di attuazione di cui al Capitolo 6, è concordata a livello regionale nel rispetto dei programmi di attività ARPAL approvati con DGR 1272/2006 .

Nel seguito, richiamate le caratteristiche delle attuali stazioni di misura all'interno del bacino e l'utilizzo di risorse idriche da esso prelevate, si procede a definire una serie di proposte finalizzate alla realizzazione di un'adeguata rete di monitoraggio.

4.6.1 Attuale rete di monitoraggio

Si riporta di seguito un elenco delle stazioni di misura attualmente funzionanti (fonte: ARPAL, *Catalogo dati pluviometrici, termometrici e idrometrici CMIRL, 2006*)

1) Stazioni pluvio – termometriche

STAZIONE	QUOTA (m.s.l.m.)	TIPOLOGIA (*)
Ceriana	370	P – e
Passo Ghimbegna	938	P/T – e

(*) P: stazione pluviometrica; T: stazione termometrica; e: stazione elettronica.

2) Stazioni idrometriche

- Valle Armea (41 m.s.l.m.)

Tale stazione è di tipo elettronico.

4.6.2 Prelievi in atto

Con riferimento al precedente paragrafo 4.4.1, si riporta una stima dei prelievi idrici all'interno del bacino del Torrente Armea, riferita ai dati presenti nel registro delle concessioni in atto e aggiornate al mese di febbraio 2006.

- Prelievi idrici alla foce del T. Armea 129l/s;

4.6.3 Analisi delle criticità e previsione di un piano di monitoraggio ottimale

1) Monitoraggio pluviometrico e termometrico

Dall'analisi delle stazioni pluviometriche attualmente operanti nel bacino del Torrente Armea si rileva la presenza di una rete di misura con una stazione ogni 19 kmq di superficie di bacino.

Al fine di migliorare l'attuale rete di monitoraggio per la valutazione degli afflussi meteorici, che copra in modo uniforme il bacino del Torrente Armea con ricaduta positiva anche per i limitrofi bacini, si ritiene opportuno prevedere l'installazione di una stazione pluvio – termometrica a quota compresa tra 1000 e 1200 m.s.l.m., possibilmente ubicata lungo il crinale che separa il bacino del Torrente Armea da quello del Torrente Argentina (tra Cima Mairizie e M.te Alpicella).

2) Monitoraggio idrometrico

Il monitoraggio dei deflussi superficiali lungo il corso d'acqua è una misura indispensabile per una corretta valutazione di:

- portate di magra, per lo studio del MDV;
- portate al colmo di piena, per la validazione e la taratura di modelli idrologici;
- soglie critiche dei livelli idrometrici ad uso di protezione civile;

Dall'analisi delle stazioni idrometriche operanti nel bacino del Torrente Armea si rileva che attualmente risulta operativa la sola stazione di Valle Armea (41 m.s.l.m.), ubicata in una sezione del corso d'acqua che sottende un bacino di 36 kmq.

Si ritiene che tale stazione sia sufficiente per un controllo dei deflussi superficiali all'interno del bacino.

3) Monitoraggio dei prelievi in atto

Un'adeguata rete di monitoraggio dei deflussi idrici superficiali e sotterranei, deve necessariamente esser supportata da un controllo dei volumi d'acqua prelevati all'interno del bacino, per valutare possibili sovrasfruttamenti della risorsa idrica disponibile e pianificare interventi volti alla salvaguardia della risorsa stessa.

In un primo tempo il monitoraggio dei prelievi potrà essere realizzato mediante l'installazione di appositi strumenti di misura per derivazioni assentite maggiori di 10 l/s. Per derivazioni assentite comprese tra 2 e 10 l/s l'Amministrazione preposta al rilascio delle concessioni elaborerà un programma che preveda tempistica e modalità d'installazione degli strumenti di misura dei volumi d'acqua prelevati, in conformità alla normativa nazionale e regionale in materia.

La Tavola 10 “Carta delle reti di monitoraggio”, realizzata a sc:1:50000, visualizza le reti di monitoraggio attive e previste dall'ARPAL e quelle proposte dalla Provincia di Imperia.

4.6.4 Elaborati cartografici di sintesi

In analogia con quanto effettuato per territorio regionale di competenza dell'Autorità di bacino del Fiume Po e al fine di rappresentare in forma sintetica e di semplice lettura le informazioni contenute nel piano, si sono prodotte le seguenti cartografie derivate:

- a) Classificazione di stato quantitativo rappresentativo del mese con i deflussi minimi e del mese con i deflussi massimi- contenente il reticolo idrografico significativo raggruppato in classi rappresentative dello scostamento percentuale tra Q_{media} mensile naturale e Q_{media} antropizzata
La classificazione dello stato quantitativo è stata eseguita anche per la portata media, portata che generalmente si utilizza per i calcoli del bilancio e del DMV. Lo scostamento percentuale tra Q_{media} mensile naturale e Q_{media} antropizzata viene considerato come stress idrico. (Tavole 9a, 9b e 9c);
- b) Schema idrologico dell'asta principale- contenente prelievi e restituzioni complessivi (sorgenti, pozzi e derivazioni superficiali) portata media naturale e portata media antropizzata di ogni sottotratto e dei principali affluenti (Allegato 4_6).