



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

# Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco

*(adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n°111 del 30 novembre 2005)*

## *Relazione generale*

30 NOVEMBRE 2005



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE

## **PIANO DI BACINO DEL FIUME TEVERE**

### **III° STRALCIO FUNZIONALE PER IL LAGO DI PIEDILUCO - P.S.3**

*Adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n.111 del 30 novembre 2005*

#### **RELAZIONE GENERALE**

## **Il Segretario Generale**

Ing. Roberto Grappelli

## **Il Comitato Tecnico**

Ing. Angelo Balducci, Ing. Leandro Benincasi, Ing. Raimondo Besson, Arch. Rosina De Piccoli, Ing. Francesco Governale, Dott. Endro Martini, Dott. Oliviero Montanaro, Dott. Lorenzo Quinzi, Ing. Ettore Ricci, Dott. Marco Rondinara, Ing. Angelo Viterbo, Arch. Francesco Zurli, Prof. Antonio Cenedese, Arch. Franco Finzi, Ing. Luigi Giangrossi, Dott. Gaetano Grimaldi, Dott. Giovanni Guerrieri, Arch. M. Vincenzina Iannicelli, Prof. Gianmarco Margaritora, Ing. Roberto Naso, Ing. Cesare Vignoli

## **A cura della Segreteria Tecnico-Operativa**

### **Gruppo redazionale interno:**

Ing. Carlo Ferranti (coordinatore) Ing. Silvio Bagnini, Dott. Geol. Franco Castellano, Dott. Geol. Alfredo Di Domenicantonio, Arch. Giovanni Fangucci, Dott. Agr. Leonardo Gatta, Arch. Paola Malvati, Arch. Daniele Moretti, Dott.ssa Lertizia Oddi, Ing. Remo Pelillo, Ing. Ignazio Terranova, Ing. Valentina Vitale (progettisti) Avv. Roberto Ciciani, Geom. Gianni Colatosti, Ing. Vittorio Forni, Sig.ra Elisabetta Giannini, Geom. Silvio Marinale, Ing. Alessandro Marrazza, Geom. Nando Mattoccia, GeoM. Stefano Pesce, Dott.ssa Geol. Emanuela Ruisi, Dott.ssa Geol. Elisabetta Preziosi, Dott.ssa Anna Maria Falanga, Dott.ssa Biol. Paola Schiavella, Sig. Emanuele Sillato, Sig. Sandro refrigeri, Sig.ra Rita Terrasi, Dott. Geol. Paolo Traversa (collaboratori) Rag. Roberto Baggio, Geom. Antonino Sciortino (operatori), Rag. M. Grazia Di Cioccio, Sig.ra Donatella Grippo, Sig.ra M. Raffaella Nocco, Sig. Giuseppe Racioppi (supporto amministrativo)

### **Contributi specialistici:**

Prof. Vincenzo Pane:	"Studio sulla stabilità delle sponde del lago di Piediluco nel tratto antistante il centro abitato ,
Prof. Francesco Gallerano:	"Studio modellistico dei fenomeni eutrofico – distrofici nel lago ,
Arch. Giacinto Donvito:	"Sistema insediativo ed uso dei suoli agricoli,
IPT:	"Mosaico della Pianificazione urbanistica comunale,
Arpa Umbria:	"Riconoscimento dello stato della depurazione e del collettamento"
Agrotec:	" La funzione della vegetazione nella protezione dei suoli dall'erosione idrica"
Provincia di Terni:	"Progetto riqualificazione ambientale del lago di Piediluco"

### **Consulenza giuridica:**

Prof. Avv. Paolo Urbani

# INDICE

## 1. PREMESSA

1.1. I caratteri del Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco

- *Obiettivi*
- *Azioni strutturali*
- *Azioni non strutturali*

1.2. Rapporto tra il Piano stralcio per il lago di Piediluco e lo studio della qualità delle acque secondo la Prima elaborazione del progetto di Piano di bacino del fiume Tevere

- *Impostazione metodologica*
- *Modello di valutazione dei carichi inquinanti immessi nei corsi d'acqua*
- *Determinazione del carico di fosforo*
- *Autodepurazione*
- *Tarature del modello*

1.3. L'evoluzione della normativa sulla qualità delle acque

- *Disciplina degli scarichi prima del D.Lgvo 152/99*
- *Normativa sulle acque destinate al consumo umano*
- *Il servizio idrico integrato*
- *Il decreto legislativo 11 maggio 1999 n. 152*

## 2. LE CARATTERISTICHE STORICHE E FIOGRAFICHE DEL LAGO

2.1. La storia del lago: dalle origini della formazione ad oggi

2.2. Il lago ed il suo territorio

- *Il lago di Piediluco*
- *Il bacino idrografico naturale del lago*
- *Il bacino idrografico ampliato*
- *Il bacino sotteso dal canale medio Nera*
- *Il bacino del fiume Velino*
- *I sottobacini che compongono l'area di Piano*

## 3. GLI OBIETTIVI GENERALI DEL PIANO STRALCIO

3.1. Finalità del Piano

- *Obiettivo generale*
- *Obiettivi subordinati*

3.2. Struttura del Piano e contenuti

3.3. La definizione dell'area di Piano

- *La metodologia applicata*
- *I risultati delle elaborazioni relative al fiume Salto*
- *I risultati delle elaborazioni relative al fiume Turano*

3.4. Le aree di rispetto

## 4. LE ANALISI

4.1. Le basi conoscitive disponibili

4.2. Analisi delle caratteristiche ambientali del lago di Piediluco

- *Caratteristiche generali del lago*
- *Caratteristiche qualitative pregresse*
- *Monitoraggio ambientale*
- *Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti*
- *Controlli sui parametri ambientali*
- *Analisi della comunità bentonica*
- *Monitoraggio della fauna spondale fitoplancton e zooplancton*
- *Monitoraggio e stato sanitario della Fauna ittica*
- *Analisi botaniche*

#### 4.3. Caratteristiche paesaggistiche ed ambientali del bacino imbrifero del lago

- *L'appennino umbro-marchigiano*
- *Le conche umbro sabine ed i Monti reatini*
- *Il reticolo idrografico*
- *Le sorgenti*
- *Il clima*
- *La copertura vegetale*
- *La fauna*
- *Le aree protette*
- *Ambiti ad elevato valore paesaggistico*

#### 4.4. Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli

- *Gli usi agricoli*
- *I seminativi*
- *I pascoli ed i prati – pascolo*
- *L'edificato*

#### 4.5. L'erosione idrica del suolo: la funzione protettiva della vegetazione

- *Impostazione generale dello studio di base*

#### 4.6. Lo studio dei fenomeni di instabilità delle sponde

- *Geomorfologia del bacino naturalmente sotteso*
- *Movimenti franosi antistanti l'insediamento di Piediluco*
- *Lo sviluppo storico del centro abitato*
- *Le caratteristiche del sottosuolo*
- *Lo stato di dissesto dei manufatti del centro abitato*
- *Variazioni recenti e passate del livello del lago*
- *Cause possibili dei dissesti*
- *Subsidenza dei terreni di riporto e del deposito lacustre*
- *Conclusioni*

#### 4.7. Studio modellistico dei processi eutrofico – distrofici del lago

- *L'intervento di rimozione*
- *Il piano di lavoro e la tecnologia applicata*
- *Lo smaltimento dei fanghi*

#### 4.8. Ricognizione circa lo stato della depurazione e del collettamento nei comuni del bacino

- *Premessa*
- *Risultati dell'indagine relativa agli scarichi civili ed industriali*

#### 4.9. Indagine sulla struttura socio-economica

- *Principali caratteristiche demografiche*
- *Il modello insediativo*

- *Le abitazioni*
- *Le attività produttive: industria e agrozootecnica*

## 5. ASPETTI METODOLOGICI

### PREMESSA

- 5.1. I carichi di fosforo provenienti da fonti diffuse
- 5.2. I carichi di fosforo provenienti da impianti di ittiocoltura
- 5.3. I carichi di fosforo provenienti dal comparto civile e industriale
- 5.4. Stima dei carichi effettivi e capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua

## 6. INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITA'

- 6.1. Le criticità da carichi di fosforo da fonti diffuse
- 6.2. Le criticità da carichi di fosforo da ittiocoltura
  - *Mitigazioni degli effetti negativi del fosforo sull'ambiente mediante accorgimenti gestionali degli impianti di ittiocoltura*
- 6.3. Le criticità da carichi di fosforo dal comparto civile industriale

## 7. ANALISI IDROLOGICA E DEI CARICHI DI FOSFORO VEICOLATI DALLA RETE IDRICA SULLA BASE DEI DATI DI MONITORAGGIO

- 7.1. Modalità di trasporto del fosforo veicolato dalla rete idrica naturale e artificiale
- 7.2. Metodologia di analisi utilizzata
- 7.3. Schema della circolazione e stima dei carichi nel Canale Medio Nera e nel bacino del Nera a monte del canale
  - *Stima del fosforo in ingresso a Piediluco dal Canale medio Nera*
  - *Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera fra Visso e Triponzo*
  - *Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera dal bacino del Corno-Sordo*
  - *Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera dal bacino del Vigi*
- 7.4. Schema della circolazione e stima dei carichi nel bacino del Velino
  - *Stima del fosforo in ingresso a Piediluco dal Velino*
- 7.5. Risultati ottenuti dall'analisi dei carichi di fosforo e confronto con le stime dei carichi di tipo diffuso e concentrato
- 7.6. Confronto dei risultati ottenuti dal monitoraggio dell'ARPA Umbria con le stime dei carichi di fosforo di tipo diffuso e concentrato

## 8. LE AZIONI DEL PIANO STRALCIO PER IL LAGO DI PIEDILUCO

- 8.1 Azioni non strutturali: discipline di indirizzo e regolamentazione delle attività
- 8.2 Le principali azioni strutturali
  - *L'intervento di rimozione dei sedimenti dal fondo*
  - *Depurazione e collettamento*
- 8.3 Manutenzioni, interventi sperimentali, studi e monitoraggio
- 8.4 Risultati attesi: scenario di riduzione del carico di fosforo

- *Riduzione del carico di fosforo dal comparto civile-industriale*
- *Riduzione del carico di fosforo dal comparto agro-zootecnico e forestale*
- *Riduzione del carico di fosforo dal comparto dell'itticoltura*
- *Conclusioni*

## **9. ANALISI ECONOMICA DELLE AZIONI DEL PIANO VOLTE ALLA RIDUZIONE DEI CARICHI DI FOSFORO AL LAGO**

PREMESSA

9.1. La metodologia di analisi

9.2. Individuazione dei costi

- *Criteri di riparto finanziario degli interventi di difesa estensiva del territorio.*

9.3. Individuazione dei benefici

9.4. L'analisi economica

## 1. PREMESSA

### 1.1 I caratteri del Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco

Il Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della legge 183/1989 e rappresenta lo strumento conoscitivo e tecnico normativo per il raggiungimento dell'obiettivo di contenimento e progressiva riduzione dei fenomeni eutrofici che caratterizzano il lago di Piediluco.

Esso costituisce uno stralcio territoriale del Piano di bacino del fiume Tevere definito dal bacino naturale del lago e dai bacini tributari nonché uno stralcio tematico sostenuto dall'obiettivo del disinquinamento dei bacini dal fosforo. A questo obiettivo prioritario si aggiunge la questione del dissesto spondale che caratterizza l'abitato di Piediluco per il quale il Piano interviene attraverso la proposta di un sistema integrato di interventi di consolidamento.

La recente e continua evoluzione delle disposizioni in campo ambientale, con particolare riferimento alla qualità delle acque, consente la precisa definizione delle caratteristiche di questo piano e ne individua la collocazione rispetto ad altri strumenti di pianificazione di settore legati alla gestione ed alla tutela delle acque.

In particolare il decreto legislativo 11 maggio 1999 n.152 –“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole e successive modificazioni ed integrazioni, ha introdotto un nuovo strumento di pianificazione, il Piano di tutela delle acque, attraverso il quale sono programmate per ogni bacino le misure necessarie alla tutela quantitativa e qualitativa dei corpi idrici. La redazione del Piano è attribuita alle regioni che dovranno redigerlo secondo gli obiettivi e le priorità che sono stati definiti dall'Autorità di bacino entro il dicembre 2001.

Il presente Piano stralcio si configura come uno strumento monotematico in cui l'obiettivo principale, che costituirà riferimento per i Piani di tutela della quantità e qualità globali dei corpi idrici da redigere a scala di bacino idrografico, è rappresentato dalla riduzione progressiva degli apporti di fosforo alle acque del lago. L'obiettivo raggiunto, definito come problematica assoluta per la salvaguardia del lago stesso, costituirà una base per l'evoluzione successiva all'interno del Piano di tutela.

Nell'ambito della “Prima elaborazione del progetto di Piano di bacino” adottato dal Comitato istituzionale dell'Autorità il 28 settembre 1999, con Del. N. 80, il Piano stralcio per il lago di Piediluco è inserito tra i dieci Piani stralcio con caratteristiche attuative del Piano di bacino generale che prioritariamente devono essere elaborati per approfondire alcune situazioni emergenti e dare concreta attuazione al Piano generale. Già in questo documento di programmazione, definito anche come Piano quadro, venivano individuate le caratteristiche ed i contenuti del Piano per il lago di Piediluco

Obiettivi

- 1) Miglioramento dell'attuale qualità delle acque e mitigazione del rischio di crisi anossiche;
- 2) Definizione di una sistemazione spondale;
- 3) Istituzione di un sistema di monitoraggio permanente della qualità
- 4) delle acque;

Azioni strutturali

- 1) Completamento delle infrastrutture di collettamento e depurazione delle acque reflue dei centri abitati delle province di Rieti, Perugia, Terni e Macerata, che scaricano nel sistema Nera-Velino;
- 2) Rimozione mirata dei sedimenti dal fondo di alcune zone del lago tramite specifica tecnica di aspirazione;
- 3) Potenziamento del sistema di depurazione degli allevamenti ittici;

Azioni non strutturali

- 1) Definizione di una fascia di rispetto intorno al lago e lungo le rive dei principali corsi d'acqua per il trattenimento degli inquinanti di origine agricola.

Gli obiettivi e le conseguenti azioni sopra illustrate sono state sostanzialmente confermate dal presente Piano con alcuni affinamenti basati su nuove elaborazioni di cui si rende conto nei capitoli dedicati alle analisi ed alla metodologia.

Se posto in relazione con i Piani di tutela delle acque, curati dalle regioni, è quindi possibile riconoscere al presente piano le caratteristiche dell'emergenza per cui in esso vengono quantomeno evidenziati:

- gli interventi con carattere emergenziale (rimozione dei sedimenti dal fondo)
- gli interventi a breve – medio periodo (depurazione e collettamento)
- gli indirizzi di salvaguardia (prescrizioni immediatamente vincolanti per gli usi e le attività antropiche)
- gli indirizzi di sviluppo e gestione rivolti alle amministrazioni con competenze specifiche

Lo schema strutturale inoltre prefigura quello che si può definire il percorso operativo nel quale prendono forma e struttura:

- le priorità e le fasi di attuazione
- le modalità di gestione
- le fasi ed i soggetti interessati

Il Piano stralcio è inoltre fortemente sostenuto dalla considerazione che lo stesso decreto legislativo 152/99 ne consente, ope legis, l'inserimento tra le "Aree sensibili" in quanto lago posto ad una altitudine sotto i 1000 s.l.m, nonché con scarso ricambio idrico ove possono verificarsi fenomeni di accumulo di nutrienti. Ai sensi dell'art.18 sono altresì considerate aree sensibili i tratti dei corsi d'acqua affluenti al lago per una lunghezza di 10 km., soggetti quindi alle disposizioni dettate dal D. Lgs. 11 maggio 1999, n.152. La condizione di regimazione del corso del fiume Nera, tuttavia, suggerisce una interpretazione delle disposizioni relative alla individuazione delle aree sensibili: infatti, a causa della realizzazione delle opere di presa che captano il 90% della portata del Nera e la convogliano, attraverso il canale Medio Nera, nel lago di Piediluco, sono stati considerati aree sensibili i corsi dei fiumi Vigi, Corno e Nera per la lunghezza di 10 Km verso monte a partire dalle opere di presa.

Il Piano stralcio per il lago di Piediluco risponde quindi anche alla necessità di definire azioni immediatamente incidenti sull'area comunque sensibile attraverso un complesso di disposizioni e una programmazione di interventi volti al contenimento degli apporti di nutrienti al lago.

## **1.2 Rapporto tra il Piano stralcio per il lago di Piediluco e lo studio della qualità delle acque secondo la Prima elaborazione del progetto di Piano di bacino del fiume Tevere**

Gli studi svolti per la Prima elaborazione del progetto di piano di bacino del fiume Tevere (c.d. Piano direttore) fanno riferimento in modo particolare alla qualità delle acque superficiali dei corsi d'acqua e solo indirettamente ai laghi. E' comunque opportuno rilevare che lo studio è stato svolto per definire, alla scala dell'intero bacino idrografico del Tevere, un quadro dello stato di fatto ed una simulazione di scenari relativi ai risultati ottenibili agendo sui diversi agenti che producono inquinamento. Ai fini della redazione del Piano stralcio per il Lago di Piediluco quindi, ne sono state ricavate prevalentemente indicazioni di tipo metodologico con particolare riferimento alla stima della capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua; e non poteva essere diversamente se si considera la differente estensione del territorio, e quindi dei dati e delle conoscenze disponibili, che caratterizza l'intero bacino del Tevere rispetto a quello, seppure ampliato, del lago di Piediluco.

Tuttavia è stato necessario ripartire dallo studio svolto per il Piano direttore all'interno del quale ogni successivo approfondimento costituito dai vari Piani stralcio deve trovare un adeguato riferimento che ne garantisca interrelazione e sequenzialità.

Nel piano viene studiata la situazione attuale, con riferimento da un lato allo stato di qualità che caratterizza attualmente i corsi d'acqua, dall'altro all'analisi del carico inquinante attualmente immesso nell'idrografia superficiale.

Viene inoltre definito un modello di bilancio del carico inquinante insistente sul bacino che, mediante una taratura ed una verifica effettuata sulla base dei dati relativi allo stato di fatto, consente, con riferimento a possibili scenari di diverse azioni pianificatorie, di prevedere gli effetti di disinquinamento ottenibili sui corsi d'acqua.

Impostazione metodologica

Gli studi sulla qualità delle acque, propedeutici alla redazione della "Prima elaborazione del progetto di piano di bacino" adottato dal Comitato istituzionale dell'Autorità nel 1999, sono precedenti all'emanazione del D.L.vo n°152/99 ed alle modifiche introdotte dal D.L.vo n°258/2000.

Si è pertanto modificato il quadro normativo inerente la qualità delle acque anche se l'approccio metodologico adottato dall'ABT rimane ancora attuale ai fini di alcune attività di competenza dell'Ente. La classificazione dei corpi idrici si basa sugli usi plurimi previsti dai vari atti normativi allora vigenti quali:

- DPR 3/7/1982 n. 515 "Attuazione della direttiva 75/440/CEE concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile";
- DPR 8/6/1982 n. 470" Attuazione della direttiva 76/160/CEE relativa alla qualità delle acque di balneazione";
- D.L.vo 25/1/1992 n. 130 "Attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci".

Oggi il DPR 470/82 è ancora in vigore e il DPR 515/82 ed il D.L.vo130/92 seppure abrogati dal D.L.vo n°152/99 di fatto sono "confluiti" in esso.

La classificazione in base agli usi plurimi adottata dall'ABT prevede la suddivisione in classi di idoneità delle acque superficiali in funzione di tre possibili utilizzazioni:

- sfruttamento idropotabile (classe A1, A2 e A3);
- balneazione;
- sopravvivenza ittica (Acque idonee alla vita dei salmonidi e dei ciprinidi)

Le classi vengono così definite:

- **Classe A:** approvvigionamento idropotabile di classe A1 e tutti gli altri usi previsti dalle Classi B,C e D;
- **Classe B:** approvvigionamento idropotabile di Classe A2, sopravvivenza di specie ittiche salmonicole e tutti gli altri usi previsti dalle Classi C e D;
- **Classe C:** approvvigionamento idropotabile di Classe A3 , balneazione e tutti gli usi previsti dalla Classe D;
- **Classe D:** sopravvivenza di specie ittiche ciprinicole;
- **Classe I:** impossibilità di rispettare i parametri delle Classi sopraindicate .

Parallelamente alla classificazione in base agli usi plurimi, è stata effettuata una classificazione sulla base di un indice sintetico complessivo definito IQA, proposto nel 1984 da Teruggi e Vendegna, che è

rappresentato da un valore numerico tanto maggiore quanto maggiore è lo scostamento riscontrato dai vari parametri esaminati rispetto ai relativi limiti predeterminati:

Il valore dell'IQA è fornito dalla seguente espressione:

$$IQA_j = \sqrt{\left(\max \frac{C_i}{L_{i,j}}\right)^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{L_{i,j}}\right)^2}$$

in cui è:

- $C_i$      valore della concentrazione del parametro i;
- $L_{i,j}$     valore della concentrazione limite ammissibile per il parametro i, secondo una destinazione o una norma j;
- $n$         numero totale dei parametri presi in esame.

#### Modello di valutazione dei carichi inquinanti immessi nei corsi d'acqua

Il modello adottato dall'ABT, può essere classificato come un modello di trasformazione carichi-concentrazioni che consenta di mettere in relazione la produzione dei carichi inquinanti con i valori di concentrazione dei parametri BOD, COD, Azoto totale e Fosforo totale e dell'indice IQA lungo l'asta principale del Tevere e dei suoi 17 principali affluenti.

Le ipotesi semplificative più importanti sono:

- Regime idraulico stazionario (Q modale per BOD COD e Q media per N e P);
- Carico inquinante costante nel tempo.

Tale modello, i cui parametri vengono calibrati sulla conoscenza dello stato di fatto attraverso le numerose analisi qualitative delle acque, consente di valutare l'impatto dei diversi possibili scenari futuri a seguito di interventi strutturali e non strutturali su parti del territorio.

Si ottiene così una rappresentazione della variazione lungo il corso d'acqua delle concentrazioni degli inquinanti per lo stato attuale e per effetto di interventi sul territorio (scenari).

Si riporta di seguito brevemente la procedura di calcolo utilizzata nel modello con particolare riferimento al fosforo.

### Determinazione del carico di fosforo

#### Popolazione residente

- Allacciata ai depuratori:  $P_{tot}=1 \text{ g/ab} * \text{d}$  (trattato in tabella A ex L.319/76, oggi molto simile alla tab.3 dell'all.5 del D.lgs.258/2000 - scarico in acque superficiali)
- Non allacciata ai depuratori (Tab.A) :  $P_{tot}=1.5 \text{ g/ab} * \text{d}$

#### Industria

Seguendo un'indagine del Piano Regionale di Risanamento della Lombardia e considerando:

- le diverse tipologie produttive ( 54 gruppi omogenei – codici ISTAT '91);
- il grado di depurazione dei reflui (non trattati, trattati in Tab.A, trattati in Tab.C).

si sono così definiti dei valori "mediati" del carico di fosforo, espressi in [g/addetto d] suddivisi per Provincia di appartenenza; essi sono:

- Carico non trattato per addetto alle imprese
- $P=1.10 \div 4.48 \text{ (g/addetto d)}$
- Carico non trattato per addetto alle istituzioni
- $P=0.0108 \div 0.2371 \text{ (g/addetto d)}$
- Carico trattato in tab.C per addetto alle imprese
- $P=0.73 \div 2.99 \text{ (g/addetto d)}$
- Carico trattato in tab.C per addetto alle istituzioni
- $P=0.0072 \div 0.1580 \text{ (g/addetto d)}$

#### Zootecnia

Specie:

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| • Bovini ed equini | 21 [Kg/t di peso vivo * anno]  |
| • Suini            | 50 [Kg/t di peso vivo * anno]  |
| • Ovini e caprini  | 21 [Kg/t di peso vivo * anno]  |
| • Avicoli          | 125 [Kg/t di peso vivo * anno] |

#### Agricoltura

Tipo di coltura:

• Seminativi	2	[g/giorno*ha]
• Coltivazioni permanenti	2	[g/giorno*ha]
• Prati	1	[g/giorno*ha]
• Pioppeti	1	[g/giorno*ha]
• Boschi	0.3	[g/giorno*ha]
• Altre	0.3	[g/giorno*ha]

La metodologia sopra esposta per la stima dei carichi di fosforo non si discosta sostanzialmente da quella elaborata per la redazione del Piano stralcio per il Lago di Piediluco, diffusamente illustrata nel successivo Cap. V; tuttavia si sono resi necessari approfondimenti per una valutazione di maggiore dettaglio nei diversi comparti produttivi.

#### Autodepurazione

L'autodepurazione lungo i tratti di corso d'acqua è stata considerata, per il BOD, mediante un semplice modello di decadimento del tipo:

$$C = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

con:

$C$  = concentrazione alla sezione di misura;

$C_0$  = concentrazione alla sezione di misura precedente;

$k$  = parametro di decadimento;

$t$  = tempo di percorrenza fra una sezione e la precedente;

Il modello di decadimento degli altri tre parametri considerati è stato preso in considerazione mediante abbattimenti calcolati in proporzione al decadimento del BOD, secondo i noti rapporti:

$$COD_{abb} = BOD_{abb} \cdot 1,2$$

$$N_{abb} = BOD_{abb} \cdot 0,05$$

$$P_{abb} = BOD_{abb} \cdot 0,01$$

Il Fosforo abbattuto risulta pertanto 1/100 del BOD abbattuto nel processo di autodepurazione.

E' da segnalare che la formula esponenziale per l'abbattimento del BOD, e conseguentemente del P, tiene conto del solo decadimento dovuto ai fenomeni di formazione e crescita biologica, col

corrispondente consumo di substrato e nutrienti necessario per la crescita cellulare in condizioni di ossigeno disciolto non limitante.

Per quanto riguarda il fosforo nei laghi l'autodepurazione è calcolata secondo la stessa formula esponenziale considerando come tempo di percorrenza il tempo di detenzione riferito alla portata media annua degli immissari.

In aggiunta ai fenomeni precedenti, il decadimento nei laghi viene stimato mediante l'espressione di Vollenweider:

$$P_{lago} = 1,55 \left( \frac{P_{in}}{1 + \sqrt{\tau}} \right)^{0,82}$$

in cui:

$P_{in}$  = concentrazione media di fosforo negli affluenti del lago [ $\mu\text{g/l}$ ];

$P_{lago}$  = concentrazione di fosforo nel lago e nell'effluente [ $\mu\text{g/l}$ ];

$\tau$  = tempo di ritenzione del lago calcolato sulla portata media annua [anni].

#### Tarature del modello

I parametri per la taratura del modello sono stati ottenuti dal confronto tra le concentrazioni degli inquinanti (ricavate da Q e dai carichi) e quelle ricavate dai dati delle analisi.

I carichi sono stati abbattuti come di seguito:

- 1/5 per gli abitanti serviti da depuratore e per le industrie (se in tab.A)
- 1/3 dei carichi originali per gli abitanti non serviti da depuratore.

Per la costante di decadimento è stato adottato il valore  $k=0.02$

Il modello indicato è risultato non perfettamente idoneo per gli studi relativi al presente Piano stralcio in quanto:

- È un modello semplice che non simula il processo di interazione tra gli inquinanti indagati ed i sedimenti al fondo, fenomeno particolarmente importante per lo studio dell'evoluzione dei composti del fosforo;
- non tiene conto, nella determinazione dei carichi inquinanti, del reale bacino che grava sul Lago di Piediluco, ma solo di quello naturale;
- non tiene conto dell'idrologia del lago, completamente alterata dalle utenze idroelettriche;
- i diagrammi di BOD, COD, N e P ottenuti da tale modello lungo l'asse dei principali corsi d'acqua non intercettano il Lago di Piediluco in quanto non facente parte del reticolo indagato;

- i dati relativi alla popolazione allacciata alla rete fognaria e ai depuratori sono basati su indagini calate su scale diverse;
- considerata la limitata area di studio rispetto a tutto il bacino del Tevere è opportuno tener conto delle più attuali ricognizioni effettuate dall'ARPA dell' Umbria.

### 1.3 L'evoluzione della normativa sulla qualità delle acque

Prima dell'emanazione del D.lgs 152/99 la normativa italiana in materia di qualità delle acque era caratterizzata da una mancanza di coordinamento tra le varie fonti giuridiche le quali, unite alle innumerevoli direttive comunitarie non ancora recepite, avevano creato una situazione caotica difficilmente gestibile dagli enti interessati. Basti pensare che solo nel periodo compreso tra il 1990 ed il 1993, in materia di inquinamento delle acque, furono adottati oltre venti provvedimenti con forza di legge. Tale frammentazione legislativa aveva condotto a sovrapposizioni di norme e competenze rendendo complessa l'interpretazione e l'applicazione della disciplina ambientale nel campo delle acque.

Il D.lgs152/99, successivamente integrato e modificato dal D.lgs 258/2000, ha abrogato 11 norme costruendo di fatto un "quadro" che, con l'attuazione dei Piani di tutela delle regioni, regolamerterà tutto il settore in modo esauriente.

Si riporta di seguito uno schema delle principali norme, suddivise per argomento, abrogate o modificate dal D. Lgs 152/99.

Viene descritta successivamente la legislazione in vigore prima e dopo l'emanazione del D.Lgs152/99 in materia di qualità delle acque.

#### Norme abrogate o modificate dal D.Lgs. 152/99

ARGOMENTO	NORMA	COMMENTO	REC. DIR. COMUNITARIE	MODIFICHE APPORTATE DAL D.LG.VO 152/99
Disciplina degli scarichi	Ex L. 319/76 (c.d. Legge Merli) Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento	Disciplina degli scarichi – sostituita dal D.Lgs 152/99 Titolo III e all.5 I valori limite di emissione erano fissati dalle tab. A e C sostituite dalle tabelle dell'all. 5 del D.lgs.152/99.	-	Abrogata dal D.lgs 152/99

	Delibera del Comitato interministeriale del 4/2/1977	Allegati tecnici della L.319/76	-	Abrogata tranne all.5 fino alla predisposizio ne dei piani di tutela
	Ex L. 690/76	Legge satellite della L. 319/76	-	Abrogata dal D.lgs 152/99
	Ex L. 650/79	Legge satellite della L. 319/76	-	Abrogata dal D.lgs 152/99
	Ex L. 62/82	Legge satellite della L. 319/76	-	Abrogata dal D.lgs 152/99
	Ex L. 381/84	Legge satellite della L. 319/76	-	Abrogata dal D.lgs 152/99
	Ex L. 172/95	Legge satellite della L. 319/76	-	Abrogata dal D.lgs 152/99
Acque idonee alla vita dei pesci	Ex D.Lgs 130/92	Acque a specifica destinazione Sostituito da: Art.10 – 11 – 12 – 13 e all.2 sez. B - D.lgs152/99	Dir. 78/659/CEE	Abrogato e il D.lgs 152/99 che recepisce la Dir. CEE
Acque destinate alla molluschicoltura	Ex D.Lgs 131/92	Acque a specifica destinazione Sostituito da: Art.14-15-16-17 e all.2 sez. C - D.lgs152/99	Dir. 79/923/CEE	Abrogato e il D.lgs 152/99 che recepisce la Dir. CEE
Protezione delle acque sotterranee	Ex D.Lgs 132/92	Sostituito da: Art. 30 e disciplina degli scarichi del D. L.gs 152/99	Dir. 80/68/CEE	Abrogato e il D.lgs 152/99 che recepisce la Dir. CEE
Acque reflue industriali contenenti sostanze pericolose	Ex D.Lgs 133/92	Sostituito da: Art. 34 e disciplina degli scarichi del D. Lgs. 152/99	Dir. 76/464/CEE	Abrogato e il D.lgs 152/99 che recepisce la Dir. CEE

Acque destinate alla balneazione	D.P.R. 470/1982	Vedi Acque a specifica destinazione funzionale Art. 9 D.lgs152/99	Dir. 76/160/CEE	Modificato in parte
Acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile	Ex D.P.R. 515/82	Acque a specifica destinazione Art.14-15-16-17 e all. 2 sez. A - D.lgs152/99	Dir. 75/440/CEE	Abrogato e il D.lgs 152/99 che recepisce la Dir. CEE
Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici	R.D. 1775/1933	Modificato dal D.lgs.152/99 art.23	-	Modificata in parte
Acque destinate al consumo umano	D.P.R. 236/1988	Modificato dall' art. 55 del D.lgs.152/99 e dal D. lgs n.31 del 2/2//2001 che recepisce la nuova Dir. 98/83/CE	Dir. 80/778/CEE	Modificata in parte
Risorse idriche e Servizio Idrico Integrato	L.36/94 Disposizione in materia di risorse idriche	Modificata dall' art. 25-26 del D.lgs.152/99	-	Modificata in parte

*Disciplina degli scarichi prima del D. Lgs. 152/99*

La **legge 10 maggio 1976 n. 319** (c.d. legge Merli) inserì per la prima volta nel nostro paese una disciplina organica della materia basata sia sulla regolamentazione generale degli scarichi, sia sulla programmazione di interventi volti al risanamento dei corpi idrici.

Gli obiettivi della legge 319/1976, non sempre raggiunti, consistevano in:

1. regolamentazione degli scarichi diretti ed indiretti nelle acque, sul suolo, nel sottosuolo e in fognatura dei reflui provenienti da insediamenti civili e produttivi, nonché dalle pubbliche fognature, secondo limiti di accettabilità;
2. ricognizione delle caratteristiche idrologiche, fisiche, chimiche e biologiche dei corpi idrici, nonché di tutti gli usi diretti ed indiretti in atto;
3. emanazione da parte delle regioni e dello Stato dei ***piani regionali e nazionali di risanamento***, contenenti la rilevazione delle infrastrutture idriche esistenti, l'individuazione del relativo

fabbisogno e la definizione delle priorità di realizzazione, la formulazione dei criteri di attuazione e delle fasi temporali di intervento, l'indicazione degli ambiti territoriali ottimali per la gestione dei servizi idrici e l'organizzazione delle relative strutture;

4. recepimento delle norme tecniche per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di acquedotto, fognatura e depurazione, nonché dello smaltimento sul suolo e nel sottosuolo dei liquami e dei fanghi residuati dai cicli di lavorazione e dai processi di depurazione.

La legge Merli segnò senza dubbio un'importante cambiamento ma è stata applicata solo per quella parte concernente la disciplina degli scarichi rimanendo inattuata per quanto riguarda le disposizioni sull'uso delle risorse idriche.

Seguirono all'entrata in vigore della L. 319/1976 alcune delibere attuative adottate dal Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento (non esisteva il Ministero dell'Ambiente) previsto dall'articolo 3 della stessa legge, tra le quali le più significative furono:

- **deliberazione 4 febbraio 1977** *“Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'articolo 2, lettere b), d) ed e) della legge 10 maggio 1976, n. 319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”*;
- **deliberazione 30 dicembre 1980** *“Direttive per la disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli insediamenti civili che non recapitano in pubbliche fognature”*.

A seguito di alcune importanti direttive comunitarie concernenti la tutela delle acque idonee alla vita dei pesci, la protezione delle acque sotterranee e la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dalle sostanze pericolose, il legislatore italiano emanò tre importanti decreti legislativi anche quali atti dovuti a seguito della sentenza di condanna emessa nei confronti dell'Italia dalla Corte di Giustizia europea il 28/02/1991.

Con questa sentenza, l'organo di giustizia comunitaria, sollecitato dalla Commissione Europea, stabilì che l'intero sistema normativo introdotto dalla legge Merli non soddisfaceva le direttive emanate dalla Comunità a partire dal 1976, con particolare riferimento:

1. al trattamento imposto alle sostanze scaricate nelle acque secondo la loro variabile pericolosità per l'ambiente idrico e per la salute;
2. alla procedura per il rilascio delle autorizzazioni allo scarico;
3. all'ammissibilità di autorizzazioni provvisorie tacite;
4. alla durata dell'autorizzazione;
5. al controllo delle condizioni prescritte dall'autorizzazione;
6. agli effetti degli scarichi sui corpi idrici recettori;
7. all'obbligo di tenere un inventario delle autorizzazioni.

I diversi punti di condanna riguardavano tanto la tutela delle acque sotterranee, quanto la tutela delle acque superficiali.

I decreti n. 130, n.132 e n.133 del 1992 si inserirono direttamente nel filone normativo della L. 319/76 con il duplice intento di adeguare quest'ultima a quanto imposto dalla sentenza di condanna e di recepire le ultime direttive comunitarie.

In particolare il ***decreto legislativo 25 gennaio 1992 n. 130*** introdusse nella normativa di tutela delle acque dall'inquinamento la fissazione di obiettivi di qualità ecologica, sancendo ulteriormente l'avvio del superamento dell'applicazione del solo principio di controllo dei valori di emissione, spostando quindi l'attenzione al corpo idrico e alle sue caratteristiche.

Le Regioni erano chiamate a designare e classificare nel proprio territorio le acque dolci salmonicole e ciprinicole che necessitavano di protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci, in funzione di limiti di accettabilità previsti dal decreto.

Il ***decreto legislativo 27 gennaio 1992 n. 132*** aveva l'intento di tutelare le acque sotterranee dall'inquinamento provocato dallo scarico diretto o indiretto dalle sostanze comprese in elenchi presenti nei suoi due allegati.

La tutela delle acque sotterranee si riferiva principalmente alle conseguenze derivanti dalle operazioni di eliminazione o di deposito delle acque reflue e dei rifiuti, integrando sotto il profilo del regime autorizzativo le relative norme di riferimento e ponendo generali divieti di scarico sul suolo e nel sottosuolo salvo limitate deroghe.

Sotto il profilo invece della tutela delle acque superficiali dall'inquinamento provocato dalle stesse sostanze pericolose di cui agli elenchi suddetti, il ***decreto legislativo 27 gennaio 1992 n. 133*** introdusse una nuova disciplina delle immissioni provenienti dagli stabilimenti industriali nelle acque, nonché in pubblica fognatura.

Tali discipline, come più volte detto, si intrecciavano in modo disordinato con quelle definite dalla L. 319/1976 e dai Piani regionali di Risanamento delle Acque. E' da segnalare inoltre che, per le difficoltà organizzative degli Enti locali, le disposizioni dei decreti legislativi illustrati trovarono scarsa applicazione.

#### *Normativa sulle acque destinate al consumo umano*

La disciplina sulle acque potabili può essere considerata suddivisa in quattro settori:

1. disciplina delle acque destinate alla produzione delle acque potabili;
2. disciplina relativa agli aspetti ambientali e di tutela dall'inquinamento delle fonti di approvvigionamento;
3. disciplina della qualità delle acque destinate al consumo umano;

#### 4. disciplina concernente la gestione del servizio di acquedotto.

Per quanto concerne la legislazione relativa al primo punto, l'intera materia era regolata dal *decreto del Presidente della Repubblica 3 luglio 1982 n. 515*, abrogato dal D. lgs. 152/99 e contemporaneamente "confluito" in esso. In particolare tutti gli aspetti sono disciplinati dal Titolo II, Capo II e dal corrispondente Allegato 2 del decreto.

Sulla base dei criteri generali e delle metodiche definite, è compito delle Regioni classificare le suddette acque in tre categorie (A1, A2 e A3), alle quali corrispondono tre diverse classi di qualità e tre tipologie specifiche di trattamento.

Le amministrazioni regionali possono prevedere deroghe ai valori-limite indicati in caso di situazioni particolari, correlate alla natura e alla struttura della zona geologica di alimentazione delle acque, o di situazioni connesse a condizioni meteorologiche eccezionali o a calamità.

Gli aspetti più significativi relativi al punto 2 sono regolamentati dal D.P.R. 236/1988, ulteriormente sviluppati dal decreto legislativo 152/1999, nelle disposizioni riguardanti la tutela delle fonti di approvvigionamento. Sono previsti infatti tre differenti livelli di protezione territoriale:

- **la zona di tutela assoluta**, area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni che deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio;
- **la zona di rispetto**, porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e che può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa;
- **le zone di protezione**, costituite da aree di ricarica della falda, emergenze naturali ed artificiali della falda o zone di riserva ove possono essere adottate misure per limitare l'insediamento delle attività potenzialmente inquinanti al fine di assicurare la protezione del patrimonio idrico.

Per quanto riguarda la normativa relativamente al punto 3, il settore è regolamentato ancora dal D.p.r. 236/1988 secondo gli aggiornamenti del recente *Decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano."* In essi vengono stabiliti i requisiti minimi che devono avere le acque per essere idonee ad essere consumate direttamente dall'uomo e a quali controlli devono essere sottoposti i relativi prelievi.

Per quanto riguarda la legislazione concernente la gestione del servizio di acquedotto il principale riferimento normativo è la L.36/1994, descritta di seguito.

*Il servizio idrico integrato*

*La legge 5 gennaio 1994 n. 36* è la disciplina unitaria di tutela e uso delle risorse idriche, che impone la priorità del consumo umano su ogni altro utilizzo ed eleva a scopo pubblico il risparmio e il rinnovo delle risorse al fine di non pregiudicare il patrimonio ambientale esistente. Insieme alle altre norme del settore (vedi tabella seguente) ed alle leggi regionali attuative il legislatore si prefigge una organizzazione dei servizi idrici integrati suddivisi in ambiti ottimali.

## Norme nazionali relative alle risorse idriche ed al S.I.I.

Risorse idriche e Servizio Idrico Integrato	L.36/94 (c.d. legge Galli) Disposizione in materia di risorse idriche
	DPCM del 4/3/1996 Disposizioni in materia di risorse idriche
	DPR 18/2/1999 n. 238 Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della L.36/94
	DPCM del 20/4/1999 Schema generale di riferimento per la predisposizione della carta del servizio idrico integrato.

Con la legge Galli vengono fissati i principi generali in materia di uso delle risorse idriche:

- tutte le acque sono pubbliche;
- solidarietà nell'uso dell'acqua;
- rispetto delle generazioni future;
- risparmio idrico;
- tutela dell'ambiente e dell'agricoltura e degli equilibri idrogeologici;
- priorità del consumo umano nell'uso delle acque;
- definizione del bilancio idrico da parte dell'Autorità di Bacino equilibrando il rapporto tra la disponibilità ed i fabbisogni per i diversi usi

L'art. 17 afferma che l'Autorità di Bacino promuove accordi di programmi per il trasferimento interregionale di acque le cui opere sono sottoponibili alla procedura VIA.

La legge afferma poi che i servizi di distribuzione, depurazione, fognatura sono gestiti in modo integrato, rispettando :

- l'unità di bacino idrografico;
- i piani di risanamento delle acque ex L.319/76 ( in futuro i Piani di Tutela);
- il Piano generale Acquedotti;
- adeguate dimensioni gestionali.

Relativamente al P.R.G.A. l'art. 8 afferma che le Regioni lo aggiornano su scala di bacino e secondo i programmi attuativi dei Piani di Bacino.

Le relative leggi regionali dovranno delimitare i confini degli Ambiti Territoriali Ottimali e stabilire l'ente coordinatore e la forma di cooperazione.

*Il decreto legislativo 11 maggio 1999 n. 152*

Il Decreto legislativo 152/99, recependo anche le direttive comunitarie n. 91/271 (sulle acque reflue urbane) e n. 91/676 (relativa all'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole) come specificato nel nome stesso del provvedimento, si prefigge di raggiungere gli obiettivi come indicato nell'art.1:

1. prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
2. conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed attuare adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
3. perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
4. mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Per attuare ciò il decreto individua una serie di strumenti dei quali i più innovativi sono i Piani di tutela delle acque che dovranno essere approvati entro il 2004. La prima tappa è riservata alle Autorità di bacino che entro il 31/12/2001 dovevano definire gli obiettivi; nei due anni successivi le Regioni dovranno preparare i piani da sottoporre al parere vincolante delle Autorità di bacino che dovranno pronunciarsi entro 60 giorni.

Gli obiettivi di qualità possono essere di carattere ambientale o di specifica destinazione per corpi idrici quali:

1. le acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;
2. le acque destinate alla balneazione ( vedi DPR 470/82);
3. le acque dolci che richiedono protezione e miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci;
4. le acque destinate alla vita dei molluschi.

I piani di tutela definiranno anche i valori limite degli scarichi in relazione agli obiettivi di qualità dei corpi idrici recettori.

Viene inoltre imposto l'adeguamento dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione delle acque reflue, nell'ambito del servizio idrico integrato di cui alla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e vengono individuate misure per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento nelle zone vulnerabili e nelle aree sensibili; infine si promuovono misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche.

I soggetti cui spetta il compito della attuazione di questa disciplina sono principalmente le regioni, le quali, rappresentando il soggetto centrale del governo, svolgono i compiti finalizzati alla garanzia qualitativa e alla gestione degli aspetti quantitativi, in coerenza con il processo di decentramento amministrativo.

Il ruolo delle Autorità di Bacino nazionali sarà soprattutto quello di coordinare i piani di tutela per quei corpi idrici interessati da più Regioni.

In una fase di prima applicazione della nuova normativa, in attesa del completamento delle disposizioni di cui alla L.59/97 e del D.Lgs. 112/98 e dell'adozione dei piani di tutela delle acque e della relativa disciplina regionale, restano ferme le competenze definite anteriormente a tale decreto.

Il Capo I del Titolo III disciplina le aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento e salvaguardia degli usi sostenibili, che sono principalmente le seguenti:

1. aree sensibili e meno sensibili, da individuare secondo i criteri indicati nell'allegato 6;
2. zone vulnerabili da nitrati di origine agricola;
3. zone vulnerabili da prodotti fitosanitari;
4. aree di salvaguardia individuate per migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano.

Di particolare importanza per il problema dell'eutrofizzazione del lago di Piediluco è l'all.6 citato al punto 1 dell' ART. 18 in cui, nell'ambito dei criteri per la definizione di aree sensibili (il cui compito normativo spetta alle Regioni), si impone che *"la sostanza da eliminare sia il fosforo, a meno che non si dimostri che tale intervento non avrebbe alcun effetto sul livello di eutrofizzazione."*

Il Capo II del Titolo III è dedicato alla tutela quantitativa della risorsa e risparmio idrico, in cui particolarmente significativo appare la disposizione in base alla quale gli strumenti urbanistici *"prevedono reti duali al fine dell'utilizzo di acque meno pregiate, nonché tecniche di risparmio della risorsa"* e quella che prevede tariffe idriche ridotte per le utenze industriali *"in funzione dell'utilizzo nel processo produttivo di acqua reflua o già usata"*. Si tratta di norme che dovrebbero incentivare notevolmente lo sviluppo e l'applicazione delle tecnologie per il recupero ed il riciclo delle acque reflue.

La parte dedicata alla *"Tutela qualitativa della risorsa: disciplina degli scarichi"* contiene in primo luogo, in attuazione della direttiva comunitaria n. 91/271 sulle acque reflue urbane, un programma vincolante per la costruzione di reti fognarie, i cui momenti principali sono i seguenti:

- entro il 31 dicembre 2000 devono essere realizzate le reti fognarie per gli agglomerati con un numero di abitanti equivalenti superiore a 15.000;
- entro il 31 dicembre 2005 devono essere realizzate le reti fognarie per gli agglomerati con un numero di abitanti equivalenti compreso tra 2.000 e 15.000;

La disciplina degli scarichi (Capo II del Titolo III) risulta modificata rispetto a quella imposta dalla Legge Merli che, seppur non sempre rispettata, è stata alla base dei criteri di progettazione degli impianti di depurazione per più di venti anni.

**Le regioni hanno il compito di definire, tenendo conto dei carichi massimi ammissibili, i valori-limite di emissione non meno restrittivi di quelli indicati nelle tabelle 1, 2, 5 e 3/A dell'Allegato 5.**

Il decreto impone inoltre:

- il divieto, salvo poche eccezioni, allo scarico diretto nelle acque sotterranee e nel sottosuolo;
- il rispetto dei valori limite di azoto e fosforo (per entrambi o per uno solo di questi), particolarmente severi per gli scarichi di acque reflue urbane in corpi idrici ricadenti in aree sensibili;
- che i regolamenti degli scarichi in fognatura vengano emanati dal "*gestore dell'impianto di depurazione delle acque reflue urbane*"(come definito dalla L. Galli), e non più, come prevedeva la normativa previgente, dalla "*autorità locale che gestisce la pubblica fognatura*" (ex art. 14, comma primo, della legge n. 319/1976).

In sostituzione delle disposizioni contenute nell'abrogato D. Lgs. n. 133/1992, gli scarichi contenenti determinate sostanze tossiche, persistenti e bioaccumulabili per essere autorizzati devono prevedere non soltanto limiti di concentrazione degli inquinanti, ma anche "*la quantità massima della sostanza espressa in unità di peso per unità di elemento caratteristico dell'attività inquinante e cioè per materia prima o per unità di prodotto*".

Le "*Ulteriori misure per la tutela dei corpi idrici*" consistono in disposizioni varie in materia di acquacoltura, piscicoltura, utilizzazione agronomica di liquami zootecnici, acque di prima pioggia e di lavaggio, dighe e posa in mare di cavi e condotte.

Gli aspetti strettamente tecnici vengono evidenziati soprattutto nei sette allegati descritti sinteticamente di seguito:

**Il primo**, denominato "*Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale*", dà innanzitutto una definizione dei corpi idrici e fissa i criteri per individuare, tra questi, quelli significativi per i quali dovrà essere svolta l'attività di monitoraggio e di classificazione da parte delle Regioni e delle Province autonome.

**Il secondo** allegato denominato "*Criteri per la classificazione dei corpi idrici a destinazione funzionale*" fissa i criteri generali e le metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative per la classificazione e il calcolo della conformità delle seguenti tipologie:

- acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile
- acque dolci superficiali idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli
- acque destinate alla vita dei molluschi.

**Il terzo** allegato denominato "*Rilevamento delle caratteristiche dei bacini idrografici e analisi dell'impatto esercitato dall'attività antropica*", fissa i criteri dell'indagine che dovrà riguardare tutti gli aspetti che qualificano lo specifico bacino idrografico, ed in particolare gli elementi socioeconomici, geografici, geologici, idrogeologici, fisici, chimici e biologici. Tali elementi andranno a costituire un Archivio anagrafico dei corpi idrici superficiali e sotterranei i cui dati potranno essere gestiti e diffusi.

**Il quarto** allegato, denominato "*Contenuti dei piani di tutela dei bacini idrografici*", fissa, sulla scorta dei dati raccolti e archiviati come descritto nell'allegato 3, ciò che deve essere rappresentato nei piani di tutela..

**Il quinto** allegato (parte principale nel sostituire la L. Merli) denominato "*Limiti di emissione degli scarichi idrici*", fissa i parametri che devono essere controllati e i relativi limiti che devono essere rispettati per i seguenti scarichi:

- scarichi in corpi d'acqua superficiale, che sono ulteriormente suddivisi in:
  - A. acque reflue urbane
  - B. acque reflue industriali
- scarichi sul suolo
- scarichi di acque reflue industriali in fognatura

Vengono altresì fissate le modalità di prelievo e il numero di controlli da effettuare, su base annua, sia dal gestore dell'impianto sia dall'autorità competente; inoltre viene definito il metodo con cui verificare il rispetto dei limiti fissati .

E' utile osservare che i controlli dei limiti di cui alla tabella 3 andranno effettuati su un campione medio prelevato nell'arco di tre ore, e che le regioni potranno stabilire opportuni limiti di emissione in massa nell'unità di tempo, e più precisamente in Kg/mese.

**Il sesto** allegato, denominato "*Criteri per la individuazione delle aree sensibili e meno sensibili*", definisce tali criteri stabilendo altresì che in prima istanza sono da considerare come sensibili alcuni laghi.

Il settimo allegato è suddiviso in due parti e più precisamente:

- parte A, che riguarda le "Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola"
- parte B, che riguarda le "Zone vulnerabili da prodotti fitosanitari".

Il **settimo** allegato riguarda le *"zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da prodotti fitosanitari"* indicando i criteri per la loro individuazione, i controlli da eseguire, i metodi di riferimento nonché le indicazioni per i programmi di azione.

Da menzionare è anche la recente ***Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 2000/60/CE del 23 ottobre 2000*** che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, da adottarsi, in sede nazionale, entro il 22 dicembre 2003 e che probabilmente apporterà una ulteriore modifica al già modificato D.lgs.152/99.

I principi ispiratori del nuovo intervento comunitario si basano sulla necessità di sviluppare una politica integrata in materia di acque, capace di assicurare una più efficace e coerente gestione del patrimonio idrico della Comunità, che tenga conto che l'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale.

Per ogni bacino, all'interno dei *"distretti idrografici"*, dovrà essere adottato un *"Piano di gestione"* che detti misure specifiche per le acque superficiali, per quelle sotterranee e per le aree protette.

L'indicazione di accomunare in un unico distretto bacini idrografici di piccole dimensioni e bacini di dimensioni più grandi, oppure unificare piccoli bacini limitrofi risulta sostanzialmente in linea con la L. 183/89 relativamente ai bacini idrografici di rilievo nazionale interregionale e regionale.

I principali interventi di programmazione sono:

- Il programma di monitoraggio dello stato delle acque (con termine di sei anni per la sua attuazione);
- Il programma di misure per l'attuazione degli obiettivi ambientali redatti sulla base delle risultanze delle analisi effettuate sul distretto idrografico;
- Il Piano di gestione del bacino idrografico redatto dallo Stato membro per ogni bacino interamente compreso nel territorio nazionale.

Anche i suddetti piani e programmi appaiono in piena armonia con quanto imposto dalla L.183/99 e dal D.lgs. 152/99. Si presume, pertanto, che il recepimento di tale Direttiva non pregiudichi il nuovo quadro normativo italiano.

## 2. LE CARATTERISTICHE STORICHE E FIOGRAFICHE DEL LAGO DI PIEDILUCO

### 2.1 La storia del lago: dalle origini della formazione ad oggi

Il Lago di Piediluco deve essere considerato, per quanto attiene la sua formazione, innanzitutto dal punto di vista della sua storia geologica, la quale risulta essere strettamente correlata con le vicende geologiche della limitrofa conca di Rieti.

Senza entrare nel merito delle vicende geologiche più antiche della zona oggetto di studio di seguito sono comunque illustrati i meccanismi che hanno portato alla formazione del lago.

Secondo quanto riportato dal Verri (A. Verri e C.F. Parona: "Studi geologici sulle conche di Terni e Rieti.", Roma 1883), durante il Quaternario post-villafranchiano (circa 5 milioni di anni fa) si cominciarono a manifestare due azioni ben precise e distinte tra loro: il Velino, a causa delle sue acque particolarmente ricche di bicarbonato di calcio, continuò ad esercitare una spiccata azione incrostante (depositi di calcare), mentre il Nera iniziò ad esercitare una veloce azione di carattere erosivo, in tal senso favorito anche dalla costituzione geologica del solco vallivo in cui scorreva; il risultato di queste azioni congiunte fu che alla loro confluenza si generò una differenza di livello, destinata ad aumentare con il passare del tempo.

Successivamente, nella zona delle Marmore si formò un potente banco di travertino, il quale costituì uno sbarramento al termine della valle denominata Piano di Canale; pertanto le acque del Velino iniziarono progressivamente ad esondare a monte dello sbarramento di cui sopra, originando in tal modo un ampio lago, detto "Lago Velino", il quale, all'apice della sua estensione occupava la maggior parte della Piana di Rieti, il Piano di Canale, la piccola valle del Lago di Ventina e la conca di Piediluco fino ad una quota di circa 378-380 m.s.l.m., fin dove si riscontra la presenza della cosiddetta "terra forte", di tipo argilloso, compatta, tenace, di colore bruno-verdastro, la quale talvolta, nelle zone più depresse, è sostituita da terreno palustre e da torba (E. Duprè Theseider : "Il Lago Velino: Saggio storico-geografico.", Rieti 1939).

Con riferimento al ramo corrispondente all'attuale Lago di Piediluco, esso, nella parte occidentale, aveva all'incirca la stessa forma, ma con i vari bracci decisamente più lunghi di quanto non lo siano oggi, mentre nella parte orientale si sviluppava su di un'area molto più ampia di quella attuale, ricoprendo la zona denominata "Bandita" e circondando il Colle di Grugliano.

Nella zona delle Marmore il lago raggiungeva l'orlo del precipizio, dove le sue acque in parte si infiltravano nei crepacci presenti nel banco di travertino, ed in parte precipitavano nella sottostante valle, ma non sotto forma di possente cascata come oggi appare, bensì ruscellando in diverse direzioni,

formando numerose piccole cascate, ricoprendo le concrezioni calcaree già esistenti con un sottile velo liquido, con il risultato di aumentare in modo considerevole la superficie evaporante e, in ultima analisi, di concorrere in misura consistente alla formazione di nuovi depositi che aumentavano lo spessore del banco di travertino originario (E. Duprè Theseider :op. cit.).

Non è noto per quanto tempo le acque del lago abbiano stazionato intorno alla quota di circa 380 m.s.l.m.; sembra comunque per un periodo piuttosto lungo, dal punto di vista strettamente geologico, tenuto conto dei cambiamenti che si sono verificati nella natura del suolo.

La zona dove si riscontra la presenza di terreno palustre e torba probabilmente coincide con quella occupata dal Lago Velino al minimo livello, per il periodo più lungo di tale fase, che si protrasse sino agli albori della storia di Roma.

Secondo la tradizione più comunemente diffusa, il console Manlio Curio Dentato, dopo aver sconfitto le popolazioni Sabine intorno all'anno 290 avanti Cristo, fece scavare un canale nell'antico sbarramento di travertino originatosi nella zona delle Marmore, allo scopo di liberare la Piana di Rieti dalle acque stagnanti, dove certamente si creavano condizioni ideali per la crescita e lo sviluppo della malaria, facendole precipitare nella sottostante valle del Nera.

Pur permanendo parecchi dubbi sulla veridicità di tale tradizione, resta comunque il fatto che il primo taglio dello sbarramento situato presso le Marmore determinò il parziale svuotamento del Lago Velino, con la conseguenza che le acque occuparono soltanto le zone più depresse; in tal modo l'antico invaso si frammentò in una serie di bacini di minore ampiezza, secondo una distribuzione geografica e dimensionale abbastanza simile a quella attuale, tranne che per il Lago di Piediluco, il quale occupava una zona comprendente il Piano di Canale ed il Piano delle Marmore, fino alla cascata, avendo pertanto in questa configurazione il Velino come immissario ed emissario.

La situazione fin qui tratteggiata si protrasse fino ai secoli X o XI, cioè fino a quando la Cava Curiana rimase in efficienza; con il trascorrere del tempo, il Velino continuò ad esercitare una costante azione incrostante che, insieme alla debole pendenza della cava, determinò la graduale riduzione dello scarico delle acque; conseguentemente si formò a poco a poco un nuovo grande lago, il quale probabilmente si estendeva senza interruzioni dalle Marmore fino ad invasare la maggior parte della Piana di Rieti, per lo meno nei periodi di acqua alta.

Verso la fine del XIV secolo le popolazioni Reatine tentarono nuovamente di risolvere il problema dello smaltimento delle acque del lago tramite la realizzazione di una nuova cava, detta Cava Reatina, la quale effettivamente garantiva il rapido deflusso delle acque, ma che peraltro si occludeva molto velocemente; fu sotto il papato di Paolo III, nel 1545, che venne decisa l'esecuzione di un nuovo canale emissario.

Una volta risolti i contrasti con le popolazioni di Terni, i lavori furono iniziati sotto la direzione di Antonio da Sangallo, e vennero in tal modo realizzate due nuove cave, la Cava Paolina e la Cava Farnesina; la prima delle due, che era la principale, si rivelò essere troppo lunga e troppo tortuosa, e di conseguenza non assicurò i risultati che si attendevano.

Di conseguenza, papa Gregorio XIII intraprese un intervento di ristrutturazione ed approfondimento della Cava Reatina, ribattezzata per l'occasione con il nome di Cava Gregoriana; ma neanche questo intervento produsse i risultati auspicati, e fu così che sotto il papato di Clemente VIII, nell'anno 1596, si decise di ristrutturare la Cava Curiana, la quale aveva nel frattempo continuato a svolgere il suo compito in maniera meno deludente delle altre opere nel frattempo realizzate.

La Cava Clementina (ex Cava Curiana) entrò in funzione nel 1601; successivamente alla sua attivazione, il Piano delle Marmore ed il Piano di Canale si liberarono per la massima parte delle acque che fino a quel momento erano state in essi invase, si abbassò il livello del Lago di Piediluco, che contemporaneamente divenne idraulicamente indipendente dal Velino, e nella piana di Rieti scomparirono la maggior parte dei piccoli bacini e si ridussero di superficie i bacini di maggior estensione, che assunsero l'attuale conformazione.

Pertanto dalla fine del XVI secolo il Lago di Piediluco è praticamente della forma e delle dimensioni attuali; nella zona limitrofa si sono verificate alcune variazioni di carattere idrografico, come la scomparsa del piccolo Lago della Volta; le variazioni più consistenti sono peraltro dovute all'avvento dell'industria idroelettrica, la quale ha trasformato il lago in un vaso di regolazione giornaliera delle portate a servizio delle sottostanti centrali ENEL di Galletto e Monte Sant'Angelo.

A conclusione delle considerazioni sin qui esposte, è possibile affermare che la prima causa della nascita e della formazione del lago è stato lo sbarramento di travertino originato dall'attività di deposizione calcarea esercitata dal Velino; prima che tale attività si manifestasse, la Valle del Rio Fuscello probabilmente confluiva nella stretta valle del Piano di Canale.

Durante la fase di formazione del banco di travertino, ma prima che le acque del Velino invasassero le zone limitrofe, il Velino stesso probabilmente cominciò a depositare una consistente quantità di materiale alluvionale a monte del banco, con il risultato di sollevare il fondo della propria valle ed occludere la valle del Fuscello; è ragionevolmente presumibile che, almeno in parte, l'esistenza del lago nella sua attuale configurazione sia da ascrivere pertanto ai depositi di natura alluvionale di cui sopra.

Inoltre la marcata attività di deposizione di materiali di natura alluvionale da parte del Velino è provata anche dalla estrema rapidità con cui si interrava il canale artificiale (emissario-immissario) che, realizzato nel 1925, collega il fiume al lago allo scopo di regolare le portate per lo sfruttamento giornaliero delle medesime da parte delle predette centrali ENEL; il canale in questione, al termine della costruzione

raggiungeva al centro la profondità di 5 metri, successivamente ridotto a 3 metri dopo pochi anni di esercizio.

Allo stato attuale il trasporto solido del Velino si è sensibilmente ridotto a causa della costruzione degli invasi di Posticciola (Lago del Turano, 1938) e di Santa Lucia (Lago del Salto, 1940), che ne trattengono gli apporti in massima parte.

## 2.2 Il lago ed il suo territorio

### *Il lago di Piediluco*

Il Lago di Piediluco fa parte del territorio della provincia di Terni, e ricade per intero nel comune di Terni; dopo il Lago Trasimeno, è il più importante lago dell'Umbria.

Esso si trova tra le latitudini N 42° 30' 54" e 42° 32' 28" e le longitudini E 0° 17' 21" e 0° 19' 17", occupando una conca lacustre che originariamente comprendeva la piana a valle di Rieti, formando il cosiddetto "Lago Velino".

Le principali caratteristiche morfometriche del lago sono riassunte nella seguente tabella, elaborata su dati provenienti dall'ENEL e dalla Provincia di Terni:

Parametro	Valore
Quota del fondo	349,70 m.s.l.m.
Quota del livello di minimo invaso ENEL	367,50 m.s.l.m.
Quota del livello di massimo invaso ENEL	369,00 m.s.l.m.
Profondità massima del lago al livello di minimo invaso ENEL	20,73 m.
Profondità massima del lago al livello di massimo invaso ENEL	22,23 m.
Profondità media del lago al livello di minimo invaso ENEL	10,35 m.
Profondità media del lago al livello di massimo invaso ENEL	11,46 m.
Area del lago al livello di minimo invaso ENEL	1.526.692 mq (1,526 Km <sup>2</sup> ) Km <sup>2</sup>
Area del lago al livello di massimo invaso ENEL	1.821.684 mq (1,822 km <sup>2</sup> )
Volume del lago al livello di minimo invaso ENEL	14.750.170 mc (14,750Mmc)
Volume del lago al livello di massimo invaso ENEL	17.118.250 mc (17,118 Mmc)
Perimetro del lago al livello di massimo invaso ENEL	15,16 km.
Lunghezza del lago al livello di massimo invaso ENEL	4,18 km.
Larghezza media del lago al livello del massimo invaso ENEL	0,38 km.
Indice di sinuosità al livello del massimo invaso ENEL	3,28

Il lago in senso stretto ha una estensione pari a 1,822 kmq, a cui, dal punto di vista della regolazione delle portate, vanno aggiunti 0,526 kmq dovuti all'estensione del drizzagno realizzato a valle del canale emissario-immissario ed all'estensione presunta del rigurgito a monte, per una superficie complessiva dell'invaso cosiddetto "tecnico" pari a 2,3 kmq; il lago misura un perimetro di poco superiore ai 15 km, ha una profondità media di 10,9 metri ed una profondità massima compresa tra 20,7 e 22,2 metri, nello specchio d'acqua antistante l'abitato di Piediluco.

Dai dati forniti dall'ENEL (1995), è stata elaborata la seguente tabella:

**Tabella 1 : quote, aree e volumi di invaso del Lago di Piediluco.**

Quota (m.s.l.m.)	Area (mq)	Area (kmq)	Volume (mc)	Volume (Mmc)
349,70	0	0	0	0,000
350,00	41.781	0,042	4.772	0,005
351,00	157.517	0,158	113.182	0,113
352,00	283.804	0,284	321.692	0,322
353,00	404.453	0,404	667.943	0,668
354,00	517.191	0,517	1.135.133	1,135
355,00	586.874	0,587	1.689.176	1,689
356,00	654.011	0,654	2.308.319	2,308
357,00	731.525	0,731	3.000.822	3,000
358,00	793.885	0,794	3.763.657	3,764
359,00	854.688	0,855	4.587.914	4,588
360,00	919.461	0,919	5.473.807	5,474
361,00	1.008.903	1,008	6.435.111	6,435
362,00	1.100.967	1,100	7.491.170	7,491
363,00	1.189.513	1,189	8.638.794	8,639
364,00	1.261.704	1,262	9.864.041	9,864
365,00	1.332.652	1,333	11.160.030	11,160
366,00	1.415.151	1,415	12.535.860	12,536
367,00	1.488.667	1,489	13.986.880	13,987
▪ 367,50	<b>1.526.692</b>	<b>1,527</b>	<b>14.750.170</b>	<b>14,750</b>
368,00	1.564.717	1,565	15.512.460	15,512
▪ 369,00	<b>1.821.684</b>	<b>1,822</b>	<b>17.118.250</b>	<b>17,118</b>

Il volume complessivo del lago risulta essere pari a circa 17 milioni di metri cubi, per una altezza del livello pari a 369 m.s.l.m.; l'ENEL risulta essere concessionario, per lo sfruttamento ai fini della regolazione delle portate affluenti alle centrali idroelettriche di Galleto e Monte Sant'Angelo, della quota parte del volume del lago compresa tra le quote di 367,5 e 369 m.s.l.m., il cui volume ammonta a 2,368 milioni di metri cubi; a questi vanno aggiunti circa 932.000 metri cubi relativi al volume del drizzagno realizzato a valle del canale emissario-immissario ed all'estensione presunta del rigurgito a monte, per un volume complessivo "tecnico" di circa 3,3 milioni di metri cubi, che realmente entrano a far parte del ciclo produttivo.

La tabella seguente riporta l'andamento delle quote e dei volumi della parte di lago assentita in concessione all'ENEL, la cui quota oscilla tra 367,50 e 369,00 m.s.l.m., e dei volumi aggiuntivi di cui si è detto in precedenza (drizzagno e rigurgito presunto):

**Tabella 2 : quote e volumi di invaso della parte del Lago di Piediluco assentita in concessione all'ENEL.**

<b>Quota livello del lago (m.s.l.m.)</b>	<b>Volume a disposizione dell'ENEL (mc)</b>
367,50	0
367,60	220.000
367,70	440.000
367,80	660.000
367,90	880.000
368,00	1.100.000
368,10	1.320.000
368,20	1.540.000
368,30	1.760.000
368,40	1.980.000
368,50	2.200.000
368,60	2.420.000
368,70	2.640.000
368,80	2.860.000
368,90	3.080.000
369,00	3.300.000

Il lago risulta avere una forma allungata preferenzialmente secondo la direzione Est-Ovest, ed è caratterizzato da numerose diramazioni, situate soprattutto sulle rive settentrionali e meridionali, che hanno le seguenti denominazioni:

- **Braccio di Ponticelli** : è il più settentrionale, riceve le acque convogliate dalla derivazione costituita dal Canale Medio Nera, proveniente da Triponzo;
- **Braccio di Ara Marina** : si trova nella parte più orientale del lago, riceve le acque del Rio Fuscello o Fosso di Leonessa;
- **Bracci di Cornello e Capolozza** : i due bracci più meridionali, dove si riscontrano tra l'altro alcune delle zone del lago di minore profondità;
- **Braccio di Valle Prata** : situato di fronte all'abitato di Piediluco;
- **Braccio di San Nicolò** : è il più occidentale ed è connesso direttamente con il canale emissario-immisario, ed anche in questi paraggi si riscontrano zone di minore profondità;
- **Insenatura di Fonte Prata**: è compresa tra il Braccio di San Nicolò ed il Braccio di Ponticelli, e completa l'elenco delle zone di minore profondità.

Attraverso un esame critico della documentazione prodotta da vari Enti locali e non, quali ENEL, Regione Umbria, Provincia di Terni, etc.; è stato possibile determinare chiaramente le aree costituenti i bacini di alimentazione del lago e identificare qualitativamente le principali tipologie di inquinamento in termini di comparti produttivi di fosforo; la metodologia di calcolo adottata per la determinazione delle portate che alimentano il lago ha permesso di definire con precisione i seguenti punti, da cui si è partiti per il tracciamento dei successivi scenari :

- il fattore limitante per quanto riguarda il fenomeno della eutrofizzazione delle acque del lago risulta essere il fosforo;
- la portata del Fiume Nera rilevata all'idrometro situato in prossimità della derivazione di Triponzo è pari a circa 17 metri cubi al secondo; di questi, 15 mc/sec, pari al 90% della portata, vengono convogliati mediamente per 24 ore su 24 verso il lago per un volume giornaliero pari ad 1.296.000 mc di acqua.
- la portata del Fiume Velino rilevata all'idrometro situato in prossimità della località di Terria (Rieti) è pari a circa 42 metri cubi al secondo; di questi circa 8 mc/sec pari al 19,1 % della portata entrano nel lago per 9 ore su 24 per un volume giornaliero pari a 259.200 mc di acqua
- il contributo del bacino naturale del lago di Piediluco è pari al 100% del suo valore per 24 ore su 24

Resta comunque di fondamentale importanza rimarcare in questa sede come il particolare regime di regolazione artificiale del lago, gestito dall' ENEL per la produzione dell' energia idroelettrica, è fortemente responsabile dell' attuale stato di trofia del lago stesso. Eventuali future modificazioni dell' assetto di regolazione potrebbero variare in misura anche sensibile lo stato trofico del lago.

*Il bacino idrografico naturale del lago.*

Il bacino idrografico naturale del lago ricade in parte nella provincia di Terni (Comune di Terni, Arrone e Polino), ed in parte nella provincia di Rieti (Comune di Labro, Morro Reatino, Rivodutri e Leonessa).

Il bacino è una sezione del bacino del fiume Velino, confine a nord con il bacino del fiume Nera e a sud con il bacino del fosso di Santa Susanna e di altri modesti corsi d'acqua presenti nella zona, i quali si versano nel lago di Ripa Sottile, che a sua volta si scarica nel Velino tramite il Fiumarone.

Il bacino ha una forma piuttosto stretta ed allungata; il limite del bacino, dipartendosi dallo sbocco del canale artificiale che collega il lago al fiume Velino (quota circa 367 m.s.l.m.), sale al monte Mazzelvetta (613 m.s.l.m.), poi passa sul monte Mardello (635 m.s.l.m.), alla Forca dell'Arrone (509 m.s.l.m.), al monte Poro (865 m.s.l.m.), al Colle Valentino (928 m.s.l.m.), al colle delle Centelle (1107 m.s.l.m.), al monte Torrinara (1308 m.s.l.m.), alla Cima la Posta (1294 m.s.l.m.), al monte La Pelosa (1635 m.s.l.m.), scende a La Forca (1115 m.s.l.m.), attraverso la quale passa la strada che, staccandosi dalla strada statale numero 79 tra Labro e la riva orientale del lago, conduce a Leonessa, per risalire quindi alla cima del monte Tilia (1775 m.s.l.m.), posto nella parte orientale più estrema del bacino.

Successivamente il limite, dal monte Tilia passa sul monte Corno (1735 m.s.l.m.), sul Collelungo (1652 m.s.l.m.), sul monte Fausola (1325 m.s.l.m.), sul Colle Copparotto (1043 m.s.l.m.), sulla Montagnola (893 m.s.l.m.), sul monte Castagneto (573 m.s.l.m.), passa per una breve soglia posta a 389 m.s.l.m. e risale al monte Restano (568 m.s.l.m.) e al monte Maro (616 m.s.l.m.), per tornare infine al Velino, nei pressi del canale artificiale di cui sopra.

La superficie del bacino è pari a circa 75 kmq, e la sua altezza media risulta essere pari a 765 m.s.l.m..

L'unico immissario naturale del lago è il Rio Fuscello, detto anche, nel basso corso, Fosso di Leonessa; questo corso d'acqua nasce dalle pendici del monte Tilia, raccoglie le acque di circa la metà del bacino idrografico naturale del lago e, dopo un corso di circa 16 km sbocca nel lago, convogliando una portata media di circa 120 l/sec, che nel periodo estivo si riduce a circa 80 l/sec.

Nel territorio del bacino naturale si riscontra la presenza di numerose sorgenti, tra le quali vale la pena di ricordare per la loro importanza:

- **Sorgente Fuscello** : detta anche Fonte Rivo, ha una portata ordinaria che si aggira sui 10 l/sec;
- **Sorgente del Mulino** : fornisce acqua di buonissima qualità; la portata di questa sorgente, in magra autunnale si aggira sui 10 l/sec, mentre in piena, a primavera, le due sorgenti predette arrivano a fornire circa 80 l/sec;

- **Sorgente di Pacce** : ha una portata di massima magra intorno ai 200 l/sec.

Nel territorio del bacino idrografico naturale del Lago di Piediluco non sono presenti insediamenti industriali né allevamenti ittigenici; le possibili fonti di inquinamento diretto e/o indiretto del lago sono sostanzialmente riconducibili agli scarichi civili ed a quelli provenienti dal suolo agricolo ed incolto; queste fonti risultano, come in altra parte verrà più diffusamente descritto, di entità decisamente modesta se confrontate con le fonti presenti nel bacino idrografico ampliato.

*Il bacino idrografico ampliato del lago.*

Il Lago di Piediluco è in realtà alimentato anche e soprattutto dal bacino idrografico ampliato (oltre che dal suo bacino idrografico naturale), il quale è composto da una quota parte del bacino del Fiume Nera e dalla quasi totalità del bacino del Fiume Velino.

L'ampliamento del bacino rispetto ai suoi limiti naturali è riconducibile allo sfruttamento della risorsa idroelettrica da parte dell'ENEL, operazione sviluppatasi in più riprese fin dai primi anni del secolo; pertanto in questa fase risulta conveniente descrivere separatamente le principali caratteristiche dei bacini e degli impianti ENEL serviti dalle acque del lago, del Nera e del Velino, salvo poi affrontare la questione da un punto di vista unitario quando si tratterà di affrontare le problematiche oggetto del piano di bacino, ovvero il degrado delle acque del lago.

*Bacino sotteso dal Canale Medio Nera*

Le acque del fiume Nera in località Triponzo (PG) vengono quasi totalmente derivate dal Canale Medio Nera, nella quale confluiscono anche parte delle acque dei fiumi Corno e Vigi.

Il bacino idrografico in tal modo sotteso risulta avere una estensione di circa 1.035 chilometri quadrati, ripartiti tra le provincie di Perugia, Rieti e Macerata, così come descritto nella seguente tabella:

**Tabella 3 : ripartizione del territorio del bacino idrografico sotteso dal Canale Medio Nera e compreso nell'area di piano.**

Provincia	Superficie (kmq)	(%)
Perugia	636,10	61,4
Macerata	192,57	18,6
Rieti	206,71	20,0
Terni	0,02	0,002

Ascoli Piceno	0,051	0,005
<b>NERA</b>	<b>1035,451</b>	<b>100</b>

Il bacino in tal modo risultante ha una estensione pari a circa il 71 % del sottobacino n. 9 del fiume Tevere (Nera e Corno a monte del Velino : superficie 1.454,29 chilometri quadrati); il punto di massima quota è il Monte Vettore, nella catena dei Monti Sibillini, la cui altitudine è pari a 2.422 m.s.l.m., mentre la quota media si aggira intorno ai 1.000 m.s.l.m.; la lunghezza del corso d'acqua fino al manufatto principale di derivazione risulta pari a circa 25 chilometri.

Nella tabella seguente sono riportati i comuni che si trovano all'interno dell'area di piano contenuta nel territorio del sottobacino n. 9, con le relative superfici e popolazioni, e che quindi concorrono realmente nel processo di inquinamento del lago di Piediluco:

**Tabella 4: sottobacino n. 9 (Nera e Corno a monte del Fiume Velino) – superfici e popolazione dei comuni che ricadono nell'area di piano.**

Comune	Provincia	Altro sottobacino cui appartiene il comune	Superficie compresa nell'Area di Piano	Popolazione compresa nell'Area di Piano
1. Campello sul Clitunno	PG		4,3	199
2. Cascia	PG		177,4	3.182
3. Cerreto di Spoleto	PG		44,8	706
4. Foligno	PG	4	11,3	2.280
5. Monteleone di Spoleto	PG		55,3	591
6. Norcia	PG	10	211,1	3.629
7. Poggiodomo	PG		2,8	16
8. Preci	PG		81,9	1.061
9. Sellano	PG		47,2	737
10. Ferentillo	TR		0,02	0
11. Bolognola	MC		0,007	0
12. Castelsantangelo sul Nera	MC		48,6	254
13. Monte Cavallo	MC		0,16	0
14. Pieve Torina	MC		1,1	22

15. Serravalle di Chienti	MC		14,7	190
16. Ussita	MC		46,7	389
17. Visso	MC		81,3	1.079
18. Accumoli	RI	10	3,11	27
19. Leonessa	RI		203,6	2.876
20. Arquata del Tronto	AP		0,05	0
21. Montefortino	AP		0,001	0
<b>Totale</b>			<b>1035,451</b>	<b>17.238</b>

Bacino del Fiume Velino

Le acque del fiume Velino vengono parzialmente deviate nel lago di Piediluco quasi in prossimità dell'opera di presa in località Marmore, tramite un canale artificiale che funge alternativamente da emissario ed immissario del lago stesso, in funzione del regime di funzionamento della centrale di Galletto - Monte Sant'Angelo.

Durante il periodo "medio" di fermo macchine della centrale, pari approssimativamente a 9 ore notturne, le acque del Velino in parte entrano nel lago, ed in parte rigurgitano verso monte : in questo periodo il canale funziona da immissario del lago; invece, durante un periodo "medio" di funzionamento della centrale, pari approssimativamente a 15 ore, le acque del lago transitano attraverso il canale, che stavolta funge da emissario, ed unendosi a quelle del Velino vengono convogliate verso il drizzagno a valle del lago e di qui in centrale.

Il bacino idrografico in tal modo sotteso è composto dall'intero bacino del fiume Velino (sottobacino n. 10) di superficie pari a circa 670 Km<sup>2</sup>, e dai bacini dei fiumi Salto e Turano (sottobacino n. 11) situati a valle dei medesimi laghi artificiali, di superficie pari a circa 390 Km<sup>2</sup>, i quali, sulla base di uno studio svolto dall'Autorità di Bacino del Tevere, svolgono la funzione di disconnessione idraulica e chimico fisica; pertanto le zone a monte dei suddetti invasi non sono state comprese nell'area di piano, ma verranno prese in considerazione solo come zone di attenzione.

**Tabella 5 : ripartizione del territorio del bacino idrografico sotteso dal Fiume Velino e compreso nell'area di piano (sottobacino n. 10)**

Provincia	Superficie (km <sup>2</sup> )	(%)
L'Aquila	42,01	6,3

Terni	43,03	6,4
Rieti	585,61	87,3
<b>VELINO</b>	<b>670,65</b>	<b>100,0</b>

Tabella 6: sottobacino n. 10 (Fiume Velino) – superfici e popolazione dei comuni che ricadono nell'area di piano.

Comune	Provincia	Altro sottobacino cui appartiene il comune	Superficie compresa nell'Area di Piano	Popolazione compresa nell'Area di Piano
22. Arrone	TR		12,7	856
23. Polino	TR	9	5,5	85
24. Stroncone	TR		3,7	224
25. Terni	TR		21,4	10931
26. Cagnano Amiterno	AQ		0,2	8
27. L'Aquila	AQ		0,006	0
28. Montereale	AQ		31,5	943
29. Scoppito	AQ		10,3	436
30. Amatrice	RI		9,9	175
31. Antrodoto	RI	11	62,7	2.962
32. Borbona	RI		42,0	644
33. Borgovelino	RI	11	18,3	845
34. Cantalice	RI	9	37,6	2.753
35. Castel Sant'Angelo	RI		31,2	1.320
36. Cittaducale	RI	11	71,1	6.434
37. Cittareale	RI	9	59,5	552
38. Contigliano	RI	11	53,1	3129
39. Cottanello	RI	11	2,2	36
40. Fiamignano	RI		0,11	2

41. Greccio	RI		17,2	1.448
42. Labro	RI		11,7	293
43. Micigliano	RI	9	36,7	149
44. Morro Reatino	RI		15,7	367
45. Poggio Bustone	RI	9	22,3	2.159
46. Posta	RI	9	65,8	919
47. Rivodutri	RI	9	26,7	1.295
<b>Totale</b>			<b>670,65</b>	<b>38.965</b>

**Tabella 8 :** ripartizione del territorio del bacino idrografico sotteso dai Fiumi Salto e Turano compreso nell'area di piano (sottobacino n. 11).

Provincia	Superficie (kmq)	(%)
Rieti	388,557	100,0
<b>SALTO E TURANO</b>	388,557	<b>100,0</b>

**Tabella 9: sottobacino n. 11 (Fiumi Salto e Turano) – superfici e popolazione dei comuni che ricadono nell'area di piano.**

Comune	Provincia	Altro sottobacino cui appartiene il comune	Superficie compresa nell'Area di Piano	Popolazione compresa nell'Area di Piano
48. Ascrea	RI		5,3	231
49. Belmonte in Sabina	RI		23,6	627
50. Casperia	RI		0,01	0
51. Colli sul Velino	RI		12,7	462
52. Concerviano	RI		21,34	461
53. Longone Sabino	RI		34,3	699
54. Montasola	RI		0,003	0
55. Monte San Giovanni in Sabina	RI		12,5	152
56. Montenero Sabino	RI		1,3	41
57. Petrella Salto	RI	10	41,4	648
58. Rieti	RI	10	204,4	42737
59. Rocca Sinibalda	RI		22,5	430
60. Roccantica	RI		0,004	0

61. Torricella in Sabina	RI		8	367
62. Varco Sabino	RI		1,2	13
<b>Totale</b>			<b>388,557</b>	<b>46868</b>

Per quanto riguarda il riepilogo generale dell'area di piano, la tabella seguente fornisce il quadro complessivo:

**Tabella 10 : riepilogo complessivo dell'area di piano.**

Provincia	Comuni	Area di Piano(kmq)	Abitanti	Sottobacino
L'Aquila	4	42,01	1.387	10
Macerata	7	192,57	1.934	9
Perugia	9	636,10	12.401	9
Rieti	35	1.191,767	75.253	9, 10 e 11
Ascoli Piceno	2	0,051	0	9
Terni	5	43,32	12.096	9 e 10
<b>Totale</b>	<b>62</b>	<b>2.105,818</b>	<b>103.071</b>	

Per quanto riguarda il riepilogo generale dell'area di piano suddivisa per sottobacini, le tabelle seguenti espongono i risultati complessivi

**Tabella 11 : riepilogo complessivo dell'area di piano relativa al sottobacino n. 9 (Corno e Nera a monte del Velino).**

Provincia	Comuni	Area di Piano(kmq)	Abitanti
Macerata	7	192,57	1.934
Perugia	9	636,10	12.401
Rieti	2	206,71	2.903
Ascoli Piceno	2	0,051	0
Terni	1	0,02	0
<b>Totale</b>	<b>21</b>	<b>1035,451</b>	<b>17.238</b>

**Tabella 12 : riepilogo complessivo dell'area di piano relativa al sottobacino n. 10 (Fiume Velino).**

Provincia	Comuni	Area di Piano(kmq)	Abitanti
L'Aquila	4	42,01	1.387
Terni	4	43,03	12.096
Rieti	18	585,61	25.482
<b>Totale</b>	<b>26</b>	<b>670,65</b>	<b>38.965</b>

**Tabella 13 : riepilogo complessivo dell'area di piano relativa al sottobacino n. 11 (Fiumi Salto e Turano).**

Provincia	Comuni	Area di Piano(kmq)	Abitanti
Rieti	15	388,557	46.868
<b>Totale</b>		<b>388,557</b>	<b>46.868</b>

*L sottobacini che compongono l'area di Piano*

I sottobacini del bacino idrografico del Tevere sono stati ulteriormente articolati secondo le suddivisioni elaborate dal Servizio idrografico nazionale come riportato nella seguente tabella; ciascuno dei sottobacini così individuati ha costituito l'elemento unitario di territorio su cui sono state elaborate le analisi che hanno condotto alle stime del carico di fosforo prodotto e calcolato in ciascuna delle sezioni di chiusura

N.	Sottobacino	Descrizione
<b>BACINO DEL FIUME NERA</b>		
1	TEV-320-015	Fiume Nera dalle origini alla stazione idrometrica di Visso;
2	TEV-320-020	Fiume Nera da Visso al Torrente Ussita incluso (Bacino del Torrente Ussita);
3	TEV-320-030	Fiume Nera dal Torrente Ussita al Fiume Corno escluso.
4	TEV-320-040-10	Fiume Corno (Fosso della Molitta) dalle origini fino alla confluenza con il Fosso Tascino;
5	TEV-320-040-20	Fiume Corno dalla confluenza con il Fosso Tascino escluso fino al Ponte delle Ferriere,
6	TEV-320-040-26	Fiume Corno dal Ponte delle Ferriere alla confluenza con il Fiume Sordo escluso;
7	TEV-320-040-30	Fiume Corno fino al Fiume Sordo incluso (bacino del Fiume Sordo);
8	TEV-320-040-40	Fiume Corno dalla confluenza col Fiume Sordo escluso fino alla confluenza con il Fiume Nera;
9	TEV-320-050	Fiume Nera dalla confluenza con il Fiume Corno escluso fino a quella con il Fosso Tassino incluso;
<b>BACINO DEL FIUME VELINO</b>		
1	TEV-320-80-05	Fiume Velino dalle sorgenti alla stazione idrometrica di Posta;
2	TEV-320-80-06	Fiume Velino dalla stazione idrometrica di Posta alla confluenza col Fiume Ratto escluso;
3	TEV-320-80-10	Fiume Velino al Fiume Ratto incluso (bacino del Fiume Ratto);
4	TEV-320-80-20	Fiume Velino dalla confluenza con il Fiume Ratto escluso fino al ponte della ferrovia L'Aquila - Terni;
5	TEV-320-80-25	Fiume Velino dal ponte della ferrovia L'Aquila - Terni alla stazione di Antrodoco;
6	TEV-320-80-30	Fiume Velino dalla stazione di Antrodoco alla confluenza con il Fiume Salto escluso;
7	TEV-320-80-40-50	Fiume Salto dalla diga di Santa Lucia alla confluenza con il Fiume Velino;
8	TEV-320-80-45	Fiume Velino dalla confluenza con il Fiume Salto fino a Ponte Nuovo di Rieti;

<b>9</b>	TEV-320-80-50	Fiume Velino da Ponte Nuovo di Rieti fino alla confluenza con il Fiume Turano escluso;
<b>10</b>	TEV-320-80-60-30	Fiume Turano dalla diga di Posticciola al ponte di Rocca Sinibalda;
<b>11</b>	TEV-320-80-60-40	Fiume Turano dal ponte di Rocca Sinibalda fino al Ponte Turano della Via Quinzia;
<b>12</b>	TEV-320-80-60-50	Fiume Turano dal Ponte Turano della Via Quinzia fino alla confluenza col Fiume Velino;
<b>13</b>	TEV-320-80-65	Fiume Velino dalla confluenza col Fiume Turano fino alla stazione idrometrica di Terria;
<b>14</b>	TEV-320-80-66	Fiume Velino dalla stazione idrometrica di Terria alla confluenza con l'emissario del lago di Ripasottile (Canale di Santa Susanna) incluso, compresi il lago di Ripasottile ed il Lago Lungo o di Cantalice;
<b>15</b>	TEV-320-80-67	Fiume Velino dalla confluenza con l'emissario del lago di Ripasottile (Canale di Santa Susanna) escluso a quella con l'emissario del Lago di Piediluco escluso;
<b>16</b>	TEV-320-80-69	Fiume Velino all'emissario del Lago di Piediluco incluso (Bacino del Lago di Piediluco);

### 3. GLI OBIETTIVI GENERALI DEL PIANO STRALCIO

#### 3.1 Finalità del Piano

La redazione del Piano stralcio è finalizzata ad individuare e sostenere una serie di azioni orientate alla pianificazione dell'assetto ambientale del territorio, con particolare riferimento al contenimento dei fenomeni di inquinamento da fosforo che ormai da anni caratterizza il lago di Piediluco, alla indicazione e alla predisposizione di progetti, alla elaborazione di criteri, prescrizione e norme.

Data la complessità dell'apparato tecnico, normativo e procedurale che il Piano stralcio comprende ed istruisce (complessità dovuta principalmente alla peculiarità delle problematiche ambientali del bacino del lago di Piediluco, alla presenza di un quadro normativo ed istituzionale tuttora in evoluzione), appare evidente l'ipotesi di organizzare il piano come un "work in progress" che si consolida nel tempo con l'acquisizione di maggiori conoscenze, con la concertazione con gli enti competenti sul territorio, con le politiche di programmazione territoriale in corso e previste ed infine con nuove ed accurate campagne di monitoraggio degli effetti del Piano che consentiranno il suo aggiornamento

In considerazione dei fini preposti alla pianificazione di bacino sono stati individuati, all'interno della "Prima elaborazione del progetto di Piano di bacino" approvato dal Comitato istituzionale il 28/09/1999 con delibera n. 80, tre macro problemi:

1. l'eutrofizzazione del lago con fattore limitante il fosforo;
2. la instabilità delle sponde del lago;
3. la possibilità di attivazione di crisi distrofiche con repentini abbattimenti del tenore di ossigeno disciolto e conseguente crisi generale del corpo idrico.

rispetto ai quali il piano persegue un obiettivo generale e tre obiettivi subordinati:

#### Obiettivo generale

individuazione di azioni, norme ed interventi diretti, immediati o procrastinati nel tempo finalizzati al recupero ed alla tutela dei caratteri di naturalità dell'ecosistema lacustre

#### Obiettivi subordinati

- a) disinquinamento progressivo dei bacini tributari dal fosforo;
- b) difesa idrogeologica dei versanti che contribuiscono attraverso l'erosione al trasporto di fosforo con il suolo;

c) ripristino e tutela delle sponde del lago.

Relativamente all'obiettivo subordinato a) disinquinamento dei bacini tributari dal fosforo, le azioni del Piano sono orientate:

a1) al controllo ed alla regolamentazione della qualità delle acque reflue civili ed industriali attraverso:

- criteri per la realizzazione degli impianti di smaltimento;
- separazione dalla rete delle acque meteoriche da quelle reflue;
- regolamentazione per gli insediamenti non allacciati in rete;

a2) al controllo della qualità delle acque usate per l'agricoltura attraverso:

- regolamentazione dell' utilizzo di sostanze chimiche in alcune parti di territorio;
- indirizzi per la raccolta e depurazione delle acque utilizzate per l'agricoltura (fitodepurazione);
- divieto di allevamenti zootecnici in stalla in alcune zone;
- divieto di realizzazione di nuovi impianti di acquacoltura e controllo degli scarichi di quelli esistenti;
- indirizzi per la gestione dei reflui zootecnici.

Rispetto all'obiettivo subordinato b) difesa idrogeologica dei versanti, il Piano individua le seguenti azioni:

b1) Miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la tutela e l'incremento della capacità di regimazione della vegetazione ed in particolare:

- tutela delle superfici boscate;
- introduzione dei prati umidi;
- interventi di manutenzione e rinaturalizzazione del reticolo superficiale;
- norme sugli usi per il miglioramento del deflusso idrico superficiale;
- norme per il contenimento dei fenomeni di erosione superficiale;
- adeguamento sulle infrastrutture esistenti e criteri per quelle di progetto.

Rispetto all'obiettivo subordinato c) ripristino e tutela delle sponde del lago il Piano individua le seguenti azioni:

c1) Promozione di studi e di rilievi di dettaglio volti a definire:

- la ubicazione, la morfologia e lo stato di efficienza delle attuali difese spondali, dei terrazzamenti e dei reinterri;
- interventi di tipo manutentivo e strutturale per il consolidamento delle sponde;
- norme rivolte alla pianificazione urbanistica comunale con il fine di tutelare la stabilità delle sponde.

OBIETTIVI	AZIONI
<p>a. <b>DISINQUINAMENTO DEI BACINI TRIBUTARI DAL FOSFORO</b></p>	<p>a1) controllo e regolamentazione della qualità delle acque reflue civili ed industriali attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. criteri per la realizzazione degli impianti di smaltimento;</li> <li>2. separazione dalla rete delle acque meteoriche da quelle reflue;</li> <li>3. regolamentazione per gli insediamenti non allacciati in rete</li> </ol> <p>a2) controllo della qualità delle acque usate per l'agricoltura attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. regolamentazione di utilizzo di sostanze chimiche in alcune parti di territorio;</li> <li>2. indirizzi per la raccolta e depurazione delle acque utilizzate per l'agricoltura (fitodepurazione);</li> <li>3. divieto di allevamenti zootecnici in stalla in alcune zone;</li> <li>4. divieto di realizzazione di nuovi impianti di acquacoltura e controllo degli scarichi di quelli esistenti;</li> <li>5. indirizzi per la gestione dei reflui zootecnici.</li> </ol>
<p>b. <b>DIFESA IDROGEOLOGICA DEI VERSANTI CHE CONTRIBUISCONO ATTRAVERSO L'EROSIONE AL TRASPORTO DI FOSFORO CON IL SUOLO,</b></p>	<p>b1) Miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la tutela e l'incremento della capacità di regimazione della vegetazione ed in particolare:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. tutela delle superfici boscate;</li> <li>2. introduzione dei prati umidi;</li> <li>3. interventi di manutenzione e rinaturalizzazione del reticolo superficiale;</li> <li>4. norme sugli usi per il miglioramento del deflusso idrico superficiale;</li> <li>5. norme per il contenimento dei fenomeni di erosione superficiale</li> <li>6. adeguamento sulle infrastrutture esistenti e criteri per quelle di progetto.</li> </ol>
<p>c. <b>RIPRISTINO E TUTELA DELLE SPONDE DEL LAGO</b></p>	<p>c1) Promozione di studi e di rilievi di dettaglio volti a definire</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la ubicazione, la morfologia e lo stato di efficienza delle attuali difese spondali, dei terrazzamenti e dei reinterri;</li> <li>2. interventi di tipo manutentivo e strutturale per il consolidamento delle sponde;</li> <li>3. norme rivolte alla pianificazione urbanistica comunale con il fine di tutelare la stabilità delle sponde .</li> </ol>

### 3.2 La struttura del piano ed i contenuti

La scelta di suddividere il territorio in “ambiti territoriali” costituiti dai sottobacini è consequenziale ai risultati delle indagini e degli studi territoriali, idraulici, geomorfologici, e sulle dotazioni di infrastrutture tecnologiche per la depurazione ed il collettamento che hanno sostenuto la redazione di questo Piano stralcio: essi hanno fornito parametri, criteri e valutazioni che hanno consentito la lettura e l’interpretazione del territorio del bacino del lago di Piediluco; criteri di tipo geo-morfologico, utilizzati per la descrizione dei caratteri fisici, coerenti con la suddivisione dei diversi utilizzi del suolo del bacino; strutture ambientali e naturalistiche e contesti territoriali insediativi.

Gli ambiti territoriali che costituiscono la struttura del Piano assumono quindi carattere di omogeneità e di continuità rispetto a tutto il processo della sua elaborazione e costruzione, ma corrispondono anche ad un approccio alla pianificazione territoriale ormai consolidato all’interno delle amministrazioni regionali che ricadono nel bacino.

Le elaborazioni che costituiscono la base del Piano stralcio sono:

- 1) un modello idrodinamico che definisce il fattore limitante;
- 2) una serie di indagini a carattere territoriale che hanno consentito, attraverso una stima qualitativa degli apporti di fosforo, la individuazione di aree critiche appartenenti ai bacini tributari del lago e valutazioni di sintesi sulla incidenza delle diverse sorgenti inquinanti, diffuse o puntiformi;
- 3) un’articolazione del territorio del bacino in “ambiti territoriali” che interagiscono con diverse e specifiche modalità con il lago di Piediluco;
- 4) prescrizioni, indirizzi e criteri che regolamentano le azioni da svolgere sui “suoli, sottosuoli, acqua e vegetazione” coerenti con gli ambiti territoriali, le zone e problematiche identificate;
- 5) la programmazione di azioni specifiche e puntuali sul territorio per l’adeguamento dei sistemi di depurazione e collettamento realizzati con tecnologie tradizionali oppure finalizzate alla realizzazione di impianti con tecnologie innovative .

Le prescrizioni del Piano stralcio agiscono su due livelli. Ad un primo livello, definito nelle Norme tecniche di attuazione Titolo I, il Piano indica le dotazioni infrastrutturali per il collettamento e la depurazione cui devono adeguarsi i comuni ricadenti nell’area di piano; attraverso la predisposizione di un apparato tecnico – normativo indica le misure di regolamentazione delle attività antropiche (con particolare riferimento a quelle agro- silvo – pastorale ed agli impianti ittogenici) che possono essere considerate sorgenti produttrici di fosforo; indica infine le modalità di manutenzione dei versanti collinari e montani e del reticolo drenante acqua al lago, al fine di recuperare condizioni di naturalità e di controllare le modalità di rilascio del fosforo in acqua e nel suolo. Questo livello interessa l’intero bacino (naturale ed ampliato ) tributario del lago.

Ad un secondo livello, "l'ambito", le prescrizioni si applicano ai luoghi interessati da uno stesso ruolo e prestazione. Si tratta di ambiti definiti, secondo i risultati delle analisi condotte, da sottobacini critici in cui le produzioni di fosforo raggiungono livelli tali per cui è necessario che il Piano eserciti azioni più incisive per il contenimento delle produzioni e/o per l'adeguamento dei reflui attraverso trattamenti di defosfatazione. Questo livello interessa quindi soltanto alcuni sottobacini compresi nell'area di Piano.

### 3.3 La definizione dell'area di Piano

L'area oggetto del Piano stralcio è definita dal bacino naturale del lago di Piediluco, dal bacino del Nera chiuso a Triponzo e dal bacino del Velino chiuso a monte degli invasi del Salto e del Turano: si tratta dunque di un bacino molto esteso che raggiunge circa i 2100 kmq.

Il fatto di non considerare per l'intera estensione il bacino del Nera è una diretta conseguenza della regimazione idraulica del fiume che, a valle di Triponzo si immette nella galleria sotterranea del Medio Nera non drenando più le acque del bacino superficiale. Diversamente, la scelta di chiudere il bacino del Velino a monte delle dighe del Salto e del Turano è la conseguenza di una lunga analisi sui dati di qualità delle acque rilevati sul corso del Salto e del Turano a monte ed a valle dei due invasi. Infatti, tutti gli studi riguardanti il lago sottolineano il diverso peso in termini qualitativi e quantitativi dei vari bacini di alimentazione del lago, che, come è noto, pur essendo un lago naturale dotato di un proprio bacino imbrifero, è sottoposto ad una regolazione artificiale da parte dell'ENEL, che ne utilizza una parte del volume invasato per effettuare la compensazione giornaliera dei volumi turbinati presso le Centrali di Galleto e Monte Sant'Angelo; in tal modo il lago risulta essere alimentato anche da una parte delle acque del bacino del fiume Nera e dalle acque del bacino del fiume Velino, il quale a sua volta raccoglie le acque dei fiumi Salto e Turano.

Tuttavia dalla definizione dell'area oggetto del presente piano stralcio è stata esclusa la parte dei bacini di alimentazione dei fiumi Salto e Turano situata a monte dei rispettivi laghi, in quanto la presenza di due invasi artificiali di considerevoli capacità (Lago del Turano, volume di invaso pari a 163 milioni di metri cubi; Lago del Salto, volume di invaso pari a 276,5 milioni di metri cubi), induce a considerarli come grandi vasche di sedimentazione per gli scarichi degli insediamenti civili ed industriali presenti nei bacini sottesi dagli sbarramenti stessi.

I contributi provenienti dai bacini tributari del lago sono i seguenti:

- il contributo del Canale Medio Nera al lago è pari al 90 % della portata del Fiume Nera registrata all'idrometro di Triponzo, per 24 ore su 24, ovvero è pari a una portata di circa 15 metri cubi al secondo (relativamente al periodo 1980 – 1996 compresi);
- il contributo del Fiume Velino al lago è pari al 19,1 % della portata del fiume registrata all'idrometro di Terria, per 9 ore su 24, ovvero è pari a una portata di circa 10 metri cubi al secondo (relativamente al periodo 1980 – 1996 compresi);

- il contributo del bacino naturale del lago di Piediluco è pari al 100% del suo valore, per 24 ore su 24;

A sostegno della scelta di escludere le aree di monte dei bacini del Salto e del Turano, l'Autorità di bacino ha comunque svolto uno studio sulla qualità delle acque dei due fiumi all'ingresso ed all'uscita degli invasi artificiali, il cui fine è quello di dimostrare in modo sperimentale, attraverso l'analisi dei dati di qualità rilevati, se le zone di monte dei due bacini possono avere effetti negativi sulle acque del lago di Piediluco. Per eseguire tale studio, sono stati utilizzati i dati di numerosi Enti che si occupano del controllo e della valutazione della qualità delle acque, tra cui la Provincia di Rieti, la Regione Lazio e la ASL di Rieti; quest'ultima si è rivelata essere l'Ente in possesso dei dati maggiormente significativi, che sono stati elaborati dall'Autorità ed hanno costituito la base di partenza per le valutazioni sulla qualità delle acque dei Fiumi Salto e Turano.

#### La metodologia applicata.

Per l'esecuzione dello studio si è deciso di esaminare il livello di inquinamento delle acque superficiali tramite l'elaborazione delle concentrazioni dei 7 principali macrodescrittori contenuti nella tabella 7, allegato 1 del Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 258 "Disposizioni correttive ed integrative del Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1 comma 4 della legge 24 aprile 1998 n. 128".

Il periodo di indagine esaminato comprende gli anni dal 1994 al 2000 compresi.

I macrodescrittori utilizzati sono :

1. 100 Ossigeno Disciolto (% saturazione) (\*)
2. BOD<sub>5</sub> (O<sub>2</sub> mg/l)
3. COD (O<sub>2</sub> mg/l)
4. NH<sub>4</sub> (N mg/l)
5. NO<sub>3</sub> (N mg/l) (AZOTO NITRICO - NITRATI)
6. Fosforo Totale (P mg/l)
7. Escherichia Coli (UFC/100 ml) (COLIFORMI FECALI)

Nella tabella seguente vengono mostrati i punteggi per la definizione dei livelli di inquinamento :

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100 OD (% saturazione) (*)	≤10 (#)	≤20	≤ 30	≤50	>50
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	<2,5	≤4	≤ 8,0	≤15 (*)	>15

COD (O <sub>2</sub> mg/l)	<5	≤10	≤15	≤25	>25
NH <sub>4</sub> (N mg/l)	<0,03	≤ 0,10	≤0,5	≤1,50	>1,50
NO <sub>3</sub> (N mg/l)	<0,3	≤ 1,5	≤5,0	≤10,0	>10,0
Fosforo Totale (P mg/l)	<0,07	≤0,15	≤0,3	≤0,60	>0,60
Escherichia Coli (UFC/100 ml)	<100	< 1.000	≤5.000	≤20.000	>20.000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato (75° percentile del periodo di rilevamento)	80	40	20	10	5
<b>LIVELLO DI INQUINAMENTO DAI MACRODESCRITTORI</b>	<b>480-560</b>	<b>240-475</b>	<b>120-235</b>	<b>60-115</b>	<b>&lt; 60</b>

(\*) la misura deve essere effettuata in assenza di vortici; il dato relativo al deficit od al surplus deve essere considerato in valore assoluto;

(#) in assenza di fenomeni di eutrofia;

Il livello di qualità relativa ai macrodescrittori viene attribuito utilizzando la tabella precedente e seguendo il procedimento di seguito descritto:

- sull'insieme dei risultati ottenuti durante la fase di monitoraggio bisogna calcolare, per ciascuno dei parametri contemplati, il 75° percentile (per quanto riguarda il primo indicatore il valore del 75° percentile va riferito al valore assoluto della differenza dal 100%);
- si individua la colonna in cui ricade il risultato ottenuto, individuando così il livello di inquinamento da attribuire a ciascun parametro e, conseguentemente, il suo punteggio;
- si ripete tale operazione di calcolo per ciascun parametro della tabella e quindi si sommano tutti i punteggi ottenuti;
- si individua il livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori in base all'intervallo in cui ricade il valore della somma dei livelli ottenuti dai diversi parametri, come indicato nell'ultima riga della tabella.

Ai fini della classificazione devono essere disponibili almeno il 75% dei risultati delle misure eseguibili nel periodo considerato.

In tal modo si è proceduto alla determinazione del livello di inquinamento, senza incrociare il risultato con il dato risultante dall'I.B.E., anche perché non in possesso dei dati per tale scopo necessari.

*I risultati delle elaborazioni relative al Fiume Salto.*

Lungo il corso del fiume Salto, dalle sorgenti alla confluenza con il fiume Velino, sono presenti 6 punti di prelievo, utilizzati dalla ASL di Rieti per effettuare i campionamenti periodici previsti dalla normativa in vigore.

I punti di prelievo sono :

- Punto di prelievo 3.10 : Località Torano;
- Punto di prelievo 3.11 : Località Pescorocchiano, presso il ponte situato a valle della confluenza del Torrente Apa con il fiume Salto (Civitella);
- Punto di prelievo 3.12 : Ponte di Fiumata;
- Punto di prelievo 3.13 : Ponte sulla diga;
- Punto di prelievo 3.14 : Ponte San Martino;
- Punto di prelievo 3.15 : Ponte Madonna dei Balzi.

I punti 3.10 e 3.11 sono situati a monte del lago, il punto 3.12 si trova nel lago, i punti 3.13, 3.14 e 3.15 sono situati a valle del lago.

Lo scopo dello studio è stato quello di dimostrare l'effetto di disconnessione chimico-fisico-biologica esercitato dall'invaso sulle acque entranti ed uscenti, tramite il confronto delle elaborazioni svolte sui valori delle concentrazioni dei macrodescrittori tra monte e valle, allo scopo di poter definitivamente escludere la zona a monte del lago da interventi di pianificazione connessi con il Piano di bacino per il risanamento del lago di Piediluco;

Per le elaborazioni dei valori delle concentrazioni sono stati utilizzati i valori di 1.553 campioni, relativi a tutte e 6 i punti di prelievo, così suddivisi :

<b>Fiume Salto : riepilogo complessivo dei campioni esaminati (tutte le stazioni)</b>	
<b>Parametro Macrodescrittore</b>	<b>Campioni</b>
• Ossigeno Disciolto (O.D.)	246
• BOD	241
• COD	250
• NH4	174

PIANO STRALCIO PER LA SALVAGUARDIA DELLE ACQUE E DELLE SPONDE DEL LAGO DI PIEDILUCO

• NO3	217
• P	194
• Escherichia Coli	231
• <b>Totale</b>	<b>1.553</b>

Per quanto riguarda il raggiungimento dell'obiettivo, sono stati presi in considerazione le elaborazioni relative ai valori rilevati nei punti di prelievo immediatamente a monte e a valle del lago del Salto, e precisamente il punto 3.11 ed il punto 3.13.

Le elaborazioni sono state svolte secondo lo schema di cui in precedenza, seguendo cioè le indicazioni fornite dal decreto legislativo 258-2000; i parametri esaminati sono i seguenti:

Fiume Salto : punto 3.11 (a monte)		Fiume Salto : punto 3.13 (a valle)	
Parametro Macrodescrittore	Campioni	Parametro Macrodescrittore	Campioni
• Ossigeno Disciolto (O.D.)	28	• Ossigeno Disciolto (O.D.)	46
• BOD	28	• BOD	45
• COD	29	• COD	47
• NH4	18	• NH4	27
• NO3	25	• NO3	41
• P	25	• P	31
• Escherichia Coli	28	• Escherichia Coli	44
• <b>Totale</b>	<b>181</b>	• <b>Totale</b>	<b>281</b>

Dopo avere svolto tutte le elaborazioni necessarie, si è giunti ai risultati che di seguito sono illustrati:

#### Fiume Salto : punto 3.11 (a monte)

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni	Punteggio Totale
1	100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	18,90	40
2	BOD5 (O2 mg/l)	3,00	40

3	COD (O <sub>2</sub> mg/l)	13,00	20
4	NH <sub>4</sub> (N mg/l)	0,07	40
5	NO <sub>3</sub> (N mg/l)	1,40	40
6	Fosforo totale (P mg/l)	0,20	20
7	Escherichia coli (UFC/100 ml)	1.035	20
<b>Punteggio Totale</b>		<b>Classe : 3</b>	<b>220</b>

**Fiume Salto : punto 3.13 (a valle)**

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni	Punteggio Totale
1	100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	14,03	40
2	BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	2,43	80
3	COD (O <sub>2</sub> mg/l)	9,25	40
4	NH <sub>4</sub> (N mg/l)	0,06	40
5	NO <sub>3</sub> (N mg/l)	0,90	40
6	Fosforo totale (P mg/l)	0,10	40
7	Escherichia coli (UFC/100 ml)	673	40
<b>Punteggio Totale</b>		<b>Classe : 2</b>	<b>320</b>

**Fiume Salto : confronto tra il prelievo a monte ed il prelievo a valle.**

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni a monte del lago	75 percentile relativo alle concentrazioni a valle del lago
1	• 100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	18,90	14,03
2	• BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	3,00	2,43
3	• COD (O <sub>2</sub> mg/l)	13,00	9,25

4	• NH4 (N mg/l)	0,07	0,06
5	• NO3 (N mg/l)	1,40	0,90
6	• Fosforo totale (P mg/l)	0,20	0,10
7	• Escherichia coli (UFC/100 ml)	1.035	673

Esaminando la questione in termini di punteggio, appare evidente come la qualità delle acque tra monte e valle risulti nettamente migliorata, poiché si passa da un punteggio a monte pari a 220, che pone il livello in classe 3, ad un punteggio a valle pari a 320, che pone il livello in classe 2.

Il confronto tra i valori di monte e di valle del 75 percentile mostra chiaramente come tutti i parametri subiscano una diminuzione di concentrazione; in particolare la concentrazione di fosforo totale si dimezza.

Si ritiene pertanto lecito affermare che la presenza del lago contribuisca al miglioramento della qualità delle acque del fiume Salto, e che pertanto è lecito escludere la zona a monte del lago da interventi di pianificazione connessi con il Piano di bacino per il risanamento del lago di Piediluco.

#### *I risultati delle elaborazioni relative al fiume Turano*

Lungo il corso del fiume Turano, dalle sorgenti alla confluenza con il fiume Velino, sono presenti 4 punti di prelievo, utilizzati dalla ASL di Rieti per effettuare i campionamenti periodici previsti dalla normativa in vigore.

I punti di prelievo sono :

- Punto di prelievo 3.17 : ponte sulla strada Turanense (limite provinciale);
- Punto di prelievo 3.18 : Località Fonte Cottorella, presso il ponte sulla S.S.n.4 Salaria;
- Punto di prelievo 3.19 : ponte IV novembre sulla S.P. Tancia;
- Punto di prelievo 3.20 : Località Terria.

Il punto 3.17 è situato a monte del lago, mentre i punti 3.18, 3.19 e 3.20 sono situati a valle del lago.

Lo scopo dello studio è stato quello di dimostrare l'effetto di disconnessione chimico-fisico-biologica esercitato dall'invaso sulle acque entranti ed uscenti, tramite il confronto delle elaborazioni svolte sui valori delle concentrazioni dei macrodescrittori tra monte e valle, allo scopo di poter definitivamente escludere la

zona a monte del lago da interventi di pianificazione connessi con il Piano di bacino per il risanamento del lago di Piediluco;

Per le elaborazioni dei valori delle concentrazioni sono stati utilizzati i valori di 1.017 campioni, relativi a tutte e 4 i punti di prelievo, così suddivisi :

<b>Fiume Turano: riepilogo complessivo dei campioni esaminati (tutte le stazioni)</b>	
<b>Parametro Macrodescrittore</b>	<b>Campioni</b>
• Ossigeno Disciolto (O.D.)	165
• BOD	160
• COD	164
• NH4	118
• NO3	152
• P	116
• Escherichia Coli	142
• <b>Totale</b>	<b>1017</b>

Per quanto riguarda il raggiungimento dell'obiettivo, sono stati presi in considerazione le elaborazioni relative ai valori rilevati nei punti di prelievo immediatamente a monte e a valle del lago del Turano, e precisamente il punto 3.17 ed il punto 3.18.

Le elaborazioni sono state svolte secondo lo schema di cui in precedenza, seguendo cioè le indicazioni fornite dal decreto legislativo 258-2000; i parametri esaminati sono i seguenti:

<b>Fiume Turano : punto 3.17 (a monte)</b>		<b>Fiume Turano : punto 3.18 (a valle)</b>	
<b>Parametro Macrodescrittore</b>	<b>Campioni</b>	<b>Parametro Macrodescrittore</b>	<b>Campioni</b>
• Ossigeno Disciolto (O.D.)	49	• Ossigeno Disciolto (O.D.)	47
• BOD	47	• BOD	47
• COD	47	• COD	48
• NH4	37	• NH4	20

• NO3	42	• NO3	46
• P	35	• P	32
• Escherichia Coli	40	• Escherichia Coli	37
• <b>Totale</b>	<b>297</b>	• <b>Totale</b>	<b>277</b>

Dopo avere svolto tutte le elaborazioni necessarie, si è giunti ai risultati che di seguito sono illustrati:

#### Fiume Turano : punto 3.17 (a monte)

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni	Punteggio Totale
1	100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	14,50	40
2	BOD5 (O2 mg/l)	4,00	40
3	COD (O2 mg/l)	14,00	20
4	NH4 (N mg/l)	0,15	20
5	NO3 (N mg/l)	0,70	40
6	Fosforo totale (P mg/l)	0,10	40
7	Escherichia coli (UFC/100 ml)	6.590	10
	<b>Punteggio Totale</b>	<b>Classe : 3</b>	<b>210</b>

#### Fiume Turano : punto 3.18 (a valle)

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni	Punteggio Totale
1	100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	11,15	40
2	BOD5 (O2 mg/l)	2,10	80
3	COD (O2 mg/l)	8,20	40
4	NH4 (N mg/l)	0,09	40
5	NO3 (N mg/l)	0,74	40

6	Fosforo totale (P mg/l)	0,09	40
7	Escherichia coli (UFC/100 ml)	1.600	20
	<b>Punteggio Totale</b>	<b>Classe : 2</b>	<b>300</b>

**Fiume Turano : confronto tra il prelievo a monte ed il prelievo a valle.**

N.	Parametro Macrodescrittore	75 percentile relativo alle concentrazioni a monte del lago	75 percentile relativo alle concentrazioni a valle del lago
1	• 100 Ossigeno Disciolto (% saturazione)	14,50	11,15
2	• BOD5 (O2 mg/l)	4,00	2,10
3	• COD (O2 mg/l)	14,00	8,20
4	• NH4 (N mg/l)	0,15	0,09
5	• NO3 (N mg/l)	0,70	0,74
6	• Fosforo totale (P mg/l)	0,10	0,09
7	• Escherichia coli (UFC/100 ml)	6.590	1.600

Esaminando la questione in termini di punteggio, appare evidente come la qualità delle acque tra monte e valle risulti nettamente migliorata, poiché si passa da un punteggio a monte pari a 210, che pone il livello in classe 3, ad un punteggio a valle pari a 300, che pone il livello in classe 2.

Il confronto tra i valori di monte e di valle del 75 percentile mostra chiaramente come 5 parametri subiscono una diminuzione nella concentrazione, in alcuni casi anche molto marcata; viceversa, per quanto riguarda il fosforo totale P, la diminuzione è meno marcata, poiché si passa da 0,10 a 0,09 mg/l, con una variazione percentuale pari al 10 %, mentre l'NO3 subisce un aumento, passando da 0,70 a 0,74 mg/l, con una variazione percentuale pari al 6 % circa.

Questa circostanza può apparire anomala, ma si deve rimarcare il fatto che il punto di prelievo a valle del lago del Turano è situato a circa 30 chilometri dalla diga, e che in questo tratto si riscontra la presenza di zone intensamente coltivate, per un tratto di circa 10 chilometri, le quali sono addossate all'alveo del fiume; inoltre, sempre a monte del punto di prelievo, situato nei pressi della Fonte Cottorella, sono presenti insediamenti industriali.

Queste considerazioni peraltro non sono in contrasto con l'obiettivo da perseguire con lo studio, e quindi si può affermare che la presenza del lago contribuisca al miglioramento della qualità delle acque del fiume Turano, e che pertanto è lecito escludere la zona a monte del lago da interventi di pianificazione connessi con il redigendo Piano di bacino per il risanamento del lago di Piediluco.

### 3.4 Le aree di attenzione

L'analisi della qualità delle acque sui campionamenti disponibili presso le ASL competenti ha dunque rivelato, in modo ragionevolmente attendibile, la capacità dei laghi del Salto e del Turano di funzionare come delle grandi vasche di sedimentazione dei nutrienti veicolati dai fiumi Salto e Turano. Tuttavia è necessario porsi il problema della qualità delle acque dei laghi in cui, proprio a causa del loro effetto di depurazione naturale, possono nel tempo sedimentarsi gli inquinanti. Inoltre, nell'ipotesi di un peggioramento della qualità delle acque dei due Fiumi, e quindi dei laghi, potrebbero verificarsi peggioramenti anche nel corpo idrico recettore finale.

Il fatto di avere fissato per il presente Piano l'obiettivo di risanamento del lago di Piediluco dai fenomeni di eutrofia, lasciando per competenza ai Piani di tutela delle acque, le misure di tutela qualitativa e quantitativa tra loro integrate, non consente a questo Piano di definire, in senso lato, l'assetto ambientale dei territori afferenti ai due laghi.

E' comunque sembrato opportuno a questa Autorità di bacino, definire una superficie territoriale, afferente ai laghi, in cui segnalare un livello di attenzione. Con la definizione di aree di attenzione contigue all'area di Piano si esprime quindi la necessità di individuare, attraverso lo strumento tecnico normativo più adeguato, delle misure di tutela della qualità delle acque dei due laghi e dei due fiumi attualmente esclusi dall'area di Piano.

La delimitazione delle aree di attenzione risponde essenzialmente al criterio generale, dettato dal D. Lgs.vo 152/99, per cui i territori dei bacini drenanti in aree sensibili devono essere sottoposti a trattamenti di depurazione più efficaci. Partendo dalla considerazione che i laghi del Salto e del Turano sono comunque da considerarsi, ope legis, aree sensibili, così come i corsi d'acqua in essi affluenti per una lunghezza di 10 km. a partire dalle sponde; sono state perimetrare, preliminarmente, come aree di attenzione contigue all'area di Piano i naturali bacini scolanti dei laghi e dei due corsi d'acqua fino a raggiungere appunto la lunghezza di 10 km. In queste aree il presente piano stralcio, pur non intervenendo con specifiche misure di regolamentazione delle attività antropiche, demanda alle regioni competenti per territorio la loro più opportuna delimitazione e la relativa individuazione delle misure di tutela.

## 4. LE ANALISI

### 4.1 Le basi conoscitive disponibili

La fase progettuale del Piano stralcio ha utilizzato in parte studi e ricerche pregresse svolte da altre amministrazioni: uno dei punti di partenza è stato lo studio svolto dalla provincia di Terni nel 1996, il quale ha consentito una prima stima, seppure utilizzando dati molto aggregati, delle quantità del carico di fosforo. Sono stati inoltre promossi dall'Autorità di bacino studi inediti che hanno consentito la definizione delle azioni di pianificazione e programmazione delle risorse acqua e suolo diffusamente descritte nel seguente cap. 8. Sono stati attivate analisi a carattere territoriale ed ambientale che prevedono cinque filoni di ricerca relativi a:

- a) **La funzione protettiva della vegetazione dall'erosione idrica del suolo** (approfonditamente studiato all'interno delle proposte di assetto dei bacini montani elaborate per il Piano di assetto idrogeologico);
- b) **Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli** (insediamenti residenziali, attrezzature sociali e ricreative, insediamenti produttivi, aree agricole, infrastrutture a rete e puntuali);
- c) **Le previsioni urbanistiche dei Piani di livello comunale;**
- d) **Lo studio dei fenomeni di instabilità delle sponde;**
- e) **La ricognizione circa lo stato della depurazione e del collettamento sul territorio dei tre bacini afferenti al lago di Piediluco.**

Alcuni livelli di indagine sono invece riferibili a settori e situazioni più specifiche come nel caso:

- f) **Lo studio modellistico dei processi eutrofici-distrofici nel lago di Piediluco** (finalizzato a verificare la possibilità di agire direttamente sul lago per scongiurare il verificarsi di crisi anossiche attraverso la rimozione monitorata di sedimenti in alcune sezioni del fondo del lago).

I risultati di questi studi hanno consentito una lettura dell'ampio territorio afferente al lago di Piediluco ed hanno delineato, attraverso il rapporto tra le attività antropiche ed i naturali caratteri evolutivi del bacino, le scelte del Piano stralcio finalizzate a recuperare l'emergenza ambientale rappresentata dal fenomeno di eutrofia delle acque del lago.

## 4.2 Analisi delle caratteristiche ambientali del lago di Piediluco

### Caratteristiche generali del lago

Il Lago di Piediluco, è per estensione (1,7 km<sup>2</sup>), il secondo specchio lacustre di origine naturale del territorio regionale umbro.

Il suo bacino idrografico, escludendo la sezione di bacino del Fiume Nera sottesa in corrispondenza della derivazione del Medio Nera, ha una superficie di circa 74 km<sup>2</sup> (parzialmente in territorio laziale) e una quota media di 765 m s.l.m.; il bacino è caratterizzato da dislivelli piuttosto elevati con quota massima di 1.775 m nel M.te Tilia (gruppo del Terminillo) e quota minima di poco inferiore a 370 m s.l.m. in corrispondenza della superficie lacustre (AA.VV., 1988). Lo specchio lacustre ha forma allungata in senso est-ovest con varie diramazioni con direzioni prevalenti nord-sud.

Dal punto di vista ecologico possono essere riconosciute tre tipologie ambientali: *lotica*, *lacustre* e *palustre*. La prima riguarda l'area compresa tra l'immissione del Medio Nera e il Canale immissario / emissario del lago (Braccio Ponticelli – Braccio S.Nicolò); la tipologia lacustre riguarda l'area centrale fino alla zona di Ara Marina; infine l'area palustre è riferita ai bracci di Cornello e Capolozza.

Nell'ambito di uno studio realizzato dall'Enel nel 1989, sono stati effettuati rilievi aerofotogrammetrici e batimetrici al fine di ricavare i parametri morfometrici caratteristici del lago. In tabella sono state sintetizzate le principali caratteristiche morfometriche del lago rilevate in occasione dello studio ENEL-DCO del 1989 confrontate con quelle del Riccardi, autore di un approfondito e dettagliato studio sul lago svolto tra il 1936 e il 1955.

Caratteristiche	ENEL	DCO, 1989	R.Riccardi, 1955
Quota	Max. invaso: 369 m s.l.m.	min. invaso: 369 m s.l.m.	media: 367 m s.l.m.
Sup. lago (km <sup>2</sup> )	1.7	1.64	1.52
Perimetro (km)	15.16	-	13.12
Indice sinuosità	3.28	-	1.7
profondità max (m)	22.23	20.73	19.2
profondità media (m)	11.46	10.35	9.85
volume lago (Mm <sup>3</sup> )	19.534	17.013	15.02
lunghezza (km)	4.18	-	-
larghezza media (km)	0.38	-	-

Il lago ha un immissario naturale nel Rio Fuscello che nasce dal Monte Tilia, la cui portata media naturale fu stimata in 120 l/s (Riccardi, 1955). L'idrologia del lago, utilizzato a scopi idroelettrici dal 1908, è regolata artificialmente. Nel 1925 fu costruito un canale che collega la parte occidentale del lago con il F.Velino. Attraverso tale canale e il F.Velino stesso, le acque del lago affluiscono alla centrale idroelettrica di Galleto dopo un salto di circa 200 metri (Cascata delle Marmore); il deflusso delle acque

viene regolato mediante una diga mobile costruita a monte della cascata delle Marmore in modo che il F.Velino possa funzionare anche da immissario del lago in funzione delle esigenze della centrale idroelettrica. Nel 1932 fu costruita la Derivazione del Medio Nera, un canale artificiale lungo 42 km, che collegando il F.Nera all'altezza di Triponzo con il lago, ha la funzione di far affluire ad esso le acque del fiume con una portata (prevista) di 25 m<sup>3</sup> /s. La regolazione artificiale del lago impone che la superficie lacustre non superi i 369 m s.l.m.. Con l'apertura del Canale del Medio Nera il bacino imbrifero naturale del lago è stato ampliato dagli originari 74 kmq a 3204 kmq, peraltro ridotti a circa 2100 kmq come già visto nel capitolo 3.

### Caratteristiche qualitative pregresse

Dall'analisi di una ricca rassegna bibliografica è stato possibile rilevare l'evoluzione delle caratteristiche trofiche delle acque del lago. Da uno studio svolto tra il 1979 e il 1980 dall'Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura dell'Università di Perugia, si evidenzia che il maggior carico nutritivo è da addebitare al F.Velino e alla derivazione del Medio Nera.

L'origine della maggior parte dei carichi inquinanti proviene da fonti di tipo "diffuso". Le concentrazioni di azoto e fosforo rilevate direttamente permettono di classificare il lago di Piediluco come mesotrofo; il fosforo è il fattore limitante (Mearelli, 1988).

Un ulteriore ed approfondito lavoro sul lago di Piediluco, è stato realizzato dall'Enel nel 1989 nell'ambito del "Progetto ambiente della Conca Ternana". L'indagine, eseguita nel 1988 in due situazioni stagionali rappresentative, ha rilevato una concentrazione media di fosforo totale pari a 84 g/l, valore che per i criteri EPA (1974) e OECD (1982), porta a considerare questo ambiente come "eutrofico". Anche la concentrazione della clorofilla "a", la cui misura è indicativa dell'entità dei popolamenti fitoplanctonici, e l'andamento della trasparenza (che mostra i massimi valori in corrispondenza dei minimi della clorofilla), avvalorano il giudizio trofico negativo, classificando le acque di questo lago addirittura come ipertrofiche. Il lavoro conclude affermando che *"il lago si trova in una situazione di eutrofia, dovuta essenzialmente all'apporto di sostanze nutritive da parte del Velino e del Medio Nera"*.

Un ulteriore contributo conoscitivo tratto dalla ricerca bibliografica, è la pubblicazione, ad opera del Lesp di Terni, di una monografia dal titolo "Piediluco 1987/1990: Contributi per la conoscenza" (1991). Nella pubblicazione vengono individuati i principali fattori di rischio presenti nell'intero bacino afferente al lago di Piediluco e vengono mostrati i risultati delle attività di monitoraggio svolte dal Lesp di Terni attraverso la pubblicazione dei dati fisico-chimici e microbiologici del biennio 1989-1990. I dati si riferiscono a 10 stazioni corrispondenti ad altrettanti lidi attivi durante la stagione balneare e a 2 stazioni poste al centro del lago. Su queste ultime viene il controllo svolto sulla colonna d'acqua in corrispondenza della superficie e fondo.

Dall'analisi dei dati fisico-chimici emergono le seguenti osservazioni: 1) l'ossigeno disciolto nell'epilimnio presenta un costante trend in aumento nella stagione estiva, con due punte massime successive; 2) non si sono rilevate concentrazioni significative di nutrienti (N e P) in superficie; 3) gli esami sulla

colonna d'acqua hanno rilevato condizioni di anossia ipolimnica e una diffusione dei casi di anossia anche alla stazione di centro-lago occidentale che i dati Enel del 1988 mostravano ancora in buone condizioni. Quest'ultima osservazione potrebbe essere in relazione alla chiusura, nella stagione estiva del 1990, del Canale del Medio Nera per manutenzione.

Per quanto riguarda la trasparenza, i dati del 1990, mostrano un significativo incremento presumibilmente dovuto alla diminuita turbolenza conseguente alla temporanea chiusura del Medio Nera.

### Monitoraggio ambientale

La Provincia di Terni, di concerto con l'Autorità di Bacino del F. Tevere, ha redatto un progetto di monitoraggio delle acque del lago, allo scopo di correlare lo stato del lago alle azioni di risanamento intraprese nel breve e medio periodo. Il suddetto progetto valuta gli aspetti gestionali del monitoraggio. Concorrono al piano di monitoraggio gli enti sottoscrittori dell'accordo per quanto di specifica competenza, ed in particolare i centri ed i laboratori:

- Istituto Zooprofilattico,
- i Servizi veterinari della USLL,
- i LESP di Perugia e Terni,
- il laboratorio di Terria (province di Terni e di Perugia),
- l'Università degli studi di Perugia (Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura, Dipartimento di Biologia Cellulare e Molecolare, Sezione di Scienza Microbiologiche, Igienistiche ed ambientali);
- L'ENEL, in convenzione con la Provincia di Terni.

Nei paragrafi successivi segue una sintesi delle seguenti relazioni prodotte da Dipartimenti universitari, Istituti e Laboratori, a seguito della prima fase di monitoraggio ambientale che è in grado di offrire una visione complessiva sulle condizioni dell'ecosistema lacustre.

- **Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti del lago di Piediluco** (*Prof. G. Morozzi, Prof. A. Di Bartolomeo – Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia cellulare e molecolare, Sezione Scienze igienistiche, microbiologiche e ambientali*)
- **Termica, ossigeno disciolto, macroinvertebrati, fauna ittica** (*Prof. M. Mearelli - Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Animale ed Ecologia*)
- **Benthos della fascia costiera lacustre, fitoplancton, zooplancton, bioindicatori bentonici** (*Prof. E. Gaino, Prof. L. Mantilacci, Prof. M.I. Taticchi – Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Animale ed Ecologia*)
- **Monitoraggio ittico del lago di Piediluco** (*Dott. A. Carosi, Dott. M.L. Petesse, Dott. P. Viali – Provincia di Terni, Laboratorio di Terria*)

- **Esame anatomico-patologico, batteriologico, virologico** (*Dott. E. Di Raimo Marrocchi – Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche*) – (*Dott. S. Fabri, Dott. V. Viola, Dott. B. Pierini – Azienda Sanitaria Locale n°4 Terni*)
- **Studio floristico e vegetazionale del lago di Piediluco** (*Prof. R. Venanzoni – Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Vegetale*)

#### Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti

I sedimenti rappresentano una componente importante degli ecosistemi lacustri dal momento che in essi possono accumularsi sostanze tossiche a seguito di complessi meccanismi chimico - fisici di assorbimento, correlati alla natura propria del sedimento ed alla proprietà delle sostanze assorbite.

Dalle analisi chimiche effettuate emerge che all'ingresso del canale del Medio Nera e nei pressi dell'emissario i campioni di sedimento prelevati denotano un tipo di inquinamento dovuto ai vicini insediamenti urbani, alle attività antropiche e all'orticoltura intensivamente praticata lungo il fiume Nera, soprattutto riguardo la presenza di tensioattivi (LAS) e di fosfati. Quantità non trascurabili di solfuri acidi volatili (AVS) stanno ad indicare anossia dei sedimenti, e sempre su questi campioni sono state trovate concentrazioni modeste di metalli pesanti, probabilmente dovute alla solubilità degli stessi ed al ricambio idrico del lago in questo settore del lago. Per quanto riguarda le altre stazioni di prelievo dei sedimenti si sono riscontrate tracce di sostanze erbicide in passato largamente impiegate in agricoltura (atrazine, triezine) e che avrebbero potuto accumularsi nei sedimenti, ma la loro scarsa presenza indica un lieve contributo delle pratiche agricole.

Nel tentativo di dare un significato biologico ai valori dei parametri chimici che possiedono caratteristiche di tossicità, sono stati eseguiti test biologici, dai quali si riscontra una attività tossica più o meno accentuata in base al punto di prelievo: in generale i sedimenti prelevati nella stazione di campionamento prossima al canale del Medio Nera, sito in cui si era riscontrata anche una maggiore concentrazione di inquinanti chimici, risultano essere quelli con maggiore attività genotossica.

#### Controlli sui parametri ambientali

##### - Temperatura

La temperatura dell'acqua di un lago è influenzata da diversi fattori: temperatura dell'aria, morfologia lacustre, caratteristiche idrauliche e tempi di ricambio.

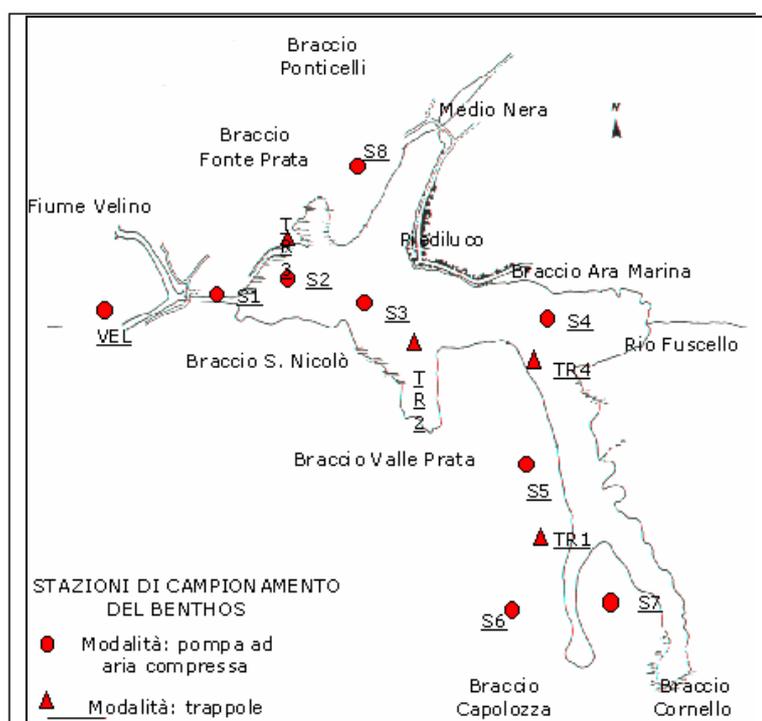
Il riscaldamento o il raffreddamento differenziato delle acque provoca variazioni di densità che possono portare ad una separazione degli strati superficiali rispetto a quelli profondi. In questi casi, mentre i primi continuano a mantenere rapporti con l'aria, i secondi raggiungono una condizione di isolamento che può produrre conseguenze gravi per tutto l'ecosistema.

Ad esempio viene a mancare l'apporto di ossigeno e quando le sue carenze diventano prolungate e consistenti le condizioni di vita diventano proibitive per la maggior parte degli organismi. Si ha inoltre

un peggioramento della qualità dell'acqua che, a sua volta, contribuisce al peggioramento delle condizioni di vita.

Normalmente nelle zone temperate i periodi di stratificazione sono due: una invernale (*inversa*, ovvero acque più fredde in superficie e più calde sul fondo) ed una estiva (*diretta*, la situazione opposta). In primavera e in autunno le differenze di temperatura fra superficie e fondo sono minime e quindi si ha piena circolazione.

Dai controlli effettuati nel corso del periodo maggio 1998 - ottobre 1999 nelle stazioni illustrate nella figura seguente viene confermato il risultato già ottenuto con le analisi precedenti: nei mesi estivi (maggio, giugno, luglio e agosto) si ha una marcata stratificazione termica, mentre negli altri (gennaio, marzo e ottobre) si registra piena circolazione. Passando da maggio ad agosto, si nota che lo strato a 16°C, inizialmente molto sottile, tende ad espandersi e ad insaccarsi verso il fondo, interessando masse d'acqua che erano a temperature inferiori.



Lo stesso andamento è mostrato dagli strati a 14°C e a 15°C, che si dilatano occupando volumi consistenti. Quello che si verifica è un progressivo riscaldamento, passando da maggio ad agosto.

Inoltre, in questi 4 mesi, è evidente come le acque del settore occupato dalle stazioni S4, S5, S6, S7 e S8, presentano una stratificazione più marcata rispetto alle acque della restante parte del lago. I valori più bassi di temperatura interessano il fondo della stazione S8.

Questa è la conseguenza dell'ingresso delle acque del fiume Nera che, come è noto, sono più fredde di quelle del lago e vanno a immettersi in profondità. Il settore del lago comprendente le stazioni S1, S2, e S3 mostra, invece, una condizione di maggiore uniformità. Tale settore è quello principalmente interessato dall'emunzione d'acqua attraverso l'emissario Velino per lo sfruttamento idroelettrico del bacino, quindi è il settore più soggetto a rimescolamento.

Per quanto riguarda i mesi di circolazione, gennaio risulta essere quello a temperatura più bassa e più uniforme (7°C); marzo e ottobre sono entrambi caratterizzati da uno strato superficiale leggermente più caldo della massa sottostante (la variazione è di appena un grado). Inoltre risulta che le temperature in ottobre sono maggiori che in marzo (12-13°C, 10-11°C). Anche in questi mesi, gli strati profondi della S8, si trovano a temperature inferiori rispetto agli strati sovrastanti.

#### - Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto nell'acqua proviene dagli scambi con l'atmosfera e dalla fotosintesi clorofilliana svolta dagli organismi vegetali. La distribuzione verticale, che assume importanza fondamentale sia per la respirazione degli organismi che per la qualità dell'acqua, è influenzata soprattutto dai processi di stratificazione termica.

Nei processi di eutrofizzazione, e ancor più durante il periodo estivo, a causa dell'aumento di alghe e piante acquatiche i processi di fotosintesi diventano maggiormente intensi, determinando negli strati superficiali concentrazioni piuttosto elevate di ossigeno (supersaturazione), mentre sul fondo la concentrazione diminuisce (sottosaturazione) o addirittura si azzerava (anossia). Queste due condizioni diventano quindi importanti indicatori nel monitoraggio dello stato trofico di un lago.

La situazione del lago di Piediluco è la seguente: l'andamento dell'O<sub>2</sub>% mostra che, da maggio ad agosto, gli strati superficiali sono sovrasaturi. Nei mesi di stratificazione termica, l'ossigeno disciolto diminuisce rapidamente andando verso il fondo, determinando in questi strati condizioni di sottosaturazione, senza però spingersi fino all'anossia. In luglio è evidente una sacca di acque sottosature (20%, da 8 metri di profondità fino al fondo) che interessa tutte le stazioni ad eccezione della S1 e S2. Tale fascia è ancora presente, anche se ridotta, in agosto. Negli altri mesi, quelli di circolazione, le acque risultano piuttosto uniformi e ben ossigenate (100-70%); in marzo incominciano ad instaurarsi condizioni di sovrasaturazione epilimnica (fino a 200%), mentre il fondo scende a 100% e, per il settore occupato dalla S8, fino a 50%. In ottobre il valore della percentuale di saturazione torna a livelli accettabili (80-100%), anche se gli strati profondi risultano nettamente sottosaturi (70-50%).

Nel complesso, si rileva che le acque del lago, nonostante l'elevato grado di eutrofizzazione, non raggiungono mai una condizione di anossia.

#### *Analisi della comunità bentonica*

I macroinvertebrati bentonici sono rappresentati da organismi che vivono a contatto con il fondo o contraggono con esso rapporti di interdipendenza: i gruppi più rappresentati sono Insetti, Oligocheti, Crostacei, Irudinei, Molluschi.

L'analisi della comunità bentonica ha permesso di individuare nel lago una differenziazione in due zone, una orientale con caratteristiche lentiche, l'altra occidentale di tipo lotico: in quest'ultima, in conseguenza delle correnti Nera – Velino, è presente una diversità animale più elevata rispetto al

settore orientale dove invece è presente una comunità più monotona. I due settori si distinguono anche per il grado di trofia dei sedimenti.

Il calcolo degli indici e il confronto fatto con i dati rilevati nel 1979/80 evidenzia nel complesso che le conseguenze prodotte dal carico inquinante convogliato da Nera e Velino, a livello dei sedimenti, non sono allarmanti, delineando un livello di stress intermedio per il popolamento bentonico. L'uso di supporti artificiali ha permesso di rinvenire anche quei gruppi bentonici che non abitano i sedimenti limosi del fondo, ma prediligono un substrato duro e ricco di macrofite: la diversità più alta si registra anche in questo caso per la comunità nel settore occidentale.

L'analisi dei parametri ambientali mostra la stessa situazione constatata nella campagna 1979/80: il lago di Piediluco si mantiene in piena circolazione da novembre a marzo, in fase di stagnazione nei restanti mesi. I valori di trasparenza permettono di classificare il lago come eutrofo (< 3 metri), e non è mai stata registrata anossia completa degli stati profondi. Lo stato di pronunciata eutrofizzazione è reso manifesto dai fenomeni di sovrassaturazione dell'epilimnio e sottosaturazione dell'ipolimnio. Tuttavia questa situazione non degenera mai in anossia, forse grazie all'elevato ricambio delle acque e all'influenza che Nera e Velino esercitano sulla termica e sulla distribuzione dell'ossigeno.

#### *Monitoraggio della fauna spondale, del fitoplancton e dello zooplancton*

Lo studio della fauna spondale è stato effettuato sui popolamenti della fascia costiera lacustre rivolgendo particolare attenzione alla spongofauna, costituita da spugne, organismi filtratori che a loro volta possono ospitare altri organismi (endobionti). I dati hanno evidenziato la contrazione dei popolamenti sponginei collegati alla fascia del canneto, da mettere in relazione alla diminuzione della trasparenza e alla scomparsa o riduzione della fauna associata alle spugne.

Il fitoplancton, come primo anello della catena alimentare, rappresenta un modello essenziale di indagine per la qualità delle acque; infatti sia lo studio del ciclo stagionale delle specie algali che la stima degli indici di diversità e di equipartizione applicati alla comunità fitoplanctonica, possono fornire interessanti elementi di valutazione del grado di conservazione dell'ecosistema Piediluco.

Lo zooplancton è una categoria ecologica in cui sono rappresentate specie animali adattate alla vita planctonica. Costituisce in genere il secondo gradino della catena trofica, in quanto gli organismi che vi appartengono si nutrono principalmente di fitoplancton, ed è quindi l'anello di congiunzione tra i produttori (fitoplancton) ed i consumatori secondari (fauna ittica).

Per il fitoplancton si è rilevata una dominanza di soli tre generi e un decremento nel numero di specie da 198 (1979/80) a 127 (1998/99), mentre lo zooplancton presenta la codominanza di un solo genere.

L'analisi dei dati rilevati evidenzia una situazione di potenziale stress ambientale a carico della comunità, che risulta di composizione anomala rispetto a quanto rilevato nei laghi serbatoio italiani: la diversità specifica attestata presenta infatti valori molto bassi, essendo le comunità planctoniche estremamente semplificate per la netta dominanza delle specie più adattabili alle specifiche condizioni ambientali.

In generale la comunità planctonica risulta estremamente semplificata in ragione, essenzialmente, di due fonti di stress ambientale: il regime idrologico ed il trofismo del lago, che determinano, nella loro combinazione, la selezione di specie e la loro distribuzione spaziale nell'ecosistema.

Il basso tempo di ricambio idrico del lago favorisce l'affermazione di specie *r-strategie*, specie di piccole dimensioni e ad alto tasso di riproduzione, adatte a compensare velocemente la perdita giornaliera di biomassa e, inoltre, adattate a condizioni eutrofe determinate dal carico di nutrienti derivante dal bacino scolante dei fiumi Velino e Nera.

Il ricambio idrico estremamente veloce nel settore occidentale del lago risulta essere fortemente limitante per la produzione primaria, per la strutturazione della comunità e per la ciclizzazione dei materiali con conseguente affermazione in queste aree delle specie che prediligono ambienti prevalentemente a carattere più lotico.

Particolarmente importante è la presenza di Briozoi nel lago di Piediluco poiché possono essere considerati bioindicatori della qualità delle acque, in quanto particolarmente sensibili allo stress ambientale.

Nel complesso, il lago di Piediluco risulta eutrofo con tendenza alla ipertrofia nei settori centrale e meridionale e alla mesotrofia nel settore occidentale..

#### *Monitoraggio e stato sanitario della fauna ittica*

Le specie censite nelle quattro fasi di campionamento sono riportate in tabella, dove è mostrata la famiglia di appartenenza e la condizione di autoctonia o alloctonia di ognuna.

<i>Famiglia</i>	<i>Specie</i>	<i>Nome comune</i>	<i>Status*</i>
<b>Anguillidae</b>	<i>Anguilla anguilla</i>	anguilla	autoctona
<b>Cyprinidae</b>	<i>Alburnus alburnus</i>	alborella	alloctona
	<i>Carassius auratus</i>	carassio	alloctona
	<i>Leuciscus cephalus</i>	cavedano	alloctono
	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	triotto	alloctono
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	scardola	autoctono
	<i>Tinca tinca</i>	tinca	autoctono
<b>Esocidae</b>	<i>Esox lucius</i>	luccio	autoctono
<b>Centrarchidae</b>	<i>Lepomis gibbosus</i>	Persico sole	alloctono
<b>Percidae</b>	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	acerina	alloctona
	<i>Perca fluviatilis</i>	persico reale	alloctono
<b>Salmonidae</b>	<i>Coregonus lavaretus</i>	coregone	alloctono
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	trota iridea	alloctono
	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	trota fario	autoctona
	<i>Thymallus thymallus</i>	temolo	alloctono

Dai censimenti ittici svolti in un anno di studio, si rileva una massiccia presenza di specie alloctone (13) rispetto alle specie autoctone (8), ed una esigua presenza di specie d'interesse ittico come l'anguilla ed il persico reale, attualmente precluse alla pesca di mestiere.

Si registra inoltre la recente comparsa (1996) e acclimatazione dell'acerina e la scomparsa ripopolamenti, e del resto le condizioni ambientali del lago non favoriscono l'acclimatazione di tali specie limnofile tipiche di acque più calde.

Sono scomparse anche la sandra, specie legata a tentativi pregressi di introduzione che non ha trovato condizioni idonee per il suo sviluppo, il vairone e la roverella, entrambe da ritenersi "accidentali" in relazione ai sistemi fluviali Nera e Velino in quanto sono specie con esigenze più propriamente reofile; la mancata segnalazione della gambusia potrebbe, invece, essere spiegata con la selettività degli attrezzi utilizzati per i monitoraggi non idonei alla cattura di specie di piccole dimensioni e localizzate in ambienti a basso fondale. La presenza di trota iridea e temolo, entrambe alloctone per le nostre acque, è da ritenersi legata a popolamenti effettuati nel F. Velino, in provincia di Rieti.

Lo studio patologico ed ispettivo prevede due obiettivi distinti:

- il primo prende in considerazione alcune famiglie di pesci presenti nel Lago per sottoporle ad un monitoraggio per il controllo dello stato sanitario;
- il secondo, verifica, quantifica e correla a fattori quali peso, lunghezza ed età delle anguille, la presenza di pesticidi organoclorurati e policlorobifenili.

I risultati degli esami per il controllo dello stato sanitario hanno evidenziato una infestazione di origine parassitaria dovuta ad Acantocefali per i Salmonidi (trote e coregono), per la scardola e il pesce persico; per il luccio si evidenzia anche anemia branchiale e deperimento organico. La tinca presenta escoriazioni cutanee e anemia branchiale causata da un protozoo ciliato.

Gli esami batteriologici alimentari, effettuati al fine di controllare le varie popolazione batteriche che potessero interessare le specie ittiche del Lago sono risultati negativi. Pertanto una valutazione di carattere generale permette di affermare che i pesci controllati presentano una condizione microbiologica che esclude rischi sanitari per il consumatore.

Per quanto riguarda la presenza di pesticidi ed inquinanti nelle anguille del Lago di Piediluco, sono stati effettuati esami chimici per rilevare la presenza di organoclorurati e policlorobifenili. Dai lavori realizzati negli anni 1997 – 1998 si evince che nelle specie ittiche esaminate - trota fario, trota iridea e coregone, cavedano, scardola, luccio, tinca, carpa, pesce persico - i valori riscontrati sono risultati inferiori ai limiti previsti dalle norme vigenti.

Per quanto concerne invece l'anguilla si sono riscontrate, in alcuni esemplari, una quantità di pesticidi maggiore rispetto alle altre specie ittiche esaminate.

### Analisi botaniche

Le ricerche botaniche riguardanti il lago di Piediluco e la fascia perilacuale unite all'allestimento di un software G.I.S. per la rappresentazione e l'elaborazione di dati biologici (specie della flora e comunità vegetali), hanno permesso di ipotizzare un modello per quantificare lo stato dell'ambiente del territorio in esame e fornire modelli utili sia alla conservazione della biodiversità che all'utilizzo funzionale della vegetazione per il contenimento e/o l'abbattimento dell'eutrofizzazione.

I risultati ottenuti hanno evidenziato un notevole gruppo di specie di alto valore naturalistico e di elevato valore ambientale, ma al tempo stesso la scarsa distribuzione delle specie idrofite denota una diretta influenza dell'eutrofizzazione e delle attività antropiche sulle stesse.

Per quanto riguarda la vegetazione, si osserva intorno al lago una zona discontinua di transizione tra quella terrestre e quella acquatica, di ampiezza assai varia a seconda della conformazione della costa; dove questa è molto ripida, essa è sottile o manca addirittura, mentre dove la costa è bassa e piatta, come quella orientale, essa è larga anche 200-250 m.

Questa zona di transizione, periodicamente inondabile, si presenta come un prato paludoso, dove sono particolarmente frequenti numerose specie di *Carex*.

La zona sublitorale, compresa tra il livello inferiore medio delle acque e i 2-2,50m di profondità, è caratterizzata dal canneto, *Phragmitetum australis*. La fascia di elofite è rappresentata in gran parte dalla cannuccia d'acqua, *Phragmites communis*, la sua ampiezza varia da pochi metri fino ad un massimo di circa 25-30 metri ed ha una enorme importanza ecologia anche dal punto di vista della nidificazione degli uccelli acquatici.

Segue sul fronte del canneto, procedendo verso l'interno del lago, una zona formata dapprima da un lamineto a nannuferi, *Nuphar luteum*, nome locale "piätano", e poi dal potameto, che in genere occupa le aree profonde fino a 4,50m circa.

Sempre in posizione antistante il *Phragmitetum*, sono presenti i cosiddetti "aggallati", veri e propri tappeti galleggianti formati dai rizomi di cannuccia che costituiscono un substrato fertile per la germinazione e lo sviluppo di specie quali la *Mentha aquatica*, la *Carex pseudocyperus*, la *Scutellaria galericulata*, il *Gallium palustre* e altre piante che vanno a formare l'associazione *Mentho aquaticae - Caricetum pseudocyperis*. Questi lembi di vegetazione sono in realtà distaccati dalla vegetazione spondale e vengono sospinti dalla corrente nelle zone più paludose del lago, contribuendo di fatto al fenomeno naturale di interrimento del lago.

Le cenosi arboree sono costituite dalle associazioni *Salicetum cinereae* che presenta tra le specie caratteristiche *Viburnum opalus*, *Lysimachia vulgaris*, *Frangula alnus*, *Carex acutiformis*.

Nel complesso, come evidenziato nel quadro sinsistemico, l'analisi vegetazionale ha messo in evidenza la notevole ricchezza di fitocenosi d'ambienti umidi ed acquatici presenti nell'area del Lago di Piediluco.

### 4.3 Caratteristiche paesaggistiche ed ambientali del bacino imbrifero del lago

#### *L'Appennino Umbro – Marchigiano*

La regione settentrionale del territorio in esame è compresa nell'Appennino Umbro – Marchigiano e, per l'altitudine, la morfologia, la sua costituzione quasi interamente calcarea, è caratterizzata da un paesaggio tipicamente montano.

L'allineamento dei rilievi è qui più evidente e più regolare che in qualsiasi altra sezione appenninica, ed è un riflesso talora immediato di una serie di pieghe anticlinali interessate da numerose faglie. Esse sono costituite da calcari di vario tipo, ora massicci, ora regolarmente stratificati e selciosi, talora anche marnosi e scistososi, in una successione che va dal mesozoico al terziario (scaglia cinerea); calcari per lo più biancastri, ma anche rossi o rosei (scaglia rosata).

Nella parte nord orientale di quest'area si distingue una prima catena montuosa sviluppata in direzione nord - sud, quella dei Monti Sibillini, comprendente il Monte Vettore (2476 m), disposta presso il confine tra Umbria e Marche. Una seconda catena, quasi parallela alla prima, ha origine dal Monte Nerone e si sviluppa verso sud all'interno dell'area esaminata: dal Monte Pennino (1571 m) si divide in due rami, uno a occidente che vede la cima del M. Brunette (1421 m), l'altro ad est costituito dalle vette del M. Fema (1575 m) e del M. Cavallo (1500 m).

La morfologia dei rilievi, se non per le vette più elevate dei Sibillini, non è di regola aspra: l'aspetto più comune dei crinali e delle vette è quello di larghe groppe prative quasi spianate o arrotondate, o di ampie cupole, che sovrastano ripidi fianchi parzialmente rivestiti da boschi cedui, che spiccano di contro alle pendici brulle e sassose. I fianchi sono generalmente pendii compatti e risultano spesso ammantati da colate e falde di detriti.

La costituzione calcarea ha i suoi riflessi nello sviluppo dei fenomeni carsici, in quanto la natura litologica delle rocce che costituiscono il territorio in questione si presta bene alla circolazione sotterranea delle acque, che poi riappaiono come grosse sorgenti. Non in proporzione appaiono invece sviluppate le forme carsiche di superficie: le più evidenti sono rappresentate da due caratteristici e complessi bacini multipli, con fondo piatto, prativo, in parte acquitrinoso per insufficiente sfogo attraverso gli inghiottitoi. Il maggiore e più noto è quello di Castelluccio di Norcia, situato a circa 1300 – 1400 metri d'altitudine, dominato ad est dall'imponente e compatto fianco del M. Vettore; l'altro prende nome dal paese di Colfiorito, ed è situato nell'estremità settentrionale del bacino, a circa 750 metri s.l.m. Le doline, diffuse specie nei calcari massicci del Lias, sono di modeste dimensioni ( al massimo mezzo chilometro di diametro) e divengono meno frequenti nelle catene interne.

Le valli sono per lo più strette e assumono l'aspetto di vere e proprie forre, impostate su faglie trasversali alle pieghe appenniniche.

#### *Le conche umbro sabine e i Monti Reatini*

Spostandosi verso sud all'interno del bacino si assiste ad un passaggio, da ponente verso levante, dall'alta montagna abruzzese al complesso dei monti umbro – sabini. Questi si sviluppano su terreni miocenici, formando lunghe groppe con andamento subparallelo laddove predomina la litologia arenaceo – marnosa, mentre dove la costituzione è in parte calcarea riprendono le forme più rudi, con frequenti affioramenti della roccia giallastra e fenomeni carsici superficiali.

Tra i monti umbri e sabini, come anche tra le catene della porzione occidentale dell'Appennino umbro – marchigiano, si insinuano alcuni bacini pianeggianti di limitata estensione, di forma squadrata o stretta e allungata, a causa delle grandi e serrate pieghe montuose. L'evoluzione geologico – morfologica di questi bacini inizia nel tardo pliocene o quaternario antico quando erano parzialmente occupati da acque di laghi: riempiti da spessi depositi fluvio-lacustri, furono poi riscavati più o meno intensamente. Risultano così ben definiti, come la conca del Piano di S. Scolastica presso Norcia, la piana di Cascia, la conca di Terni, la piana di Leonessa, la conca di Rieti, interamente circondate dai rilievi, un tempo acquitrinose (laghetti si conservano proprio nella piana reatina) e oggi interessate da una ordinata campagna.

La Piana di Rieti, di origine alluvionale, era occupata nell'antichità da un vasto lago circondato da paludi: dei laghi che oggi rimangono, il più esteso è quello di Ripa Sottile (m 371), lungo quasi 2 km e con un perimetro di 6. Su di esso vi sono due isolette ed è affiancato da altri due piccoli specchi d'acqua. Il Lago Lungo (m 371) giace nella piana sottostante al paese di Cantalice. lungo più di 2 km e con una circonferenza di 3, alla sua estrema punta meridionale è collegato con un breve canale ad un altro piccolo laghetto (L. di Fogliano). Il Lago Lungo giace in mezzo ai campi proprio dove cominciano ad innalzarsi i primi contrafforti dei Monti Reatini.

Questi vedono nel Terminillo (2.216 m) l'indiscussa vetta: sebbene attribuito amministrativamente alla provincia di Rieti, questo complesso montuoso ha ben poco di laziale, assumendo piuttosto i caratteri tipici di un avamposto dell'Appennino Abruzzese, e di fatto condivide con il Gran Sasso alcune caratteristiche paesaggistiche, come le cime impervie e frastagliate, o i pianori ricoperti da faggi. Oltre la vetta del Terminillo, superano quota duemila il Terminilietto (2.105 m) e il M. di Cambio (2.084 m).

I Monti Reatini si allineano da nord a sud lungo grandi pieghe di calcari mesozoici e anche miocenici, e all'interno di queste si insinuano, fin dentro la conca di Rieti, terreni pliocenici sabbioso – ghiaiosi fortemente sollevati, con dorsali a 600 – 800 metri e fianchi elaborati dall'erosione. Più a sud i crinali si elevano a 1.000 – 1.500 metri, tra valli profonde e non ampie come quelle del fiume Turano e del fiume Salto.

### *Il reticolo idrografico*

La rete idrografica dell'area esaminata si presenta piuttosto irregolare e con forti variazioni di pendenza a causa dei rilievi appenninici. L'esame della carta geologica dei bacini dei fiumi Nera e Velino denota come la quasi totalità dell'area interessata sia da ascrivere alla formazione dei calcari delle varie epoche, in cui sono rappresentati tutti i passaggi della serie stratigrafica, le cui rocce più antiche si individuano nel gruppo del M.Terminillo. Rare sono le formazioni di terreni poco permeabili

quali la marnoso - arenacea e le zone argillose, che prevalgono nella porzione alta e media dei bacini dei fiumi Salto e Turano, affluenti del f.Velino. Rare sono anche quelle dei depositi fluvio-lacustri che caratterizzano la Conca Ternana e la vasta pianura reatina, attraversata dal f.Velino e ricchissima di acque di risorgiva. Data la predominanza dei terreni permeabili la circolazione idrica sotterranea è molto diffusa nei rilievi che caratterizzano la maggior parte del bacino del f.Nera. Di conseguenza, in generale si evidenziano dorsali montuose praticamente asciutte e stretti fondovalle occupati dagli alvei di fiumi e torrenti.

I vari corsi d'acqua che compongono il reticolo idrografico del bacino del fiume Nera e del Velino non subiscono, per quanto riguarda la portata, variazioni di rilievo nel corso delle diverse stagioni: in virtù della costituzione calcarea del bacino, il reticolo idrografico considerato può dirsi caratterizzato da corsi d'acqua a regime quasi costante.

### Il fiume Nera

Il Nera è un affluente della riva sinistra del fiume Tevere ed è senza dubbio il più importante tra quelli che vi confluiscono in quanto a contributo alla portata totale. Alla confluenza con esso la portata addotta dal fiume Nera è paragonabile a quella del Tevere stesso, nonostante il bacino imbrifero dell'affluente abbia una superficie inferiore della metà.

Il fiume Nera ha origine sul versante occidentale dei Monti Sibillini da alcune copiose polle sorgive fra il M. Patino e il M. Lieto. I principali affluenti della riva sinistra del F.Nera sono il T.Campiano, il F.Corno che raccoglie le acque del F.Sordo, il T.Tissino, il F.so di Val Casana, il F.Velino che nasce in territorio abruzzese e, attraversando il reatino, raccoglie le acque del F.Salto e del F.Turano e, dopo aver formato il lago di Piediluco, si getta nel F.Nera a Marmore. Appartiene a questo gruppo di affluenti anche il T.Aja, che si immette nel F.Nera nel tratto Terni-Narni. Gli affluenti di destra sono il F.Vigi e il T.Serra che confluisce in corrispondenza del centro urbano ed industriale di Terni.

Oltre ai fossi minori, che comunque presentano sempre una sia pur minima portata, è da ricordare, fra gli affluenti di destra, il fiume Vigi che, utilizzato a scopi idroelettrici, s'immette nel fiume Nera nei pressi di Borgo Cerreto. Gli affluenti di sinistra, più numerosi, presentano tutti caratteristiche simili poiché, salvo rare eccezioni, ricevono le acque che provengono dalla circolazione profonda dei rilievi calcarei. Fra questi sono da ricordare, nell'alta Valnerina, il T.Campiano che tocca l'abitato di Preci e il F.Corno che, nonostante il vasto bacino, presenta, prima della confluenza con il F.Sordo una portata assai ridotta. Quest'ultimo nasce nei pressi di Norcia ed è alimentato dalle acque di risorgiva provenienti dal piano carsico di Castelluccio, ha una portata costante di circa 1,6 - 1,7 m<sup>3</sup>/sec. Le acque del F.Sordo, unitamente alle polle sorgive distribuite lungo il corso del F.Corno, contribuiscono in maniera determinante ad aumentare il volume d'acqua del fiume Nera.

I restanti tributari di sinistra, fino a Terni, presentano generalmente, ad eccezione del già citato fiume Velino, corso breve ma portata costante ed acque fresche.

Presso Triponzo il canale Medio Nera convoglia le acque del fiume nel lago di Piediluco. Quest'opera rappresenta l'elemento più importante del sistema idroelettrico realizzato nella valle del Nera dalle

sorgenti fino alla città di Terni. Il Canale si sviluppa in quota, parallelamente al fiume, fino al lago di Piediluco che funge in parte da vasca di carico della sottostante centrale di Galletto, rifasando anche le acque del fiume Velino quando non vengono direttamente turbinate dalla centrale. La portata di concessione prelevabile con il Canale Medio Nera è di 17.600 m<sup>3</sup>, mentre la capacità di trasporto massima del canale può superare tale valore. Da Triponzo il fiume prosegue il suo corso naturale toccando Ferentillo e poco prima di Papigno riceve il Velino da sinistra. Scende verso Terni e, attraversando la piana, entra, sotto Narni, in un'altra gola selvaggia, sfociando infine in sponda sinistra nel Tevere poco sotto Orte, con uno sviluppo totale dell'alveo di 116 km e un bacino di 4271 km<sup>2</sup>. A monte della confluenza del Velino il bacino del Nera copre una superficie di 1454 km<sup>2</sup>, e a valle di questa si vede ampliato fino a 3770 km<sup>2</sup>. Rispetto agli affluenti di destra del Tevere, il Nera può vantare una maggiore portata grazie alla maggiore altezza delle montagne da cui ha origine e alla permeabilità delle rocce calcaree che ne caratterizzano il bacino idrografico, disponendo così di numerose sorgenti capaci di assicurare al corso d'acqua una portata costante anche in estate.

### Il fiume Velino

Al Nera affluisce il Velino dopo aver formato la Cascata delle Marmore (165 metri di dislivello, coperto da tre salti), sversando le acque provenienti dai massicci appenninici sabino e abruzzese. Il Velino nasce dai monti sopra Cittareale, presso il confine umbro – abruzzese, e lambisce le città di Antrodoco e di Rieti: suoi affluenti sono il Salto ed il Turano, entrambi sbarrati dalle omonime dighe. Queste rappresentano i serbatoi di accumulo dello schema idroelettrico nella valle del fiume Velino, e sono tra loro collegate da una galleria di valico che rende in sostanza unico il bacino artificiale.

Presso Antrodoco il Velino viene alimentato dalla sorgente Peschiera (15 m<sup>3</sup>/s). giunto nella piana reatina riceve gli emissari dei laghi Lungo e Ripasottile, ed è anche immisario / emissario del lago di Piediluco. L'asta del Velino misura 88 km, e copre un bacino che si estende per 742,53 km<sup>2</sup>, esclusi i contributi di Salto e Turano, i cui bacini misurano in totale 1592,18 km<sup>2</sup>.

### Le sorgenti

Le maggiori sorgenti comprese nel territorio descritto si aggregano lungo la catena calcarea che si allunga in direzione nord – sud alle spalle di Gualdo Tadino (*Sorgente Rocchetta*), Nocera (*Bagnara*), Foligno (*Capodacqua, Rasiglia, Sassovivo*), Trevi, Spoleto e nella gola del Nera sotto Narni: le celebri Fonti del Clitunno (di *trabocco*, ossia emergenza all'aperto di masse d'acqua circolanti nel calcare permeabile e sorrette sul fianco montuoso da un livello impermeabile di scaglia cinerea e scisti a fucoidi), situate al piede delle pendici calcaree tra Trevi e Campello, hanno una portata di circa 1300 l/s, mentre nella gola di Narni le sorgenti scaturiscono a livello dell'alveo stesso del Tevere con una portata complessiva di almeno 10 m<sup>3</sup>/s. La sola sorgente termo-minerale è quella di Triponzo, dove scaturisce un'acqua sulfurea alla temperatura di 31°C.

In territorio laziale si trovano le sorgenti del Peschiera, comune di Città Ducale, che vengono raccolte dal fiume Velino: da queste sorgenti ha origine uno dei più importanti e significativi acquedotti per la città di Roma.

### *Il clima*

Le caratteristiche climatiche della regione Umbria risultano intermedie tra quelle di tipo mediterraneo e quelle di tipo continentale per la presenza di rilievi che si frappongono alla libera circolazione di masse d'aria provenienti dalle coste Adriatiche e Tirreniche.

Il fatto che l'area sia interna alla penisola e schermata da rilievi con direzione quasi meridiana, comporta una leggera diversità con le regioni tirreniche adiacenti, evidente nell'abbassamento delle temperature invernali, fenomeno più accentuato nelle conche e nelle valli interne dove il clima tende ad assumere caratteri quasi continentali. La temperatura media annua nella fascia altitudinale inferiore e prossima ai 500 metri si mantiene compresa tra 13 e 15°C; il valore medio per il mese di gennaio oscilla tra 4 e 6°C, e analogo è lo scarto per luglio, tra 23 e 25°C. Relativamente più fredde sono le conche più elevate, dove è maggiore l'influenza delle correnti fredde che scendono dai vicini monti.

Il regime annuale delle precipitazioni è del tipo sublitoraneo con due massimi e due minimi. Il massimo principale è presente nella stagione autunnale (ottobre-novembre), mentre quello secondario nel periodo primaverile (aprile-maggio). Il minimo principale invece si presenta nella stagione estiva (luglio-agosto), mentre quello secondario nella stagione invernale (gennaio-febbraio). Durante la stagione estiva le precipitazioni sono praticamente assenti e, comunque, si presentano in maniera molto difforme e con variazioni notevoli da un anno all'altro.

Le precipitazioni che ricadono nel territorio in esame non mostrano scarti molto evidenti, mantenendo il valore delle medie annuali inferiore a 1000 mm, ma raggiungendo i 1200 mm in alcuni tratti limitati delle catene appenniniche interne: le aree con precipitazioni più abbondanti sono infatti quelle montuose che costituiscono lo spartiacque appenninico e quelle a nord - est di Terni, tra i fiumi Nera e Corno. Nel bacino del fiume Nera il regime pluviometrico è del tipo sub-litoraneo appenninico, caratterizzato da abbondanti precipitazioni in autunno e primavera e scarsità di apporto meteorico in estate.

Generalmente le precipitazioni nevose si accumulano sopra i 1000 metri in un manto invernale discretamente duraturo, mentre la grandine ha una frequenza modesta.

Il regime dei venti rileva una prevalenza di quelli freddi ed asciutti da nord - est nel periodo invernale, mentre in primavera predominano i venti temperati da sud - ovest. Influenti sono le correnti d'aria provenienti dal Tirreno e da sud - est, cariche di umidità e apportatrici di nubi e piogge.

### *La copertura vegetale*

Nel bacino di alimentazione del Lago di Piediluco, per quanto concerne le formazioni forestali, si rileva un'ampia varietà di unità vegetazionali che conseguono alla variabilità sia del clima sia delle caratteristiche geo-pedologiche.

Schematizzando, si può fare riferimento a tre zone fitoclimatiche fondamentali e prevalenti (Fagetum, Castanetum e Lauretum) che si succedono normalmente in funzione dell'altitudine, ma con più o meno frequenti irregolarità dovute a fattori di diversa natura (geomorfologici, pedologici, ecc.). La fascia fitoclimatica del "Lauretum" si eleva fino ad un'altitudine di 500 m, quella del "Castanetum" è compresa tra i 500 e gli 800 m, la fascia del "Fagetum" va oltre gli 800 m s.l.m. fino al limite potenziale per il bosco, che nell'Appennino centrale è valutato intorno ai 1750 – 1800 metri.

Nella fascia del Lauretum si sviluppa generalmente la serie submediterranea del leccio (*Quercus ilex*), accompagnato talvolta da Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*).

Nella fascia collinare si ha una maggiore variabilità: le fitocenosi principali vedono prevalere i boschi a impronta mesofila della serie del cerro (*Quercus cerris*), a cui si accompagna il castagno (*Castanea sativa*), il carpino bianco e il carpino nero, distribuiti su substrati a carattere marnoso – arenaceo. Nella zona più settentrionale dell'area in esame, presso M. Pennino, la serie del carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) riguarda buona parte del piano collinare, interessando una fascia altitudinale compresa tra 500 e 1100 metri di quota. Boschi più termofili sono caratterizzati da roverella (*Quercus pubescens*), specie di elevata ampiezza ecologica che predilige il substrato calcareo (scaglia bianca, scaglia rosata) ma che vegeta bene anche su terreni di tipo marnoso – arenacei con una certa componente argillosa, dove si ritrova la presenza del cerro.

La terza fascia altitudinale è occupata dalla serie del faggio (*Fagus sylvatica*), che costituisce la formazione dominante del piano montano.

Secondo una suddivisione scientifica più articolata, redatta dal Fenaroli (*Carta della vegetazione reale*, Regione Umbria, 1970) la superficie a bosco dell'Umbria ricade soprattutto nell'**Orizzonte sub-mediterraneo del piano basale**, formazioni prevalentemente di latifoglie eliofile decidue, con dominanza di querce, caratterizzata dai seguenti climax:

- climax delle formazioni con dominanza di roverella (*Quercus pubescens*) e presenza di leccio (*Quercus ilex*);
- climax con dominanza di roverella e con presenza di rovere (*Quercus petraea*);
- climax con dominanza di roverella e con presenza di cerro (*Quercus cerris*).

Una parte modesta della superficie a bosco ricade nel **piano montano**, più precisamente nell'**Orizzonte Montano Inferiore**, caratterizzato dalla dominanza del climax del faggio.

Date le condizioni climatiche quasi tutto il territorio, in condizioni naturali, sarebbe rivestito da boschi, poiché il limite altimetrico di questi raggiungerebbe i 1750 – 1850 metri, lasciando scoperti soltanto dei tratti ristretti delle montagne. In realtà la copertura forestale, comprese le boscaglie degradate e ridotte a macchie o cespuglieti, occupa oggi una superficie molto ristretta, e in particolare diviene sempre più scarso il bosco d'alto fusto.

Le specie sempreverdi mediterranee penetrano profondamente nel territorio in esame, raggiungendo perfino le catene dell'Appennino Umbro – Marchigiano. A quote comprese tra 500 e 800 metri, nel piano collinare della vegetazione, la vegetazione forestale mostra un'alternanza di boschi spesso degradati di leccio, su pendici rocciose e ben soleggiate, con boschi di querce a foglie caduche, come la rovere, il cerro, ma soprattutto la roverella (*Q. pubescens*), la cui diffusione è stata molto probabilmente favorita dall'uomo a sfavore delle leccete. Il sottobosco è costituito tanto da arbusti mediterranei sempreverdi, rappresentati da corbezzolo (*Arbutus unedo*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), fillirea (*Phillyrea latifolia*), ginestra (*Spartium junceum*), quanto da specie caducifoglie come il terebinto (*Pistacia terebinthus*).

I boschi a prevalenza di querce caducifoglie si distribuiscono fino a circa 1000 – 1300 metri di altitudine, con massimi nell'alta Valnerina: la roverella spesso si accompagna con il cerro ed eventualmente con la rovere, altre specie arboree ed arbustive sono rappresentate dal castagno, dal carpino nero, orniello (*Fraxinus ornus*), nocciolo (*Corylus avellana*), acero montano (*Acer pseudoplatanus*), sorbo selvatico (*Sorbus torminalis*) e corniolo (*Cornus mas*). Scarsa è la diffusione dei castagneti puri, e raramente il cerro costituisce una fascia distinta sopra gli 800 metri.

A queste quote inizia a comparire il faggio consociato a cerro e castagno, e sui 1000 metri si sviluppa la faggeta vera e propria, ridotta comunque allo stato ceduo, pura o mista con acero montano, sorbo montano (*Sorbus aria*), ciliegio canino (*Prunus mahaleb*), ontano napoletano, ecc. Queste formazioni costituiscono il piano montano della vegetazione umbra, che però risulta mal definito dal punto di vista altimetrico, a causa delle degradazioni subite con l'allargamento dei pascoli effettuato dall'uomo. Ne consegue che il limite superiore effettivo del bosco è molto variabile, limitandosi spesso a 1600 metri: dove le groppe montane tendono a spianarsi e nei bacini carsici, anche se l'altitudine è solo di 1000 metri, l'attività pastorale ha eliminato il bosco sostituendovi prati e pascoli.

La flora, che generalmente appare piuttosto povera e monotona, soltanto nel gruppo del M. Vettore viene impreziosita da specie subalpine e alpine, provenienti soprattutto dal vicino Abruzzo: *Anthemis Barrelieri* Ten., *Armeria majellensis* Boiss., *Ranunculus brevifolius* Ten., *Trisetum villosum* Schult.

Anche in questa porzione meridionale del bacino del Lago di Piediluco il limite della vegetazione arborea risente in modo deciso delle attività antropiche: i pascoli e i prati pascoli, distribuiti nel settore alto collinare e montano, che danno un senso di monotonia al paesaggio vegetale del territorio, e costituiscono delle fitocenosi di sostituzione in quanto situati al di sotto del limite potenziale del bosco. L'esigenza umana di disporre di maggiori aree pascolative, ha così determinato un netto stacco tra i boschi di faggio e il pascolo. Questo limite si assesta tra i 1600 e i 1700 metri di quota per tutte le vette più elevate (M. Tilia, M. Corno, M. la Pelosa). Diverso è il discorso per il complesso del Monte Terminillo, ampiamente interessato da un turismo legato per lo più alle piste da sci, attività che impatta in modo sostanziale sulla copertura vegetale.

La distribuzione altimetrica e la seriazione della vegetazione non differisce in modo sostanziale da quanto osservato per il territorio del bacino ricadente nel settore umbro – marchigiano, essendo simili sia il substrato litologico che le condizioni climatiche. Tra i 600 e gli 800 metri di quota si instaurano

boschi subxerofili dominati da roverella, e un elemento di novità rispetto al paesaggio vegetale umbro è costituito da lembi pseudomacchia di tipo balcanico.

Il querceto prevale fin verso i 700 – 800 metri, spingendosi fino a 1200 metri: nelle fasce inferiori si trovano boschi cedui principalmente di rovere, mentre nelle fustaie disposte alle quote maggiori del piano collinare compare la serie del cerro, dove questo è misto a castagno, carpino nero, acero montano. Il sottobosco è costituito da nocciolo, corniolo, ginepro.

In questa stessa fascia altitudinale si sviluppa localmente il ceduo di castagni.

Al di sopra dei 1000 metri compare il faggio, consociato a cerro e castagno prima, ad acero montano più in quota. Oltre i 1200 metri si trovano praterie di quota e isolate macchie di abete.

Degne di attenzione sono anche i boschi ripariali che, in quanto vegetazione azonale, non sono facilmente inquadrabili nella suddivisione altimetrica. La vegetazione riparia si presenta ridotta in sottili strisce a causa della pressione antropica che ha cercato di estendere al massimo le coltivazioni nei fondovalle.

Nei tratti meglio conservati si rinvencono numerose specie caratteristiche quali *Salix alba*, *S. purpurea*, *S. eleagnos*, *S. triandra*: tra i pioppi sono presenti *Populus nigra*, *P. nigra* var. *italica*.

La vegetazione forestale di fondovalle riveste invece i canaloni e le zone più fresche ed umide, ed è caratterizzata da *Carpinus betulus* e *Corylus avellana*.

### La fauna

Il patrimonio faunistico presente nell'area presa in esame è nel suo insieme notevole, anche se oggi sono ormai scomparsi alcuni grossi mammiferi quali l'orso e la lontra, che pure aveva un habitat ideale in alcuni tratti dei fiumi umbri. Nel settore dell'Appennino Umbro si trovano tutti i maggiori mammiferi caratteristici dell'Italia Centrale, ad eccezione dei grandi ungulati e del capriolo: il cinghiale compare solo in territorio sabino. Nonostante la riduzione delle superfici boscate e l'incisiva presenza antropica che hanno portato ad una diminuzione della fauna selvatica, sono ancora presenti specie prestigiose e di elevato interesse, quali il lupo appenninico, l'aquila reale, il gheppio, l'istrice, il gatto selvatico, la martora, il falco pellegrino, lo sparviero, il colombaccio.

L'areale del lupo interessa soprattutto la catena dei Sibillini ed i boschi della Valnerina e delle vallate adiacenti. L'istrice è presente nei boschi della Valnerina, sul Monte Cucco e nella zona del Pausillo. Tra gli altri selvatici si annovera il tasso, la faina, la volpe, la lepre, lo scoiattolo, specie che si trovano un po' dovunque, nelle località di ambiente appropriato.

Fra gli uccelli stanziali si debbono citare le rare presenze del gufo reale e dell'aquila reale, che nidifica ancora sui picchi più impervi della Valnerina, e nelle zone più inaccessibili dei Sibillini. Il gheppio è ancora presente sulle cime occidentali dei Sibillini; la coturnice è diffusa specialmente sulle montagne di Norcia e di Cascia.

Numerosissime sono poi le specie dell'avifauna acquatica che si possono osservare tra i canneti delle zone umide della regione, come le acque palustri di Colfiorito. Inoltre la presenza di numerosi specchi d'acqua offre riparo agli uccelli migratori.

Per i rettili sono diffuse le specie caratteristiche dell'Italia Centrale, come l'emidattilo verrucoso (*Hemidactylus turcicus*), ramarri e lucertole, orbettino e luscengola. Tra i serpenti si trovano la biscia d'acqua, la natrice tassellata (*Tropidonotus natrix* e *T. tassellatus*), il biacco (*Zamenis gemonensis*), il saettone (*Coluber longissimus*), l'aspide (*Vipera aspis*).

Fra gli anfibi si possono citare il tritone Crestato e la Rana dalmatina, naturalmente reperibili nelle zone umide.

La fauna acquatica vede rappresentate le specie più diffuse da trote, anguille, carpe, lucci, persici, tinche e scardole.

### Le Aree Protette

L'area che costituisce il bacino del Lago di Piediluco presenta numerose valenze naturalistiche ed ambientali, verso la cui fruizione e tutela si è orientata la pianificazione territoriale. La Regione Umbria, su cui ricade la maggior parte del bacino considerato, sebbene disponga di una percentuale di territorio protetto (7,03 %) inferiore a quella di altre regioni, può comunque contare su oltre 264.000 ettari di superficie boschiva e accusa meno di altre i danni del vandalismo edilizio e ambientale.

In questo paragrafo verranno presentate brevemente le aree di notevole interesse ecologico comprese all'interno del bacino del Lago di Piediluco, sia quelle protette e gestite attraverso Parchi o Riserve, sia quelle non tutelate istituzionalmente.

Due sono i Parchi Nazionali che ricadono nel bacino preso in esame: il Parco dei Monti Sibillini, tra Umbria e Marche, e il Parco del Gran Sasso e Monti della Laga, tra Marche, Abruzzo e Lazio. Quest'ultimo viene interessato dal bacino solo nei suoi limiti occidentali, mentre buona parte dei Sibillini rientra all'interno del territorio esaminato.

#### - Parco Nazionale dei Monti Sibillini

Tipologia: Massiccio calcareo dell'Appennino Umbro – Marchigiano.

Regioni: Marche, Umbria. Provincie: Ascoli Piceno, Macerata, Perugia.

Comuni interessati dal bacino del L. di Piediluco: Acquacanina, Arquata del Tronto, Bolognola, Castelsantangelo sul Nera, Montefortino, Norcia, Pievetorina, Preci, Visso.

Superficie: 71.437 ha. Altitudine: 900 – 2476 metri.

Rappresenta il tetto dell'Appennino Umbro Marchigiano: vasti spazi aperti con prospettive che rievocano talora i paesaggi alpini, può vantare un'armoniosa compresenza di beni naturali, bellezze paesaggistiche e monumenti naturali, rifugio di endemismi vegetali e di fauna interessante.

Vegetazione: faggeta pura e mista, pascoli e prati montani, castagneti, boschi misti.

Fauna: capriolo, lupo, volpe, gatto selvatico, tasso, lontra, martora, puzzola, faina, donnola, istrice, lepre. Avifauna: aquila reale, falco pellegrino, sparviero, astore, gufo reale e comune, piviere tortolino, picchio rosso maggiore, rondone alpino, rondine montana, picchio muraiolo, merlo, codirossone, sordone, passera lagia, fringuello alpino, zigoli, corvo imperiale, gracchio corallino e

alpino, ghiandaia, coturnice, starna. Rettili e anfibi: vipera dell'Orsini, coronella austriaca, salamandra pezzata, salamandrina, ululone a ventre giallo. Insetti rari ed endemici.

- Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga

Tipologia: Massicci calcarei (Gran Sasso) e marnoso - arenacei (Monti della Laga) dell'Appennino Umbro - Marchigiano.

Regioni: Marche, Lazio, Abruzzo. Provincie: Ascoli Piceno, L'Aquila, Pescara, Rieti, Teramo.

Comuni interessati dal bacino del L. di Piediluco: Accumuli, Amatrice, Arquata del Tronto, Cagnano Amiterno, L'Aquila, Montereale.

Superficie: 148.935 ha. Altitudine: 763 – 2458 metri.

Vegetazione: estese foreste di faggio, castagneti, boschi misti di abete, faggio, frassino, acero montano, sambuco, boschi di querce caducifoglie, pascoli e prati montani.

Fauna: lupo, tasso, volpe, gatto selvatico, lontra, martora, puzzola, faina, donnola, lepre. Avifauna: aquila reale, poiana, astore, gheppio, gufo reale e comune, barbogianni, allocco, civetta, coturnice, starna, picchio verde e rosso maggiore, cuculo, succiacapre, upupa, ghiandaia, picchio muraiolo, merlo, codirossone, fringuello alpino. Rettili e anfibi: vipera dell'Orsini, salamandra pezzata, salamandrina, ululone a ventre giallo. Insetti rari ed endemici.

- Riserva Naturale dei Laghi Reatini (RI)

Riserva Naturale Regionale Parziale, L.R. 17/06/1985 n.94.

Località: Laghi Lungo e Ripasottile.

Comuni: Cantalice, Colli sul Velino, Contigliano, Poggio Bustone, Rieti, Rivodutri.

Superficie 3.000 ha. Tipologia: Zona umida – appenninica.

Situata nella piana di Rieti, la Riserva è caratterizzata da piccole paludi e da una fitta rete di corsi d'acqua che formano un interessante ecosistema dove la vegetazione è composta da boschi palustri di ontani, pioppi e salici, fitti canneti e coperture di ninfea. Numerose specie sono molto rare, particolarmente per l'Italia Centrale, come *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Hippuris vulgaris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Iris pseudacorus*, *Polygonum amphibium*, *Viburnum opulus*. Ben rappresentata è la seriazione delle elofite (*Phragmites communis*, *Typha angustifolia*, *Scirpus tabernaemontani*).

La Riserva è scelta come luogo di passo e svernamento da molte specie di uccelli migratori e come luogo di nidificazione per altri volatili come pendolino, cannareccione, cannaiola e usignolo di fiume. Tra le presenze sporadiche il fenicottero e il falco pescatore. Non lontano dalla riserva si trova la cosiddetta "Valle Santa", con quattro piccoli eremi francescani immersi nei boschi.

- Parco Fluviale del F. Nera (TR)

L.R. 03/03/1995 n.9.

Comuni: Arrone, Ferentillo, Montefranco, Terni.

Superficie: 2.120 ha. Tipologia: ambiente fluviale – ripariale.

Comprende il tratto medio inferiore del F.Nera, fino alla sua confluenza con il Velino alla Cascata delle Marmore. La vegetazione è rappresentata sulle pareti più ripide da una macchia di leccio mista con carpino nero ed ornello; sui versanti esposti ad oriente predominano i boschi di roverella e cerro, mentre lungo il fiume sono i salici a connotare il paesaggio vegetale.

L'avifauna è caratterizzata dalla presenza del martin pescatore, della rondine montana, dalla ballerina gialla e dal merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), le cui esigenze ecologiche lo vedono legato a torrenti a corso rapido, dall'acqua fredda e molto ossigenata. La fauna ittica vede importanti presenze come la trota fario ed iridea, l'anguilla, il gambero di fiume.

L'acqua è una presenza costante non solo dal punto di vista naturalistico, ma anche da quello delle tracce umane che vanno dai ponti di età augustea, agli impianti per lo sfruttamento idroelettrico, alle attività scientifiche a quelle sportive.

- Riserva Naturale della Montagna di Torricchio (MC)

Riserva Naturale Statale, D.M.A.F. 07/04/1977, Oasi WWF.

Comuni: Montecavallo, Pieve Torina, Visso.

Superficie: 317 ha. Tipologia: area sommitale della dorsale appenninica.

La Riserva è posta alle pendici del Monte Torricchio (1444 m), in pieno ambito montano dove il paesaggio vegetale è costituito da un bosco mesofilo submontano misto di roverella, leccio, carpino, ornello e bosco montano di faggio ceduo per lo più invecchiato, pascoli d'altura nudi e cespugliati, prati. Isolati si rinvengono alcuni esemplari secolari di faggio.

Tra i soggetti faunistici primeggiano volpe, tasso, faina, donnola, lepre, scoiattolo, ma anche lupo e gatto selvatico. L'avifauna è costituita da rapaci, starna italica, coturnice, beccaccia, picchio verde.

*Ambiti ad elevato valore paesaggistico*

- Monte Coscerno, Monte Civitella  
Comuni: S.Anatolia di Narco, Scheggino, Poggiodomo, Monteleone di Spoleto, Vallo di Nera.  
Superficie: 3.800 ha. Altitudine: 800 – 1.684.  
Vegetazione: nella parte bassa dell'area cerrete o prati e coltivi, nella parte alta faggete cui succedono praterie di altitudine. Vegetazione igrofila nei pressi del laghetto e di alcune sorgenti.  
Fauna: volpe, gatto domestico, tasso, puzzola, istrice; astore, sparviero, gufo reale, allocco, barbagianni, starna, coturnice.  
Ricade nel comprensorio della Valnerina, che risulta attualmente soggetta a rischi di inquinamento derivanti dalle attività agricole presenti in qualche punto fino al greto del fiume.
  
- Monte l'Aspro, Monte Maggio  
Comuni: Cascia, Poggiodomo, Norcia, Cerreto di Spoleto.  
Superficie: 3.200 ha. Altitudine: 400 – 1.415.  
Vegetazione: faggete che scendono fino a 500 metri di quota nella valle del Corno, macchia a cerrete, boschi e boscaglie di carpino nero, ontano, pascoli montani.  
Fauna: lontra; martin pescatore.
  
- Marcite di Norcia  
Comuni: Norcia.  
Superficie: 100 ha circa. Altitudine: 570 – 590.  
Vegetazione: prati falciabili a cotica erbosa continua, con un ciclo vegetativo prolungato quasi per tutto l'anno.
  
- Monte Fergiare  
Comuni: Polino.  
Superficie: 60 ha. Altitudine: 1.270 – 1.314.  
Vegetazione: pascolo mesofilo.
  
- Pineta della Valle del Serra  
Comuni: Terni, S. Gemini, Spoleto.  
Superficie: 9.500 ha. Altitudine: 150 – 1.120.  
Vegetazione: pinete con Pino d'Aleppo, macchia mediterranea a leccio.  
Fauna: istrice.
  
- Val Nerina (vedi par. precedenti)

- Valle dell'Acqua Santa  
Comuni: Acquacanina, Bolognola.  
Superficie: 700 ha.  
Vegetazione: faggeta di particolare sviluppo, ambienti umidi con vegetazione tipica, pendici erbose.  
Fauna: aquila reale, cuculo, quaglia, allodola, codirossone.
  
- Montagna di Torricchio (vedi paragrafi precedenti)
  
- Gole della Valnerina  
Comuni: Visso, Preci.  
Superficie: 300 ha. Altitudine: 500 – 1100 metri.  
Vegetazione: rupestre a dominanza di leccio, macchia montana.  
Fauna: coturnice, usignolo di fiume.
  
- Monti Sibillini (vedi paragrafi precedenti)
  
- Monti Reatini  
Comuni: Leonessa, Cantalice, Poggio Bustone, Rivodutri, Rieti, Posta, Micigliano.  
Superficie: 9.600 ha. Altitudine: 600 – 2216 metri.  
Vegetazione: boschi sub xerofili alle falde, tra i 600 e gli 800 metri di quota, con *Quercus pubescens*, *Acer campestre* e *monspessulanum*, *Pistacia terebinthus*, pseudomacchia di tipo balcanico con *Buxeti*, *Juniperus rufescens*; a partire dagli 800 metri di quota *Ostrieti*, che a 1.000 metri vengono gradualmente dominati dal faggio, e cedono poi a faggete con *Acer pseudoplatanus* e *Pinus aria*; intorno ai 1.300 metri si inserisce una fascia di cerreta; dai 1.200 ai 1.700 praterie di quota e pseudoalpine. Macchie di abeti e castagni. Stazioni rupestri su roccia viva.  
Fauna: lupo, volpe, scoiattolo, gatto selvatico, martora, donnola, lepre, moscardino, riccio, toporagno; aquila reale, poiana, sparviero, gheppio, gufo reale, barbagianni, picchio verde e rosso, succiacapre, coturnice, colombaccio, corvo reale, gracchio corallino, ghiandaia, gazza, rampichino alpestre, picchio muraiolo, cincia mora, codirosso spazzacamino, culbianco, fringuello alpino, sordone, allodola, spioncello; vipere, luscengola, lucertola muraiola; entomofauna interessante.
  
- Monti Sabini  
Comuni: Casperia, Monte S.Giovanni in Sabina, Rieti, Contigliano, Roccantica, Montasola  
Superficie: 2.300 ha. Altitudine: 800 – 1292 metri.

Vegetazione: macchia alta mediterranea a *Quercus ilex* ed *Arbutus unedo*, con *Fraxinus ornus*, *Erica arborea*, *Pistacia terebinthus*, *Phillyrea media*, *Cytisus sessifolius*, *Spartium junceum*, con ricco sottobosco erbaceo che si specializza su rupi. A quote maggiori la vegetazione si trasforma, attraverso un querceto misto intermedio, nelle faggete.

Fauna: cinghiale, tasso, gatto selvatico, martora, lontra, donnola, istrice, scoiattolo, ghio; poiana, nibbio bruno, gheppio, gufo reale, barbogianni, picchio verde e rosso, gruccione, colombaccio.

- Conca Reatina (vedi par. precedenti)
  
- Piana di S. Vittorino  
 Comuni: Cittaducale, Castel S. Angelo.  
 Superficie: 550 ha.  
 Vegetazione: coltivi, oliveti, vigneti e frutteti; ricca flora ripariale; sulle prime pendici dei monti circostanti macchie e boschetti di querce, carpini, aceri, castagni e cornioli.  
 Fauna: volpe, lontra, puzzola, moscardino, toporagno; poiana, nibbio bruno, gheppio, anatra, merlo, pettirosso, capinera, usignolo allodola, cardellino; tritone, salamandra, rane e rospi; trote, persico, tinca, anguilla.
  
- Gole di Antrodoco  
 Comuni: Antrodoco.  
 Vegetazione: densa vegetazione tipica dei torrenti montani.  
 Fauna: merlo acquaiolo meridionale, rondine montana.
  
- Macchialunga di Cagnano Amiterno  
 Comuni: Cagnano Amiterno.  
 Superficie: 800 ha. Altitudine: 1000 – 1100 metri.  
 Vegetazione: vari esemplari di betulla (*Betula pendula*).
  
- Monti della Laga (vedi paragrafi precedenti)

#### 4.4 Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli

L'indagine sugli usi del suolo ha preso in considerazione gli elementi e le aree che presentavano relazioni con i fenomeni di eutrofia presenti nelle acque del lago di Piediluco. In particolare la carta dell'uso del suolo ha lo scopo di distribuire sul territorio i dati di inquinamento da nutrienti che hanno determinato lo stato eutrofico del lago e che sono attualmente disponibili in forma aggregata senza dislocazione sul territorio; è stata posta particolare attenzione per le aree agricole che, attraverso il dilavamento dei suoli, trasportano i nutrienti al lago, per gli allevamenti zootecnici, l'acquacoltura e per gli scarichi civili soprattutto se derivanti da insediamenti sparsi. Infatti, nella

prospettiva di una articolazione del territorio del bacino in ambiti, seppure a larghe maglie, è necessario conoscere le attività antropiche da sottoporre a normativa nonché le caratteristiche dei territori da sottoporre a tutela.

Anche attraverso la conoscenza degli usi del suolo e delle attività antropiche, il piano giunge ad una zonazione del territorio secondo il criterio del maggiore o minore contributo di inquinanti al lago ovvero secondo un criterio di tutela di quelle aree che, ancora libere da insediamenti, possono costituire una riserva di naturalità. Gli ambiti così individuati sono sottoposti a specifica normativa d'uso dal Piano.

L'area oggetto di piano, si estende per circa, 2094 km<sup>2</sup> : per tutta l'estensione è stato rilevato l'uso del suolo, tuttavia sono stati utilizzati due diversi livelli di approfondimento. Infatti, si è preliminarmente considerato che, a fronte della grande estensione territoriale, i contributi sostanziali in termini di agenti inquinanti (in particolare il fosforo) sono veicolati al lago prevalentemente attraverso il dilavamento dei suoli agricoli, attraverso zone insediate, seppure in modo discontinuo, non servite da efficienti reti di collettamento e depurazione o comunque da zone antropizzate. Al contrario vaste superfici di territorio collinare e montano investito da bosco o incolto non producono carichi inquinanti valutabili sulla qualità delle acque del lago. Pertanto, per queste porzioni di territorio si è considerata valida la Carta della vegetazione realizzata nell'ambito degli studi preparatori per il Piano di assetto idrogeologico del bacino del Tevere.

Diversamente, per le aree di fondovalle, le aree basso collinari, le aree medio collinari, le fasce fluviali e per le aree insediate l'uso del suolo è stato rilevato attraverso fotointerpretazione, sulla base geometrica dell'ortofoto AIMA 1:10.000 georeferenziata nel sistema UTM fuso 33T e da riscontri a campione sul territorio come indicato nella tabella riportata nella pagina seguente.

Il territorio oggetto dello studio si presenta piuttosto variegato, con una prevalenza di aree montuose (anche oltre i 1700 m) e collinari tipiche dell'Appennino centrale, ed alcune piane di rilevanti dimensioni come la piana di Rieti e la piana di Norcia e quelle meno consistenti di Cascia e di Leonessa. Un reticolo idrografico diffuso interessa in modo capillare tutto il bacino in questione.

Per questo carattere prevalentemente montuoso e collinare, nel bacino ampliato del lago di Piediluco si dipana un reticolo viario prevalentemente locale, con la sola via Salaria che lo attraversa per intero e rappresenta la più significativa connessione interregionale. Sempre per le stesse ragioni, la parte di territorio più densamente e diffusamente insediata è quella compresa tra Rieti e Terni. Nella restante parte di territorio, l'insediamento è legato all'armatura di centri e nuclei urbani di origine medievale.

	USI AGRICOLI		USI INSEDIATIVI
Colture arboree	- Vigneti	Usi prevalentemente residenziali	- Tessuto edificato continuo
	- Oliveti		- Tessuto edificato discontinuo
	- Frutteti		- Case sparse
	- Colture promiscue		- Servizi pubblici rilevanti
Seminativi	- Seminativi prevalentemente irrigui	Usi prevalentemente residenziali	- Impianti sportivi
	- Seminativi prevalentemente asciutti		- Cimiteri
	- Colture prevalentemente orticole	Usi prevalentemente produttivi	Aree produttive
	- Pascoli naturali e prati pascolo		Aree produttive con attività di stoccaggio
	Allevamenti zootecnici ed acquacoltura		
	Aree estrattive e cave		
		Discariche e depositi di materiale di rifiuto	
		Impianti di depurazione	

### Gli usi agricoli

La descrizione sommaria delle caratteristiche fisico-geografiche del territorio in esame fornisce con immediatezza il quadro delle condizioni in cui si sviluppa l'attività produttiva agricola nell'area del bacino del lago di Piediluco.

In un territorio prevalentemente collinare o montano, con pendenze anche considerevoli, i seminativi occupano soprattutto le aree pianeggianti ed i fondovalle del reticolo idrografico principale. Sui rilievi prevalgono, invece, le aree boscate e, in misura consistente e significativa ai fini dell'indagine svolta, i pascoli e i prati pascolo.

### *I seminativi*

Tra le aree pianeggianti, nella cosiddetta Conca di Rieti prevalgono nettamente i seminativi irrigui, mentre nella parte pianeggiante di Leonessa e in quella di Norcia, prevalgono i seminativi asciutti. Nella parte pianeggiante del Comune di Cascia i seminativi asciutti si alternano con i prati pascolo.

Da un'osservazione più ravvicinata del territorio di Rieti, che è quello con la maggiore estensione di aree coltivate, si possono ricavare alcune considerazioni rilevanti ai fini dello studio effettuato. I seminativi irrigui occupano quasi tutta la parte pianeggiante, per una superficie compresa tra i 6500 e i 7000 ettari e si diramano in tutte le valli dei fiumi e dei torrenti principali (Velino, Turano, Salto ecc.). Sui lati nord-est, est, sud-ovest ed ovest i seminativi irrigui sono compresi tra fasce più o meno ampie di seminativi asciutti, i quali sono, per altro, immediatamente a contatto con le pendici dei rilievi che delimitano la piana stessa.

In particolare, la fascia di seminativi asciutti situata a sud-ovest continua occupando la valle del torrente Canera, unica eccezione alla diramazione dei seminativi irrigui nelle valli che, in modo quasi "tentacolare", convergono sulla Conca di Rieti. I seminativi asciutti, nella valle del Canera si alternano, nelle parti più in quota, con i prati pascolo e con aree con colture miste o a vigneto sparse in modo frammentario.

Una situazione simile di frammentarietà di usi è riscontrabile anche nella parte est della Conca, subito a nord del nucleo antico della città di Rieti e ad est della grande area industriale della stessa Rieti, situata a ridosso della Salara.

Confrontando gli usi emersi dalla interpretazione delle foto aeree del volo AIMA 1996 e quelli che si possono desumere dalle carte IGM di circa venticinque anni precedenti ci si rende conto che la pratica totalizzante dei seminativi irrigui ha completamente cancellato ogni diversità colturale. Sono infatti del tutto scomparse, tranne minuscole particelle dal valore puramente testimoniale, le colture promiscue con vite e ulivo e quelle arboree che occupavano quasi tutta la porzione di territorio in questione.

Subito a nord della Conca di Rieti e collegato ad essa dalla valle del Velino, il lago di Piediluco, è delimitato, per buona parte del suo perimetro ramificato, da boschi cedui. Sul lato est si estende, invece, la parte coltivata che si affaccia fino alla riva del lago. Le aree più a ridosso del lago stesso, tranne una striscia di colture arboree, sono coltivate a seminativi irrigui. Man mano che ci si allontana verso Rivodutri, le coltivazioni accompagnano il reticolo idrografico e sono in prevalenza seminativi asciutti alternati a prati pascolo.

Ad eccezione della Conca di Rieti quasi completamente coltivata a seminativi irrigui, le altre aree pianeggianti sono coltivate a seminativi asciutti. E' quanto emerge dall'esame del tipo di coltivazioni praticate nel territorio di Leonessa: sia il Piano della Ripa, che la Vallunga e la Valle di Terzone, le più consistenti aree pianeggianti del Comune, sono interamente coltivate a seminativi asciutti, quasi sempre foraggi. Un uso del suolo tradizionale, legato alla zootecnia, che ha improntato anche l'organizzazione insediativa e le tipologie edilizie. Una conferma di ciò viene dall'esame dei dati

dell'ultimo censimento a proposito di allevamenti.- il Comune di Leonessa, tra quelli ricadenti all'interno del bacino del lago di Piediluco, se si esclude Spoleto il cui territorio comunale ricade solo in minima parte all'interno dell'area di studio, è secondo solo a Rieti per numero di aziende con allevamenti bovini (150) ed ovini (110) e per numero di capi (bovini 2524), mentre il numero di capi ovini (4113) è anche maggiore di quello di Rieti (3564), a fronte di un numero minore di aziende (110 contro le 261 di Rieti).

Una situazione simile è riscontrabile anche nel comune confinante di Monteleone di Spoleto, dove le aree pianeggianti sono coltivate quasi esclusivamente a seminativi asciutti, allo stesso modo delle contigue aree pianeggianti del Piano della Ripa di Leonessa. Di fatto anche l'organizzazione insediativa è molto simile a quella di Leonessa, con la quale condivide, da quanto emerge dai dati sulla zootecnia, anche una considerevole presenza di allevamenti di ovini, con 46 aziende e 5869 capi, con oltre 100 capi di media per azienda. Sotto questo aspetto seconda solo a Norcia, nell'ambito dell'area del bacino in esame.

L'altra grande area pianeggiante del bacino del lago di Piediluco è quella situata all'interno del Comune di Norcia, a sud ed est del centro antico, corrispondente al Piano di S. Scolastica e alla Valle di Valcaldara. Si tratta di oltre duemila ettari coltivati a seminativo asciutto. Un uso consolidato se si confrontano gli esiti della interpretazione delle foto aeree del '96 e gli IGM in scala 1:25000 precedenti, ad eccezione della parte centrale del Piano di S. Scolastica, che sulla cartografia IGM risultava coltivata a vite in promiscuità con altre colture arboree. Queste colture promiscue erano presenti, secondo quanto appare dalle stesse carte IGM, anche in un'area a nord del centro abitato di Norcia, intorno al nucleo urbano di Campi che oggi è, invece, coltivata a seminativi asciutti.

I dati sulla zootecnia smentirebbero in buona misura l'idea che a Norcia ci sia una forte presenza di allevamenti suinicoli, se si considera che le aziende censite sono un centinaio, per un totale di circa trecento cinquanta capi. Nella media con quanto emerge dai dati relativi agli altri comuni dell'area di studio, ad eccezione di Cascia. È piuttosto il dato degli ovini che a Norcia si discosta dalla media degli altri comuni. Sono state, infatti, censite ottantaquattro aziende, per un numero totale di oltre quattordicimila capi, con una media di circa centosettanta capi per azienda. Un dato largamente superiore a quello di tutti gli altri comuni, i quali si mantengono al di sotto dei settanta capi per azienda, se si esclude Monteleone di Spoleto che, in ogni caso, ha una media di circa centotrenta capi per azienda.

Al di là dei seminativi, irrigui o asciutti, le aree coltivate del bacino del lago di Piediluco sono molto limitate. Si tratta quasi sempre di colture legnose, nella maggior parte dei casi promiscue, situate quasi esclusivamente all'interno del Comune di Rieti, a ridosso delle parti edificate, e nella valle del Velino nel tratto compreso tra Cittaducale ed Antrodoto. Ad est di Antrodoto, infatti, rimane una "lingua" di territorio coltivato, nella valle attraversata dalla S.S. 17 e dalla ferrovia, che vede attualmente la presenza esclusiva di seminativi irrigui.

### *L. pascoli e i prati-pascolo*

All'interno dell'area del bacino del lago di Piediluco i pascoli in grandi estensioni si trovano sui rilievi compresi tra le quote di 1300 e 1700 metri slm. Pertanto la lettura delle foto aeree incrociata con quella dell'orografia dell'area esplicitano, e in buona misura spiegano, la distribuzione territoriale di tale uso del suolo. I pascoli più estesi sono localizzati: nella parte nord dell'area di studio, al di sotto del crinale che la delimita, nei territori di Visso ed Ussita e comprende i monti Fema e Murio, ad ovest di Visso, ed i monti Bove e Rotondo ad est; lungo tutta la dorsale che si estende dalla parte sud del territorio di Visso fino al nucleo urbano di S. Pellegrino a sud-est di Norcia e comprende, in sequenza e senza interruzione di continuità, i monti Cavalese, Cardoso, La

Bandita, Prata, Colivento, delle Rose, Velica, Ventosola, Cappelbelfa; a ridosso del massiccio del Terminillo, sui monti Cambio, Tilia e Corno. Al di là delle estensioni più consistenti, i pascoli sono diffusi in tutto il territorio del bacino, specie nelle aree dai rilievi più accentuati.

Pascoli e prati pascolo in aree di estensione minore e molto più frammentate rispetto a quelle appena descritte, quasi sempre accostate o incluse in aree di seminativi asciutti sono molto frequenti nell'area del bacino del lago di Piediluco, specie in situazioni orografiche poco accidentate, se non proprio pianeggianti.

Una situazione di questo tipo, ma con una prevalenza dei pascoli e prati pascolo rispetto ai seminativi asciutti si riscontra nella fascia di territorio compresa tra Sellano e Cerreto di Spoleto; mentre intorno al nucleo urbano di Preci e nell'area seminativi asciutti e pascoli, grosso modo, si equivalgono.

Il territorio in cui questa alternanza di appezzamenti a seminativi e appezzamenti a pascoli o prati pascolo è più consistente, dovuta anche ad una orografia più articolata, è quello di Cascia. I seminativi asciutti sono comunque piuttosto consistenti ed occupano tutti i pianori e buona parte delle valli. I dati sulla zootecnia mostrano una situazione simile a quella di Leonessa e Monteleone di Spoleto, a cui si faceva cenno in precedenza, per quanto riguarda i rapporti tra numero di aziende e numero dei capi, bovini e ovini, mentre lo stesso tipo di rapporto varia notevolmente se si prendono in considerazione i suini. A Cascia, infatti si registrano poco più di cento aziende suinicole ed oltre settecento capi, con una media di sette capi per azienda. Un rapporto molto più simile a quello di Spoleto che ha nella zona il maggior numero di aziende ed il maggior numero di capi.

Nel territorio compreso tra Leonessa e Monteleone e tra Leonessa e Terzone, i pascoli e prati pascolo sono in parte distribuiti nelle aree pianeggianti, ma più spesso sono ai bordi di queste, nelle aree di pendio immediatamente a contatto con i seminativi asciutti.

Pascoli e prati pascolo in alternanza con appezzamenti di seminativi asciutti si riscontrano anche a nord della Conca di Rieti, tra il lago di Piediluco e Rivodutri e ad est tra Contigliano e Monte S. Giovanni; a nord del centro abitato di Rieti a sud della stessa Rieti, lungo il crinale e sui pianori compresi tra la valle dei Turano e quella del Salto. Mentre, infine, nei pressi del nucleo urbano di Longone Sabino i pascoli e prati pascolo prevalgono nettamente.

### L'edificato

L'indagine relativa alle caratteristiche dell'edificazione sviluppatasi all'interno del bacino ampliato del lago di Piediluco conferma quanto già emerso dall'indagine sugli usi agricoli.

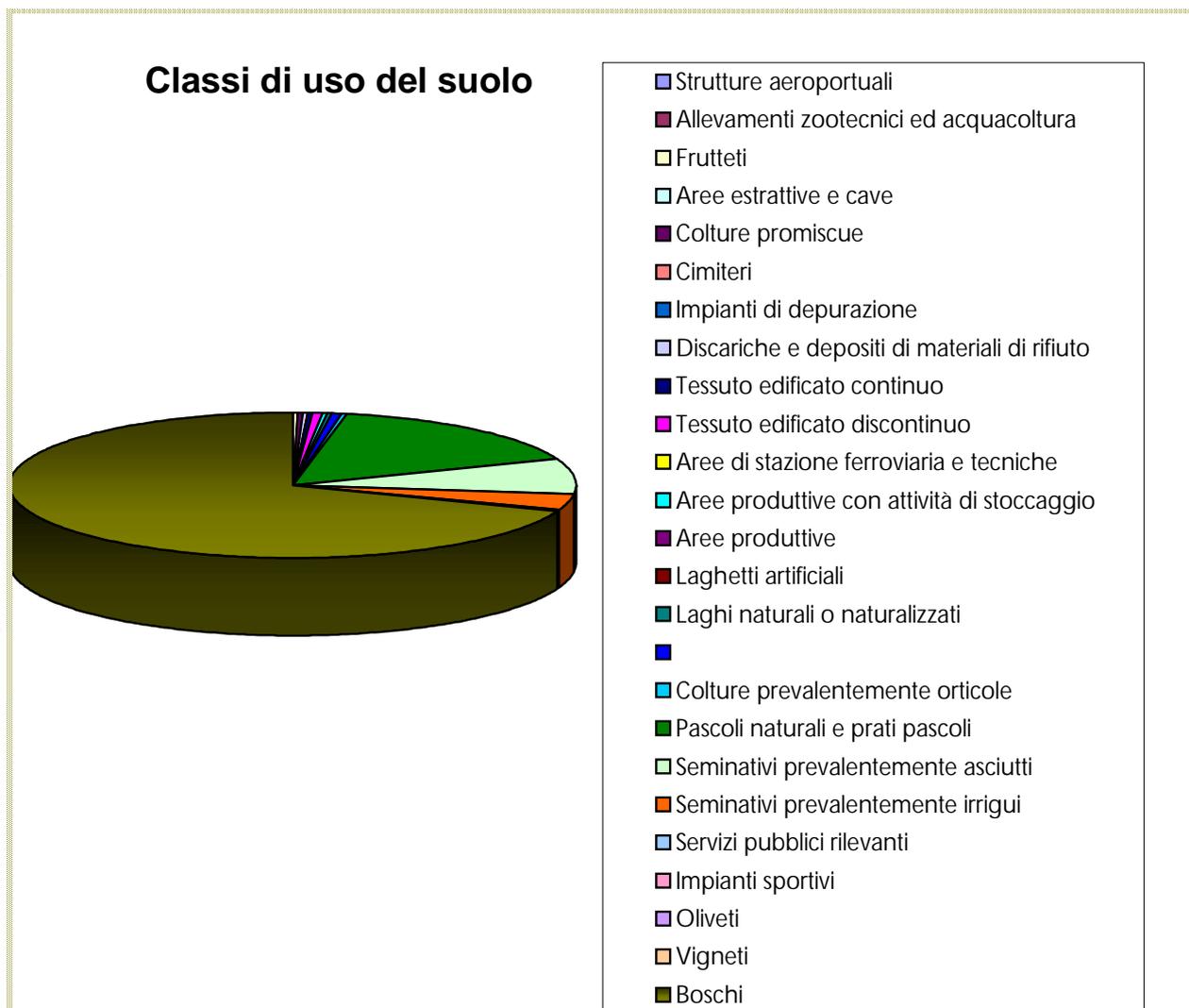
Se, infatti, si passa in rassegna il territorio in esame procedendo da nord a sud, si può osservare che al di là dei centri storici e dei loro più o meno consistenti ampliamenti contemporanei, l'espansione insediativa ha riguardato solo alcune aree e, in modo massiccio, soltanto quella reatina.

Un'area di edificato discontinuo ma abbastanza circoscritta la si ritrova nei pressi di Ussita, nella zona di Pian dell'Arco ed è evidentemente legata all'uso turistico invernale che interessa tutta l'area.

Il comune di Norcia, a sua volta, subito a sud di Ussita presenta due aree significative di espansione insediativa: una di edificato discontinuo a ridosso della città storica ed una di edificato continuo delle dimensioni di circa cinquanta ettari, a sud della città, lungo la strada per Cascia. Quest'ultimo comune presenta una significativa espansione edilizia discontinua tutto intorno alla città storica ed un ridotto fenomeno di edificazione sparsa. Questo aspetto è, per altro, comune anche alle altre aree finora considerate.

A Leonessa lo sviluppo insediativo ha interessato, come per Norcia e Cascia, la parte più pianeggiante dipanandosi prima in modo continuo e successivamente in modo discontinuo lungo la strada per Monteleone di Spoleto, sul lato nord della città. Una quota di edificato sparso si riscontra nella parte sud, connessa all'attività turistica invernale e alle attrezzature sciistiche dei Terminifio. Lo sviluppo edilizio recente, quello dagli anni sessanta in poi, nella zona di Rieti presenta, dal punto di vista localizzativo, alcuni caratteri comuni: l'edificazione compatta si sviluppa, per una fascia di ampiezza variabile, intorno alla città storica; l'edificazione discontinua, invece, è localizzata a ridosso di due direttrici principali, la Salaria e la SS 4 bis dei Terminillo. Infatti, lungo quest'ultimo asse, a nord est della città consolidata, sono localizzate due consistenti aree di edificato discontinuo, una di circa 100 ettari, piuttosto compatta e l'altra, più piccola ma anch'essa significativa, con un andamento più lineare, che giungono quasi a Lisciano. Sul lato nord della Salaria, ad est del centro urbano di Rieti, si sviluppa un'area ad uso produttivo di considerevolissime dimensioni, (oltre duecento ettari), Vi sono localizzate prevalentemente attività industriali ed artigianali che utilizzano la Salaria come infrastruttura di collegamento primaria. Fa eccezione alla localizzazione lungo le direttrici sopra citate, una grossa area di edificato discontinuo (circa 150 ettari) disposta tra la città compatta e l'aeroporto, nel settore nord, lungo la SS 79 per Terni. L'edificazione sparsa nell'area reatina, a differenza che nel resto del bacino ampliato del lago di Piediluco, è molto consistente ed è dislocata in modo diffuso in tutta la cosiddetta piana di Rieti ed in alcuni fondovalle, in particolare nel fondovalle dei Canepa, dove dal punto di vista dell'uso agricolo prevalgono i seminativi asciutti.

<b>Tabella riepilogativa degli usi del suolo</b>			
<b>CODICE</b>	<b>CLASSE</b>	<b>SUPERFICE (HA)</b>	<b>%</b>
AE	Strutture aeroportuali	101,88	0,049
ALL	Allevamenti zootecnici ed acquacoltura	128,76	0,061
CA	Frutteti	327,88	0,157
CAVA	Aree estrattive e cave	100,37	0,048
CM	Colture promiscue	753,99	0,360
CS	Cimiteri	25,93	0,012
DEP	Impianti di depurazione	4,94	0,002
DISC	Discariche e depositi di materiali di rifiuto	25,41	0,012
ED_CONT	Tessuto edificato continuo	1100,53	0,526
ED_DISC	Tessuto edificato discontinuo	1187,63	0,567
FS	Aree di stazione ferroviaria e tecniche	6,08	0,003
ID	Aree produttive con attività di stoccaggio	52,02	0,025
IT IP	Aree produttive	453,04	0,216
LA	Lagheti artificiali	4,51	0,002
LN	Laghi naturali o naturalizzati	336,88	0,161
ND	Non classificati	1204,92	0,575
O	Colture prevalentemente orticole	496,03	0,237
PA	Pascoli naturali e prati pascoli	33671,43	16,080
SA	Seminativi prevalentemente asciutti	16674,93	7,963
SI	Seminativi prevalentemente irrigui	7139,32	3,409
SP	Servizi pubblici rilevanti	11,47	0,005
SPORT	Impianti sportivi	86,28	0,041
U	Oliveti	455,42	0,217
V	Vigneti	384,38	0,184
BOSCHI	Aree collinari e montane investite da boschi	144664,39	69,086
	<b>Superficie totale area di piano (ha)</b>	<b>209398,42</b>	<b>100,00</b>



#### 4.5 L'erosione idrica del suolo: la funzione protettiva della vegetazione

Nell'ambito della redazione del Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico del bacino del Tevere (PAI), l'Autorità di Bacino del fiume Tevere (ABT), ha predisposto uno studio denominato "Studio conoscitivo sull'uso del suolo e della vegetazione forestale ai fini dell'assetto idrogeologico", che ha riguardato lo stato della copertura vegetale, attuale e del recente passato, con particolare riferimento alle superfici boscate ritenute maggiormente significative.

L'obiettivo è stato quello di definire lo stato di assetto idrogeologico complessivo del bacino del Tevere (superficie di oltre 17500 km<sup>2</sup> suddivisa in 181 sottobacini) attraverso un quadro relativamente dettagliato della funzionalità delle coperture vegetali attuali riguardo alla formazione del deflusso istantaneo, della stabilità dei versanti e dell'erosione idrica del suolo.

Questo studio è stato implementato nel presente Piano per l'individuazione dei carichi di fosforo da fonti diffuse ed, in particolare, è stato preso in considerazione l'aspetto dell'erosione idrica del suolo, ritenuta da diversi studi la principale via di inquinamento da fosforo per queste fonti.

Di seguito viene illustrato sinteticamente l'approccio metodologico adottato nello studio, rimandando agli elaborati del Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico del bacino del Tevere per ogni altra informazione.

#### L'impostazione generale dello studio di base

Le diverse componenti della funzione protettiva della copertura vegetale possono essere difficilmente definite, ad una determinata scala di lavoro, con lo stesso dettaglio ed accuratezza. I possibili modelli valutativi di riferimento sono infatti concepiti per operare a livello di stazione o di unità di territorio omogenea sotto il profilo delle caratteristiche biotiche ed abiotiche (unità di terre), mentre l'estensione della superficie di indagine e le finalità di pianificazione a livello di grande bacino hanno imposto una scala di semidettaglio ed un inquadramento territoriale a livello di sistemi e sottosistemi di terre.

Date queste premesse, l'approccio adottato si è articolato nei seguenti momenti:

- a) caratterizzazione funzionale delle tipologie d'uso del suolo e vegetazione individuate in relazione alle tre componenti principali dell'assetto idrogeologico (formazione dei deflussi diretti, erosione accelerata del suolo, stabilità dei versanti), unicamente sulla base delle caratteristiche intrinseche dei soprassuoli;
- b) ripartizione di dette tipologie in sistemi e sottosistemi di terre per i quali è stato possibile stimare, per estrapolazione o semplice ipotesi, fattori o caratteri funzionali alle componenti di cui sopra;
- c) valutazione del livello potenziale di manifestazione dei processi di ruscellamento, di erosione del suolo o di instabilità in assenza di copertura vegetale;
- d) riqualificazione del valore funzionale delle tipologie d'uso del suolo e vegetazione di cui al punto a);
- e) elaborazione di un indice sintetico di funzionalità idrogeologica in grado di esprimere il beneficio plausibilmente attribuibile alla copertura vegetale.

Tutte le elaborazioni sono state condotte con l'ausilio del supporto GIS gestito con il software ArcInfo® e ArcView®, lavorando su strati informativi vettoriali, raster e sulle loro intersezioni.

Per definire la funzione di protezione dall'erosione idrica del suolo è stata applicata al bacino del Tevere la nota Universal Soil Loss Equation (USLE) di WISCHMEIER e SMITH (1978), che fornisce la possibilità di ponderare in maniera adeguata il fattore copertura vegetale, definito come il rapporto fra la perdita di suolo di una specifica coltura o copertura vegetale e quella, a parità di altre condizioni, di un maggese lavorato a rittochino mantenuto privo di vegetazione. Questa formula è stata studiata per stimare l'entità media annua delle quantità di suolo mobilizzate nel lungo periodo (venti o più anni) dall'erosione laminare ed in rigagnoli. Essa quindi non fornisce alcuna indicazione circa l'erosione per fossi (gully erosion), quella torrentizia o per movimenti di massa, la produzione di sedimenti, o l'erosione associata ad un singolo evento piovoso o ad intervalli temporali ridotti.

Il fattore copertura vegetale è, di fatto, il principale agente limitante dell'erosione idrica, ma, come evidenziato nella versione forestale della USLE (DISSMEYER e FOSTER, 1984), l'importanza assunta dalla copertura morta del terreno (lettiera, strame e frammenti rocciosi) è prioritaria rispetto a quella della copertura viva, intervenendo sia nella limitazione dell'azione battente della pioggia (splash erosion), che nella regolazione dell'infiltrazione e del ruscellamento.

L'**USLE** predice la perdita di suolo (**A**), dal prodotto di sei fattori principali:

$$A = R \times K \times L \times S \times P \times C$$

in cui:

**R** = erosività delle piogge, derivata nel presente studio, secondo ATHESIAN (1974), dalla pioggia massima di 6 ore e tempo di ritorno di 2 anni ottenuta dalla regionalizzazione delle piogge intense (ABT, 1996);

**L** = fattore lunghezza del versante, mantenuto fisso a 250 m;

**S** = fattore pendenza, ricavato come media per 7 classi di pendenza secondo la procedura di Mc COOL et al. (1989), tenendo conto degli usi del suolo che comportano lavorazioni o che mantengono sodo il terreno;

**K** = fattore erodibilità del suolo, ottenuto mediante procedura euristica, data l'assenza di una adeguata informazione pedologica, attribuendo un valore sulla base delle informazioni deducibili dalla carta geolitologica vettoriale predisposta dall'ABT e della suddivisione in sottosistemi di terre;

**P** = fattore sistemazioni e pratiche conservative, prudenzialmente postulata, in mancanza di informazione specifica, pari a 1 (assenza di sistemazioni).

**C** = fattore copertura vegetale, valutato in funzione di parametri diversi, quali la durata del periodo vegetativo (sempreverdi > decidue; decidue piano basale > decidue montane), la densità di copertura delle chiome e di copertura morta del suolo (ipotizzata direttamente proporzionale alla precedente), l'altezza media del piano delle chiome (fustaie > cedui > cespugliati > prati), il grado di suscettività agli incendi (altezza chiome; vegetazione xerofila > pinete mediterranee > arbusti > lecceta), la frequenza dei tagli per l'asportazione della copertura viva ed il disturbo di quella morta (cedui > fustaie).

La variabile **Fat\_C\_USLE** derivata da questa analisi è risultata compresa fra 0.0002 e 0.3733; da essa è stato ricavato il valore ipotetico di protezione dall'erosione idrica della vegetazione (**V\_EROS\_IPO**), mediante standardizzazione lineare sull'intervallo suddetto, in modo da ottenere valori indice compresi fra 0 (valore di protezione nullo) e 1 (massima funzionalità protettiva). Questi valori "ipotetici" di funzionalità sono quindi stati calati in un contesto che, partendo dalla stima del livello di suscettività all'erosione in assenza della copertura vegetale, consentisse la valutazione dell'entità dell'erosione effettiva. Tale funzionalità (**V\_EROS\_EFF**) può essere allora definita attraverso la seguente procedura:

- calcolo del tasso medio annuo di erosione potenziale in assenza di copertura (**EROS\_POT**), approssimata dal prodotto **R x K x L x S**, ovvero dall'interazione dei fattori che si possono ritenere praticamente non modificabili;
- calcolo dell'erosione effettiva media annua stimata (**EROS\_STIM**) ottenuta moltiplicando **EROS\_POT** per **Fat\_C\_USLE**;
- definizione di tipo euristico del livello massimo di erosione tollerabile per ciascuna tipologia geolitologica (**EROS\_TOLL**), sulla base delle informazioni associate ai tematismi geolitologia e sottosistemi di terre;
- calcolo della variabile **BIL\_SUOLO**, come rapporto fra **EROS\_TOLL** ed **EROS\_STIM**.

Quest'ultima variabile assume il significato di indicatore delle condizioni di equilibrio fra livello stimato e tollerato di erosione idrica del suolo. Infatti, per valori di **BIL\_SUOLO** uguali a 1, si ha una condizione di equilibrio, nel senso che tutta l'erosione stimata è tollerabile in quanto presumibilmente compensata dai processi di neoformazione del suolo. Tanto più **EROS\_STIM** supera **EROS\_TOLL**, tanto più il valore di **BIL\_SUOLO** tende a zero, mettendo in luce le situazioni in cui un miglioramento della copertura o la realizzazione di interventi sistematori, permetterebbero di riequilibrare condizioni critiche o comunque squilibrate.

Dal valore ipotetico di protezione associato ad ogni tipologia di uso del suolo (**V\_EROS\_IPO**) e dal rapporto fra l'erosione tollerabile e quella stimata (**BIL\_SUOLO**) si è quindi definita la funzionalità antierosiva effettiva della copertura vegetale (**V\_EROS\_EFF**), secondo un sistema di relazioni non lineari.

#### 4.6 Lo studio dei fenomeni di instabilità delle sponde

L'attuale lago di Piediluco è un residuo dell'antico lago Velino formatosi in era Quaternaria per la deposizioni di idrati e carbonati di calcio in località Marmore. L'accumulo dei sali ostruiva il corso del fiume Velino verso la sottostante valle del Nera, faceva innalzare il livello idrico e inondava tutta la piana reatina verso il settore orientale.

Dell'antico lago sono rimasti, oltre il citato Piediluco, quelli di Ripasottile, Fogliano, Ventina e Lungo. Piediluco è situato, alla quota di 370 m s.l.m., nella parte nord-ovest dell'attuale piana reatina in territorio della provincia di Terni.

Lo specchio d'acqua ha una forma molto irregolare e allungata in direzione est-ovest con digitazioni lunghe e strette ed è collegato con il fiume Velino mediante un canale scavato nei primi anni del 1900 per scopi idroelettrici.

La sua profondità nella parte centrale varia da 10 a 15 metri e le sue rive presentano una pendenza anche del 50%.

Il lago è situato in un ambito morfologico suddivisibile in due zone molto diverse tra loro:

- una prima zona pianeggiante sita prevalentemente nel settore orientale del lago a cui va aggiunta una piccola porzione situata all'estremo settore occidentale che circonda il canale artificiale di raccordo con il fiume Velino;
- un'altra che riguarda prevalentemente il settore occidentale risulta movimentata da rilievi collinari che vanno da circa 350 a 600 metri di altezza i cui pendii spesso si immergono direttamente nel lago.

Tale morfologia fa sì che i pendii dei rilievi degradanti direttamente nel lago si immergano con forti pendenze mentre le zone pianeggianti sviluppano una batimetria del lago con piani debolmente inclinati. Per questo intorno al lago si ritrovano alternativamente terreni pianeggianti idonei alla coltivazione ed insediamenti e limitatissime fasce costiere che non consentono opere infrastrutturali e insediamenti se non alterando il profilo naturale del retrostante rilievo.

#### *Geomorfologia del bacino naturalmente sotteso.*

##### a) Sponda.

L'osservazione della carta dell'uso del suolo e della batimetria del lago evidenzia le considerazioni di cui sopra.

Innanzitutto si osserva che le parti collinari intorno al lago sono sede di boschi ben radicati. Poi, partendo dal canale di allacciamento con il Velino, nella estrema parte occidentale, si riscontra una larga fascia alluvionale posta tra i due rilievi di monte Mazzelvetta e monte Maro ad uso esclusivamente Seminativo Irriguo, Seminativo Asciutto e Pascolo.

Il prospiciente letto del lago si approfondisce con leggera pendenza e ciò fa ritenere che le sponde non siano soggette a movimenti gravitativi di sorta e non presentino alterazioni nella loro stabilità.

Proseguendo lungo le sponde settentrionali del lago a partire dal promontorio che degrada dal monte Oppio procedendo verso lo sbocco del canale Medio Nera e costeggiando la rupe della Rocca fino all'altezza della zona di Santa Lucia, l'uso del territorio è caratterizzato da Edificato Continuo.

In tale settore si riscontrano forti pendenze nel profilo batimetrico del lago. E' la situazione che più favorisce eventuali dissesti spondali. Lo studio del Prof. Pane, di cui si dirà in seguito, ha evidenziato e descritto tali movimenti.

La parte pianeggiante più orientale ospita insediamenti sportivi mentre il ramo discendente verso sud, sempre a morfologia pianeggiante, è utilizzato prevalentemente per Seminativi Asciutti e Irrigui con piccole zone a pascolo. In alcuni punti del tratto discendente il profilo batimetrico presenta

pendenze più elevate di quelle che ci si aspetterebbero dalla retrostante zona pianeggiante. Comunque non si hanno notizie di movimenti spondali in questo settore.

Proseguendo oltre il promontorio del Monte Grugliano e risalendo il lago attorno al Monte Capeno fino a ricongiungersi con il settore ovest con l'eccezione della valle prato, si riscontrano versanti degradanti verso il lago con scarsa fascia lacuale pianeggiante. Il profilo batimetrico risulta anche in questa zona in forte pendenza.

#### b) Entroterra.

Lo stralcio del F. 138 della Carta geologica d'Italia descrive intorno al lago, ove i massicci rocciosi non si spingono direttamente nel lago, formazioni alluvionali fluviali recenti terrazzate, costituite generalmente da ghiaie variamente cementate, spesso a stratificazione incrociata, con livelli e lenti sabbiose, orizzonti ciottolosi, torbe e argille. Costeggiando poi la linea di costa in senso orario partendo dalla confluenza con il fiume Velino, si riconoscono i seguenti affioramenti:

- scisti ad aptici costituita da calcari sottilmente stratificati più o meno marnosi e con sottili veli di argilla. Il rapporto selce/calcare è molto variabile, ma la selce è quasi sempre predominante fino a sostituirsi del tutto al calcare. Il passaggio graduale alla sovrastante maiolica può avvenire mediante un livello di calcari più o meno marnosi nettamente stratificati;
- maiolica: sono calcari generalmente bianchi a frattura concoide ben stratificati. La maiolica segue in successione stratigrafica gli scisti ad aptici o i diaspri; spesso ricopre direttamente il calcare massiccio, quasi sempre in concordanza stratigrafica;
- alluvioni fluvio lacustri antichi
- terrazzi fluviali
- scaglia rossa composta da calcari marnosi ben stratificati con presenza di selce;
- marne a fucoidi ossia rocce costituite da calcari e argilla in varia composizione con presenza di microfaune. Spesso seguono in concordanza la maiolica;
- rosso ammonitico composto da calcari marnosi nodulari, marne e argille marnose spesso con numerose ammoniti. E' una roccia biomicritica;
- corniola rappresentata da calcari grigi ed avana regolarmente stratificati con livelli di selce. A volte sono presenti intercalazioni di calcari detritici.

Dal punto di vista stratigrafico risulta quindi che tutti gli affioramenti intorno al lago fanno parte della cosiddetta successione stratigrafica tipica della serie Umbro-Marchigiana che nella sua serie canonica, partendo dal più antico al più recente, risulta: Corniola – Rosso Ammonitico – Scisti ad Aptici – Maiolica – Marne a Fucoidi – Scaglia rossa – Detriti di falda – Depositi lacustri e fluviali – Terreni di riporto.

La sezione I, tracciata sul foglio geologico, indica che l'intera successione diretta immerge in senso appenninico con direzione NW-SE; ciò comporta che i rilievi che si riscontrano nella parte sud del lago hanno giacitura a franapoggio mentre i rilievi del settore nord a reggipoggio.

Tale giacitura permette di ipotizzare che i fenomeni franosi si dovrebbero manifestare prevalentemente nelle zone a franapoggio per la presenza anche di piani di scivolamento, ma ciò non si riscontra in quanto non si hanno notizie di fenomeni franosi lungo i pendii né fenomeni di dissesto delle sponde del lago. A maggior ragione dovrebbe risultare stabile le zone settentrionali con giaciture a franapoggio e ciò risulta ad esclusione della zona immediatamente a ridosso dell'abitato del paese di Piediluco che manifesta fenomeni di dissesto come già rilevato nello studio del prof. Pane e di cui sarà detto in seguito.

Per quanto riguarda le strutture più recenti: terrazzi fluviali, detriti e depositi fluvio-lacustri, dalla carta dell'uso del suolo e reticolo idrografico allegata risulta che i maggiori apporti detritici di colmamento del lago provengono dal settore orientale dove la parte terminale del reticolo scorre sulle pianure da esso formato. In tale settore vi sono ben distinti due sistemi di reticolo: uno proveniente da Nord-Est che si versa nella digitazione più settentrionale del lago sito nella medesima direzione mentre l'altra con direzione prevalentemente Est-Ovest si getta nel lago nella propagine più meridionale del lago. Gli apporti di questi immissari hanno prodotto la pianura circostante ed addolcito in quasi tutto il settore orientale il fondo dello specchio lacustre.

#### *Movimenti franosi antistanti l'abitato di Piediluco*

Lo studio sulle condizioni di stabilità delle sponde del lago di Piediluco (TR) nel tratto antistante l'omonimo centro consente di individuare le cause che hanno contribuito in maniera preponderante ai dissesti del centro abitato in relazione ai fenomeni di instabilità delle sponde ed hanno fornito alcune indicazioni per eventuali attività ed interventi da intraprendere nell'ambito del *Piano Stralcio di Bacino per il risanamento del lago di Piediluco*.

Lo studio riguarda anche i problemi di natura prevalentemente geotecnica che caratterizzano l'area in esame e sintetizza i risultati emersi da precedenti studi, indagini e rilievi sulle condizioni di stabilità delle sponde .

La documentazione utilizzata per lo studio è costituita essenzialmente da indagini, rilievi e verifiche condotti in passato e sintetizzati in una Relazione commissionata dall'ENEL nel 1989 (*Studio conoscitivo sulle condizioni di stabilità delle sponde del lago antistanti l'abitato di Piediluco*, datata dicembre 1989, a cura del Prof. Ing. B. D'Elia).

#### *Lo sviluppo storico del centro abitato*

In analogia con gli studi dell'Enel, l'abitato di Piediluco che si sviluppa lungo la S.S. Ternana n.79, su una fascia di terreno lunga circa 1 km e larga mediamente 70 m posta alla base dei versanti del M. Luco, è stato suddiviso in tre zone: Ovest, Sud ed Est.

Il centro abitato in tempi storici, antecedenti alla messa in funzione della Cava Clementina (1601), si sviluppava interamente a monte della S.S. 79, e il tracciato della strada statale, che rappresenta l'attuale corso principale, corrispondeva grossomodo alla riva del lago.

La realizzazione della cava e l'abbassamento del livello del lago, fece emergere nella zona Ovest un'area denominata "il Piano" ove successivamente si espanse il centro abitato, nei secoli successivi e particolarmente nella prima metà del 1800, tramite la realizzazione di riporti estesi e di notevole spessore.

Significativi riporti in corrispondenza della fascia costiera sono avvenuti anche in tempi più recenti (1950 - oggi), specie nelle zone Ovest e Est dell'abitato, come evidenziato da un confronto tra l'andamento della linea di costa nel 1952 e quello attuale.

Apparentemente, discariche e rinterri non pianificati avvengono tuttora lungo le sponde per realizzare terrazzamenti per esigenze di discarica pubblica e per porre rimedio a smottamenti che si verificano periodicamente lungo tratti spondali non opportunamente protetti. Tali recenti modifiche del piano di campagna appaiono particolarmente frequenti nella zona Ovest e nel tratto orientale della zona Sud, a tergo dei muri di sponda in c.a. realizzati dal Comune di Terni all'inizio degli anni '80.

#### Caratteristiche del sottosuolo

La stratigrafia dei terreni e delle rocce che interessano l'abitato di Piediluco e le proprietà fisiche e meccaniche sono tratte da indagini eseguite principalmente per conto dell'ENEL e confermano la sua appartenenza alla serie Umbro-Marchigiana. Nella fattispecie si riscontra che la serie che affiora immediatamente a monte della S.S. 79 con la formazione della *maiolica*, immerge prevalentemente verso Est, con un'inclinazione di circa 30°.

Direttamente sulla maiolica, lungo la fascia costiera dell'abitato sono presenti i litotipi di recente formazione e precisamente:

- ***detrito di falda***: rappresenta la degradazione ed alterazione dei versanti, ed è costituito da elementi calcarei granulometricamente assimilabili ad una ghiaia, variamente cementati. E' dotato di buone caratteristiche meccaniche, scarsa compressibilità ed elevata resistenza al taglio, anche in assenza di cementazione;
- ***deposito lacustre***: formato prevalentemente da limi sabbiosi-sabbie limose, con frequenti livelli di torba e di argille torbose. E' normalmente consolidato e pertanto fortemente compressibile. La compressibilità aumenta significativamente nei livelli torbosi ed argillosi, ove il contenuto d'acqua naturale può raggiungere il 200 % e spesso aumenta progressivamente avvicinandosi alla linea di

costa. Gli spessori massimi dell'ordine di 20 m circa, sono rinvenuti nella zona Ovest e nel tratto più orientale della zona Est;

- **terreni di riporto**: sono materiali di riporto fortemente eterogenei, anche nell'ambito della stessa verticale assimilabile ad una ghiaia con sabbia limosa, ma non si esclude la presenza di significative sacche limo-argillose a causa della spiccata variabilità. Il materiale è stato posto in opera negli ultimi due secoli con modalità estremamente diversificate, spesso sott'acqua, e senza un adeguato costipamento; per tale motivo la compressibilità è ritenuta elevata. La sua potenza aumenta progressivamente avvicinandosi alle sponde, al disotto delle quali lo spessore dello strato è generalmente compreso tra 5 e 8 m circa.

I rilievi batimetrici a disposizione consentono anche di definire con sufficiente approssimazione le pendenze delle sponde del lago antistante l'abitato. Queste risultano relativamente acclivi nella zona Sud ove l'angolo d'immersione della sponda raggiunge valori massimi dell'ordine di 35° – 40°.

#### Stato di dissesto dei manufatti del centro abitato

Le indicazioni sullo stato di conservazione dei fabbricati e dei manufatti e sulla distribuzione spaziale dei dissesti sono state accertate tramite "rilievo celere" dall'ENEL con l'avvertenza che "i dati forniti dal rilievo devono essere intesi come uno strumento per individuare i motivi ed i caratteri dello stato di lesionamento e di dissesto esistente e per interpretare i meccanismi che lo hanno indotto, e non come il risultato di un'analisi dello stato di consistenza dei manufatti".

Tuttavia, anche se non esaustivi, i rilievi forniscono un quadro sufficientemente chiaro delle problematiche esistenti e della loro origine.

Dai risultati dei rilievi si evince che:

- lesioni e dissesti, anche se non uniformi sono presenti in tutta la fascia costiera del centro abitato posta a valle della S.S. 79;
- i dissesti appaiono di entità crescente man mano che ci si avvicina alla linea di costa, ove lo spessore dei riporti e dei depositi lacustri è maggiore;
- i dissesti più diffusi si rinvengono nella zona Ovest, caratterizzata dai massimi spessori dei riporti e dei depositi lacustri nonché in corrispondenza di ampliamenti relativamente recenti della linea di costa (posteriori al 1952) e di nuovi riporti;

- nella fascia di 15-20 m prossima alla linea di sponda, ed in particolare per i manufatti minori che delimitano le discese al lago, le lesioni sono più marcate e i fenomeni di dissesto appaiono tuttora in corso. In molti casi è evidente che gli stessi manufatti hanno subito una rotazione verso il lago;
- lo stato di lesionamento è in ogni caso aggravato dalla vetustà di molti manufatti, dal materiale impiegato per la costruzione - generalmente muratura di pietrame o di mattoni - e dalla mancanza di adeguate fondazioni.

#### Variazioni passate e recenti del livello del lago

Particolare attenzione è stata data all'analisi connessa con le oscillazioni del lago dovute all'utilizzo idroelettrico dell'ENEL, spesso indicate come la causa prima dei dissesti presenti lungo la fascia costiera e in generale contribuente allo stato di dissesto generalizzato del centro abitato.

Sono state messe a confronto le variazioni altimetriche del livello del lago, avvenute sia in tempi storici che recenti e ne è scaturito che:

- negli ultimi cento anni il livello medio del lago è rimasto praticamente invariato a quota 368.5 m s.l.m. Tale quota non è stata modificata né dalla realizzazione dell'impianto di Galleto (1927) né da quella successiva dell'impianto di Monte S. Angelo (1973), e risulta di poco inferiore a quella massima (369 m s.l.m.) stabilita dalle concessioni di derivazione;
- le oscillazioni del livello sono state notevolmente modificate dalle vicissitudini storiche del lago e dal suo utilizzo a scopo idroelettrico. Dalla fine del secolo scorso al 1935 circa, le massime escursioni erano dovute alle piene ed alle magre del fiume Velino. In occasione di eventi di piena il livello raggiungeva quote massime di 371 - 372 m s.l.m. (vale a dire, 2 - 3 m superiore a quello stabilito per concessione) e l'escursione raggiungeva punte dell'ordine di 3 - 4 m. Ad esempio nel febbraio 1935 il livello del lago subì un abbassamento dell'ordine di 3 m in circa 10 giorni;
- la costruzione degli invasi artificiali del Salto e del Turano (1938-1940) ha successivamente consentito di regolare il massimo livello del lago, contenendolo entro la attuale quota di esercizio (369 m s.l.m.);

i dati a disposizione che si estendono fino al 1988, sembrano indicare che negli ultimi 30 anni le quote del lago oscillano tra 368 e 369 m s.l.m., e che le differenze tra livelli giornalieri massimi e minimi sono comprese nell'intervallo 0.4 - 0.6 m, con punte dell'ordine di 1 m. Tali valori sono comunque inferiori all'escursione giornaliera massima consentita (1.5 m).

#### Possibili cause dei dissesti

In linea generale, il quadro dei dissesti potrebbe essere la risultante di vari fattori, anche concomitanti. Tra questi, vanno sicuramente considerati l'erosione di sponda, i movimenti di pendio causati dalla notevole acclività delle sponde, l'erosione interna dei terreni di riporto e la subsidenza dei terreni di riporto e dei depositi lacustri.

Erosione di sponda:

Verosimilmente è attribuibile all'azione del moto ondoso. Essa genera fenomeni di carattere puntuale che interessano esclusivamente manufatti minori situati in prossimità della linea di costa, quali muri di sponda, piattaforme, pontili. Tali fenomeni, pertanto, non contribuiscono in maniera significativa alle generali condizioni di stabilità della fascia costiera del centro abitato.

Movimenti di pendio causati da notevoli acclività delle sponde:

In tre sezioni critiche, dove l'acclività delle sponde del lago è relativamente elevata e sono presenti depositi lacustri di scadenti caratteristiche meccaniche, l'Enel ha effettuato la verifica delle condizioni di stabilità assumendo condizioni idrauliche diverse per rappresentare le escursioni del livello del lago e delle quote piezometriche dei vari litotipi.

Dai risultati delle verifiche si evince che:

- in tutte le verifiche, le superfici di scorrimento critiche si sviluppano prevalentemente nel deposito lacustre;
- nella zona Ovest della fascia costiera, caratterizzata da sponde meno acclivi, i valori del coefficiente di sicurezza sono relativamente elevati ed indicano una sostanziale stabilità;
- nella zona Sud, caratterizzata da sponde di elevata pendenza, le verifiche indicano margini di sicurezza più esigui.
- nella zona Est, caratterizzata da una fascia costiera relativamente pianeggiante e da sponde meno acclivi le verifiche conducono a risultati simili a quelli relativi alla zona Ovest denotati cioè da sostanziale stabilità;
- le escursioni stagionali della superficie piezometrica producono variazioni dei fattori di sicurezza dell'ordine di qualche percento. Variazioni ancora minori dei fattori di sicurezza sono dovute alle oscillazioni giornaliere connesse all'attuale esercizio idroelettrico. Tali oscillazioni sono pertanto del tutto ininfluenti sulle generali condizioni di equilibrio delle sponde e del centro abitato.

Quest'ultima affermazione è avvalorata sia dalla mancanza di evidenze morfologiche tipiche di fenomeni franosi - fessure nel terreno, nicchie di distacco - che dalla constatazione che tali fenomeni

non si sono verificati in passato, allorquando il livello del lago e le sue escursioni raggiungevano valori ben più alti di quelli odierni.

#### Erosione interna dei terreni di riporto

La migrazione di particelle fini nei terreni interessati da moto di filtrazione (*erosione interna*) potrebbe attivarsi in prossimità delle sponde nelle fasi di abbassamento del livello del lago. L'asporto di particelle fini verso il lago riduce il volume soprastante e induce subsidenza in superficie. Il fenomeno si verifica quando:

- i gradienti idraulici risultano superiori a determinati valori critici
- i granuli sono privi di apprezzabile coesione e/o cementazione;
- i terreni presentano una distribuzione granulometrica caratterizzata da una ampia variazione nella dimensione dei grani con carenza di particelle di dimensioni intermedie.

I depositi lacustri presentano una modesta coesione nei livelli più fini e la distribuzione granulometrica ben assortita fa propendere per una sostanziale stabilità nei confronti del fenomeno dell'erosione interna.

I terreni di riporto, invece, presentano tutte le condizioni su elencate in occasione di abbassamenti significativi e rapidi del livello del lago per l'instaurarsi di gradienti idraulici prossimi ai valori critici. Tale situazione si attenua rapidamente allontanandosi dalla sponda. E' verosimile che in occasione degli abbassamenti maggiori, avvenuti antecedentemente al 1940, si siano manifestati localmente valori dei gradienti sensibilmente superiori a quelli attuali.

Si possono fare, pertanto, le seguenti considerazioni:

- in occasione di escursioni giornaliere del livello del lago, tipiche dell'attuale esercizio idroelettrico, non si può escludere la possibilità che si siano manifestati fenomeni di migrazione delle particelle fini nei terreni di riporto, e conseguenti subsidenze in superficie. A causa della estrema eterogeneità granulometrica dei terreni di riporto, tali fenomeni non sono certamente riconducibili alla totalità della linea di costa, e sarebbero in ogni caso confinati in una stretta fascia di terreno (3 - 5 m) in prossimità delle sponde;
- ben più probabile appare l'eventualità che i fenomeni anzidetti si siano verificati in periodi antecedenti alla costruzione degli invasi artificiali del Salto e del Turano (1938 - 1940), quando i livelli del lago e le sue oscillazioni erano marcatamente maggiori di quelli attuali.

Subsidenza dei terreni di riporto e del deposito lacustre

La presenza di riporti, antichi e recenti, di notevole spessore lungo la fascia costiera ha sicuramente indotto fenomeni di consolidazione, primaria e secondaria, nei sottostanti depositi lacustri e abbassamenti assoluti e differenziali della superficie del terreno.

Qui di seguito vengono riportati i valori indicativi degli spessori dei riporti e del deposito lacustre

	<b>Spessore riporti (m)</b>	<b>Spessore deposito lacustre (m)</b>
zona Ovest	0 - 6	0 - 20
zona Sud	0 - 8	0 - 6
zona Est	0 - 2	0 - 20

Per ciascuna zona, gli spessori dei riporti e dei terreni lacustri aumentano progressivamente da valori nulli, in corrispondenza della S.S. 79, fino a valori massimi in prossimità delle sponde del lago. Nel deposito lacustre sono presenti livelli di sostanze organiche e lenti di torba di spessore non trascurabile (2 m o più).

La notevole estensione planimetrica dei materiali di riporto ha permesso di effettuare il calcolo degli abbassamenti superficiali con riferimento a condizioni di deformazione monodimensionale (condizioni edometriche), assumendo per i depositi lacustri geologicamente recenti uno stato di normale consolidazione ed uno spessore rappresentativo pari a 15 m. I valori di abbassamento per consolidazione primaria sono:

<b>Spessore riporti (m)</b>	<b>Abbassamenti superficiali (cm)</b>
1	11
2	21
3	29
4	36
5	42
6	48

Da tali valori vengono tratte le seguenti considerazioni:

- i valori stimati dei cedimenti variano tra un minimo di circa 10 cm, per riporti di modesta entità, fino ad un massimo dell'ordine di 50 cm in corrispondenza dei riporti di maggiore spessore;
- l'entità dei cedimenti calcolati diminuisce progressivamente allontanandosi dalle sponde, a causa della concomitante diminuzione degli spessori dei riporti e dei terreni lacustri, fino ad assumere valori trascurabili in corrispondenza della S.S. 79. Il cinematismo deformativo è quindi caratterizzato da una rotazione verso il lago;

- in corrispondenza di riporti antichi, i cedimenti di consolidazione primaria possono essere ritenuti esauriti ai fini pratici; per i riporti recenti, posteriori al 1950, è verosimile che tali cedimenti siano tuttora in atto, seppur con velocità estremamente ridotte;
- I valori dei cedimenti sopra riportati non tengono conto delle deformazioni viscosi (consolidazione secondaria o *creep*) dei terreni lacustri; nelle situazioni più gravose ed in prossimità delle sponde, tali fenomeni possono indurre subsidenze aggiuntive dell'ordine di qualche centimetro, nei prossimi 30 anni.

### Conclusioni

Le considerazioni precedentemente esposte consentono di affermare, con ragionevole certezza, che una fascia costiera in corrispondenza dell'abitato è sede ancora oggi di potenziali fenomeni di subsidenze.

Le condizioni di instabilità delle sponde antistanti l'abitato di Piediluco trovano una loro causa innescante nella intensa attività di antropizzazione, mentre per le restanti zone intorno al lago le condizioni riscontrate sono di naturale stabilità in ambiente non compromesso.

In queste aree è possibile ipotizzare una sostanziale attività di vigilanza con l'immediato insediamento di idonea strumentazione qualora dovessero manifestarsi spostamenti di masse.

Come previsto dalle NTA all'art. 15, per l'area antistante il centro abitato, anche lungo tutta la restante fascia perimetrale del lago, che attualmente risulta non antropizzata, si propone la costituzione di una zona di rispetto soggetta a normativa di salvaguardia di tipo conservativo, al fine di garantirne la massima integrità possibile.

#### **4.7 Studio modellistico dei processi eutrofico-distrofici del lago di Piediluco**

L'obiettivo dello studio è quello di individuare, a partire dalle attuali condizioni di trofia, le possibili strategie di riduzione del livello trofico del lago di Piediluco.

A tal fine è stato sviluppato un sistema di modelli di simulazione in grado di fornire una quantificazione sia dei campi idrodinamici e di turbolenza, prodotti da differenti condizioni meteo-climatiche e differenti regimi delle immissioni al lago, sia dei campi di concentrazione, nella colonna d'acqua e nei sedimenti, delle specie chimiche, fisiche e biologiche caratterizzanti la descrizione dei processi eutrofici e distrofici. Nella colonna d'acqua, in particolare è stato simulato il comportamento delle seguenti specie:

- biomassa algale (carbonio algale);
- ossigeno disciolto;
- ortofosfato disciolto;
- carbonio organico particellare;
- carbonio organico disciolto;
- idrogeno solforato.

Nei sedimenti è stato simulato il comportamento delle seguenti specie:

- ossigeno disciolto;
- ortofosfato adsorbito sulla matrice solida;
- ortofosfato disciolto nelle acque interstiziali;
- carbonio organico particellare;
- carbonio organico disciolto nelle acque interstiziali;
- idrogeno solforato.

Sono state effettuate numerose simulazioni allo scopo di quantificare gli effetti sul livello trofico del lago prodotti da:

- modifiche delle caratteristiche idrodinamiche;
- riduzione degli apporti esterni di fosforo dovuti alle immissioni del canale Medio-Nera e del fiume Velino;
- riduzione dei carichi interni di fosforo mediante asportazione degli strati superficiali dei sedimenti.

L'effetto delle modifiche delle caratteristiche idrodinamiche fa riferimento alle seguenti configurazioni:

- situazione attuale nella quale il lago viene utilizzato come bacino di accumulo delle acque a servizio della centrale idroelettrica dell'ENEL;
- situazione nella quale il lago non viene utilizzato come bacino di accumulo ed è presente la sola immissione dal canale Medio-Nera

Per ciascuna delle configurazioni sono state effettuate differenti simulazioni in presenza ed in assenza di vento agente sulla superficie libera del lago.

L'effetto della riduzione dei carichi esterni di fosforo sul livello trofico del lago è stato analizzato per le differenti configurazioni idrodinamiche, assumendo le seguenti ipotesi:

- riduzione del 50% delle concentrazioni di fosforo nelle acque provenienti dal canale Medio-Nera; ottenibile attraverso interventi di depurazione delle sorgenti concentrate di fosforo presenti nel bacino del fiume Nera (aree urbane, industrie, ecc.);
- riduzione del 60% delle concentrazioni di fosforo nelle acque provenienti dal canale Medio-Nera; ottenibile oltre che con gli interventi sulle sorgenti concentrate, viste al punto precedente, con la creazione di una fascia di rispetto, lungo le sponde del fiume Nera, nella quale viene proibita qualsiasi forma di attività agricola;

- riduzione totale delle concentrazioni di fosforo nelle acque provenienti dal fiume Velino, con l'obiettivo di verificare l'influenza dei carichi di inquinanti immessi dal fiume Velino sul comportamento trofico del lago.

L'effetto della riduzione del carico interno di fosforo mediante bonifica dei sedimenti è stato analizzato assumendo la quantità di fosforo adsorbita inizialmente nei sedimenti pari al 30% di quella adsorbita attualmente.

L'analisi degli effetti prodotti dalle differenti configurazioni prese in considerazione è stata affrontata sulla base delle distribuzioni orizzontali delle concentrazioni massime della biomassa algale, di ossigeno e di ortofosfato disciolto nelle acque e mediante l'osservazione dell'andamento di tutte le specie simulate alla superficie della colonna d'acqua, all'interfaccia acqua-sedimenti ed in profondità dei sedimenti per i punti del lago ubicati nelle zone più significative.

Il lago presenta attualmente una condizione di elevata trofia, evidenziata dagli alti valori di ortofosfato disciolto nella colonna d'acqua e dalle quantità di biomassa algale prodotta durante il periodo estivo.

Il livello di trofia è comunque differente per le diverse zone del lago.

In particolare, ai fini della caratterizzazione del comportamento trofico del lago, sono state individuate schematicamente tre zone:

- una zona più prossima alle immissioni, laddove è presente un forte idrodinamismo generato dai flussi del canale Medio-Nera in ingresso al lago e da quelli del fiume Velino alternatamente entranti e uscenti dal lago;
- una zona relativa ai bracci meridionali del lago, più distanti dalle immissioni, e caratterizzata da un idrodinamismo più modesto sia per quanto riguarda le componenti medie di velocità che quelle di agitazione turbolenta;
- una zona centrale del lago con caratteristiche idrodinamiche intermedie a quelle elencate in precedenza.

Nella prima zona lo sviluppo della biomassa algale risulta di modesta entità; tale sviluppo è limitato non tanto dalle concentrazioni di ortofosfato disciolto nelle acque del lago, che sono dello stesso ordine di grandezza di quelle immesse dal canale Medio-Nera, quanto piuttosto dai flussi idrici in uscita dal lago verso il fiume Velino; questi ultimi, in effetti, determinano un costante allontanamento delle biomasse algali prodotte nel lago.

La seconda delle zone elencate, relativa ai bracci meridionali del lago, è quella che presenta il più elevato livello trofico, evidenziato da valori maggiori delle concentrazioni di biomassa algale prodotta nel periodo primaverile estivo.

Gli elevati valori di concentrazione di biomassa algale, che si producono in questa regione del lago nel periodo estivo, sono dovuti sia ai carichi esterni di fosforo sia ai carichi interni presenti nei sedimenti come fosforo adsorbito; l'effetto dei carichi interni, nella produzione di biomassa algale, è

particolarmente significativo; in tale zona infatti si determinano i massimi valori dei flussi di fosforo dai sedimenti.

Nella zona meridionale del lago il significativo ruolo dei carichi interni di fosforo è una conseguenza dei più bassi livelli delle agitazioni turbolente che caratterizzano tale zona rispetto alle rimanenti zone del lago.

Infatti nella zona meridionale del lago i bassi livelli delle agitazioni turbolente:

- favoriscono i processi di sedimentazione del detrito organico prodotto dai processi di mortalità algale; tali processi inducono un maggiore accumulo di detrito organico nei sedimenti e, in conseguenza di ciò, più elevati consumi di ossigeno per mineralizzazione della sostanza organica;
- determinano una riduzione dei flussi di ossigeno dall'atmosfera alla colonna d'acqua e da questa ai sedimenti.

Sempre nella zona meridionale, per i suddetti motivi, si ha la tendenza all'instaurarsi nei sedimenti di condizioni anaerobiche che inducono i più potenti rilasci di fosforo dai sedimenti verso la colonna d'acqua.

Nella zona meridionale, agli elevati processi di crescita algale contribuiscono sia gli apporti di fosforo per trasporto idrodinamico orizzontale (relazionati ai carichi esterni immessi nel lago), sia i rilasci dai sedimenti (relazionati alle quantità di fosforo adsorbito presente nei sedimenti).

L'effetto sulla crescita algale dei due distinti apporti non è semplicemente la somma degli effetti dei due apporti considerati separatamente, ma i due distinti contributi di fosforo interagiscono fra loro nel produrre un più elevata crescita algale.

Sempre nella zona meridionale del lago, i processi di crescita algale favoriti dagli apporti di fosforo per trasporto idrodinamico orizzontale contestualmente mettono a disposizione della colonna d'acqua crescenti quantità di detrito organico, che per sedimentazione si accumula nei sedimenti, consuma per mineralizzazione l'ossigeno ivi presente, e attiva i rilasci di fosforo nella colonna d'acqua che a loro volta favoriscono l'ulteriore crescita algale.

Nella zona centrale del lago, avente caratteristiche idrodinamiche intermedie fra la zona prossima alle immissioni e quella meridionale, la biomassa algale raggiunge concentrazioni massime sensibilmente minori di quelle che si realizzano nel braccio meridionale.

In ragione dei più elevati livelli di turbolenza di questa zona, si determina, nel periodo primaverile-estivo, un minor accumulo per sedimentazione del detrito organico nei sedimenti e quindi risultano minori i consumi di ossigeno per mineralizzazione negli stessi.

Ne consegue uno spessore di sedimenti in condizioni aerobiche più elevato e tale da inibire il rilascio di fosforo dai sedimenti verso la colonna d'acqua.

In tali condizioni il processo di crescita algale, in questa zona, viene a dipendere dai flussi di fosforo per trasporto idrodinamico orizzontale (relativo ai carichi esterni immessi nel lago).

Tale effetto risulta essere dominante, anche in relazione al fatto che la zona in questione è più prossima alle immissioni di fosforo del canale Medio-Nera e del fiume Velino.

I processi di crescita algale, nelle zone centrali e meridionali del lago, possono essere limitati sia riducendo i carichi esterni, e quindi gli apporti di fosforo per trasporto idrodinamico orizzontale, sia operando una riduzione dei carichi interni mediante una riduzione del fosforo adsorbito presente nel sedimento.

I risultati delle simulazioni hanno evidenziato che:

- una riduzione dei carichi esterni ha un sensibile effetto sul contenimento dei fenomeni di crescita algale ; inoltre tale riduzione produce nel tempo un andamento decrescente dei valori massimi estivi di concentrazione delle biomasse algali e quindi una riduzione del livello trofico;
- la riduzione dei carichi interni determina nell'immediato una conseguente riduzione dei processi di crescita algale ma i assiste ad un incremento nel tempo i valori massimi estivi di concentrazione delle biomasse algali si incrementano; il lago tende quindi a ristabilire le sue originarie condizioni di trofia che in ultima analisi viene a dipendere dall'entità dei carichi esterni.

Nel lago di Piediluco lo stato di trofia è determinato principalmente dalle immissioni di fosforo dal canale Medio-Nera, prodotti dalle fonti puntuali e diffuse di inquinamento che insistono sul bacino del canale Medio-Nera.

Risultano infatti trascurabili gli apporti di fosforo prodotti dagli scarichi urbani del paese di Piediluco, o alle fonti diffuse che insistono sul bacino imbrifero del lago.

Gli apporti di fosforo dal fiume Velino, risultano altresì trascurabili, in conseguenza, del particolare regime idraulico dei flussi in entrata ed in uscita dal lago.

Tale regime infatti induce flussi di massa netti di fosforo dal fiume Velino al lago trascurabili.

L'importanza dei carichi esterni di fosforo introdotti nel lago dal canale Medio-Nera emerge dal sensibile effetto che una riduzione della concentrazione di fosforo nelle acque del canale Medio-Nera, produce sul comportamento trofico del lago.

Una riduzione del 50% della concentrazione di fosforo all'immissione, ottenibile mediante interventi di depurazione delle acque di scarico di insediamenti urbani o civili insistenti sul bacino del canale Medio-Nera, determina infatti una notevole riduzione della biomassa algale che si sviluppa in estate nel lago.

Una riduzione del 60% della suddetta concentrazione, ottenibile oltre che con interventi di depurazione delle acque di scarico anche con la creazione di una fascia di rispetto lungo i fiumi che alimentano il canale Medio-Nera nella quale proibire le pratiche agricole, produce come nel caso precedente una sensibile modifica delle condizioni trofiche del lago; tale modifiche non sono però così significative da giustificare la predisposizione della fascia di rispetto.

Nella situazione attuale la zona meridionale del lago, in ragione dei più modesti livelli delle agitazioni turbolente che caratterizzano tale zona, presenta condizioni in grado di favorire l'innescio di crisi di anossia estive: i sedimenti risultano infatti in condizioni anossiche.

I livelli di turbolenza in tale zona, associati ai flussi prodotti dalle portate entranti e uscenti dal fiume Velino, sono comunque di entità tale da impedire che le condizioni di anossia nei sedimenti si estendano alla colonna d'acqua.

L'attuale regime idraulico del lago e dei flussi prodotti dal fiume Velino alternatamente in ingresso ed in uscita, svolge un ruolo positivo nel mantenere un idrodinamismo lacuale sufficientemente elevato da inibire l'insorgere di crisi di anossia nella colonna d'acqua.

Variazioni del regime delle portate, tali da indurre un'attenuazione dei livelli di turbolenza, o il verificarsi di condizioni meteorologiche estreme (temperature eccezionalmente elevate), possono comunque dare origine nella regione meridionale del lago a crisi di anossia in grado di interessare la colonna d'acqua.

Nell'ipotesi di mantenere le portate in ingresso dal canale Medio-Nera e di escludere quelle del fiume Velino, in condizioni meteorologiche di assenza di vento, la zona meridionale del lago sarà certamente interessata da estese aree in condizioni di anossia.

Nell'ipotesi di escludere sia le portate dal canale Medio-Nera, che quelle dal fiume Velino, stante la quantità di fosforo presente attualmente nei sedimenti lacustri, e stante la modesta entità della forzante ventosa caratteristica della zona, certamente il lago sarà soggetto a crisi di anossia estive, oltre che nella zona meridionale del lago anche in altre zone.

Nell'attuale regime idraulico del lago le zone più esposte al rischio di anossia, interessano estensioni limitate ubicate nella zona centrale del braccio meridionale.

In tali aree è possibile, quindi, prevedere interventi sul breve periodo tesi a ridurre il rischio di insorgenza di crisi di anossia estive.

Sulla base delle osservazioni precedenti le strategie di risanamento del lago, che muovono dall'analisi condotta sulle condizioni trofiche del lago e sulla vulnerabilità dello stesso alle crisi di anossia, possono essere individuate.

Qualunque intervento di salvaguardia del lago a carattere strategico prende le mosse dalla acclarata necessità di ridurre gli apporti di fosforo dal Canale Medio-Nera, operando interventi di depurazione delle acque di scarico dagli insediamenti civili e industriali che insistono sul bacino del Canale Medio-Nera.

Una riduzione dell'idrodinamismo lacustre, mediante esclusione delle immissioni dal Canale Medio-Nera e dal fiume Velino, espone il lago ad estese crisi di anossia.

Gli interventi per ridurre il rischio di crisi di anossia sono possibili nell'attuale regime idraulico del lago, essendo le zone a rischio di limitata estensione e relative alla sola zona centrale del braccio meridionale dello stesso.

Interventi tesi all'ossigenazione estiva delle colonne d'acqua in tali zone, mediante diffusori di ossigeno, appaiono inefficienti in quanto:

- le crisi di anossia si possono verificare occasionalmente, in condizioni meteorologiche estreme o a seguito di una riduzione dell'idrodinamismo lacuale. Anche in assenza di vento tale condizioni nell'attuale regime idraulico del lago non si estendono alla colonna d'acqua;
- l'attivazione di un intervento di ossigenazione nella colonna d'acqua, attivato allorquando si presenta la crisi anossica risulta inutile ; in quanto si sono già attivati potenti consumi di ossigeno nei sedimenti in conseguenza della produzione di prodotti metabolici della mineralizzazione anaerobica del detrito organico ( idrogeno solforato).

L'intervento di carattere emergenziale che appare più efficace risulta essere quello relativo alla bonifica dei sedimenti nell' area centrale della regione meridionale del lago (Bracci di Cornello Capolozzo), che come è stato dimostrato, produce un sensibile miglioramento delle condizioni trofiche del braccio meridionale del lago e produce significativi effetti nel prevenire le condizioni di innesco delle anossie estive.

Tale intervento, comunque, non impedisce il ristabilirsi, nel lungo periodo, delle attuali condizioni di trofia, che come osservato in precedenza, sono prodotte principalmente dalle immissioni di fosforo dal canale Medio-Nera.

Il periodo di tempo per il raggiungimento delle attuali condizioni di trofia, a seguito di un intervento di bonifica dei sedimenti nell'area centrale della regione meridionale del lago, è valutabile in un tempo non inferiore ai 10 anni.

#### 4.8. Ricognizione circa lo stato della depurazione e del collettamento sul territorio dei bacini afferenti al lago di Piediluco

##### Premessa

L'obiettivo dello studio effettuato dall'ARPA Umbria è stato quello di fornire un quadro completo, aggiornato ed aggiornabile di tutti i sistemi di raccolta, collettamento e depurazione degli scarichi di tipo puntuale situati nell'area di Piano Stralcio, così come definita in precedenza.

Le attività previste per il raggiungimento dell'obiettivo sono state così articolate:

1. reperimento dei dati relativi alle fognature ed ai depuratori effettuato mediante sopralluoghi presso i singoli Comuni.
2. prelievo ed analisi dei campioni dei reflui in ingresso ed in uscita dagli impianti di depurazione e dagli impianti ittogenici.
3. proposte tecniche migliorative degli impianti.
4. informatizzazione dati alfanumerici e cartografici.

Tra i 62 comuni ricadenti all'interno dell'area di piano, solo 39 hanno una reale incidenza sulla qualità delle acque del lago di Piediluco relativamente agli scarichi civili industriali ed ittogenici; pertanto lo studio in questione è stato svolto sui comuni di seguito elencati :

N.	COMUNE	PROVINCIA	SUPERFICIE COMUNE [km <sup>2</sup> ]	SUPERFICIE COMPRESA NEL PIANO [km <sup>2</sup> ]
1	CASCIA	PG	180,460	177,354
2	CERRETO DI SPOLETO	PG	74,648	44,805
3	FOLIGNO	PG	264,295	11,327
4	MONTELEONE DI SPOLETO	PG	62,060	55,284
5	NORCIA	PG	274,963	211,110
6	POGGIODOMO	PG	40,021	40,021
7	PRECI	PG	81,862	81,862
8	SELLANO	PG	85,694	85,694
9	TERNI	TR	212,154	21,423
10	ANTRODOCO	RI	63,761	62,724
11	ASCREA	RI	7,208	5,247
12	BELMONTE IN SABINA	RI	23,600	23,600
13	BORBONA	RI	47,849	41,998
14	BORGOVELINO	RI	18,317	18,317
15	CANTALICE	RI	37,555	37,555
16	CASTEL SANT'ANGELO	RI	31,206	31,206
17	CITTADUCALE	RI	71,103	71,103
18	CITTAREALE	RI	59,535	59,535
19	COLLI SUL VELINO	RI	12,736	12,736
20	CONCERVIANO	RI	21,345	21,345

21	CONTIGLIANO	RI	53,382	53,165
22	GRECCIO	RI	17,828	17,165
23	LABRO	RI	11,727	11,727
24	LEONESSA	RI	203,628	203,562
25	LONGONE SABINO	RI	34,264	34,264
26	MICIGLIANO	RI	36,710	36,710
27	MORRO REATINO	RI	15,708	15,708
28	PETRELLA SALTO	RI	102,701	41,383
29	POGGIO BUSTONE	RI	22,342	22,342
30	POSTA	RI	65,872	65,872
31	RIETI	RI	206,187	204,472
32	RIVODUTRI	RI	26,745	26,745
33	TORRICELLA IN SABINA	RI	25,743	8,008
34	ROCCA SINIBALDA	RI	49,461	22,539
35	CASTELSANTANGELO sul Nera	MC	70,509	48,623
36	SERRAVALLE DI CHIANTI	MC	95,810	14,666
37	USSITA	MC	55,165	46,723
38	VISSO	MC	100,191	81,253
39	MONTEREALE	AQ	104,169	31,532
	TOTALE		2968,514	2100,705

Particolare attenzione va posta alla parte di territorio ricompresa nei Comuni di Foligno (PG) e di Serravalle di Chianti (MC), le cui località sono attualmente disabitate a causa dell'evento sismico del 1997. In entrambi i Comuni, comunque, sono previsti lavori di completo rifacimento delle infrastrutture igienico-sanitarie (fognature, depuratori).

Il Comune di Amatrice, coinvolto nella ricognizione, ha dichiarato che i propri scarichi non interessano il bacino del lago di Piediluco ma altri versanti.

Ai restanti 36 Comuni sono state consegnate delle schede di rilevazione dei dati relativi alle fognature ed agli impianti di depurazione, come di seguito riportate.

SCHEDA DI RILEVAZIONE DEI  
DATI RELATIVI ALLE FOGNATURE

## GENERALITA'

COMUNE ..... PROVINCIA .....

NUMERO FRAZIONI E/O LOCALITA': .....

DENOMINAZIONE:

.....  
.....  
.....  
.....

ABITANTI RESIDENTI N° .....

ABITANTI SERVITI N° .....

*AREE E/O LOCALITA' SPROVVISTE* SI  NO

DENOMINAZIONE:

.....  
.....  
.....

MODALITA' DI SMALTIMENTO .....

TARIFFA FOGNATURA (specificare se a forfait o su % dei mc fatturati): L.....

REGOLAMENTO IGIENICO – SANITARIO: SI  NO

TIPO DI GESTIONE:

COMUNALE

CONSORTILE

AZIENDA MUNICIPALIZZATA

DITTA PRIVATA

AZIENDA MISTA

CAPOLUOGO

FRAZIONE O LOCALITA'

DENOMINAZIONE: .....

## CARATTERISTICHE GENERALI

TIPO FOGNATURA: MISTO

SEPARATO 

RECAPITO FOGNATURA .....

ANNO DI COSTRUZIONE .....

ANNO DI RISTRUTTURAZIONE E/O COMPLETAMENTO .....

AREA SERVITA .....%

STATO DI CONSERVAZIONE:	BUONO	.....%
	MEDIOCRE	.....%
	SCARSO	.....%

*B) CARATTERISTICHE TECNICHE*

ABITANTI SERVITI .....

DIMENSIONI: LUNGHEZZA .....

SEZIONE .....

MATERIALI .....

*MANUFATTI DI ISPEZIONE:* SI  NO  .....

DIMENSIONI .....

*SCARICATORI DI PIENA:* SI  NO 

DIMENSIONI .....

*STAZIONI DI SOLLEVAMENTO:* SI  NO 

DIMENSIONI .....

CARATTERISTICHE POMPE .....

## C) ALTRI DATI

.....

.....

## GIUDIZIO

.....

.....

.....

.....

PLANIMETRIE FORNITE : scala .....

DATA DEL RILEVAMENTO: .....

INTERVISTATO: ..... QUALIFICA .....

RILEVATORE: .....



## 2. Caratteristiche tecniche

## 2.1 tipo di impianto

fanghi attivi biodischi laguna area chimico fisic 

## 2.2 dati

	progetto	effettivi
2.2a abitanti equivalenti n°	_____	_____
di cui: residenti	_____	_____
fluttuanti	_____	_____
industriali	_____	_____
2.2b abitanti equivalenti non serviti n°		
di cui:		
per carenza di rete fognante	_____	_____
insufficienza impiantistica	_____	_____

2.3 portata media annua in tempo asciutto	mc/g	_____
2.4 portata media annua by-passata a causa di eventi meteorici	mc/g_____n°gg/a_____	
2.5 portata media di punta	mc/ora	_____
2.6 BOD medio in ingresso	mg/l	_____
2.7 COD medio in ingresso	mg/l	_____
2.8 solidi sospesi medi in ingresso	mg/l	_____
2.9 fosforo totale medio in ingresso	mg/l	_____
2.10 azoto totale medio in ingresso	mg/l	_____
2.11 BOD medio in uscita	mg/l	_____
2.12 COD medio in uscita	mg/l	_____
2.13 solidi sospesi medi in uscita	mg/l	_____
2.14 fosforo totale medio in uscita	mg/l	_____
2.15 azoto totale medio in uscita	mg/l	_____

## 3. Unità operatrici costituenti l'impianto a fanghi attivi-liquami

	S	I
3.1 griglia manuale		
3.2 griglia automatica		

3.3	trituratore		
3.4	dissabbiatore		
3.5	disoleatore		
3.6	vasca di equalizzazione		
3.7	sollevamento		
3.8	sedimentatore primario		
3.9	chiariflocculazione		
3.10	sedimentatore secondario		
3.11	trattamento terziario		
3.12	unità di disinfezione		
3.13	altro		

## 4. Unità operatrici costituenti l'impianto a fanghi attivi-linea fanghi

	N
	O

4.1	preispezzatore		
4.2	digestore aerobico		
4.3	digestore anaerobico		
4.4	digestore anaerobico secondario		
4.5	ispessitore		
4.6	letti di essiccamento		
4.7	stabilizzazione chimica		
4.8	disidratazione meccanica-filtro pressa		
4.9	disidratazione meccanica-filtri a nastro		
4.10	disidratazione meccanica-centrifughe		
4.11	disidratazione meccanica-filtri sotto vuoto		
4.12	essiccamento termico		
4.13	gasometro		
4.14	riscaldamento del di gestore		
4.15	produzione di energia		

## 5. Smaltimento fanghi

5.1 scarica

SI NO

5.2 incenerimento                      SI   NO  
 5.3 agricoltura                         SI   NO                      estremi autorizzazione \_\_\_\_\_  
 5.4 altro                                    SI   NO

## 6. tipo di gestione

6.1 comunale	
6.2 consortile	
6.3 azienda municipalizzata	
6.4 tramite ditta privata	
6.5 azienda mista	

6.6 responsabile legale \_\_\_\_\_ tel \_\_\_\_\_

6.7 responsabile tecnico \_\_\_\_\_ tel \_\_\_\_\_

6.8 sede amministrativa \_\_\_\_\_ tel \_\_\_\_\_

note \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

intervistato \_\_\_\_\_ qualifica \_\_\_\_\_

rilevatore \_\_\_\_\_

data del rilevamento \_\_\_\_\_

**L'intervistato****Il rilevatore**

Si ritiene che la mancanza di alcune informazioni nel data base e l'incompletezza di notizie riguardanti alcuni aspetti del progetto, dovute all'impossibilità di reperire i dati necessari, non compromettano il risultato finale del lavoro.

*Risultati dell'indagine relativa agli scarichi civili ed industriali.*

Sulla base dell'indagine svolta, con le modalità e le precisazioni di cui in premessa, si è riusciti a delineare uno scenario il più attendibile possibile.

L'intero territorio oggetto dell'indagine ospita una popolazione espressa in abitanti equivalenti (a.e.) pari a 205.941 di cui: residenti 93.445, industriali 65.719, fluttuanti 46.777.

Risultano serviti da impianti di depurazione 151.608 a.e., da fosse Imhoff 26.537 a.e., da fosse settiche 8.974 a.e. e da pozzi neri 993 a.e..

Non recapitano in uno dei corpi recettori sopra elencati 17.829 a.e..

Limitatamente ad ogni singola Regione si ha la seguente situazione:

Regione Marche:

- Abitanti equivalenti totali:	17.700
- Abitanti equivalenti serviti da depuratori:	12.960
- Abitanti equivalenti serviti da fosse Imhoff/settica:	1.665
- Abitanti equivalenti serviti da pozzi neri:	179
- Abitanti equivalenti non trattati:	2.896

Regione Umbria:

- Abitanti equivalenti totali:	37.094
- Abitanti equivalenti serviti da depuratori:	18.869
- Abitanti equivalenti serviti da fosse Imhoff/settica:	12.990
- Abitanti equivalenti serviti da pozzi neri:	200
- Abitanti equivalenti non trattati:	5.035

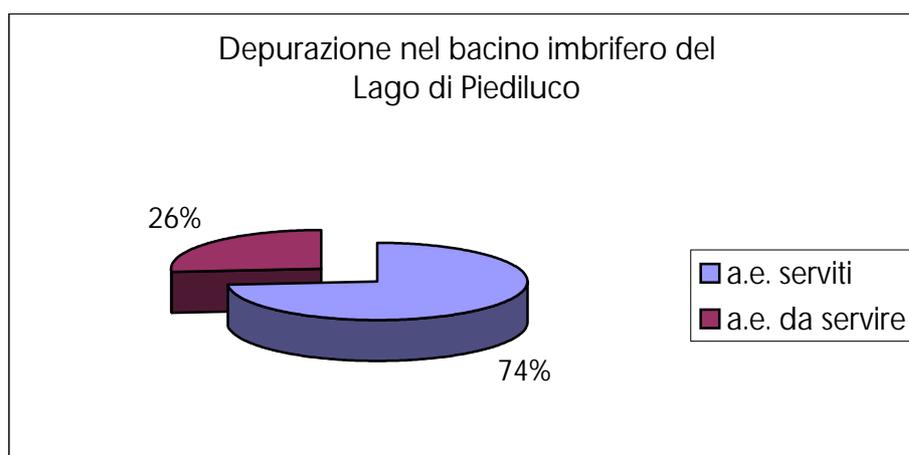
Regione Lazio:

- Abitanti equivalenti totali:	150.372
- Abitanti equivalenti serviti da depuratori:	119.779

- Abitanti equivalenti serviti da fosse Imhoff/settica:	20.081
- Abitanti equivalenti serviti da pozzi neri:	614
- Abitanti equivalenti non trattati:	9.898

Regione Abruzzo:

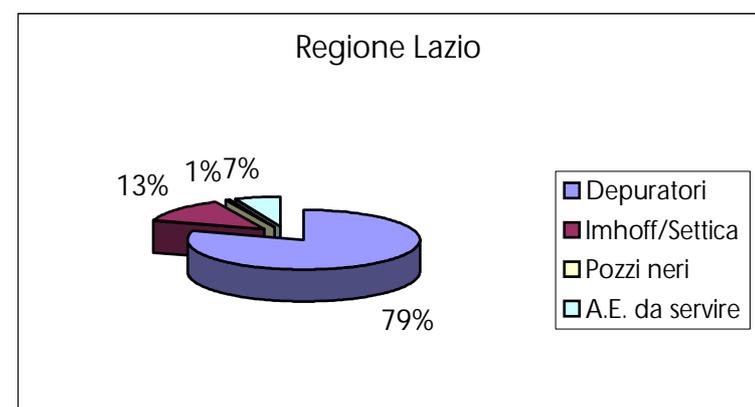
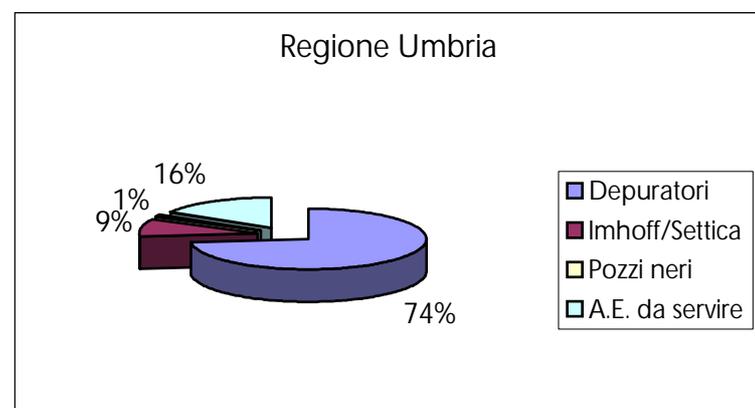
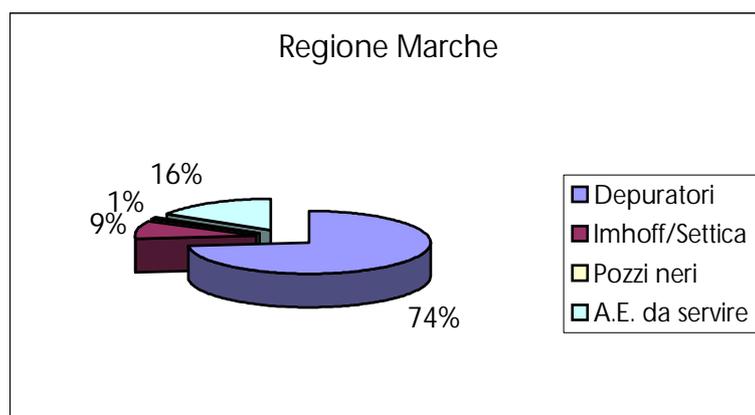
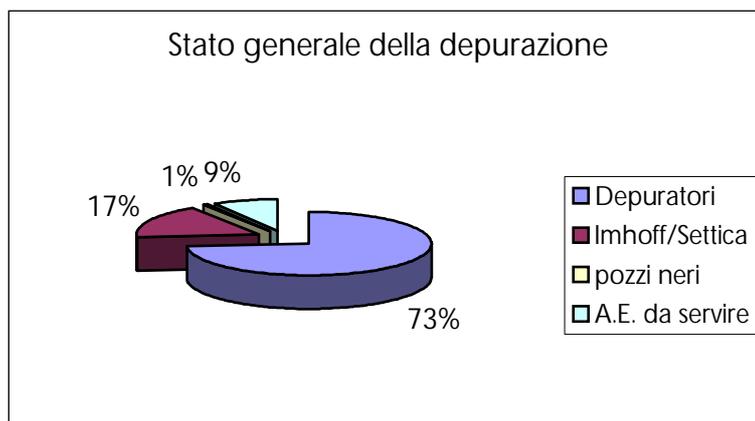
- Abitanti equivalenti totali:	775
- Abitanti equivalenti serviti da depuratori:	0
- Abitanti equivalenti serviti da fosse Imhoff/settica:	775
- Abitanti equivalenti serviti da pozzi neri:	0
- Abitanti equivalenti non trattati:	0

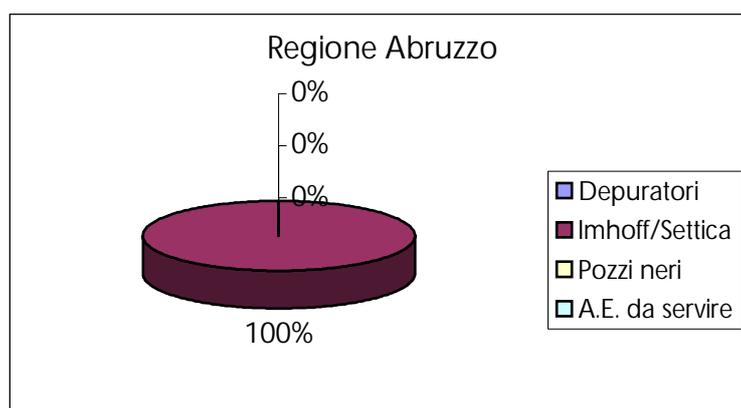


Per quanto riguarda gli scarichi provenienti da attività produttive, si rileva che gli stessi sono stati rinvenuti in quantità considerevoli nei Comuni di Cittaducale, Rieti, Norcia e Visso.

A tal fine, non avendo a disposizione il catasto degli scarichi della Provincia di Macerata né quello della Provincia di Perugia, ormai datato, si rinvia, per quanto riguarda il territorio reatino, a quello della Provincia di Rieti.

Nei grafici che seguono è riportato lo stato della depurazione riferito all' intero territorio e a quello di ogni singola Regione.





Nel dettaglio le informazioni relative alle modalità di smaltimento effettuate nei singoli Comuni sono riportate nella tabella seguente:

MODALITA' SMALTIMENTO REFLUI NEI SINGOLI COMUNI									
Comune	Abitanti residenti	Abitanti fluttuanti	Abitanti industr.	Fogn.	Depuratore		Fossa Imh.	Fossa settica	Pozzi neri
					Proget.	Effettivi			
Concerviano	401			401			401		
Contigliano	3406			3076	3300	2736	340		330
Greccio	1477			1477	900	900		150	
Labro	740	760		1500	1500	1500			
Leonessa	2887	2443		4000	4000		192	1138	
Longone Sabino	643	1465		643			643		
Morro Reatino	385	535		920	200	200	720		
Poggio Bustone	2176	1424		3600	3600	3600			
Posta	896	1271		2167	3000	1667	300	200	
Antrodoco	2970	1030		4000	12000*	4000			
Belmonte in Sabina	605			605			185		
Borbona	730	2000		2730	3577	2670	60		
Borgovelino	980	2500		3480	12000*	3480			
Cantalice	2840	560		3400	4580	3381	19		
Castelsantangelo	1300	1400		2700	2700	2700			
Cittaducale	6722		Vedi Rieti	6510	5440	5440	400	70	212
Cittareale	512	1738		2250	2200	2200	25	19	
Colli sul velino	503	200		703	800	703			
Rieti	45000	5000	45000	89550	80000	80000	9550		
Rivodutri	1500	1300		2800	3500	2800			
Roccasinibalda	960	1318		2278	2700	2078		200	

Sellano	1099			1099	1200	400	699		
Monteleone di Spoleto	500	2500		500				500	
Norcia	4806	7905**	11719	24430	19000	14000	8300	2130	200
Cerreto di Spoleto	1000			1000			1000		
Poggiodomo	267	693		960			960		
Cascia	2735	370		3105	3000	1449	1551		
Castelsantangelo	386	1814		2150				2150	50
Ussita	500	2000		2500	5270	2440	60		60
Visso	1194	2806	9000	10125	9000	9000		1125	69
Preci	795	1205		2000	1600	1520	480		
Terni	600	900		1500	1500	1500			
Ascrea	61	140		201		61		140	
Micigliano	138	1500		1138	3025	750		500	
Petrella Salto	836			560		433		127	72
Monte reale	775			775			250	525	
Torricella in Sabina	120								
<b>TOTALE</b>	<b>93445</b>	<b>46777</b>	<b>65719</b>	<b>190473</b>	<b>186595</b>	<b>151608</b>	<b>26537</b>	<b>8974</b>	<b>993</b>

\*Impianto di depurazione del comune di Borgovelino a servizio anche del comune di Antrodoto

\*\* Punte massime raggiunte: 40.000 a.e. (soltanto in alcuni giorni dell'anno)

#### 4.9 Indagine sulla struttura socio-economica

L'area di studio presa in considerazione nel Piano Stralcio per il risanamento delle sponde e delle acque del Lago di Piediluco non coincide con il solo bacino naturale sotteso dal lago bensì è rappresentata dall'insieme delle aree che giocano un ruolo rilevante nei fenomeni di eutrofizzazione del lago. Al bacino naturale sono state quindi aggiunte le aree del bacino del Nera collegate al lago dal canale artificiale medio-Nera.

Nel bacino così delineato e definito attraverso procedure GIS di overlay dei bacini idrografici e dei limiti comunali, rientrano territori appartenenti a 62 comuni di cui:

- 9 in provincia di Perugia;
- 35 in provincia di Rieti;
- 5 in provincia di Terni;
- 7 in provincia di Macerata;
- 2 in provincia di Ascoli Piceno;
- 4 in provincia de L'Aquila.

Di questi, in realtà, solo 10 rientrano integralmente nel bacino mentre ben 21 sono interessati per meno del 10% del territorio.

Questa informazione è rilevante al fine di selezionare i dati da prendere in considerazione per delineare il profilo socio-demografico dell'area di studio.

Infatti, come meglio evidenziato più avanti, grande parte del territorio del bacino è composta da realtà comunali di modestissima taglia demografica fatta esclusione di alcuni comuni la cui superficie comunale è solo modestamente rientrante nel bacino.

Infatti 53 comuni su 62 hanno una popolazione residente inferiore ai 3000 abitanti. Le realtà più rilevanti sono costituite da Foligno, Rieti, L'Aquila, Terni per un totale di 276.027 abitanti (dati 2000) pari al 77% di tutta la popolazione del bacino.

Se consideriamo però il livello di "coinvolgimento" territoriale di questi comuni nei limiti fisiografici del bacino appare del tutto evidente che sarebbe opportuno non includere nelle valutazioni il comune dell'Aquila e di considerare con cautela quelli di Foligno e Terni che rientrano nel bacino rispettivamente in misura del 4% e 10% del loro territorio.

Rieti, invece, vede il suo territorio praticamente interamente coinvolto candidandosi a "capoluogo" di riferimento dell'intero bacino.

Come già accennato altri comuni rientrano solo parzialmente e spesso in piccola parte nell'area di studio anche se le loro dimensioni sono tali da non influenzare significativamente un commento generale sulla struttura socio-demografica del territorio.

Per quanto riguarda la suddivisione nei 25 sottobacini principali, ovviamente le difformità fra limiti amministrativi e limiti fisiografici sono molto più numerose.

I sottobacini infatti sono composti da porzioni di superfici comunali che coinvolgono dai 2 ai 15 comuni diversi.

I rapporti fra limiti comunali e limiti di bacino fanno sì che, come evidenziato nella tabella seguente, i comuni che maggiormente contribuiscono alla superficie dei sottobacini lo fanno con percentuali che vanno da quasi il 100% a poco più del 20%.

<b>Sottobacino</b>	<b>Comune con maggiore superficie rientrante nel sottobacino</b>	<b>% di superficie del sottobacino appartenente al comune</b>
TEV 320-010	Castel S. Angelo sul Nera	78,8943
TEV-320-020	Ussita	92,3225
TEV-320-030	Preci	41,1100
TEV-320-040-10	Leonessa	78,3209
TEV-320-040-20	Monteleone di Spoleto	51,6776
TEV-320-040-26	Cascia	89,9566
TEV-320-040-30	Norcia	94,6726
TEV-320-040-40	Norcia	71,9944
TEV-320-050	Sellano	41,0694
TEV-320-080-05	Cittareale	52,4193
TEV-320-080-06	Posta	68,4148
TEV-320-080-10	Borbona	56,3525
TEV-320-080-20	Antrodoco	38,4011
TEV-320-080-25	Antrodoco	93,0641
TEV-320-080-30	Cittaducale	51,7820
TEV-320-080-40-50	Petrella Salto	39,1608
TEV-320-080-45	Rieti	57,2286
TEV-320-080-50	Rieti	99,9993
TEV-320-080-60-30	Longone Sabino	44,8121
TEV-320-080-60-40	Rieti	31,5616
TEV-320-080-60-50	Rieti	53,5481
TEV-320-080-65	Rieti	53,8091
TEV-320-080-66	Rieti	31,2462
TEV-320-080-67	Contigliano	30,5415
TEV-320-080-69	Terni	20,7764

Come appare evidente il comune di Rieti funge in più sottobacini da "capoluogo". In particolare il sottobacino TEV-320-080-50 è praticamente costituito solo da territorio comunale di Rieti che è però sufficientemente ampio per andare ad interessare, in maniera anche consistente, altri sottobacini.

Analizzando il dato per comune vediamo che solo in due casi, Belmonte in Sabina e Labro, il territorio comunale è interamente compreso in un solo sottobacino.

Comune	Principale o esclusivo sottobacino di appartenenza	% di territorio comunale che rientra nel sottobacino
Belmonte in Sabina	TEV-320-080-60-40	100,00
Labro	TEV-320-080-69	100,00
Micigliano	TEV-320-080-20	99,87
Poggio Bustone	TEV-320-080-66	99,66
Castel Sant'Angelo	TEV-320-080-30	99,62
Preci	TEV-320-030	99,39
Greccio	TEV-320-080-67	96,28
Concerviano	TEV-320-080-40-50	94,39
Antrodoto	TEV-320-080-20	94,30

Tenendo conto di questo quadro, per poter definire le caratteristiche socio-demografiche del territorio utilizzando come unità spaziale di riferimento tali sottobacini ed avendo come informazioni di partenza dati statistici di livello comunale, si è dovuto immaginare una distribuzione omogenea di tali dati su tutto il territorio comunale in modo tale da poterli proporzionare alla percentuale di superficie comunale appartenente ai diversi bacini (salvo le due eccezioni in cui l'intero territorio comunale rientra in un unico bacino).

Questa operazione porta in sé approssimazioni che potrebbero essere molto forti in quanto la localizzazione fisica di popolazione, industrie e relativi addetti, aziende agricole ecc., non è assolutamente omogenea.

Per questa ragione i commenti dei dati relativi ai sottobacini sono da considerare con cautela.

#### Principali caratteristiche demografiche

La popolazione residente nei comuni del bacino è pari a 359.131 (dato 2000). Escludendo il comune de L'Aquila per i motivi precedentemente citati tale dato si riduce a 289.292 residenti.

Escludendo ulteriormente gli altri tre principali comuni (Foligno, Rieti e Terni) il dato si riduce drasticamente a circa 83.000 abitanti con una media di circa 1400 abitanti che non viene superata da ben 38 comuni con 28 comuni che non arrivano a superare nemmeno i 1000 abitanti.

Salvo quindi le eccezioni più volte segnalate, da cui solo Rieti può essere esclusa, si tratta, evidentemente, di una realtà tipica delle zone appenniniche ovvero quell'Italia dei "presepi" con una diffusione insediativa presso centri di modestissime dimensioni con vitalità minima che solo con le recenti innovazioni comportamentali in materia di turismo rurale e naturalistico possono aspirare ad un rafforzamento o come minimo consolidamento della struttura demografica.

Da un punto di vista localizzativo non sono riconoscibili grandi differenze. I "comuni minimi"<sup>1</sup> sono presenti in diverse zone del bacino con, ovviamente, qualche accentuazione in funzione dell'altitudine.

Ciò appare evidente dal seguente elenco che raccoglie i comuni con meno di 500 abitanti:

Poggiodomo	PG
Bolognola	MC
Castel S. Angelo sul Nera	MC
Monte Cavallo	MC
Ussita	MC
Ascrea	RI
Colli sul Velino	RI
Concerviano	RI
Labro	RI
Micigliano	RI
Montatola	RI
Montenero Sabino	RI
Morro Reatino	RI
Varco Sabino	RI
Polino	TR

Si tratta infatti in gran parte di comuni disposti sui monti Reatini, Sabini e Sibillini ad altitudini significative.

Questo quadro di ridotta pressione demografica non è mutato in maniera significativa in questi ultimi 10 anni. Confrontando i dati ISTAT del 1991 e quelli più recenti a disposizione, ovvero relativi al 2000, si evince che nel complesso dei comuni del bacino c'è stato un incremento di circa l'1,2% passando dai 354.793 abitanti del 1991 ai 359.131 abitanti del 2000.

Eliminando, per i motivi noti, alcuni a tutti i comuni principali il quadro delle variazioni è il seguente:

<sup>1</sup> Questa la definizione data da alcuni geografi ai comuni con poche centinaia di abitanti in studi condotti negli anni '70 (Cfr. la ricerca condotta da E. Massi "Evoluzione delle strutture insediative in Italia", Bollettino Società Geografica, suppl. al Vol. XI della serie X, 1982).

	Pop. 1991	Pop. 2000	Var. %
Totale Comuni	354.793	359.131	1,22
Senza l'Aquila	287.980	289.292	0,46
Senza Foligno, Rieti, Terni, L'Aquila	83.435	83.104	- 0,40
Senza Foligno, Terni, L'Aquila	126.530	129.204	2,11

I dati e le relative variazioni relative ai principali quattro comuni sono di seguito riassunte:

Comune	Pop. 1991	Pop. 2000	Var (V.A.)	Var. %
Rieti	43.095	46.100	3.005	6,97
Foligno (PG)	53.202	52.318	-884	-1,66
L'Aquila	66.813	69.839	3.026	4,53
Terni	108.248	107.770	-478	-0,44

Appare evidente che il modesto incremento di popolazione rilevabile è dovuto in gran parte al Comune di Rieti che ha avuto un incremento del 7%.

Insieme a Rieti un'altra ventina di comuni hanno subito un incremento di popolazione con tassi variabili fra i pochi decimali ed oltre il 20%.

In realtà è da tenere presente che alcuni incrementi molto vistosi in termini percentuali hanno riguardato comuni di taglia demografica molto modesta. Ciò non di meno è indubbio che, ad esempio, casi come quello di Labro, in cui si è passati da 293 abitanti del 1991 a 356 del 2000 con un incremento del 21,5%, sono comunque rappresentativi di una qualche vitalità sotto i diversi profili.

Escludendo i comuni più grandi di cui si è già parlato, la classifica dei primi dieci comuni con le migliori performance di crescita è la seguente:

Comune	Pr.	Pop. 1991	Pop. 2000	Var. v.a.	Var. %
Labro	RI	293	356	63	21,50
Scoppito	AQ	2.251	2694	443	19,68
Roccantica	RI	549	629	80	14,57
Monte S.Giovanni in Sabina	RI	665	743	78	11,73
Contigliano	RI	3.142	3407	265	8,43
Borgo Velino	RI	845	916	71	8,40
Varco Sabino	RI	250	265	15	6,00
Casperia	RI	1.032	1086	54	5,23
Cittaducale	RI	6.434	6747	313	4,86
Norcia	PG	4.726	4911	185	3,91

Questi aumenti di popolazione ottenuti in circa 20 comuni sono compensati dalle riduzioni verificatesi nei restanti, che sono la maggioranza.

Anche in questo caso si hanno decrementi che vanno dai pochi punti percentuali a quasi il 20%.

Tale decremento è avvenuto in maniera abbastanza indifferenziata anche se è probabile che gli eventi sismici che hanno colpito la zona nel 1997 hanno contribuito allo spopolamento di alcuni centri.

I dieci comuni più colpiti sono i seguenti:

Comuni	Pr.	Pop. 1991	Pop. 2001	Var. v.a.	Var. %
Preci	PG	1.061	858	-203	-19,13
Poggiodomo	PG	220	183	-37	-16,82
Monte Cavallo	MC	207	178	-29	-14,01
Concerviano	RI	461	401	-60	-13,02
Petrella Salto	RI	1.608	1403	-205	-12,75
Ascrea	RI	318	279	-39	-12,26
Micigliano	RI	149	134	-15	-10,07
Visso	MC	1.331	1200	-131	-9,84
Fiamignano	RI	1.864	1689	-175	-9,39
Cittareale	RI	552	506	-46	-8,33

In conclusione appare evidente che la demografia dell'area è caratterizzata da valori molto bassi con densità tipiche delle aree interne fatta esclusione dei centri principali ed in particolare di Rieti che rientra pienamente nell'area di studio e che condiziona significativamente il peso demografico dell'intero bacino.

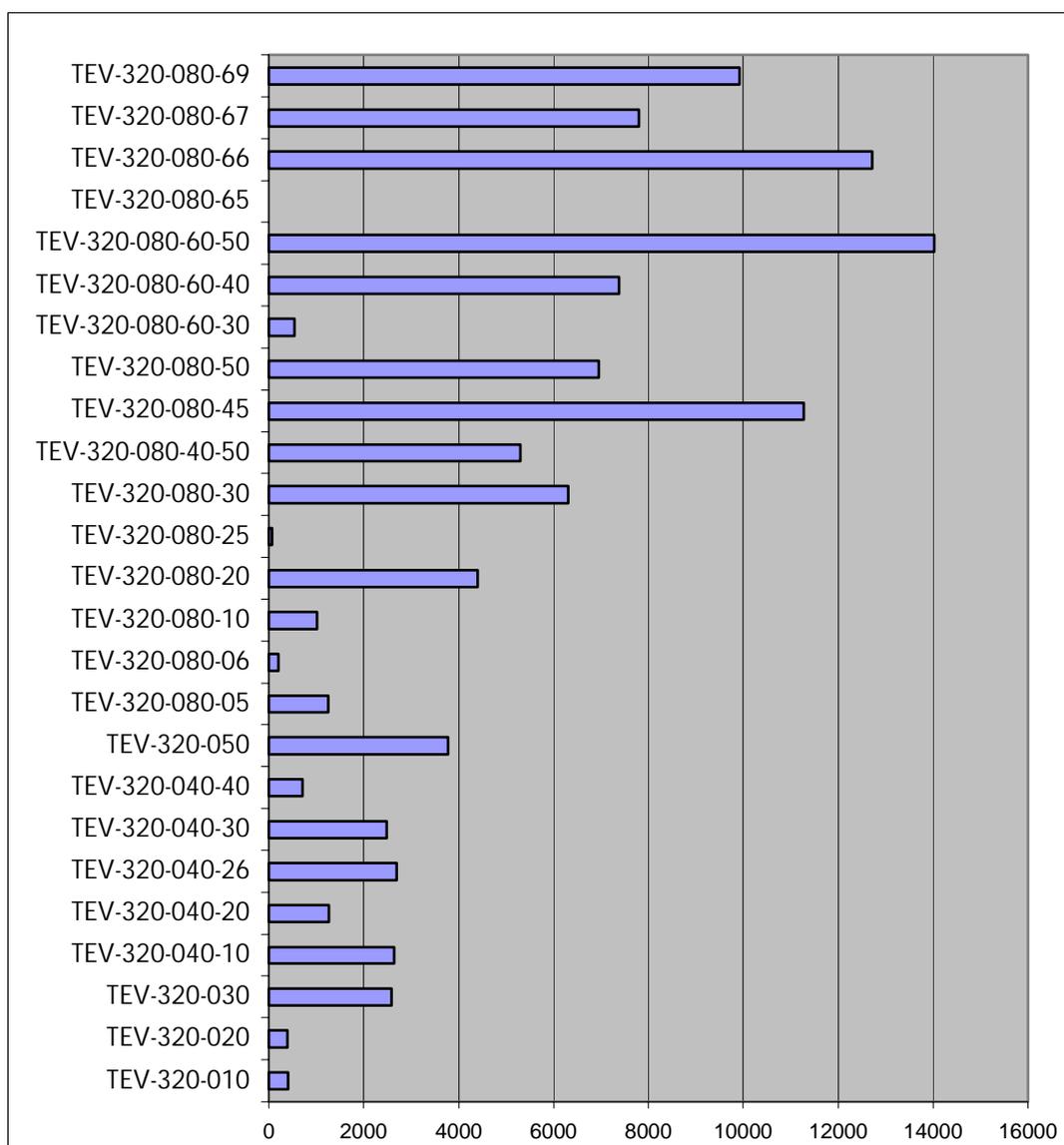
Sotto il profilo evolutivo, anche se con alcune differenze da comune a comune, mediamente non si registrano variazioni significative della dinamica demografica.

Per quanto riguarda il dato aggregato per sottobacino, effettuando le operazioni di ottimizzazione dei dati a cui si è precedentemente accennato, si ottiene una stima dei diversi indicatori.

Rimandando alle tabelle allegate per un quadro completo si forniscono alcuni sintetici commenti sulle principali caratteristiche demografiche associabili ai sottobacini.

Prima di tutto è importante rilevare che, una volta proporzionato il dato di popolazione alla superficie comunale effettivamente appartenente a uno o più bacini il valore totale si avvicina molto a quello considerando l'insieme dei comuni meno quelli più grandi che rientrano in minima o piccola parte nel bacino.

## Popolazione residente nei sottobacini al 2000



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Considerando l'effetto di altri comuni di "corona" la popolazione "stimata per l'intero bacino ammonta per il 2000 a 106.114 contro i 103.117 del 1991 con un incremento di circa il 3%.

Come evidenziato dalla tabella seguente i bacini più popolosi sono quelli formati in gran parte dal territorio di Rieti.

Sottobacino	Comune più rappresentato ("Capoluogo")	% di popolazione residente nel sottobacino sul totale del bacino
TEV 320-010	Castel S. Angelo sul Nera	0,4
TEV-320-020	Ussita	0,4
TEV-320-030	Preci	2,4
TEV-320-040-10	Leonessa	2,5
TEV-320-040-20	Monteleone di Spoleto	1,2
TEV-320-040-26	Cascia	2,5
TEV-320-040-30	Norcia	2,3
TEV-320-040-40	Norcia	0,7
TEV-320-050	Sellano	3,6
TEV-320-080-05	Cittareale	1,2
TEV-320-080-06	Posta	0,2
TEV-320-080-10	Borbona	1,0
TEV-320-080-20	Antrodoco	4,1
TEV-320-080-25	Antrodoco	0,1
TEV-320-080-30	Cittaducale	5,9
TEV-320-080-40-50	Petrella Salto	5,0
TEV-320-080-45	Rieti	10,6
TEV-320-080-50	Rieti	6,5
TEV-320-080-60-30	Longone Sabino	0,5
TEV-320-080-60-40	Rieti	7,0
TEV-320-080-60-50	Rieti	13,2
TEV-320-080-65	Rieti	0,0
TEV-320-080-66	Rieti	12,0
TEV-320-080-67	Contigliano	7,3
TEV-320-080-69	Terni	9,3

Per quanto riguarda le dinamiche demografiche come si è precedentemente accennato nel complesso la differenza fra le stime 1991 e quelle relative al 2000 porterebbero a valutare un incremento del 3% circa.

Per i singoli bacini si sono verificate variazioni comprese fra il +7% e -10%.

Il calo più significativo del 10% si è avuto nel bacino TEV-320-030 (Perci) mentre l'incremento del 7% ha riguardato i bacini di TEV-320-080-50 (Rieti), TEV-320-080-60-50 (Rieti), TEV-320-080-65 (Rieti).

E' evidente nel primo caso la probabile influenza degli eventi tellurici del 1997 mentre negli altri casi di crescita è evidente l'incidenza di Rieti che nel decennio è cresciuta appunto del 7%.

In conclusione si ritiene che rispetto al dato demografico la maggiore pressione sia esercitata nei bacini che in qualche misura coinvolgono l'ambito reatino.

### Il modello insediativo

Analizzando esclusivamente i dati demografici (al 1991) e quindi escludendo indagini territoriali basate su fonti cartografiche o di altro tipo, appare abbastanza evidente che, nel nell'insieme dei comuni, il modello insediativo è di tipo accentrato con una media di popolazione che vive nei "centri urbani" pari all'87%. Questa percentuale diminuisce significativamente escludendo dai calcolo i comuni principali, vere e proprie città, che poco o pochissimo ricadono nell'area di studio.

I dati sono sintetizzati nella seguente tabella:

	Tot. Pop.	In centri		In nuclei		In Case sparse	
		v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
<b>Totale Comuni</b>	354.793	307.059	87	20.994	6	26.760	8
Senza L'Aquila	287.980	244.241	85	19.391	7	24.368	8
Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti	83.435	59.533	71	14.862	18	9.060	11
Senza L'Aquila, Terni, Foligno	126.530	98.737	78	15.228	12	12.585	10

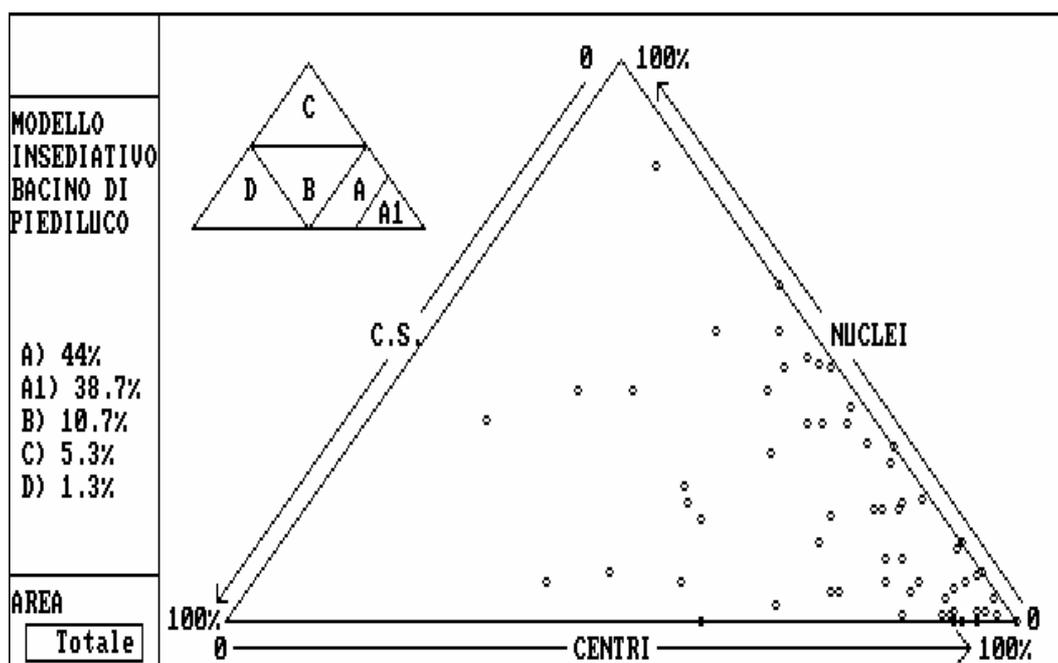
Utilizzando una particolare tecnica di rappresentazione su un grafico triangolare è possibile riassumere il modello insediativo prevalente nell'area di studio in funzione della quantità di comuni che vanno ad occupare determinate posizioni del grafico.

Tali posizioni sono determinate dalla distribuzione delle popolazione, nei singoli comuni, in centri, nuclei e case sparse

Sono riconoscibili 5 aree del grafico a cui è possibile attribuire le seguenti definizioni:

- A: "modello insediativo accentrato". Ricadono in questa zona del grafico i comuni con popolazione che vive in centri in misura superiore al 50%.
- A1: "modello insediativo super-accentrato". Ricadono in questa zona del grafico i comuni con popolazione che vive quasi tutta nel centro urbano;
- B: "modello insediativo composito". Rappresentato da comuni in cui la popolazione tende ad essere distribuita equamente fra centri, nuclei e case sparse;
- C: "modello insediativo diffuso". Rappresentato da comuni in cui una percentuale significativa della popolazione vive in nuclei;
- D: "modello insediativo super-diffuso". Rappresentato da comuni in cui la grande maggioranza della popolazione vive in nuclei e case sparse.

Distribuzione della popolazione in centri nuclei e case sparse nei comuni del bacino di Piediluco



Fonte: elaborazione su basi dati ISTAT 1991

Come appare evidente la maggioranza dei comuni ha un modello insediativo di tipo "concentrato" o "super concentrato" per un totale di circa l'83% dei comuni.

Circa l'11% dei comuni vede la sua popolazione distribuita in maniera più equilibrata fra centri, nuclei e case sparse mentre il restante esiguo numero di comuni ha un modello relativamente più diffuso.

E' interessante notare che la maggiore propensione ad un modello insediativo di tipo diffuso è ascrivibile soprattutto ai comuni reatini come dimostrato dalla seguente classifica dei primi 10 comuni con maggiore popolazione residente in nuclei e case sparse.

Comune	Pr.	% Pop. in nuclei e case sparse
Morro Reatino	RI	86%
Montasola	RI	85%
Labro	RI	76%
Belmonte in Sabina	RI	69%
Cottanello	RI	64%
Casperia	RI	63%
Poggiodomo	PG	60%
Monte S.Giovanni in Sabina	RI	56%
Serravalle di Chienti	MC	56%
Montenero Sabino	RI	54%

A livello di sottobacino appare confermata la prevalenza del modello insediativo di tipo concentrato. Anche con le correzioni che tengono conto del proporzionamento fra dato statistico e superficie comunale coinvolta in uno o più bacini risulta che più dell'80% della popolazione residente vive in centri.

I bacini che hanno qualche attitudine al modello più diffuso, con almeno il 30% di popolazione residente in nuclei e case sparse, sono i seguenti:

- TEV-320-020 (30%)
- TEV-320-040-10 (37%)
- TEV-320-040-20 (32%)
- TEV-320-080-05 (36%)
- TEV-320-080-06 (44%)

#### Le abitazioni

Il patrimonio edilizio di tutti comuni interessati dal bacino di Piediluco ammonta complessivamente a 176,6689 abitazioni con un rapporto residenti/abitazioni pari a circa 2 residenti per abitazioni ed una percentuale di abitazioni occupate pari al 71%.

Questi dati, come negli altri casi si modificano significativamente tenendo conto del ruolo delle quattro città più grandi che, fatta salva Rieti, rientrano nel bacino solo per modeste percentuali.

Il quadro è riassunto nella tabella seguente dalla quale si evince come escludendo le grandi città oltre all'ovvia riduzione del numero delle abitazioni mutano profondamente i rapporti fra patrimonio abitativo occupato e non occupato.

	Totale Abitazioni	Occupate		Non occupate	
		v.a.	%	v.a.	%
<b>Totale Comuni</b>	175.669	125.492	71	50.177	29
<b>Senza L'Aquila</b>	148.447	103.017	69	45.430	31
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	65.467	31.679	48	33.788	52
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	83.975	45.979	55	37.996	45

In particolare è evidente che lo spopolamento dei piccoli centri ha portato ad una crescita delle abitazioni non occupate (senza contare qualche fenomeno di "seconda casa" nei luoghi più ameni). Infatti se eliminiamo dal conteggio tutte le città (in cui il bisogno abitativa è generalmente più consistente) più del 50% delle abitazioni non risultano occupate.

In ben 36 comuni questa percentuale è superata con punte superiori all'70% per i seguenti comuni.:

- Ussita (MC)
- Micigliano (RI)
- Castel S. Angelo sul Nera (MC)
- Bolognola (MC)
- Monteleone di Spoleto (PG)

Al contrario, nei seguenti comuni, risultano non occupate meno del 30% delle abitazioni:

- Cittaducale (RI)
- Campello sul Clitunno (PG)
- Poggio Bustone (RI)
- Antrodoco (RI)
- Stroncone (TR)
- Rieti
- Arrone (TR)
- L'Aquila
- Foligno (PG)
- Terni

Visto il contesto in cui si è collocata l'indagine socio-demografica un dato che è risultato importante rilevare è quello relativo alla quantità di abitazioni occupate allacciate o meno al sistema fognario.

Ebbene, nel complesso considerando o meno i dati dei comuni più grandi, non si scende al di sotto dell'87% di abitazioni allacciate.

Analizzando il dato a livello comunale, qualche situazione in cui è probabilmente prevalente una collocazione in un contesto rurale fa sì che il dato sulle abitazioni allacciate si riduca molto rispetto alla media del bacino.

Sono al di sotto del 60% i seguenti comuni:

- Contigliano(RI), 56%
- Belmonte in Sabina(RI), 53%
- Casperia(RI), 52%
- Montatola(RI), 52%
- Montenero Sabino (RI), 49%
- Cottanello (RI), 46%
- Labro (RI), 37%
- Monte S.Giovanni in Sabina (RI), 13%

A conferma di quanto appena affermato va rilevato che si tratta di comuni essenzialmente coincidenti con quelli che sulla base delle analisi illustrate precedentemente presentano, appunto, un modello insediativo tipicamente rurale.

Analizzando il dato nella disaggregazione per sottobacini, nella quale viene mitigato il ruolo dei comuni più grandi (salvo Rieti) ed esclusa una parte dei comuni di corona al bacino, le abitazioni nel complesso risultano pari a 60.404 di cui il 60% risultano occupate.

Per quanto riguarda la percentuale di abitazioni allacciate alla rete fognaria il dato stimato per l'insieme dei sottobacini coincide sostanzialmente con quello dovuto alla somma dei comuni precedentemente illustrato.

Dalla lettura dei dati non risultano fenomeni evidenti di concentrazione. Come evidenziato nell'elenco seguente che raccoglie i dati sui comuni più ricchi di abitazioni, al massimo in un sottobacino si concentra il 10% dell'intero stock di case presenti nell'area di studio:

Sottobacino	% di abitazioni sul totale
TEV-320-080-45	7,797841
TEV-320-080-60-40	6,043339
TEV-320-080-60-50	9,854116
TEV-320-080-66	9,68575
TEV-320-080-69	7,605719

Relativamente al rapporto fra abitazioni occupate e non occupate il dato oscilla fra il 22% e l'88% di abitazioni non occupate.

Il patrimonio non utilizzato risulta percentualmente molto forte soprattutto nei seguenti bacini in cui si supera il 60%:

Sottobacino	Abitazioni non occupate
TEV-320-080-60-30	62%
TEV-320-080-10	63%
TEV-320-080-05	64%
TEV-320-080-06	65%
TEV-320-040-10	66%
TEV-320-040-20	69%
TEV-320-010	78%
TEV-320-020	88%

Non si avvertono invece grandi differenze fra i sottobacini per quanto riguarda la percentuale di abitazioni occupate non allacciate al sistema fognario. Nella maggior parte dei bacini si hanno valori superiori al 90% di abitazioni allacciate e comunque non si scende mai al di sotto dell'80%.

*Le attività produttive: industria e agrozootecnica*

Al fine di analizzare, seppur per grandi linee, la struttura produttiva dei comuni del bacino in esame sono stati utilizzati i dati relativi al censimento dell'industria e del commercio del 1991.

In particolare sono stati analizzati i dati relativi alle unità locali ed agli addetti nelle macrocategorie definite dall'ISTAT nel modo seguente:

- A) Agricoltura, caccia, silvicoltura
- B) Pesca, piscicoltura e servizi connessi
- C) Estrazione di minerali
- D) Attività manifatturiere
- E) Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas, acqua
- F) Costruzioni
- G) Commercio ingrosso e dettaglio; riparazione di auto, moto e beni personali
- H) Alberghi e ristoranti
- I) Trasporti, magazzinaggio, comunicazioni
- J) Intermediazione monetaria e finanziaria
- K) Attività immobiliari. Noleggio, informatica, ricerca, professionali e imprenditoriali
- M) Istruzione
- N) Sanità e servizi sociali
- O) Altri servizi pubblici, sociali e personali

Facendo riferimento a queste categorie nel totale dei comuni in qualche misura appartenenti al bacino risultano presenti 23.361 unità locali e 68.007 addetti.

Depurando questo dato dall'incidenza delle città principali si verifica, come documentato dalla tabella seguente, una drastica riduzione.

	U.L.	Addetti
<b>Totale Comuni</b>	23.361	68.007
<b>Senza L'Aquila</b>	19.049	56.510
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	4.834	11.393
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	8.227	20.072

Tale drastica riduzione è del tutto comprensibile in quanto nei comuni di Foligno, Rieti, L'Aquila e Terni si concentra il ben l'80% di tutte le unità locali presenti nei comuni del bacino. Si tratta, infatti, non solo di comuni più grandi che svolgono un normale ruolo attrattivo ma, soprattutto per Terni che assorbe da sola il 30% delle U.L. presenti nel bacino, di veri e propri poli industriali.

Questa percentuale si riduce al 65% se consideriamo, come è giusto che sia perché pienamente inserita nel bacino in esame, la città di Rieti che assorbe da sola il 15% di tutte U.L.

Quindi il 20% delle unità locali è distribuito in 58 comuni con una media di 83 U.L. per comune che, lo ricordiamo, riguardano anche servizi pubblici, attività commerciali e servizi.

Se infatti consideriamo le attività manifatturiere il quadro è il seguente con una media di 11 U.L. per comune:

<b>Attività manifatturiere</b>	U.L.	Addetti
<b>Totale Comuni</b>	2.644	18109
<b>Senza L'Aquila</b>	2.214	16166
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	636	3747
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	968	5417

Questa media è superata in maniera consistente da un gruppo ristretto di comuni ed in particolare da:

- Cittaducale (RI), con 91 U.L.
- Norcia (PG), con 50 U.L.
- Stroncone (TR), con 43 U.L.
- Campello sul Clitunno (PG), con 32 U.L.
- Leonessa (RI), con 23 U.L.
- Scoppito (AQ), con 23 U.L.
- Amatrice (RI), con 21 U.L.

- Cascia (PG), con 20 U.L.
- Arrone (TR) con , 20 U.L.

Considerando gli addetti, sempre escludendo le città più grandi, si ha una media di 65 addetti alle attività manifatturiere per comune.

Tale valore medio è superato solo dai seguenti comuni, oltre che, ovviamente, dai 4 principali nei quali si concentra l'80% del totale con 14.362 addetti:

- Amatrice (RI): 73 add.
- Ferentillo (TR): 85 add.
- Borgo Velino (RI) : 89 add.
- Scoppito(AQ): 91 add.
- Arrone(TR) : 122 add.
- Antrodoco(RI) : 130 add.
- Norcia(PG) : 229 add.
- Campello sul Clitunno(PG) : 260 add.
- Stroncone(TR) : 442 add.
- Cittaducale(RI) : 1.467 add.

Dalla lettura dell'elenco emerge Cittaducale in cui il numero di addetti nel settore manifatturiero prossimo a quello del capoluogo di provincia (Rieti, con 1.670 addetti nel settore manifatturiero). In termini di unità locali, ma anche di addetti, un ruolo fondamentale è svolto dalle categorie riguardanti il commercio ed attività affini (cat. G).

Per questo settore il quadro è il seguente:

<b>Attività commerciali</b>	U.L.	Addetti
<b>Totale Comuni</b>	8.534	17.996
<b>Senza L'Aquila</b>	7.190	15.167
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	1.561	2.675
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	2.722	4.919

In questo settore 15.321 addetti su un totale di quasi 18.000, pari a circa l'85%, sono assorbiti dalle quattro città principali (Rieti con 2.244 addetti)

La parte restante è distribuita fra gli altri 58 comuni. Nei seguenti vengono superati i 100 addetti:

- Montereale (AQ): 122 add.
- Amatrice (RI): 110 add.
- Campello sul Clitunno (PG): 140 add.

- Cascia (PG): 152 add.
- Antrodoco (RI): 165 add.
- Stroncone (RI): 166 add.
- Norcia (PG): 226 add.
- Cittaducale (RI): 233 add.

Un altro settore relativamente importante, sia in termini di addetti che di unità locali, è quello delle costruzioni.

Anche in questo caso le città principali assorbono la maggior parte del dato totale che nel caso degli addetti ammonta al 76%.

Lo stesso vale anche per gli altri settori confermando il dato generale che vede una concentrazione delle attività nelle città.

Il livello di concentrazione risulta in genere tanto più elevato quanto più l'attività è di tipo raro o specializzato mentre diminuisce per attività meno specializzate (ad es. att. commerciali).

In generale si può affermare che certamente gran parte dell'area di studio non è interessata da fenomeni di industrializzazione particolarmente vivaci se non nei centri principali ed in alcune realtà particolari.

Utilizzando l'indicatore sintetico del rapporto fra residenti e addetti ed escludendo sempre i 4 comuni principali che occupano comunque i primi posti di seguito si presenta una classifica dei 10 comuni con le migliori prestazioni.

- Montereale (AQ);
- Cittaducale (RI);
- Fiamignano (RI);
- Ferentillo (TR);
- Contigliano (RI);
- Greccio (RI);
- Campello sul Clitunno (PG);
- Norcia (PG);
- Leonessa (RI);
- Cantalice (RI);

Analizzando il dato per sottobacini vengono sostanzialmente confermate le risultanze generali ottenute eliminando dal computo i tre grandi comuni che solo parzialmente rientrano nel bacino.

Infatti apportando i dovuti proporzionamenti nel bacino si stima la presenza di 18620 addetti e di 7091 unità locali.

I bacini in cui la vivacità delle attività produttive e di servizio è più evidente sono:

<b>SOTTOBACINI E COMUNE/I PIÙ RAPPRESENTATO/I</b>	<b>Addetti</b>	<b>% sul totale addetti</b>
TEV-320-080-40-50 (Petrella Salto)	1.019	5
TEV-320-080-60-40 (Rieti)	1.232	7
TEV-320-080-50 (Rieti)	1.308	7
TEV-320-080-67 (Contigliano)	1.346	7
TEV-320-080-30 (Cittaducale)	1.652	9
TEV-320-080-66 (Rieti)	1.872	10
TEV-320-080-69 (Terni)	2.069	11
TEV-320-080-45 (Rieti)	2.124	11
TEV-320-080-60-50 (Rieti)	2.388	13

In questi bacini è presente l'81% del totale degli addetti alle attività produttive, commerciali ed economiche in genere.

Nel complesso appare evidente che soprattutto nell'area reatina sono da rintracciare fattori di pressione significativi anche sotto il profilo delle attività economiche complessivamente intese.

Sulla base dei dati del Censimento dell'Agricoltura del 1991 (ultimo disponibile) nell'insieme dei comuni che rientrano, anche per piccola parte, nel bacino di Piediluco la superficie agricola utilizzata rappresenta circa il 41.7%,

Come evidenziato nella tabella seguente questa percentuale non muta significativamente considerando le eccezioni dei quattro centri principali.

	Sup. terr. Tot. (ha)	SAU (ha)	% SAU su Tot.
<b>Totale Comuni</b>	463.700	193.453	41,7
<b>Senza L'Aquila</b>	417.000	170.922	41,0
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	348.800	141.417	40,5
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	369.400	149.798	40,6

Per quanto riguarda le principali tipologie di coltivazioni più del 60% della SAU è costituito da prati e pascoli, quasi il 30% da seminativi e il restante 10% suddiviso fra colture permanenti (circa il 5%) ed altro.

Mediamente le aziende non superano i 10 ha.

La media dei del 40% di SAU rispetto alla superficie comunale è superata da quasi la metà dei comuni.

Fra questi i seguenti rappresentano i primi dieci con la maggior percentuale di SAU.

- Bolognola (MC): 85,1 %
- Pieve Torina (MC) 74,5 %
- Greccio (RI): 69,4

- Serravalle di Chienti (MC): 48,9 %
- Montefortino (AP): 63,3 %
- Preci (PG): 55,0 %
- Norcia (PG): 54,7 %
- Monteleone di Spoleto (PG): 53,4 %
- Longone Sabino (RI): 53,3 %
- Stroncone (TR): 53,1 %.

Analizzando il dato aggregato per sottobacino e considerando, come negli altri casi, i dati in modo proporzionale rispetto alla effettiva superficie comunale rientrante nei singoli sottobacini è evidente una riduzione molto forte della SAU.

Infatti la SAU risulterebbe pari a circa 60.000 ha mentre il numero di aziende sarebbe pari a circa 10.000.

Le differenze rispetto al dato derivato dalla semplice somma dei comuni è molto forte anche escludendo i comuni più importanti. Ciò è d'altra parte abbastanza ovvio in quanto il dato si riferisce a superfici e non ad elementi per i quali è effettivamente possibile un ripartizione omogenea sul territorio. Ad ogni modo i bacini che sembrerebbero più dotati di superficie agricola (sono stati selezionati quelli con superficie superiore ai 2.000 ha) sono i seguenti:

Sottobacini e comune/i più rappresentato/i	S.A.U. (ha)	% SAU su sup.terr.
TEV-320-040-10 (Leonessa)	6.144,3	32,9
TEV-320-080-66 (Rieti Poggiobustone)	5.557,1	51,1
TEV-320-040-30 (Norcia-Cascia)	5.553,5	39,5
TEV-320-030 (Preci)	5.510,8	27,8
TEV-320-040-26 (Cascia)	4.137,2	27,3
TEV-320-080-20 (Antrodoco-Micigliano)	3.928,8	25,1
TEV-320-050 (Sellano)	3.267,2	30,2
TEV-320-040-20 (Monteleone di Spoleto)	3.206,8	31,8
TEV-320-080-05 (Cittareale)	2.743,0	28,5
TEV-320-080-60-50 (Rieti - Contigliano)	2.430,0	24,9

Se invece di considerare il dato assoluto consideriamo la percentuale di SAU sul totale della superficie territoriale i sottobacini "più agricoli" risultano essere i seguenti (sono stati selezionati i bacini con SAU pari a più del 25% di territorio):

Sottobacini e comune/i più rappresentato/i	% SAU su Sup. terr.
TEV-320-080-50 (Rieti-Contigliano)	58,4
TEV-320-080-66 (Rieti-Poggiobustone)	51,1

TEV-320-080-65 (Rieti-Contigliano)	45,4
TEV-320-040-30 (Norcia)	39,5
TEV-320-020 (Ussita)	34,8
TEV-320-040-10 (Leonessa)	32,9
TEV-320-080-10 (Borbona)	32,0
TEV-320-080-06 (Posta)	32,0
TEV-320-040-20 (Monteleone di Spoleto)	31,8
TEV-320-050 (Sellano)	30,2
TEV-320-080-05 (Cittareale)	28,5
TEV-320-030 (Preci)	27,8
TEV-320-040-26 (Cascia)	27,3
TEV-320-080-67 (Contigliano)	27,2
TEV-320-080-20 (Anrodoco)	25,1

Per quanto concerne la zootecnia mediamente quasi il 6% delle aziende agricole hanno anche allevamenti zootecnici per un totale - considerando l'insieme dei comuni - di 15.735 aziende e 253.000 capi fra bovini, suini, caprini, ovini ed equini.

Escludendo i comuni più rilevanti secondo lo schema sin qui utilizzato, i dati si riducono significativamente soprattutto per ciò che concerne il numero di aziende.

	Tot. Aziende	Bovini	Suini	Ovini	Caprini	Equini	Avicoli
<b>Totale Comuni</b>	15.735	45.140	29.510	162.117	8.490	7.831	375.118
<b>Senza L'Aquila</b>	13.497	41.169	27.304	135.956	7.993	6.809	336.844
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno, Rieti</b>	8.778	30.598	17.296	122.591	7.453	6.238	213.941
<b>Senza L'Aquila, Terni, Foligno</b>	10.052	34.729	20.021	126.155	7.734	6.467	245.721

Analizzando il rapporto fra aziende e popolazione si evince, seppur sempre in termini relativi, una forte propensione agropastorale nella maggior parte dei comuni che appartengono al bacino.

Infatti nella grande maggioranza dei comuni si ha una azienda zootecnica ogni 10 abitanti (come minimo).

Nel complesso degli allevamenti gli ovini circa il 65% di tutti i capi (escludendo le specie avicole). Seguono i bovini con circa il 18% ed i suini 12%. La restante parte, circa il 6%, è divisa equamente tra specie equine e caprine.

Analizzando i dati per sottobacino, tenendo conto della proporzione fra dati comunali e superfici comunali appartenenti ai diversi bacini risulta che i bacini in cui si pratica maggiormente l'allevamento (con riferimento a bovini, suini, caprini, ovini ed equini, selezionando quelli in cui sono presenti più di 5.000 capi) sono:

Sottobacini e comune/i più rappresentato/i	Nr. capi (escl. avicoli)
TEV-320-030 (Preci)	11.119
TEV-320-040-30 (Norcia-Cascia)	9.511
TEV-320-040-20 (Monteleone di Spoleto)	7.361
TEV-320-080-66 (Rieti-Poggiobustone)	6.903
TEV-320-040-10 (Leonessa)	6.849
TEV-320-040-26 (Cascia)	6.790
TEV-320-080-20 (Antrodoco-Micigliano)	5.625
TEV-320-050 (Sellano)	5.468

### L'attività di ittiocoltura nell'area di Piano

Nell'area di Piano l'attività di acquacoltura è caratterizzata dagli allevamenti intensivi di trota. Questi sono concentrati sull'alto Nera ed i suoi affluenti ed in minor misura sugli affluenti del fiume Velino.

In particolare, sono stati individuati 12 allevamenti intensivi, 3 avannotterie, 1 impianto estensivo con vasche in terra ed 1 pesca sportiva.

Nelle tabelle che seguono vengono riportati gli impianti individuati che risultano attualmente in funzione, ripartiti per regione.

L'allevamento della trota è incentrato prevalentemente sulla Trota Iridea ed in minor misura sulla Trota Fario. L'allevamento si svolge generalmente partendo dallo stadio di uovo o trotella e solo in rari casi gli allevatori dispongono di riproduttori.

Sono presenti, infatti, alcune avannotterie a servizio di impianti utilizzati per il finissaggio.

Le strutture sono costituite principalmente da vasche in cemento disposte parallelamente ai corsi d'acqua (*raceways*) che consentono un allevamento con acqua fluente in continuo simulando la corrente dei corsi d'acqua. Solo alcuni impianti dispongono però di bacini di lagunaggio.

In alcuni casi, l'attività di acquacoltura viene completata con impianti di lavorazione del prodotto che scaricano le acque di risulta in appositi depuratori.

Le portate di esercizio variano dai 100 ai 4000 l/s, e in un caso raggiungono gli 8000 l/s. Tali portate rendono difficile il monitoraggio ed il controllo degli effluenti se non con opportuni accorgimenti.

Impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Umbria.

<b>N.</b>	<b>Ditta</b>	<b>Tipo di allevamento</b>	<b>COMUNE</b>	<b>Località</b>	<b>Corso d'acqua</b>
<b>1</b>	Ittica Tranquilli	avannotteria trota	Norcia	Campi	Campiano
<b>2</b>	Ittica Tranquilli	intensivo di trota	Preci	Borgo Preci	Campiano
<b>3</b>	Ittica Tranquilli	intensivo di trota con stoccaggio e lavorazione	Preci	Corone	Campiano
<b>4</b>	Santocore S.n.c	intensivo di trota	Cerreto di Spoleto	Vallicelle	Vigi
<b>5</b>	Eredi Rossi	avannotteria trota	Norcia	Freddara	Sordo
<b>6</b>	Eredi Rossi	intensivo di trota	Norcia	Biselli	Corno
<b>7</b>	Epifani	intensivo di trota	Preci	Sorgenti Molini	preleva da Sorgenti località Molini e scarica nel Nera
<b>8</b>	Fraschetti	intensivo di trota	Norcia	Serravalle	Sordo
<b>9</b>	Società Vigi - Pesca Sportiva	pesca sportiva (con due bacini di lagunaggio allo scarico)	Sellano	Molino	Vigi

Impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Marche.

N.	Ditta	Tipo di allevamento	Comune	Località	Corso d'acqua
1	Cherubini S.n.c.	avannotteria trota (che fornisce gli altri impianti di proprietà)	Castel Sant'Angelo sul Nera	A valle di Castel Sant'Angelo sul Nera, a 4 km dall'ingrasso	Nera
2	Cherubini S.n.c.	intensivo trota	Visso	A valle di Castel Sant'Angelo sul Nera	Nera
3	Eredi Cherubini di Biagi Giuseppe	intensivo trota	Visso	A valle di Ussita	Torrente Ussita
4	Ittica Tranquilli	intensivo trota con stoccaggio e lavorazione	Visso	Molini di Visso	Nera

Impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Lazio.

N.	Ditta	Tipo di allevamento	Comune	Località	Corso d'acqua
1	Fausto Serva	estensivo di trota e pesca turistica	Rivodutri	Piedicolle	-
2	Troticoltura Castel S. Angelo S.r.l.	intensivo trota	Cittaducale	Tornariccio	Fiume Peschiera
3	Nuova Azzurro S.r.l.	intensivo trota	Colli sul Velino	-	Fosso Fiumarone
4	SAIF S.r.l.	intensivo trota	Rivodutri	Santa Susanna	Canale di S. Susanna

## 5. ASPETTI METODOLOGICI

### Premessa

Per la definizione del quadro conoscitivo e la conseguente valutazione relativa ad una stima degli apporti di fosforo provenienti dai diversi comparti di produzione, sono state convenzionalmente distinte le sorgenti in relazione alle modalità di rilascio:

#### 1) Sorgenti diffuse

- a) attività agricola
- b) attività zootecnica
- c) dilavamento del suolo incolto

#### 2) Sorgenti concentrate o puntiformi

- a) scarichi civili
- b) scarichi industriali
- c) scarichi degli allevamenti ittiogenici

Per ciascun comparto produttivo sono state adottate metodologie di stima dei carichi che hanno preso in considerazione le specifiche modalità di rilascio e trasferimento del fosforo legato alle particelle di suolo o disciolto nelle acque. A questo scopo è stata utilizzata l'articolazione del bacino del Tevere in 183 sottobacini elementari individuati dal Servizio idrografico nazionale, dei quali soltanto 25 compongono l'intera area di Piano. Le acque di ciascun sottobacino sono drenate da un corso d'acqua o da un tratto di esso, anche appartenente al reticolo secondario o minore, che rappresenta pertanto un possibile veicolo di fosforo.

La stima del carico inquinante è stata calcolata nella sezione di chiusura di ciascuno dei 25 sottobacini e, per simulare il percorso dell'inquinante dalla sorgente fino al lago di Piediluco, inteso come corpo recettore finale, sono stati adottati opportuni coefficienti di abbattimento come successivamente descritto al paragrafo 5.4

### 5.1 I carichi di fosforo da fonti diffuse

Per fonti inquinanti diffuse si intende, come è noto, tutte quelle fonti inquinanti a cui non è possibile attribuire un'unica localizzazione puntuale dell'inquinamento. In particolare, esse sono le superfici in cui si svolge l'attività agricola e silvicolturale, e le altre aree di uso del suolo dove avviene un dilavamento naturale. L'attività zootecnica intensiva si è ritenuta inclusa nell'attività agricola generale in qualità di fornitrice di fertilizzante organico per i terreni.

L'inquinamento da fosforo proveniente da fonti diffuse è attribuibile principalmente alla perdita di terreno dai suoli a causa dell'erosione, naturale o facilitata dagli usi antropici, ed in particolare di quella idrica. Il fosforo, infatti, risulta quasi esclusivamente, e fortemente, adsorbito alle particelle di suolo, mentre il fosforo riscontrabile in soluzione nel suolo si aggira intorno a 0,01 mg/l (Sequi, 1993). Da studi sperimentali condotti su aree agricole il quantitativo di fosforo perso in soluzione attraverso il ruscellamento è, comunque, inferiore ad 1 kg/ha anno ed il fosforo perso per percolazione può essere ritenuto nullo.

Nel tentativo di stimare anche per le fonti diffuse, così come per le fonti puntuali, un valore quantitativo dei carichi di fosforo che raggiungono il lago di Piediluco, che potrà essere utilizzato in valore assoluto, con le opportune cautele, od essere considerato qualitativamente come indice di criticità, si è impostata la metodologia di calcolo descritta di seguito.

La gran parte della pianificazione e degli studi riguardanti l'inquinamento delle acque da fosforo attribuisce alle fonti diffuse un apporto di carichi di fosforo calcolato, per l'agricoltura, sugli apporti di fertilizzante in agricoltura e, per gli altri terreni, su coefficienti sperimentali, indipendentemente dal processo erosivo che avviene in quei particolari terreni.

Disponendo dello studio sull'erosione idrica dei suoli del bacino del Tevere, descritto nel capitolo delle basi conoscitive, in cui è riportato il valore dell'erosione per superfici in proiezione su un piano di un ettaro stimata applicando la formula della USLE, si è scelto di utilizzare tali dati, ritenuti fondamentali per l'inquinamento da fosforo da fonti diffuse.

L'approccio metodologico è stato quello di attribuire al terreno perso per erosione idrica un quantitativo medio di fosforo, il quale può essere incrementato nei terreni agricoli per gli apporti annuali di fertilizzanti fosfatici, che solo in parte (circa il 70 %) vengono consumati dalle colture, e per le pratiche irrigue che incrementano l'erosione, tenuto anche conto della tipologia di suoli prevalentemente basici presenti nell'area di Piano.

Anche le tecniche di sistemazione e lavorazione dei terreni, nonché i metodi di distribuzione dei fertilizzanti influirebbero sui carichi di fosforo provenienti dall'agricoltura ma, non disponendo di tali informazioni, tali tecniche sono state considerate uguali su tutta l'area di Piano.

Il fosforo che si può considerare perso in soluzione nelle acque di ruscellamento, come desumibile dai risultati delle stime nel comparto agricolo riportate più avanti, è meno del 4 % del quantitativo perso per erosione. Il fosforo perso per ruscellamento nei terreni agricoli, quindi, può ritenersi incluso nelle approssimazioni delle stime effettuate sull'erosione.

Generalmente, il fosforo è contenuto nel suolo in misura dello 0,02 – 0,08 % del terreno in peso, con un valore medio dello 0,05 %. Tale contenuto tenderà ai valori massimi nei terreni dove si esplica l'attività agricola da molto tempo, per gli apporti di fertilizzanti fosfatici.

La relazione matematica utilizzata per la stima dei carichi di fosforo da fonti diffuse è la seguente:

$$\text{Indicatore sintetico del fosforo da fonti diffuse} = (\text{Erostim} \times \text{Pms}) / (0,25 \times I_1 + 0,25 \times I_2 + 0,5 \times I_3)$$

dove:

**Erostim** = t/ha anno di suolo che mediamente si erode, calcolato con la formula USLE.

**Pms** = contenuto medio di fosforo nel suolo, pari a 0,05 % del suolo in peso.

**I<sub>1</sub>** = indice di fosforo inorganico applicato in agricoltura; valori da 0,5 a 1.

**I<sub>2</sub>** = Indice di fosforo organico proveniente dalle deiezioni animali; valori da 0,5 a 1.

**I<sub>3</sub>** = indice di aggravio da irrigazione; valori da 0,5 a 1.

L'indice **I<sub>1</sub>** varia in funzione dei quantitativi medi di fosforo, stimati dalla letteratura di settore e in relazione alle colture praticabili nell'area, applicati alle tipologie di colture riscontrabili nella carta di uso del suolo, come riportato nella tabella seguente.

<b>Cod Uso suolo</b>	<b>categoria</b>	<b>fosforo (Kg /ha anno)</b>	<b>I<sub>1</sub> indice di P (min=1; max=0,5) *</b>
PA	Pascoli, prati pascolo	18,6	<b>0,77</b>
SA	Seminativi asciutti	31,9	<b>0,61</b>
SI	Seminativi irrigui	34,7	<b>0,58</b>
CM	Colture promiscue	25,0	<b>0,70</b>
O	Colture orticole	41,0	<b>0,50</b>
U	Uliveti	21,8	<b>0,73</b>
V	Vigneti	22,0	<b>0,73</b>
CA	Colture arboree	22,7	<b>0,72</b>

\* Per tutti gli altri usi del suolo l'indice è pari ad 1

L'indice **I<sub>2</sub>** varia in funzione dei quantitativi medi di fertilizzante organico applicati alle tipologie di colture riscontrabili nella carta di uso del suolo.

Tali quantitativi sono stati stimati ipotizzando che tutto il carico di fosforo prodotto dall'attività zootecnica per ognuno dei 25 sottobacini dell'area di Piano, calcolato utilizzando i valori annui riscontrati in letteratura per le deiezioni animali, come da tabella seguente (IRSA, 1990), e il numero di capi rilevati dal censimento ISTAT 1991 spazializzato in base alla percentuale di superficie dei comuni ricadente nei singoli sottobacini, sia interamente distribuito sui terreni agricoli dello stesso sottobacino:

<b>Carico di fosforo prodotto per categoria animale (Kg /capo x anno)</b>	
bovini	7,4
suini	3,8
ovini	0,8
caprini	0,8
equini	8,7
pollame	0,17

In particolare, le deiezioni provenienti da ovini e caprini sono state considerate come distribuite sui pascoli e prati pascoli, mentre quelle provenienti dalle altre specie zootecniche sono state considerate applicabili agli altri usi agricoli dei suoli (tabella seguente).

SOTTOBACINI	P (kg/anno/ha) su		I <sub>2</sub> Indice di P (min=1; max=0,5)	
	PRATO PASCOLO	E V+U+CA+CM+SI+SA+O	PRATO PASCOLO	E V+U+CA+CM+SI+SA+O
TEV-320-015	2,29	39,70	0,95	0,88
TEV-320-020	0,31	100,36	0,99	0,70
TEV-320-030	1,43	73,14	0,97	0,78
TEV-320-040-10	0,93	7,66	0,98	0,98
TEV-320-040-20	3,50	5,50	0,93	0,98
TEV-320-040-26	1,51	8,78	0,97	0,97
TEV-320-040-30	2,20	5,60	0,96	0,98
TEV-320-040-40	2,77	169,85	0,94	0,50
TEV-320-050	1,29	13,02	0,97	0,96
TEV-320-080-05	1,25	13,34	0,97	0,96
TEV-320-080-06	0,99	24,16	0,98	0,93
TEV-320-080-10	1,82	14,62	0,96	0,96
TEV-320-080-20	1,17	11,83	0,98	0,97
TEV-320-080-25	24,51	4,94	0,50	0,99

TEV-320-080-30	3,84	6,09	<b>0,92</b>	<b>0,98</b>
TEV-320-080-40-50	2,37	10,10	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>
TEV-320-080-45	1,33	27,35	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>
TEV-320-080-50	8,14	4,14	<b>0,83</b>	<b>0,99</b>
TEV-320-080-60-30	3,80	31,25	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>
TEV-320-080-60-40	3,76	12,84	<b>0,92</b>	<b>0,96</b>
TEV-320-080-60-50	2,85	10,10	<b>0,94</b>	<b>0,97</b>
TEV-320-080-65	-	5,11	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>
TEV-320-080-66	2,93	4,59	<b>0,94</b>	<b>0,99</b>
TEV-320-080-67	3,34	6,85	<b>0,93</b>	<b>0,98</b>
TEV-320-080-69	2,19	20,94	<b>0,96</b>	<b>0,94</b>

L'indice  $I_3$  è stato preso in considerazione per quelle colture agricole irrigabili, attribuendo l'aggravio in base alle necessità di acqua per irrigazione ed alle tecniche generalmente utilizzate per ogni specifica tipologia (tabella seguente).

<b>Codice uso suolo</b>	<b><math>I_3</math> Indice di aggravante da Irrigazione (min=1; max=0,5) *</b>
SI	<b>0,50</b>
O	<b>0,50</b>
V	<b>0,80</b>
CA	<b>0,70</b>

\* Per tutti gli altri usi del suolo l'indice è pari ad 1

Si è cercato, quindi, di stimare il fosforo che si perde da ogni ettaro di terreno correlandolo con la quantità di terreno che viene eroso e con le varie pratiche agricole adottate, attribuendo come massimo, a parità di erosione stimata, un quantitativo di fosforo perdibile da una coltura agricola irrigua che riceva sia concimazioni inorganiche che organiche, corrispondente al doppio del fosforo perdibile dai terreni non agricoli.

L'elaborazione dei dati attraverso procedure GIS è stata fatta suddividendo l'area in esame in celle di un ettaro ciascuna. Tale elaborazione ci ha fornito una carta dei potenziali carichi di fosforo (in t/ha anno) provenienti da fonti diffuse. In questo modo abbiamo determinato una quantità di suolo stimata che contiene una quantità di fosforo anch'essa stimata che, erodendosi dai versanti, potrebbe raggiungere il reticolo delle acque superficiali e raggiungere il lago di Piediluco.

Per stimare la quantità annua di fosforo che raggiunge i corsi d'acqua si è fatto riferimento a quanto riportato in letteratura (IRSA, 1990), dove si stima che circa il 3% del fosforo applicato in agricoltura si ritrova annualmente nei corsi d'acqua. Tale coefficiente, infatti, è stato ritenuto idoneo anche per

stimare il quantitativo di fosforo che, calcolato prevalentemente in base all'erosione effettiva stimata, raggiunge i corsi d'acqua.

Fa eccezione il bacino del fiume Sordo che ha caratteristiche geomorfologiche peculiari. In tale bacino, il rapporto tra le aree pianeggianti e le aree montane è nettamente superiore rispetto agli altri bacini e le rocce che vi affiorano presentano una permeabilità elevata. Per questo motivo la maggior parte delle precipitazioni viene assorbita senza dare origine a fenomeni di ruscellamento diffuso. E' noto che il fiume Sordo non risente delle forti precipitazioni. I dati di portata registrati dalla Regione Umbria, infatti, non evidenziano picchi caratteristici di eventi di piena conseguenti a forti precipitazioni: le portate rimangono pressoché costanti senza variazioni apprezzabili rispetto alla portata ordinaria.

Da quanto sopra, si è ritenuto opportuno, in via cautelativa, dimezzare (1,5%) per tale bacino il coefficiente di trasporto del materiale eroso, e quindi del fosforo di origine diffusa, ai corsi d'acqua.

## 5.2 I carichi di fosforo derivanti dagli impianti di ittiocoltura

Le principali cause di impatto ambientale generato dagli impianti d'acquacoltura sono dovute all'alimentazione e al mantenimento delle condizioni igienico-sanitarie, come di seguito elencato:

- mangimi non consumati;
- prodotti del catabolismo degli animali;
- antibiotici, antiparassitari, batteriostatici;
- prodotti disinfettanti, biocidi, disincrostanti.

Gli effetti che le suddette cause generano possono essere così riassunti:

- azione tossica con meccanismi acuti;
- azione tossica con meccanismi cronici;
- domanda biologica di ossigeno;
- eutrofizzazione delle acque riceventi;
- intorbidamento e colorazione delle acque.

I principali elementi rilasciati nell'ambiente idrico in acquacoltura sono l'azoto ed il fosforo che, uniti ai solidi sospesi e al BOD, rappresentano le principali forme di impatto (Saroglia et al., 1998).

Nel contesto del presente piano è stato necessario focalizzare l'attenzione sul rilascio di fosforo dagli impianti di ittiocoltura.

Il fosforo viene escreto in forma solubile ed in forma particolata. La forma solubile, costituita da fosforo organico solubile e da ioni ortofosfato, è immediatamente disponibile per la crescita algale, mentre la

forma particolata si accumula nei sedimenti e viene gradualmente rilasciata in forma solubile durante i processi biologici anaerobici.

Nelle normali condizioni di allevamento risulta da diversi studi che il pesce assimila circa il 21% del fosforo fornito con il mangime. Il resto del fosforo non assimilato dal pesce si ritrova nei sedimenti (feci e mangime non consumato) in ragione del 15%, e nel particolato sospeso per il 44%, mentre risultano disciolti in acqua il 20 %.

Il fosforo rilasciato in acqua determina un accrescimento fito e zooplanctonico.

Anche con l'attuazione della nuova legge sulle acque (Dlgs 152/99), generalmente, gli impianti anche senza particolari accorgimenti riescono a mantenere la qualità dell'acqua di scarico entro gli standards previsti. Nel contesto specifico del presente Piano, dovendo affrontare le caratteristiche di qualità di un corpo idrico recettore con caratteristiche di recipiente (il lago), essenziali risultano anche le caratteristiche di accumulo dell'inquinante.

Per stimare i carichi di fosforo provenienti dagli impianti di acquacoltura si è proceduto, innanzitutto, ad effettuare un inventario degli impianti presenti derivandolo dal Piano di settore "Troticoltura della Valnerina,, approvato dalla Giunta Regionale dell'Umbria nel 1991, dalla carta di uso del suolo redatta per il presente Piano, dalla conoscenza diretta ed in ultimo da un'indagine specifica effettuata dall'Autorità di Bacino del Tevere presso le Province ed operatori del settore.

Sono poi state selezionate alcune caratteristiche strutturali e di produzione che permettessero di stimare il carico di fosforo proveniente da ogni singolo impianto di ittiocoltura presente nell'area di Piano. Tali caratteristiche sono state inserite in un apposito questionario con cui è stata effettuata l'indagine specifica per determinare la quantità di pesce allevato e le quantità di mangime impiegato da ciascun impianto.

Al fine di determinare il quantitativo di fosforo totale proveniente da ciascun impianto, in via cautelativa, anziché adottare i valori suddetti di consumo e perdite di fosforo, si è ipotizzato che il 50 % del fosforo fornito con il mangime venga perso in acqua, come indicato nel già citato Piano di settore "Troticoltura della Valnerina,,.

### **5.3 I carichi di fosforo provenienti dal comparto civile e industriale**

Al fine di pianificare una parte degli interventi necessari per il controllo dell'eutrofizzazione del lago, è stata stimata la quantità di fosforo che, proveniente da fonti puntuali quali scarichi di tipo civile-industriale, veicolato nelle acque superficiali, raggiunge il lago. Anche gli scarichi civili-industriali infatti contribuiscono in larga misura all'evoluzione dello stato trofico del lago.

Per quanto riguarda la stima degli apporti provenienti dal comparto industriale, sono state considerate le acque reflue industriali provenienti da agglomerati industriali, convogliate in reti fognarie recapitanti

in impianti di depurazione. Il dato utilizzato proviene dalle schede di rilevazione dell' ARPA Umbria relative agli impianti di depurazione, in cui è stato indicato dal gestore dell'impianto di depurazione il numero di abitanti equivalenti industriali trattati.

Gli apporti generati dal totale delle attività industriali incidenti sull'area di piano, seppure computati attraverso una procedura di calcolo suggerita dall' IRSA, basata sulla trasformazione del numero di addetti per tipologia industriale (vedi paragrafo 4.10) in abitanti equivalenti, e su un fattore di carico specifico per il fosforo, non sono stati considerati data l'approssimazione della stima, non verificabile attraverso una conoscenza dettagliata del territorio e l'analisi di situazioni locali.

Nei liquami grezzi di origine civile il fosforo è presente allo stato prevalente come ione ortofosfato, come fosfati condensati (polifosfati) e come fosforo organico. Sia il fosforo organico che i polifosfati sono rapidamente idrolizzabili a fosfati inorganici nei reattori di ossidazione biologica; di conseguenza, le uniche forme di fosforo organico o condensato che si trovano a valle di un trattamento biologico sono legate alla presenza di solidi sospesi, mentre gli ortofosfati sono praticamente l'unica forma in soluzione.

La possibilità di rimuovere il fosforo dalle acque di scarico sta nel fatto che questo elemento è presente in gran parte sotto forma di anioni che si combinano con cationi bi e trivalenti per dare fosfati insolubili. In pratica si utilizzano sali di ferro, di alluminio e di calcio che, esercitando anche un'azione flocculante, permettono di rimuovere anche una notevole quota di solidi sospesi a cui sono associate le altre forme di fosforo.

La metodologia generale che ha portato alla individuazione delle sorgenti e alla valutazione degli apporti inquinanti in termini di carico di fosforo si è articolata in tre fasi successive:

- nella prima fase, sempre individuando nel sottobacino l'unità elementare della pianificazione territoriale, si è proceduto alla stima del carico di fosforo generato considerando come sorgenti di generazione di tipo puntuale tutti gli scarichi gravitanti sui sottobacini stessi;
- nella seconda fase si è proceduto alla stima dei carichi effettivamente sversati nei corpi idrici recettori;
- infine si è provveduto alla valutazione dei carichi veicolati alla sezione di chiusura del sottobacino, in relazione all'efficienza autodepurativa del reticolo idrografico interessato.

La metodologia adottata ha consentito di seguire il percorso dell' inquinante, dalla sorgente generante fino al corpo idrico recettore, analizzando gli eventuali fattori di abbattimento.

Il fine del lavoro è stato poi quello di definire una mappatura del territorio che evidenziasse da una parte le zone critiche, destinate ad interventi prioritari, e dall' altra quelle non necessitanti di interventi urgenti, in relazione ai prefissati obiettivi.

L'esatta localizzazione geografica e la descrizione degli scarichi (tipologia di scarico, carico generato, tipologia di depurazione, recapito finale) sono state effettuate utilizzando i dati forniti dall' ARPA Umbria, che ha realizzato, su incarico dell' Autorità di Bacino del Tevere, una ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del Lago di Piediluco, come illustrato nel paragrafo 4.9.

Il lavoro svolto dall' ARPA Umbria ha restituito, per ciascuno dei comuni interessati dall'area di piano, una fotografia dell' attuale presenza antropica, dell'efficienza del collettamento e della depurazione dei reflui ed ha indicato proposte tecniche migliorative degli impianti, con i relativi costi necessari per la realizzazione.

Ai fini della stima del carico di fosforo generato, il territorio di ogni sottobacino è stato considerato come la somma delle porzioni dei territori dei comuni in esso ricadenti. Per ogni sottobacino è stato costruito un data-base contenente le seguenti informazioni:

SOTTOBACINO	
TIPOLOGIA IMPIANTO DI SMALTIMENTO E/O TIPOLOGIA DI SCARICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuratori</li> <li>• Fosse di decantazione, fosse settiche, fosse imhoff</li> <li>• Pozzi neri</li> <li>• Scarichi a cielo aperto</li> <li>• Scarichi su fossi, torrenti, fiumi</li> <li>• Sub-irrigazione</li> <li>• Scarico su solo</li> </ul>
COMUNE	
FRAZIONE DEL COMUNE	
ABITANTI RESIDENTI	
ABITANTI SERVITI/ABITANTI NON SERVITI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abitanti residenti</li> <li>• Abitanti fluttuanti</li> <li>• Abitanti equivalenti industriali</li> </ul>
DISTANZA SCARICO - CHIUSURA DEL SOTTOBACINO	
DISTANZA SOTTOBACINO - LAGO	

Per ciascun sottobacino, per ciascuna porzione di comune che lo costituisce, sono state quindi predisposte tabelle di calcolo come quelle seguenti, che implementano ciascuna delle tre fasi in cui è articolata la metodologia adottata.

### 1. STIMA DEL CARICO GENERATO

COMUNE				
FRAZIONI	TIPOLOGIA DI DEPURAZIONE	ABITANTI SERVITI	PERDITE NELLA RETE	P GENERATO (Kg/anno)
	Depuratori Fosse di decantazione Fosse settiche	Abitanti residenti + Abitanti fluttuanti	7%	(Abitanti serviti – perdite) * <b>0,67</b>

	Fosse imhoff Pozzi neri	+		
		Abitanti eq. industriali		
		ABITANTI NON SERVITI		<b>(Abitanti non serviti) *0,67</b>

Gli abitanti serviti sono stati calcolati sommando la popolazione residente e la popolazione fluttuante servite da fognatura in ciascuna frazione con gli abitanti equivalenti industriali serviti da fognature recapitanti in impianti di depurazione, sulla base dei dati forniti dall' ARPA Umbria, che ha anche indicato, quando disponibile, anche il dato relativo al numero o alla percentuale degli abitanti non collettati per ogni frazione.

Il valore di produzione di fosforo è stato assunto pari a 0,67 kg P/anno per abitante (IRSA 1990). Sono stati adottati per la popolazione fluttuante e per gli abitanti equivalenti industriali gli stessi valori di produzione di fosforo.

Si è considerato che in presenza di rete fognante il 7% del carico inquinante potenziale penetra nel suolo, mentre il 93% affluisce all'impianto di depurazione finale .

## 2. STIMA DEL CARICO SVERSATO

Per carico sversato si intende la quantità di fosforo che direttamente o indirettamente raggiunge il reticolo idrografico.

Nel caso in cui il carico generato come prima calcolato sia recapitato in impianto di smaltimento, per il calcolo del fosforo sversato nel reticolo, sempre in termini di kg/anno, è stata utilizzata la seguente procedura:

ABBATTIMENTO DI P	P IN USCITA DALL' IMPIANTO	RECAPITO DELL' EFFLUENTE	P SVERSATO NEL RETICOLO IDROGRAFICO (= P generato)
Efficienza di rimozione	$(P \text{ generato} * \text{efficienza di rimozione})$	Fosso, torrente, fiume Sub-irrigazione Scarico a cielo aperto Scarico su suolo	$(P \text{ in uscita dall' impianto} * \text{coeff. di asportazione})$

La procedura risulta semplificata nel caso in cui il carico generato sia direttamente sversato nel reticolo idrografico, oppure sul terreno, come illustrato nella tabella che segue:

RECAPITO DELL' EFFLUENTE	P SVERSATO NEL RETICOLO IDROGRAFICO
Fosso, torrente, fiume	<b>(=P generato)</b>
Sub-irrigazione Scarico su suolo Scarico a cielo aperto	<b>(P generato *coefficiente di asportazione)</b>

Per determinare l'efficienza di rimozione del fosforo negli impianti sono stati utilizzati i seguenti valori :

- 10% per le fosse di decantazione, fosse settiche, fosse imhoff e pozzi neri ;
- 30% per i piccoli impianti di depurazione dotati di trattamento biologico;
- 40% per i grandi impianti di depurazione dotati di trattamento biologico;
- 80% per gli impianti di depurazione dotati di sistemi di defosfatazione.

In relazione alla tipologia del recapito finale degli effluenti il fosforo che raggiunge il reticolo è stato così calcolato:

- per gli scarichi su fiume, torrente o fosso il carico sversato è uguale al carico in uscita dall'impianto, o al carico generato in assenza di impianto;
- per gli scarichi sul suolo (sfiori di fosse imhoff, fosse settiche, fosse di decantazione, pozzi neri, scarichi diretti sul suolo) si sono considerate, per calcolare la quota di fosforo che dal terreno può raggiungere le acque superficiali, le caratteristiche di permeabilità del suolo di seguito riportate:

Permeabilità del suolo	Coefficiente di asportazione dal suolo alle acque superficiali (Fosforo)
Alta	0,75
Media	0,675
Bassa	0,6
Impermeabile	0,1

Si precisa che i suoli interessati dal presente studio sono caratterizzati da limitati strati di argilla in alcuni fondo valle, mentre la maggior parte presenta caratteristiche di permeabilità medio bassa.

### 3. STIMA DEL CARICO VEICOLATO

Per carico veicolato si intende il carico che raggiunge la sezione di chiusura del sottobacino.

Il carico totale veicolato alla sezione di chiusura è la somma dei carichi veicolati reattivi a ciascuno scarico, calcolati utilizzando la procedura illustrata nella tabella seguente:

DISTANZA SVERSAMENTO/ CHIUSURA SOTTOBACINO	K DECADIMENTO	<b>P CHIUSURA SOTTOBACINO</b> (kg/anno)
	$10^{-6}$	<b>P sversato * exp (-K*d )</b>

Per ciascuno scarico dunque il quantitativo di fosforo veicolato alla chiusura del sottobacino è il risultato della moltiplicazione del carico sversato per una funzione esponenziale negativa del coefficiente di decadimento dell'inquinante calcolato come descritto nel paragrafo 5.3, e della distanza tra il punto di sversamento e la chiusura del sottobacino, funzione che descrive la capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua che drenano il sottobacino.

In conclusione al quantitativo di fosforo così ottenuto è stato aggiunto quello relativo agli abitanti in case sparse.

Gli abitanti in case sparse in ciascun sottobacino sono stati stimati utilizzando l'informazione ISTAT '91 aggregata a livello comunale. Il trasferimento dei dati ISTAT '91 ai sottobacini è avvenuto utilizzando un semplice algoritmo: per comuni interamente ricadenti nei sottobacini il dato è stato integralmente riportato al sottobacino, per comuni parzialmente ricadenti nei sottobacini, il dato è stato attribuito al sottobacino secondo il rapporto esistente tra superficie del comune ricadente nel sottobacino e superficie comunale intera.

Per gli abitanti in case sparse si è ipotizzato che il 50% del carico generato raggiunga la chiusura del sottobacino.

La somma, alla chiusura del sottobacino, dei carichi di fosforo provenienti da abitanti equivalenti serviti, non serviti e dagli abitanti in case sparse fornisce il quantitativo di fosforo specifico prodotto da ciascun sottobacino.

L'effettivo carico di fosforo, prodotto dal comparto civile e industriale, che raggiunge il lago di Piediluco viene poi calcolato per ogni sottobacino, in relazione alla distanza dal lago, come spiegato nel paragrafo 5.4.

I risultati dell'applicazione della metodologia sopra descritta sono riportati nel paragrafo 6.3.

#### **5.4 Stima dei carichi effettivi e capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua**

Per stimare l'effettivo apporto di fosforo che raggiunge il Lago di Piediluco, si è considerata l'autodepurazione che avviene naturalmente nei corsi d'acqua, che è funzione della lunghezza del percorso nel corso d'acqua che l'inquinante svolge per raggiungere il Lago.

Per le fonti diffuse si è considerata la distanza dalla chiusura dei singoli sottobacini al lago. Tali valutazioni hanno generato un coefficiente moltiplicativo per i valori di carico effettivi che si erano stimati per ciascun sottobacino.

Per gli apporti che raggiungono il lago per mezzo del fiume Velino, si è innanzitutto considerato che la portata entrante da questo fiume nel Lago di Piediluco è circa il 7,5 % della portata media annua, calcolata sulle serie storiche disponibili. Si è quindi adottato tale valore come coefficiente moltiplicativo degli apporti provenienti da tale corso d'acqua.

Al termine della fase di valutazione dell'apporto di fosforo, espresso come „fosforo totale“, che compete ad ognuno dei sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino imbrifero complessivamente contribuente al lago di Piediluco, si è resa necessaria una valutazione della possibile riduzione della concentrazione del fosforo totale durante il percorso compiuto attraverso la rete idrografica dal punto di chiusura del sottobacino di provenienza sino alle acque del lago.

Da un esame effettuato della letteratura scientifica riguardante l'argomento, si è potuto evincere che in linea generale la possibilità di fissazione da parte degli organismi viventi di quantitativi di fosforo sotto forma di composti in acqua, durante la percolazione verso il lago, è assai ridotta, quasi trascurabile. Tuttavia, disponendo di misure dirette del fosforo totale in sezioni successive di alcuni tratti fluviali del reticolo idrografico, si è provato a valutare la capacità di autodepurazione. L'esigenza di tale tentativo è basata sull'importanza di attribuire una giusta differenziazione ad apporti di fosforo provenienti da sottobacini ubicati a distanze variabili dal lago e quindi, presumibilmente, caratterizzati, a parità di carico, da differente pressione sull'eutrofizzazione del lago. Previa verifica di assenza di possibili cause esterne di alterazione delle capacità di autodepurazione dei tratti fluviali scelti, si è valutato, attraverso semplici analisi statistiche, il parametro di definizione della legge di decadimento della concentrazione del fosforo in funzione delle distanze, legge a cui si è data espressione matematica di tipo esponenziale, in analogo con quanto ipotizzato, per altri descrittori ambientali nel Piano Direttore del 1996.

L'espressione utilizzata è:

$$C_f = C_i \cdot e^{-k \cdot d}$$

con:

$C_i$  = concentrazione alla sezione iniziale del tratto;

$C_f$  = concentrazione alla sezione finale del tratto;

$k$  = parametro di decadimento posto pari a  $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ;

$d$  = lunghezza del tratto espresso in m;

Definito l'abbattimento percentuale attraverso l'espressione:

$$\Delta\% = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 = \left(1 - \frac{C_f}{C_i}\right) \cdot 100 = (1 - e^{-k \cdot d}) \cdot 100$$

vengono riportati alcuni esempi di calcolo dell'abbattimento percentuale in funzione delle distanze:

<b>d (km)</b>	<b><math>\Delta\%</math></b>
1	0.100
2	0.200
3	0.300
5	0.499
10	0.995
20	1.98
40	3.921
50	4.877
60	5.824

Per le fonti concentrate, il carico veicolato alla sezione di chiusura dei sottobacini, calcolato come indicato nel paragrafo 5.3, è stato abbattuto utilizzando l'espressione di cui sopra.

Il carico che giunge al lago da ciascun sottobacino è il risultato del prodotto del carico alla chiusura per l'esponenziale negativo del coefficiente di decadimento, assunto pari a  $10^{-6}$  della distanza in metri tra la chiusura del sottobacino e il lago per i sottobacini del Velino, e tra la chiusura del sottobacino e le opere di presa per i sottobacini che afferiscono al Canale Medio-Nera.

I risultati sono riportati nel successivo capitolo 6.

## 6. INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ

### 6.1 Le criticità da carichi di fosforo da fonti diffuse

Applicando la metodologia esposta nel paragrafo 5.1, si è evidenziata una criticità da fonti diffuse che è illustrata nelle tabelle che seguono.

Come per gli altri comparti di inquinamento, al fine di calcolare l'effettivo contributo di apporto di fosforo al lago di Piediluco, i carichi stimati alla chiusura dei sottobacini sono stati leggermente diminuiti in funzione della distanza dal lago e fortemente abbattuti in considerazione dell'attuale regimazione delle acque del Velino che raggiungono il lago.

In particolare, è stato stimato un rilascio di fosforo totale dalle fonti diffuse (superfici in cui si svolge l'attività agricola e silvicolturale e altre aree di uso del suolo dove avviene un dilavamento naturale) pari a circa 53 tonnellate; la maggior parte del carico proviene da alcuni sottobacini dei fiumi Nera e Corno (TEV-320-030, TEV-320-040-010, TEV-320-040-26) con apporti di circa 8-9 tonnellate di fosforo totale ciascuno.

Successivamente alla stima del carico di fosforo totale al lago di Piediluco proveniente dalle fonti diffuse, si è focalizzata l'attenzione sui settori componenti che in qualche modo potessero essere responsabilizzati al fine di ridurre tali apporti: il settore agro-zootecnico e quello della silvicoltura.

Nelle rispettive tabelle sono rappresentati, in sequenza:

- a) il fosforo totale stimato alla chiusura dei sottobacini;
- b) la densità di carico di fosforo alla chiusura dei sottobacini, ottenuta dividendo a) per la superficie di uso del suolo di settore (agricola o forestale) ricadente in ciascun sottobacino;
- c) il fosforo totale stimato al Lago tenendo conto del percorso; d) la densità di carico di fosforo al Lago per sottobacino, ottenuta dividendo c) per la superficie di uso del suolo di settore (agricola o forestale) ricadente in ciascun sottobacino.

Per il settore agro-zootecnico i maggiori apporti di fosforo al Lago si hanno da alcuni sottobacini dei fiumi Nera e Corno (TEV-320-030, TEV-320-040-010, TEV-320-040-20, TEV-320-040-26), con apporti di circa 3-5 tonnellate di fosforo totale per ciascun sottobacino. Questi costituiscono l'ambito D1 della normativa del presente Piano, rilevabile nella "Tavola delle criticità per carichi di fosforo da fonti agro-zootecniche".

Quantità sostenute vengono rilasciate anche dal sottobacino TEV-320-080-66 (ambito D2 delle norme), come evidenziato in tabella nella colonna del fosforo alla chiusura dei sottobacini, ma per motivi di regimazione idraulica delle portate del fiume Velino attualmente gran parte non vengono scaricate nel Lago ma restano nel fiume.

Infine, nell'ultima colonna della tabella sono riportate le densità di carico per sottobacino che indicano la stima del grado di inefficienza medio, nei riguardi del fosforo, nella conduzione dei terreni agricoli.

Tale parametro potrà essere utilizzato per orientare incentivi per la buona pratica agricola nei riguardi del fosforo.

Il settore della silvicoltura è stato preso in considerazione per evidenziare eventuali situazioni in cui il controllo dell'erosione idrica dei suoli fosse insufficiente ed in tal caso migliorabile ai fini dell'assetto idrogeologico e, quindi, per la finalità del presente Piano di riduzione degli apporti di fosforo al lago di Piediluco.

Nella tabella dei carichi di fosforo da fonti boschive, vengono evidenziate delle criticità per sottobacino determinate dall'erosione idrica stimata che raggiunge i corsi d'acqua e, quindi, dai relativi carichi di fosforo che accompagnano le particelle di suolo fino al Lago. Nell'ultima colonna vengono indicate le densità di carico di fosforo, ottenute dividendo il fosforo totale apportato al Lago da ogni singolo sottobacino per la superficie forestale ricadente nello stesso. In tal modo si evidenzia un grado di inefficienza della gestione dei terreni forestali che ricadono in alcuni sottobacini e che quindi potranno essere oggetto di sistemazioni idraulico forestali.

Una volta considerati i valori sopra esposti in termini relativi e, quindi, averli trattati qualitativamente, il dato quantitativo che è stato stimato per renderlo confrontabile con quello di altri comparti (civile, industriale, itticoltura) necessita di alcuni chiarimenti.

Innanzitutto, bisogna considerare che il fosforo proveniente dalle fonti diffuse viene trasportato e recapitato al Lago quasi esclusivamente legato alle particelle di suolo, e non come per altri comparti dove la maggior parte del fosforo rilasciato è in soluzione, e che da questo si separa difficilmente ed in tempi molto lunghi. Di questo andrà tenuto conto nelle priorità di azione nei diversi comparti.

Inoltre, anche in un bacino idrografico dove è presente un'agricoltura sostenibile ed una silvicoltura sostenibile, si avranno apporti di fosforo apparentemente elevati che devono essere considerati però come apporti naturali, intesi come apporti provenienti da un territorio antropizzato che non interferiscono negativamente con le risorse naturali ma che anzi sono fondamentali per il mantenimento degli ecosistemi di cui l'uomo e le sue attività fanno parte. Gran parte dei quantitativi stimati provenienti da fonti diffuse rientrano in questo contesto (quasi la totalità degli apporti da fonti boschive e, si stimano, circa 18 tonnellate come massimo per le fonti agro-zootecniche).

L'obiettivo, quindi, è di rendere le attività agro-zootecniche e forestali più sostenibili. Questo non vuol dire portare gli apporti di fosforo di questi settori a zero, cosa che sarebbe economicamente svantaggiosa, oltre che tecnicamente impossibile, ed addirittura in contrasto con il mantenimento di ecosistemi che utilizzano il fosforo come elemento essenziale, ma ridurli attraverso la messa in atto di attività che secondo le conoscenze scientifiche e tecnologiche, vengono ritenute compatibili con l'ambiente in cui sono inserite.

## CARICHI DI FOSFORO DAL TOTALE DELLE FONTI DIFFUSE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento	fosforo alla chiusura bacini (3%)	coeff. abbattimento nel percorso al Lago	coeff. di abbattimento dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso
	kg/anno	kg/anno			kg/anno
TEV-320-015	56.100	1.683	1,00	1,000	1.683
TEV-320-020	109.228	3.277	1,00	1,000	3.277
TEV-320-030	314.100	9.423	1,00	1,000	9.423
TEV-320-040-10	283.000	8.490	0,94	1,000	7.995
TEV-320-040-20	189.800	5.694	0,96	1,000	5.447
TEV-320-040-26	268.200	8.046	0,99	1,000	7.979
TEV-320-040-30**	183.600	2.754	0,99	1,000	2.731
TEV-320-040-40	41.300	1.239	1,00	1,000	1.239
TEV-320-050	180.900	5.427	1,00	1,000	5.427
TEV-320-080-05	112.400	3.372	0,90	0,075	228
TEV-320-080-06	8.500	255	0,90	0,075	17
TEV-320-080-10	41.700	1.251	0,90	0,075	84
TEV-320-080-20	156.700	4.701	0,92	0,075	325
TEV-320-080-25	2.435	73	0,92	0,075	5
TEV-320-080-30	93.300	2.799	0,95	0,075	200
TEV-320-080-40-50	97.700	2.931	0,95	0,075	210
TEV-320-080-45	63.900	1.917	0,96	0,075	138
TEV-320-080-50	45.700	1.371	0,98	0,075	100
TEV-320-080-60-30	32.226	967	0,94	0,075	68
TEV-320-080-60-40	126.500	3.795	0,96	0,075	273
TEV-320-080-60-50	137.700	4.131	0,98	0,075	302
TEV-320-080-65	40	1	0,98	0,075	0
TEV-320-080-66	254.800	7.644	0,99	0,075	568
TEV-320-080-67	83.700	2.511	1,00	0,075	188
TEV-320-080-69	174.600	5.238	1,00	1,000	5.238
	3.058.129	88.990			53.145

\*\* A causa di caratteristiche idrologiche e morfologiche il coefficiente di trasporto (seconda colonna) è ridotto da 3% ad 1,5%.

## CARICHI DI FOSFORO DA FONTI AGRO-ZOOTECNICHE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento kg/anno	fosforo alla chiusura bacini (3%) kg/anno	Superfici agricole (ha)	Densità di carico di fosforo * (chiusura sottobac.)	Coef. di abbattimento o nel percorso al Lago	Coef. di abbattimento o dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso kg/anno	Classi	Densità di carico di fosforo in funzione del lago
TEV-320-015	17.220	517	1.406	0,37	1,00	1,000	517	C	0,37
TEV-320-020	48.500	1.455	1.585	0,92	1,00	1,000	1.455	C	0,92
TEV-320-030	152.700	4.581	5.511	0,83	1,00	1,000	4.581	A	0,83
TEV-320-040-10	166.800	5.004	6.144	0,81	0,94	1,000	4.712	A	0,77
TEV-320-040-20	106.400	3.192	3.207	1,00	0,96	1,000	3.054	A	0,95
TEV-320-040-26	129.200	3.876	4.137	0,94	0,99	1,000	3.844	A	0,93
TEV-320-040-30**	128.600	1.929	5.554	0,35	0,99	1,000	1.913	B	0,34
TEV-320-040-40	11.700	351	603	0,58	1,00	1,000	351	C	0,58
TEV-320-050	82.600	2.478	3.267	0,76	1,00	1,000	2.478	B	0,76
TEV-320-080-05	53.690	1.611	2.743	0,59	0,90	0,075	109	D	0,04
TEV-320-080-06	3.000	90	492	0,18	0,90	0,075	6	D	0,01
TEV-320-080-10	21.600	648	1.564	0,41	0,90	0,075	44	D	0,03
TEV-320-080-20	67.000	2.010	3.929	0,51	0,92	0,075	139	D	0,04
TEV-320-080-25	400	12	15	0,78	0,92	0,075	1	D	0,05
TEV-320-080-30	46.300	1.389	1.817	0,76	0,95	0,075	99	D	0,05
TEV-320-080-40-50	37.100	1.113	1.993	0,56	0,95	0,075	80	D	0,04
TEV-320-080-45	23.500	705	1.307	0,54	0,96	0,075	51	D	0,04
TEV-320-080-50	32.200	966	1.814	0,53	0,98	0,075	71	D	0,04
TEV-320-080-60-30	12.600	378	345	1,09	0,94	0,075	27	D	0,08
TEV-320-080-60-40	42.700	1.281	1.401	0,91	0,96	0,075	92	D	0,07
TEV-320-080-60-50	64.100	1.923	2.430	0,79	0,98	0,075	141	D	0,06
TEV-320-080-65	20	1	3	0,21	0,98	0,075	0	D	0,02
TEV-320-080-66	134.800	4.044	5.557	0,73	0,99	0,075	300	C	0,05
TEV-320-080-67	42.200	1.266	1.586	0,80	1,00	0,075	95	D	0,06
TEV-320-080-69	44.700	1.341	1.493	0,90	1,00	1,000	1.341	C	0,90
Totali / indicatori	1.452.410	42.160	59.903	0,70			25.498		0,43

\*Densità di carico di fosforo massima sostenibile = 0,3 (corrispondente ad un'erosione stimata di 10 t/ha anno)

\*\*A causa di caratteristiche idrologiche e morfologiche il coefficiente di trasporto (seconda colonna) è ridotto da 3% ad 1,5%.

media	1.019,92
deviazione standard	1.521,68

Classe	N° Sottobacini	Tipologia di Classe
A	4	Carico molto alto
B	2	Carico alto
C	5	Carico medio
D	14	Carico basso
Totale	25	

PIANO STRALCIO PER LA SALVAGUARDIA DELLE ACQUE E DELLE SPONDE DEL LAGO DI PIEDILUCO

## CARICHI DI FOSFORO DA FONTI BOSCHIVE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento kg/anno	fosforo alla chiusura bacini (3%) kg/anno	Superfici bosco (ha)	Densità di carico di fosforo * (chiusura sottobac.)	abbattiment o nel percorso al	abbattiment o dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso kg/anno	Classi	Densità di carico di fosforo in funzione del lago
TEV-320-015	18.300	549	4.564	0,12	1,00	1.000	549	C	0,12
TEV-320-020	21.200	636	2.882	0,22	1,00	1.000	636	C	0,22
TEV-320-030	83.000	2.490	14.028	0,18	1,00	1.000	2.490	A	0,18
TEV-320-040-10	50.000	1.500	12.280	0,12	0,94	1.000	1.413	A	0,12
TEV-320-040-20	38.000	1.140	6.628	0,17	0,96	1.000	1.091	B	0,16
TEV-320-040-26	82.000	2.460	10.750	0,23	0,99	1.000	2.440	A	0,23
TEV-320-040-30**	33.000	495	8.186	0,06	0,99	1.000	491	C	0,06
TEV-320-040-40	19.000	285	3.493	0,08	1,00	1.000	285	C	0,08
TEV-320-050	54.000	1.620	7.376	0,22	1,00	1.000	1.620	A	0,22
TEV-320-080-05	25.200	756	6.826	0,11	0,90	0,075	51	D	0,01
TEV-320-080-06	2.000	60	1.025	0,06	0,90	0,075	4	D	0,00
TEV-320-080-10	8.400	252	3.269	0,08	0,90	0,075	17	D	0,01
TEV-320-080-20	58.300	1.749	11.561	0,15	0,92	0,075	121	D	0,01
TEV-320-080-25	200	6	103	0,06	0,92	0,075	0	D	0,00
TEV-320-080-30	21.000	630	6.777	0,09	0,95	0,075	45	D	0,01
TEV-320-080-40-50	26.000	780	8.420	0,09	0,95	0,075	56	D	0,01
TEV-320-080-45	12.000	360	5.041	0,07	0,96	0,075	26	D	0,01
TEV-320-080-50	3.000	90	496	0,18	0,98	0,075	7	D	0,01
TEV-320-080-60-30	9.450	284	2.177	0,13	0,94	0,075	20	D	0,01
TEV-320-080-60-40	33.000	990	6.964	0,14	0,96	0,075	71	D	0,01
TEV-320-080-60-50	33.000	990	7.075	0,14	0,98	0,075	72	D	0,01
TEV-320-080-65	5	0	3	0,04	0,98	0,075	0	D	0,00
TEV-320-080-66	29.000	870	4.890	0,18	0,99	0,075	65	D	0,01
TEV-320-080-67	18.000	540	4.136	0,13	1,00	0,075	41	D	0,01
TEV-320-080-69	38.000	1.140	5.714	0,20	1,00	1.000	1.140	B	0,20

### 6.3 Le criticità da carichi di fosforo da ittiocoltura

Utilizzando l'approccio metodologico indicato nel capitolo 5, paragrafo 5.2, sono stati stimati i carichi di fosforo apportati da ciascun impianto intensivo di trote, facendo delle opportune verifiche incrociate tra specchi d'acqua d'allevamento, quantità di mangimi utilizzati e capi allevati.

I risultati delle elaborazioni sono visibili nelle tabelle che seguono e nella "Tavola dei carichi di fosforo da ittiocoltura".

Gli allevamenti intensivi sono risultati 15, concentrati in 6 sottobacini del bacino del fiume Nera ed in due del bacino del fiume Velino.

Dalle elaborazioni effettuate sono emersi alcuni grandi apporti di fosforo ai corsi d'acqua dagli impianti di dimensioni maggiori, con carichi stimati che vanno dalle 3,6 alle 6 tonnellate/anno ed un carico totale alla chiusura di 5 sottobacini (TEV-320-015, TEV-320-030, TEV-320-040-040, TEV-320-080-30, TEV-320-080-66) che risulta estremamente alto.

Per evidenziare l'effettivo contributo di apporto di fosforo al lago di Piediluco, i carichi potenziali sono stati leggermente diminuiti in funzione della distanza dal lago e fortemente abbattuti in considerazione dell'attuale regimazione delle acque del Velino che raggiungono il lago.

In tal modo, si evidenzia una criticità potenziale ed una effettiva di apporti di fosforo al lago dai diversi sottobacini.

Carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Umbria.

N.	Ditta	Tipo di allevamento	Comune	Superficie sommersa (mq)	Stima dei capi allevati in base al mangime (peso medio annuo in quintali)	Stima dei capi allevati in base al volume d'acqua (peso medio annuo in quintali)	stima mangime necessario (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	Ittica Tranquilli	avannotteria trota	Norcia	1.281	167	128	200	0,10
2	Ittica Tranquilli	intensivo di trota	Preci	9.600	1.099	1.920	2.304	1,15
3	Ittica Tranquilli	intensivo di trota con stoccaggio e lavorazione	Preci	17.200	2.006	3.440	4.128	2,06
4	Santocore S.n.c.	intensivo di trota	Cerreto di Spoleto	4.950	797	990	1.188	0,59
5	Eredi Rossi	avannotteria trota	Norcia	6.716	208	672	806	0,40
6	Eredi Rossi	intensivo di trota	Norcia	28.864	6.667	7.216	8.659	4,33
7	Epifani	intensivo di trota	Preci	3.500	294	700	840	0,42
8	Fraschetti	intensivo di trota	Norcia	2.650	25	530	636	0,32
9	Società Vigi - Pesca Sportiva	pesca sportiva (con due bacini di lagunaggio allo scarico)	Sellano	-	-	-	-	-
							<b>TOTALE</b>	<b>9</b>

Carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Marche.

N.	Ditta	Tipo di allevamento	Comune	Superficie sommersa (mq)	Stima dei capi allevati (peso medio annuo in quintali)	stima mangime necessario (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	Cherubini S.n.c.	avannotteria trota (che fornisce gli altri impianti di proprietà)	Castel Sant'Angelo sul Nera	-	1.800	2.160	1,08
2	Cherubini S.n.c.	intensivo trota	Visso	30.000	6.000	7.200	3,60
3	Eredi Cherubini di Biagi Giuseppe	intensivo trota	Visso	15.000	3.000	3.600	1,80
4	Ittica Tranquilli	intensivo trota con stoccaggio e lavorazione	Visso	4.500	2.000	2.400	1,20
						<b>TOTALE</b>	<b>8</b>

Carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano nel territorio della regione Lazio.

N.	Ditta	Tipo di allevamento	Comune	Superficie sommersa (mq)	Capi allevati (peso medio annuo in quintali)	Consumo medio di mangime (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	Fausto Serva	estensivo di trota e pesca turistica	Rivodutri	500	20	0	-
2	Troticoltura Castel Angelo S.r.l.	intensivo trota	Cittaducale	24.000	10.000	12.000	6,00
3	Nuova Azzurro S.r.l.	intensivo trota	Colli sul Velino	-	6.000	8.000	4,00
4	SAIF S.r.l.	intensivo trota	Rivodutri	-	2.500	3.500	1,75
						<b>TOTALE</b>	<b>12</b>

SOTTOBACINO	fosforo nei sottobacini kg/anno	Coeff. abbattimento nel percorso al Lago	Coeff. di abbattimento dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso kg/anno
TEV-320-015	4.680	1,00	1,00	4.680
TEV-320-020	1.800	1,00	1,00	1.800
TEV-320-030	4.936	1,00	1,00	4.936
TEV-320-040-10	0	0,94	1,00	0
TEV-320-040-20	0	0,96	1,00	0
TEV-320-040-26	0	0,99	1,00	0
TEV-320-040-30	721	0,99	1,00	715
TEV-320-040-40	4.330	1,00	1,00	4.330
TEV-320-050	594	1,00	1,00	594
TEV-320-080-05	0	0,90	0,075	0
TEV-320-080-06	0	0,90	0,075	0
TEV-320-080-10	0	0,90	0,075	0
TEV-320-080-20	0	0,92	0,075	0
TEV-320-080-25	0	0,92	0,075	0
TEV-320-080-30	6.000	0,94	0,075	422
TEV-320-080-40-50	0	0,95	0,075	0
TEV-320-080-45	0	0,96	0,075	0
TEV-320-080-50	0	0,98	0,075	0
TEV-320-080-60-30	0	0,94	0,075	0
TEV-320-080-60-40	0	0,96	0,075	0
TEV-320-080-60-50	0	0,98	0,075	0
TEV-320-080-65	0	0,98	0,075	0
TEV-320-080-66	5.750	0,99	0,075	425
TEV-320-080-67	0	1,00	0,075	0
TEV-320-080-69	0	1,00	1,00	0
<b>Totali</b>	<b>28.811</b>			<b>17.902</b>

Classe	N° Sottobacini	Tipologia di Classe
A	3	Carico estremamente alto
B	1	Carico alto
C	4	Carico medio
D	0	Carico basso
<b>Totale</b>	<b>8</b>	

*Mitigazioni degli effetti negativi del fosforo sull'ambiente mediante accorgimenti gestionali degli impianti di ittiocoltura.*

Alcuni effetti negativi sull'ambiente possono essere limitati da opportune scelte gestionali. A titolo di esempio si riportano di seguito alcune possibili soluzioni integrabili tra loro:

- adozione di mangimi a basso impatto ambientale (sostanze non immediatamente solubili, ecc.);
- utilizzo di tecniche distributive di mangime che evitino sprechi;
- limitare al necessario l'uso di prodotti igienico-sanitari e utilizzarli con tecniche adeguate;
- asportazione periodica del sedimento a fondo vasca previa indagine sul suo possibile uso successivo (es. fertilizzante agricolo, uso energetico);
- vasche o bacini di lagunaggio ben dimensionati e contenenti fitodepuranti, specie di pesci spazzini (carpe, ecc., per acqua dolce);
- utilizzo di sistemi di filtraggio;
- buona gestione dei rifiuti (pesci morti compresi).

Per gli impianti a terra l'utilizzo di filtri all'uscita dell'acqua dall'impianto, oltre al costo del materiale, determina delle perdite di carico nel sistema idraulico con conseguente necessità di aumentare i costi energetici per il pompaggio.

Tentativi innovativi sono rappresentati dalla fitodepurazione cercando di riprodurre le attività di quegli ambienti naturali che sono le zone umide.

Oltre ad applicare alcuni accorgimenti nella gestione degli impianti, al fine di limitare l'impatto sull'ambiente, è necessaria una continua opera di monitoraggio che comprenda anche le acque in entrata e quelle in uscita dall'impianto.

### **6.3 Le criticità da carichi di fosforo dal comparto civile - industriale.**

La definizione degli ambiti "C", critici per apporti di fosforo provenienti da scarichi civili e industriali, è stata effettuata con l'obiettivo di individuare delle porzioni di territorio (zone) da sottoporre ad una normativa restrittiva ed a interventi prioritari, relativamente al sistema di collettamento e di depurazione dei reflui.

I risultati delle elaborazioni, svolte come indicato nel paragrafo 5.3, sono riportati nella tabella seguente che contiene sia i carichi di fosforo civile-industriale prodotti dai sottobacini, indipendentemente dalla

posizione degli stessi rispetto al lago, sia i carichi effettivamente recapitati al lago di Piediluco, in relazione alla distanza dei sottobacini dal lago.

Per quanto riguarda il bacino del Nera, per distanza dal lago si intende la distanza tra la chiusura del sottobacino e ciascun punto di presa del Canale medio Nera:

SOTTOBACINO	DISTANZA DAL LAGO (km)	P CIVILE-INDUSTRIALE PRODOTTO (KG/ANNO)	P CIVILE-INDUSTRIALE RECAPITATO AL LAGO (KG/ANNO)
TEV-320-015	0	991	991
TEV-320-020	0	994	994
TEV-320-030	0	5416	5416
TEV-320-040-10	35	624	602
TEV-320-040-20	26	810	789
TEV-320-040-26	5	1189	1183
TEV-320-040-30	7	6250	6207
TEV-320-040-40	0	353	353
TEV-320-050	0	870	870
<b>TOTALE NERA</b>		<b>17496</b>	<b>17404</b>
TEV-320-080-05	60	874	62
TEV-320-080-06	60	1	0
TEV-320-080-10	60	1502	106
TEV-320-080-20	47	1007	72
TEV-320-080-25	46	0	0
TEV-320-080-30	28	2800	204
TEV-320-080-40-50	28	1604	117
TEV-320-080-45	25	880	64
TEV-320-080-50	15	10248	757
TEV-320-080-60-30	36	611	44
TEV-320-080-60-40	25	2291	168
TEV-320-080-60-50	15	4710	348
TEV-320-080-65	15	0	0
TEV-320-080-66	6	4673	348
TEV-320-080-67	0	852	64
TEV-320-080-69	0	1450	1450
<b>TOTALE BACINO</b>		<b>33502</b>	<b>3805</b>
<b>TOTALE PIANO</b>		<b>50998</b>	<b>21209</b>

Il carico stimato di fosforo che arriva dunque al lago di Piediluco risulta essere di 21,2 tonnellate/anno: di queste, la maggior parte, l'82%, proviene dal bacino del Nera, mentre le restanti, il 18%, provengono dal bacino del Velino. Il risultato, come si vede mettendo a confronto i carichi specifici prodotti da ciascun sottobacino e i carichi effettivamente recapitati nel bacino del Velino, risente fortemente dell'attuale regimazione della portata del fiume Velino a scopi idroelettrici.

Il Velino infatti, come noto, entra nel lago per 9 ore al giorno e con il 20% della sua portata. Ne consegue che i carichi in arrivo al lago sono ulteriormente ridotti di un coefficiente pari a 0,075.

In una prima fase, al fine di rappresentare sulla carta le zone critiche, i valori dei carichi recapitati al lago sono stati aggregati in classi individuate applicando all'insieme dei valori il metodo della deviazione standard.

I risultati della classificazione sono indicati nella tabella che segue. Si ricorda che il sottobacino TEV 320-080-69, in quanto bacino naturale del lago, è stato classificato autonomamente come ambito B e risulta sottoposto, relativamente a tutti i settori produttori di fosforo, ad una disciplina specifica per l'ambito.

SOTTOBACINO	DISTANZA DAL LAGO (km)	P CIVILE-INDUSTRIALE RECAPITATO AL LAGO (KG/ANNO)	CLASSE DI CRITICITÀ	ZONA CRITICA
TEV-320-015	0	991	B	C1B
TEV-320-020	0	994	B	C1B
TEV-320-030	0	5416	A	C1A
TEV-320-040-10	35	602	D	
TEV-320-040-20	26	789	C	
TEV-320-040-26	5	1183	B	C1B
TEV-320-040-30	7	6207	A	C1A
TEV-320-040-40	0	353	D	
TEV-320-050	0	870	B	C1B
TOTALE NERA		17404		
TEV-320-080-05	60	62	D	
TEV-320-080-06	60	0	D	
TEV-320-080-10	60	106	D	
TEV-320-080-20	47	72	D	
TEV-320-080-25	46	0	D	
TEV-320-080-30	28	204	D	
TEV-320-080-40-50	28	117	D	
TEV-320-080-45	25	64	D	
TEV-320-080-50	15	757	C	
TEV-320-080-60-30	36	44	D	
TEV-320-080-60-40	25	168	D	
TEV-320-080-60-50	15	348	D	
TEV-320-080-65	15	0	D	
TEV-320-080-66	6	348	D	
TEV-320-080-67	0	64	D	
TEV-320-080-69	0	1450	D	AMBITO B
TOTALE VELINO		3805		
TOTALE BACINO		21209		

La determinazione degli intervalli di classe e dei loro limiti ha portato ad una prima definizione e successiva delimitazione di due tipologie di ambito critico C, le zone C1A e C1B, che sono state così definite:

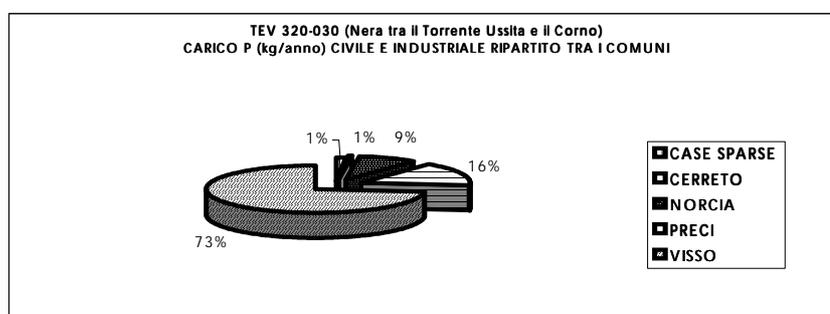
- Zona C1A, costituita dai sottobacini i cui scarichi vengono direttamente recapitati al lago attraverso il Canale Medio-Nera. In questa zona l'elevata produzione di fosforo combinata alla distanza resa artificialmente nulla dal lago, determinano la condizione di criticità;

- Zona C1B, costituita dai sottobacini i cui scarichi vengono direttamente recapitati al lago attraverso il Canale Medio-Nera. In questa zona una produzione di fosforo inferiore a quella che si ha nel caso precedente, ma sempre combinata alla distanza resa artificialmente nulla dal lago, determinano una condizione di criticità.

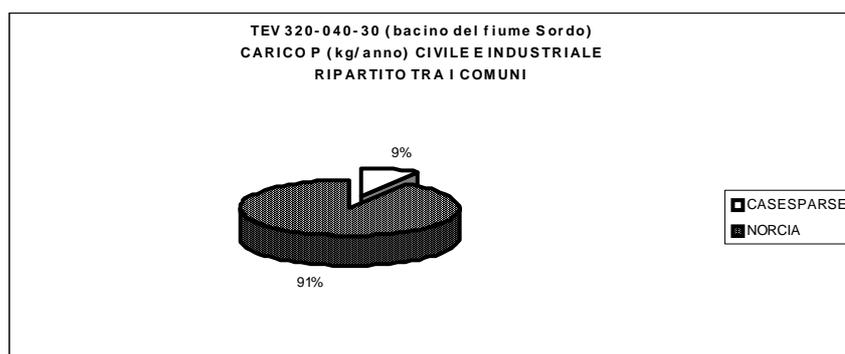
Risultano dunque essere fortemente critici per carico da fosforo civile-industriale i sottobacini del Nera TEV-320-030 (bacino del Fiume Nera dal torrente Ussita al fiume Corno escluso) e il sottobacino TEV-320-40-30 (bacino del Fiume Corno fino al fiume Sordo incluso, bacino del fiume Sordo): in essi si realizzeranno prioritariamente gli interventi volti al miglioramento della qualità degli scarichi.

Analizzando il dettaglio dei 2 sottobacini è possibile evidenziare quelle porzioni dei comuni che, all'interno del sottobacino, sono maggiormente responsabili della pressione sul territorio, in relazione alla densità abitativa e allo stato della depurazione e del collettamento.

Per quanto riguarda il sottobacino TEV 320-030, come mostrato nella figura che segue, risulta che il 73% del carico totale del sottobacino proviene da Visso: in questo comune infatti le acque reflue sono attualmente sottoposte esclusivamente a trattamenti di chiarificazione in fosse settiche o in fosse Imhoff e nel Capoluogo è attualmente in funzione un grande impianto di depurazione biologico a servizio del mattatoio comunale. Inoltre il 16% del carico proviene da Preci, mentre Norcia contribuisce in minima parte poiché solo una parte del suo territorio ricade in questo sottobacino.



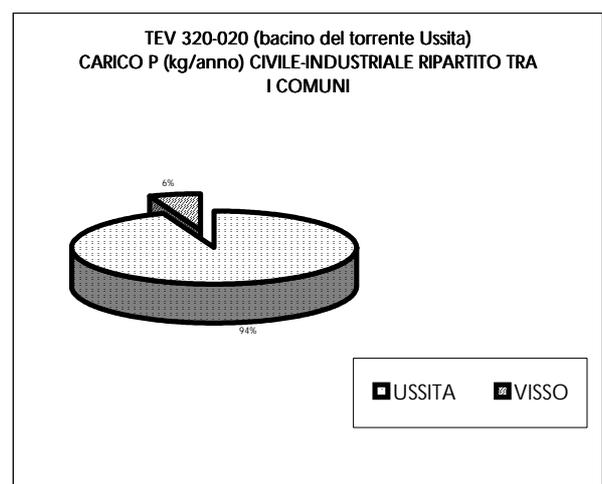
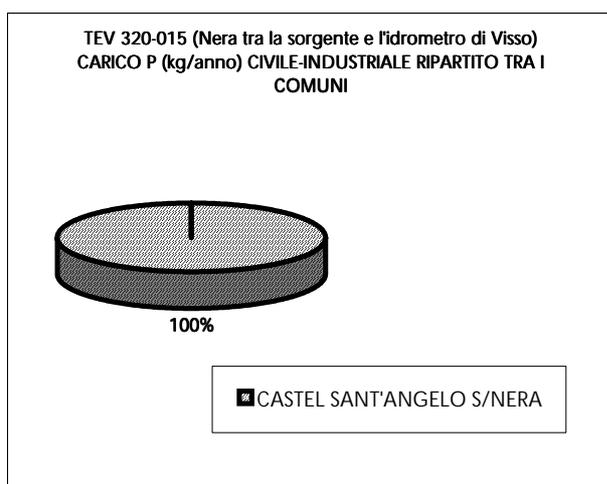
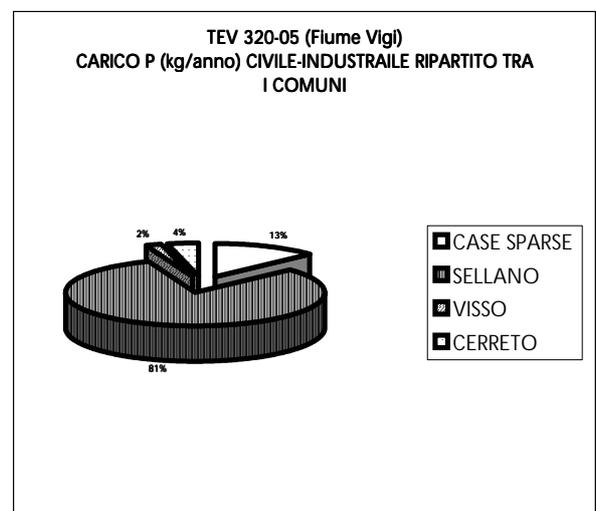
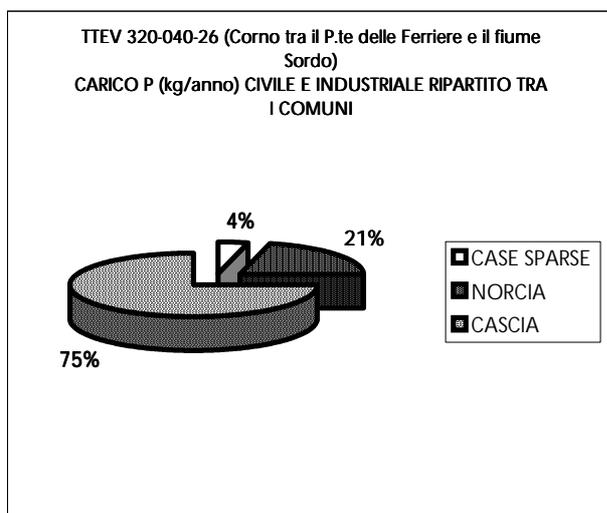
Nel sottobacino TEV 320-040-30, l'unico comune responsabile della produzione di fosforo è Norcia; su questa parte di territorio insiste infatti un grosso depuratore che è stato dimensionato per trattare i



reflui prodotti da 19000 A.E., di cui una parte di origine industriale .

I restanti sottobacini del Nera, ad eccezione dei sottobacini TEV-320-040-10 e TEV-320-040-20, che sono distanti dai punti di presa del canale, e del sottobacino TEV-320-040-40 che è scarsamente abitato, sono stati definiti come zone C1B. In essi sarà applicata una normativa più leggera rispetto ai C1A, ma ugualmente mirata all'adeguamento degli impianti di depurazione relativamente ai trattamenti di defosfatazione.

Il dettaglio dei 4 sottobacini, relativamente ai comuni maggiormente responsabili della produzione di fosforo, è illustrato nei grafici che seguono:



I principali comuni maggiormente interessati dall'applicazione della normativa per le zone C1b sono Norcia, Sellano, Castel Sant'Angelo sul Nera e Visso.

Al fine di porre l'attenzione sul territorio della Regione Lazio ricadente nell'area di Piano, in particolare su quei sottobacini del Velino altamente produttori di fosforo, è stata determinata una seconda

classificazione dei sottobacini, applicando il metodo della deviazione standard alla serie dei valori di fosforo intrinsecamente prodotto da ciascun sottobacino. I risultati sono di seguito riportati:

SOTTOBACINO	DISTANZA DAL LAGO (km)	P CIVILE-INDUSTRIALE PRODOTTO (KG/ANNO)	CLASSE DI CRITICITÀ	ZONA CRITICA
TEV-320-015	0	991	D	
TEV-320-020	0	994	D	
TEV-320-030	0	5416	A	
TEV-320-040-10	35	624	D	
TEV-320-040-20	26	810	D	
TEV-320-040-26	5	1189	D	
TEV-320-040-30	7	6250	A	
TEV-320-040-40	0	353	D	
TEV-320-050	0	870	D	
<b>TOTALE NERA</b>		<b>17496</b>		

TEV-320-080-05	60	874	D	
TEV-320-080-06	60	1	D	
TEV-320-080-10	60	1502	C	
TEV-320-080-20	47	1007	D	
TEV-320-080-25	46	0	D	
<b>TEV-320-080-30</b>	<b>28</b>	<b>2800</b>	<b>B</b>	<b>C2B</b>
TEV-320-080-40-50	28	1604	C	
TEV-320-080-45	25	880	D	
<b>TEV-320-080-50</b>	<b>15</b>	<b>10248</b>	<b>A</b>	<b>C2A</b>
TEV-320-080-60-30	36	611	D	
<b>TEV-320-080-60-40</b>	<b>25</b>	<b>2291</b>	<b>B</b>	<b>C2B</b>
<b>TEV-320-080-60-50</b>	<b>15</b>	<b>4710</b>	<b>A</b>	<b>C2A</b>
TEV-320-080-65	15	0		
<b>TEV-320-080-66</b>	<b>6</b>	<b>4673</b>	<b>A</b>	<b>C2A</b>
TEV-320-080-67	0	852	D	
TEV-320-080-69	0	1450		<b>AMBITO B</b>
<b>TOTALE VELINO</b>		<b>33502</b>		
<b>TOTALE BACINO</b>		<b>50998</b>		

La determinazione degli intervalli di classe e dei loro limiti ha portato ad una definizione e successiva delimitazione di due ulteriori tipologie di ambito critico C, le zone C2A e C2B, che sono state così definite:

- Zona C2A costituita da tre sottobacini del fiume Velino in cui molto rilevante è la produzione di fosforo, a causa di una più elevata densità abitativa e industriale. Il carico prodotto però solo in minima parte incide sulla qualità delle acque del lago, in relazione alla regimazione delle acque del Velino in ingresso al lago stesso. In questa zona è l'entità del carico generato che determina la condizione di criticità.
- Zona C2B costituita da due sottobacini del fiume Velino in cui rilevante è la produzione di fosforo, ma, come per le zone C2A, il carico prodotto solo in minima parte incide sulla qualità delle acque del lago in relazione alla regimazione delle acque del Velino in ingresso al lago

stesso. In questa zona è l'entità del carico generato che determina la condizione di criticità, che risulta essere inferiore a quella delle zone C2A a causa di un minore carico generato combinato con una distanza dal lago che risulta superiore a 25 km.

Relativamente alla normativa da applicare su queste zone, si sottolinea come l'attenzione si sia concentrata solo su impianti con potenzialità maggiore di 1000 abitanti equivalenti: questo in considerazione del fatto che interventi su piccoli impianti porterebbero dei benefici praticamente nulli sulla qualità delle acque del lago, sproporzionati ai costi da sostenere per gli interventi.

In particolare, alle zone C2A viene applicata una normativa essenzialmente analoga a quella relativa alle zone C1B; questo considerando che i tre sottobacini TEV-320-080-50 (Velino da Ponte Nuovo di Rieti fino alla confluenza con il fiume Turano escluso), TEV-320-080-60-50 (fiume Turano, dal Ponte Turano della via Quinzia alla confluenza con il Velino) e TEV-320-080-66 (fiume Velino dalla stazione idrometrica di Terria alla confluenza con il Canale di Santa Susanna incluso, compresi i laghi di Lago Lungo e Ripa sottile), sono fisicamente contigui, sono relativamente vicini al lago e costituiscono idealmente un unico bacino recapitante al lago di Piediluco una quantità di fosforo analoga a quella prodotta dai sottobacini C1B.

Ai sottobacini TEV-320-080-30 (fiume Velino dalla stazione di Antrodoco fino alla confluenza con il fiume Salto escluso) e TEV-320-080-60-40 (fiume Turano dal Ponte di Rocca Sinibalda fino al Ponte Turano), che costituiscono le zone C2B, viene applicata una normativa che richiede l'adeguamento o la realizzazione di impianti di depurazione solo ai maggiori centri di produzione del fosforo (impianti maggiori di 2000 abitanti equivalenti), nell'ottica di un rapporto conveniente costi da sostenere/benefici ricavabili.

I principali comuni le cui porzioni di territorio ricadono nelle zone C2A sono: Rieti, Contigliano, Monte San Giovanni in Sabina, Cantalice, Morro Reatino, Colli sul Velino e Rivodutri.

I principali comuni le cui porzioni di territorio ricadono nelle zone C2B sono: Borgovelino, Antrodoco, Castel Sant' Angelo, Belmonte in Sabina, Rieti, Rocca Sinibalda e Torricella in Sabina.

## 7. ANALISI IDROLOGICA E DEI CARICHI DI FOSFORO VEICOLATI DALLA RETE IDRICA SULLA BASE DEI DATI DI MONITORAGGIO

In questo capitolo viene esposta la metodologia adottata ed i risultati conseguiti, che hanno permesso di stimare l'apporto medio di fosforo totale al lago di Piediluco ed individuare i contributi dei singoli sottobacini. L'analisi effettuata non permette di distinguere l'origine del fosforo, ma di stimare i quantitativi che transitano per determinate sezioni del reticolo idrografico. Dal confronto fra il deflusso istantaneo e la concentrazione, una volta noto lo schema della circolazione idrica naturale ed artificiale (portate naturali e loro regime, portate derivate, rilasci) è stato possibile stimare i contributi di fosforo totale veicolati dalle singole aste del reticolo, per le quali si dispone dei dati necessari.

Dagli studi effettuati precedentemente risulta che il problema dell'eutrofizzazione del lago di Piediluco è dovuto essenzialmente al fosforo e che il vettore principale di adduzione è il Nera, artificialmente immesso nel lago tramite il Canale medio Nera, mentre il Velino contribuisce, dal punto di vista idraulico, con circa  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (circa il 20% della portata media, pari a  $47 \text{ m}^3/\text{s}$ ) per 9 ore/giorno.

Dato lo scarso tempo a disposizione le analisi svolte si sono quindi concentrate sul bacino del medio Nera, che è stato studiato nel dettaglio, mentre il bacino del Velino è stato trattato per il momento in modo globale. Un'analoga analisi sul bacino idrografico del Velino, Salto e Turano potrà essere presa in considerazione come approfondimento in una fase successiva.

Dati considerati:

- dati di qualità dell'ASL di Terni e di Rieti: concentrazione P totale (circa 6 campagne per anno, dal 1996 al 2000)
- Carta Ittica della Regione Umbria 1986 (2 campagne nel 1986): portata liquida e concentrazione P totale
- Carta Ittica della Regione Umbria 1996 (1 campagna nel 1990): portata liquida e concentrazione P totale
- dati di portata del Servizio Idrografico Nazionale
- dati di portata regionalizzata (Programma Tiber, ABT)
- altri dati di portata pubblicati

### 7.1 Modalità di trasporto del fosforo veicolato dalla rete idrica naturale e artificiale

E' stato ricostruito lo schema della circolazione idrica superficiale e delle derivazioni idroelettriche gestite dall'ENEL nel bacino del Nera a monte del Canale medio Nera

Il trasporto del fosforo da parte delle acque superficiali può avvenire con modalità differenti a seconda che si consideri:

- 1) il fosforo sversato direttamente nella rete idrica (scarichi fognari, industriali, ittiocolture, etc...)
- 2) il fosforo diffuso sui versanti, derivante prevalentemente dalle pratiche agricole (fertilizzazione)

Nel primo caso (scarichi puntuali) si tratta di fosforo che si muove in soluzione e viene veicolato dalle acque che alimentano durante tutto l'anno la portata del corso d'acqua (flusso di base), con regime molto stabile nella zona in studio. In prima approssimazione si può assumere che questo quantitativo di P sia costante durante l'anno (benché la concentrazione del P anche con portata costante possa variare sensibilmente, ad esempio in funzione del numero di abitanti, che varia stagionalmente, o dell'attività degli impianti ittiogenici).

Nel secondo caso (scarichi diffusi) il fosforo si lega ai minerali argillosi che compongono i suoli e viene trasportato verso valle dalle acque di ruscellamento superficiale. Questo processo di trasporto avviene in modo impulsivo durante i periodi piovosi, pertanto il fosforo di provenienza agricola interessa la rete della circolazione in modo discontinuo.

In sintesi, la concentrazione di P in un campione di acque fluviali prelevato in periodi non influenzati dalle precipitazioni (nell'area in studio, ad alcuni giorni di distanza dalle ultime piogge) sarà da attribuirsi al fosforo derivante da scarichi puntuali nella rete idrica; viceversa un campionamento effettuato durante un periodo di piena sarà caratterizzato da un contenuto di P totale derivante anche dall'uso del suolo.

## 7.2 Metodologia di analisi utilizzata

Per valutare l'apporto di P di ciascun sottobacino si è pensato di confrontare la concentrazione del P totale con la portata della sezione misurati contemporaneamente; in tal modo si può stimare, a meno dell'errore della misura, il quantitativo istantaneo di fosforo che sta transitando nella sezione al momento del prelievo.

In base a quanto esposto sopra sulle modalità di trasporto del fosforo da parte delle acque superficiali, si evince che la concentrazione di questo può variare nel tempo, sia in funzione della variabilità delle attività "produttrici", sia in funzione del regime del deflusso. In particolare nei periodi di magra il fosforo trasportato deriva prevalentemente o unicamente da scarichi di tipo puntuale, nei periodi di piena a questo quantitativo si somma il fosforo derivante dalle attività agricole o comunque dal dilavamento dei versanti.

Pertanto è sembrato più corretto identificare un valore di concentrazione media ed un valore della portata media, per valutare dal prodotto dei due l'apporto medio annuo del bacino sotteso dalla sezione di misura considerata.

I dati di concentrazione del P utilizzati non permettono di distinguere se il campionamento era stato effettuato in periodi di magra oppure in periodi influenzati dal ruscellamento superficiale, poiché manca l'idrogramma della portata giornaliera; pertanto, laddove si disponeva di una serie storica di dati (misure delle ASL di Terni e di Rieti), i valori di tendenza centrale (media e mediana) delle misure sono stati considerati rappresentativi della concentrazione media del fosforo totale. Per valutare l'apporto totale di fosforo la concentrazione media così valutata è stata moltiplicata per la portata media della sezione, nota o desunta sulla base dello schema della circolazione.

Si ottengono pertanto due valori di fosforo in tonn/anno, relativi alla media aritmetica o alla mediana delle misure; occorre notare come la media aritmetica sia fortemente influenzata anche da un unico picco della concentrazione, e pertanto potrebbe sovrastimare l'apporto. Viceversa il quantitativo calcolato a partire dalla mediana, valore che meglio rappresenta "il flusso di base" del fosforo, sembra generalmente più adatto alle valutazioni in oggetto.

Nei casi in cui si disponeva di poche misure contemporanee di P e di portata (dati della Carta Ittica della Regione Umbria, da 1 a 3 campagne in 19 stazioni nel bacino del medio Nera) si è calcolato l'apporto istantaneo, e tale dato confrontato col quadro generale emerso dai dati delle ASL, considerato più "robusto" poiché si basa su serie storiche sufficienti a definire dei valori medi. I dati della Carta Ittica, pur con le dovute cautele poiché si tratta di un numero di campagne di misura esiguo, permettono di dettagliare ulteriormente lo schema di provenienza del fosforo.

### **7.3 Schema della circolazione e stima dei carichi nel Canale medio Nera e nel bacino del Nera a monte del canale**

La portata media derivata dal Canale medio Nera è stata stimata in 15 m<sup>3</sup>/s (studi precedenti dell'ABT). Il CmN è alimentato da 5 derivazioni:

- 1) Nera a Ponte Chiusita. E' ubicata a valle della confluenza col Campiano e deriva quasi la totalità delle acque provenienti da monte.
- 2) Nera a Triponzo: preleva l'incremento di portata fra Ponte Chiusita e Triponzo.
- 3) Stazione di pompaggio di Borgo Cerreto: deriva l'ulteriore incremento di portata del Nera e del Corno nelle gole di Triponzo
- 4) Corno: preleva le acque del Corno e del Sordo.
- 5) Vigi a Ponte Sargano: preleva le acque del bacino del Vigi e del Torrente Argentina (rilascio della sorgente Argentina).

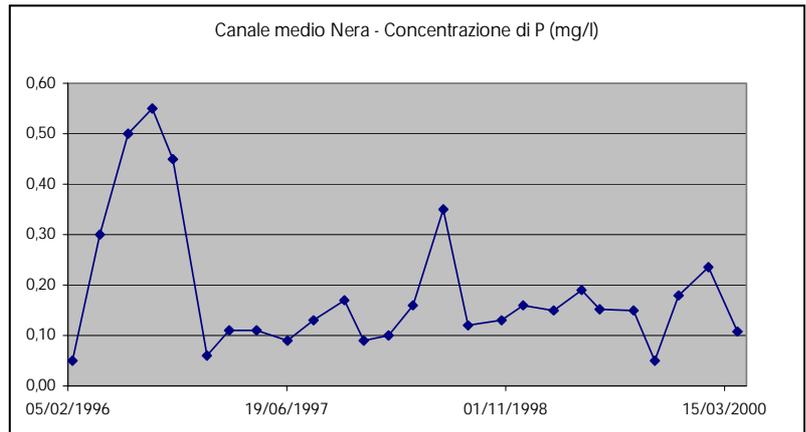
Il bacino di alimentazione del CmN è stato suddiviso in bacini minori in funzione delle stazioni di monitoraggio disponibili, che verranno descritti singolarmente nel seguito. Per ogni bacino minore è indicata la corrispondenza con i 181 sottobacini del Servizio Idrografico Nazionale.

#### **Canale medio Nera**

Allo sbocco del C.m.N. nel lago esiste una stazione di monitoraggio dell' ASL di Terni, in cui vengono determinati i parametri di qualità delle acque fra cui il fosforo totale.

I dati considerati (concentrazione del P totale dal 1996 al 2000) sono mostrati nella figura seguente. Si osserva, dopo un forte picco con valori superiori a 0,5 mg/l, un graduale incremento della concentrazione del P totale, che passa da valori di poco superiori a 0,05 mg/l a valori prossimi o superiori ai 0,20 mg/l. La media aritmetica di questi valori è di 0,19 mg/l. Le statistiche sono mostrate nella tabella.

<b>Campioni</b>	<b>25</b>
<b>Media</b>	<b>0,19 mg/l</b>
<b>Moda</b>	<b>0,05 mg/l</b>
<b>Mediana</b>	<b>0,15 mg/l</b>
<b>Dev. Standard</b>	<b>0,13 mg/l</b>
<b>Minimo</b>	<b>0,05 mg/l</b>
<b>Massimo</b>	<b>0,55 mg/l</b>



#### Stima del fosforo in ingresso a Piediluco dal Canale medio Nera

Gli studi effettuati dalla Provincia di Terni hanno stimato un carico di fosforo totale in ingresso a Piediluco dal Canale medio Nera e dal Velino pari a 55 tonn/anno.

In base ai valori di concentrazione del P totale determinati dall'ASL di Terni il carico in ingresso al lago risulta superiore, pari a:

1. circa **90 tonn/anno**, considerando la portata media derivata ( $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ed una concentrazione media del fosforo pari alla media aritmetica delle misure (0,19 mg/l);
2. circa **70 tonn/anno**, considerando sempre la portata media e la mediana delle misure della concentrazione (0,15 mg/l).

#### **Stazione di pompaggio di Borgo Cerreto**

Deriva l'ulteriore incremento della portata del Nera e del Corno a valle delle derivazioni di Triponzo (Nera) e di Case Volpetti (Corno), dovuto alle sorgenti ubicate nelle gole di Triponzo.

Non sono disponibili dati di qualità per questo settore ma, considerata l'elevata portata delle sorgenti ( $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) in un tratto così breve ed un bacino idrografico ridottissimo si può ritenere che la concentrazione del P sia estremamente bassa.

### Nera e Ussita a monte di Visso

Sottobacini TEV-320-020 e TEV-320-015

Al momento non si dispone di alcun dato sulla concentrazione del fosforo in questi sottobacini; pertanto non è possibile quantificare l'apporto di questo settore del bacino.

Si sottolinea peraltro che la portata di questo settore del Nera viene derivata in condotta per uso idroelettrico quasi totalmente appena a valle dell'abitato di Visso, restituita in alveo a Ponte Chiusita e derivata nuovamente dal Canale medio Nera poche decine di metri più a valle; pertanto l'eventuale carico di fosforo proveniente da questo settore ha una limitatissima possibilità di decadimento.

### Nera fra Visso e Triponzo

Quest'area corrisponde alla parte del sottobacino TEV-320-030 (63%) escluso bacino del Campiano.

La portata che defluisce in questo tratto è costituita dal rilascio della derivazione ENEL di Visso e dall'incremento di portata dovuto alle sorgenti ubicate in questo tratto, oltre all'eventuale ruscellamento superficiale del sottobacino nei periodi piovosi.

Appena a valle della confluenza col Campiano un'ulteriore derivazione ENEL preleva nuovamente quasi la totalità della portata, compreso il contributo del Campiano ed il rilascio della derivazione di Visso, per immetterla definitivamente nel CmN.

Vengono analizzati separatamente i due tratti dell'asta del nera: a) da Visso a Ponte Chiusita (a monte della confluenza con il Campiano); b) dalla confluenza con il Campiano a Triponzo.

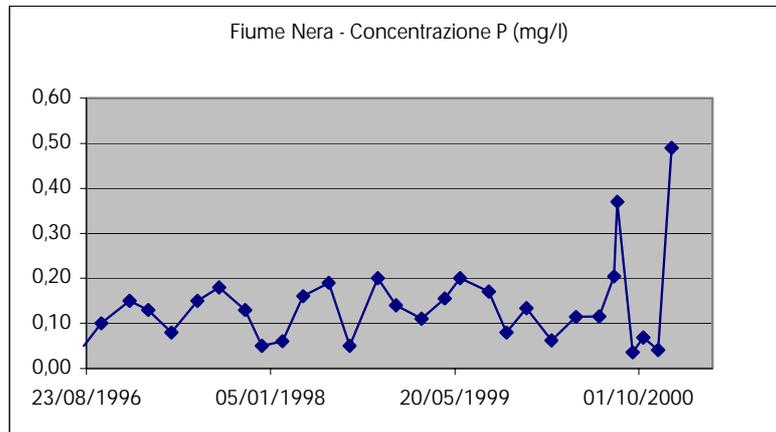
a) a monte della confluenza col Campiano è ubicata una stazione di misura dell'ASL (n.1 – Nera a Ponte di Chiusita).

I dati considerati (concentrazione del P totale dal 1996 al 2000) sono mostrati nella figura seguente. Le concentrazioni variano da 0,04 a 0,49 mg/l, la media è pari a 0,14 mg/l. I valori statistici sono indicati nella tabella.

Nella stessa posizione è ubicata una stazione della Carta Ittica (staz.150), in cui un'unica misura indica una concentrazione di P tot pari a 0,07 mg/l e portata di 0,8 m<sup>3</sup>/s. Misure di portata effettuate dalla Regione Umbria (6 campagne nel 1988-1989 bibliog. 1989) indicano una portata di 1,15 m<sup>3</sup>/s.

<b>Campioni</b>	<b>30</b>
<b>Media</b>	<b>0,14</b>
<b>Moda</b>	<b>0,05</b>

<b>Mediana</b>	<b>0,13</b>
<b>Dev. Standard</b>	<b>0,10</b>
<b>Minimo</b>	<b>0,04</b>
<b>Massimo</b>	<b>0,49</b>



b) a valle della confluenza col Campiano e della derivazione ENEL la portata che defluisce è data dal modestissimo rilascio della derivazione di Ponte Chiusita, incrementato più a valle da alcune sorgenti (in totale circa 0,5 m<sup>3</sup>/s). Sulla concentrazione di fosforo è disponibile un unico dato proveniente dalla Carta Ittica che indica una concentrazione di 0,05 mg/l di P tot.

#### Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera fra Visso e Triponzo

I dati di concentrazione misurati dall'ASL, confrontati con quelli della Carta Ittica e con altri dati relativi alla portata di questo tratto, permettono di stimare che:

- 1) il tratto "a", compreso fra Visso e Ponte Chiusita (circa 80 km<sup>2</sup>?), al quale è stata attribuita una portata media misurabile di 1 m<sup>3</sup>/s, contribuisce con un carico di **4,1 – 4,4 tonn/anno** (rispettivamente per la mediana e media aritmetica della concentrazione);
- 2) il tratto "b", compreso fra Ponte Chiusita e Triponzo fornisce, in base all'unica misura disponibile, circa **0,4 tonn/anno** di P totale, che potrebbero essere in buona parte il residuo del rilascio della derivazione di Ponte Chiusita.

#### Campiano

Il bacino del Campiano è parte (37 %) del sottobacino TEV-320-030.

La portata di questo corso d'acqua è stata misurata solo occasionalmente dal Servizio Idrografico, da cui si può stimare una portata media di circa 0,8 m<sup>3</sup>/s. Inoltre in bibliografia la portata di magra del Campiano viene stimata in 0,7 m<sup>3</sup>/s.

Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera dal Campiano:

I dati relativi al Campiano sono derivati dalle campagne di misura per la Carta Ittica della Regione Umbria (1986, 1996), da cui emerge che il Campiano contribuisce con un carico totale di **3-5 tonn/anno** di fosforo.

### Corno-Sordo

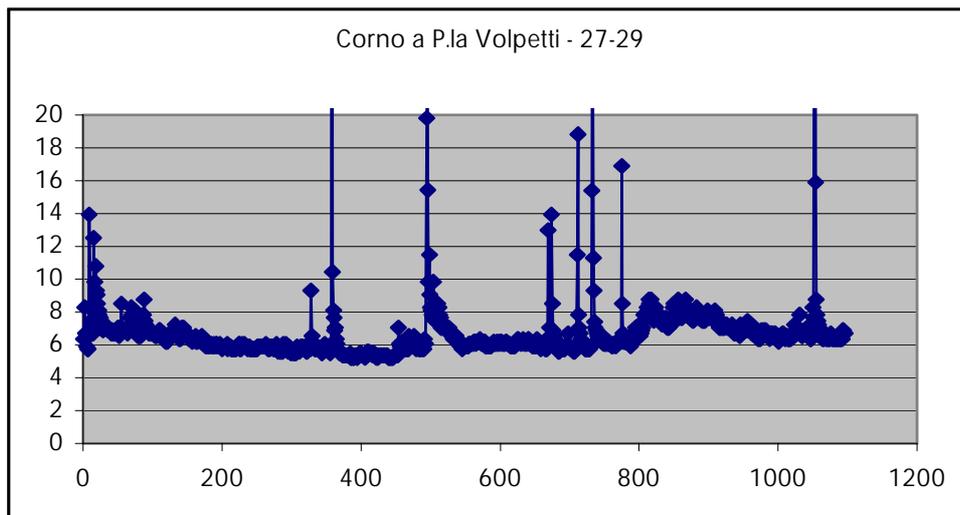
Sottobacini: TEV-320-040-40; TEV-320-040-30; TEV-320-040-26; TEV-320-040-20; TEV-320-040-10.

Il Corno-Sordo viene prelevato quasi interamente dalla derivazione dell'ENEL di Case Volpetti. La portata del fiume è stata misurata dal Servizio Idrografico poco a valle, prima della costruzione del Canale, negli anni '20. Nella figura seguente viene riportato l'idrogramma misurato negli anni 1927-1929. Si osserva che il regime è piuttosto stabile, con un flusso di base consistente e picchi di piena di breve durata. La portata di magra si aggira fra 5 e 6 m<sup>3</sup>/s, la portata media 6,7 m<sup>3</sup>/s, la moda dei valori è pari a 5,9 m<sup>3</sup>/s.

Le misure di portata effettuate dalla regione Umbria (Carta Ittica, 1986) a Biselli (stazione 65, poco a monte della derivazione dell'ENEL) indicano dei valori coerenti con quelli del S.I. (6,2 m<sup>3</sup>/s e 5,9 m<sup>3</sup>/s, rispettivamente in maggio e ottobre del 1986).

Misure effettuate nel 1988-1989 (Reg.Umbria), in un periodo di forte siccità, hanno stimato la portata di magra del Corno -Sordo in circa 4 m<sup>3</sup>/s.

La portata regionalizzata alla confluenza con il Nera risulta pari a: portata di magra ordinaria Q300 = 9,48 m<sup>3</sup>/s; portata media Q182 = 13,2 m<sup>3</sup>/s (Fonte: TIBER, ABT).



In prossimità della stazione di derivazione dell'ENEL di Case Volpetti si trova una stazione di monitoraggio dell' ASL, in cui vengono determinati i parametri di qualità delle acque fra cui il fosforo totale.



- il contributo del Corno da Cascia fino alla derivazione ENEL (stazione 65, sottobacini TEV-320-040-26 e TEV-320-040-40) risulta di **11-22 tonn/anno** secondo i dati del 1986, mentre nel 1990 la concentrazione di P è risultata sotto la soglia strumentale.

### Vigi

Il bacino del Vigi corrisponde al sottobacino TEV-320-050.

I dati di portata pubblicati dal S.I. vanno dal 1926 al 1930. Di questi solo per il 1926 esiste l'idrogramma giornaliero, mentre per i restanti anni esistono numerose misure sporadiche. I dati consultati indicano una portata media pari a  $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , con valori di magra di  $1,3-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

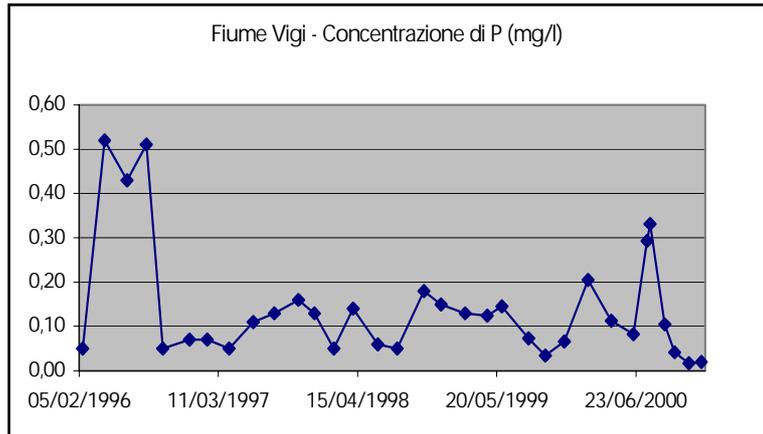
Questi dati sono sostanzialmente confermati dalle misure più recenti, reperite nella bibliografia consultata, benché la portata regionalizzata risulti più alta (Portata di magra ordinaria  $Q_{300} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ; Portata media  $Q_{182} = 3,6 \text{ m}^3/\text{s}$  – Fonte: TIBER, ABT).

Le acque del Vigi vengono incondottate all'altezza di Sellano per uso idroelettrico, e la portata che defluisce è unicamente il rilascio della presa.

A Ponte Sargano, insieme a quelle del Torrente Argentina (alimentato dalla sorgente Argentina), vengono nuovamente prelevate immediatamente a valle del rilascio della prima presa dalla derivazione ENEL ed immesse nel CmN. La portata derivata è di circa  $1-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , a fronte di una concessione per 1900 l/s.

Poco a monte della confluenza con il Nera, sul rilascio della suddetta derivazione, è stata installata una stazione di misura della ASL Umbra (staz. 3, Vigi a Borgo Cerreto). La concentrazione di P, misurata dal 1996 al 2000, è in media pari a  $0,14 \text{ mg/l}$ .

<b>Campioni</b>	<b>33</b>
<b>Media</b>	<b>0,14 mg/l</b>
<b>Moda</b>	<b>0,05 mg/l</b>
<b>Mediana</b>	<b>0,11 mg/l</b>
<b>Dev. Standard</b>	<b>0,13 mg/l</b>
<b>Minimo</b>	<b>0,02 mg/l</b>
<b>Massimo</b>	<b>0,52 mg/l</b>



Stima del fosforo in ingresso al Canale medio Nera dal bacino del Vigi

La stazione di misura dell'ASL è posizionata circa 1 km a valle della derivazione ENEL e la portata che defluisce in alveo in questa sezione è sostanzialmente il rilascio della derivazione stessa. Si possono avanzare due ipotesi:

- 1) la concentrazione di P tot misurata è relativa agli scarichi di questo ultimo tratto (abitato di Borgo Cerreto) e quindi non interessano il CmN
- 2) la concentrazione è relativa al bacino idrografico da Sellano alla confluenza col Nera e quindi la portata derivata ha un carico variabile da 3 a 7 tonn/anno, a seconda che si consideri la media o la mediana della concentrazione, per una portata derivata di 1-1,5 m<sup>3</sup>/s.

In conclusione i dati finora a disposizione non permettono di trarre considerazioni valide ai fini della stima del carico di questo sottobacino.

#### 7.4 Schema della circolazione e stima dei carichi nel bacino del Velino

Ai fini della stima dei carichi è stato considerato per il momento l'intero bacino; per le considerazioni circa l'esclusione dell'area a monte dei laghi artificiali del Salto e del Turano si rimanda ad altri capitoli del Piano.

Il Velino ha una portata complessiva naturale pari a circa 47 m<sup>3</sup>/s (somma della portata media del Velino a Terria, pari a 41,3 m<sup>3</sup>/s, e il contributo della sorgenti di S.Susanna), in buona parte alimentata dalle sorgenti del Peschiera (18 m<sup>3</sup>/s) e sorgenti lineari del Velino fra Antrodoco e Cittaducale (circa 12 m<sup>3</sup>/s), dalle sorgenti di S.Susanna (5,5 m<sup>3</sup>/s), per citare le maggiori.

Anche in questo bacino le derivazioni per uso idroelettrico, idropotabile, irriguo ed altro hanno fortemente modificato le condizioni di deflusso naturale.

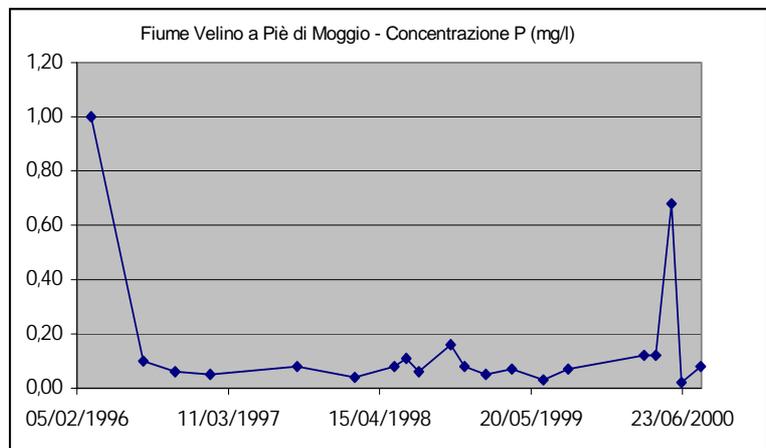
Sono stati considerati i dati di concentrazione del P totale misurati dall'ASL di Rieti, relativi alla stazione di Piè di Moggio, posta poco a monte del lago di Piediluco.

Come si osserva in FIG... e nella tabella la concentrazione del P tot si aggira attorno a 0,8 mg/l, con picchi fino a 1 mg/l che portano la media delle misure a 0,15 mg/l.

Poco lontano esiste una stazione della Carta Idrografica della Regione Umbria che indica una concentrazione di 0,3 e 0,5 mg/l (3 misure).

La portata che defluisce in questo tratto è stata stimata pari a 47 m<sup>3</sup>/s, comprensiva del contributo delle sorgenti di S.Susanna (5,5 m<sup>3</sup>/s, poste a valle della stazione di misura del Servizio Idrografico del Velino a Terria).

<b>Campioni</b>	<b>20,00</b>
<b>Media</b>	<b>0,15 mg/l</b>
<b>Moda</b>	<b>0,08 mg/l</b>
<b>Mediana</b>	<b>0,08 mg/l</b>
<b>Dev. Standard</b>	<b>0,24 mg/l</b>
<b>Minimo</b>	<b>0,02 mg/l</b>
<b>Massimo</b>	<b>1,00 mg/l</b>



#### Stima del fosforo in ingresso a Piediluco dal Velino

Considerando la portata media pari a 47 m<sup>3</sup>/s, e la concentrazione di P tot determinata dall'Asl di Rieti si può stimare il carico di P veicolato dal Velino pari a :

- 1) 227 tonn/anno, basandosi sulla media delle misure della concentrazione di P totale (0,15 mg/l);
- 2) 119 tonn/anno, considerando invece la mediana delle misure (0,08 mg/l) della concentrazione di P totale.

Tuttavia, poiché la portata in ingresso al lago è regolata dall'ENEL, per cui entrerebbero circa 10 m<sup>3</sup>/s per 9 ore/giorno, il carico effettivamente in ingresso al lago si riduce a:

- 1) 18 tonn/anno considerando la media dei valori della concentrazione
- 2) 9 tonn/anno considerando la mediana.

Si sottolinea che il valore stimato in base alla media delle concentrazioni appare sovrastimato poiché risente fortemente di un unico valore di picco di 1 mg/l determinato nel 1996. Si ritiene pertanto che siano più attendibili i valori calcolati utilizzando la mediana delle concentrazioni.

Una suddivisione del carico così stimato nei sottobacini minori che compongono il bacino del Velino potrà essere effettuata in una seconda fase.

## 7.5 Risultati ottenuti dall'analisi dei carichi di fosforo e confronto con le stime dei carichi di tipo diffuso e concentrato

Dal confronto fra lo schema della circolazione idrica naturale ed artificiale e i dati di qualità delle acque superficiali provenienti dal monitoraggio delle ASL, integrati dai dati della Carta Ittica della Regione Umbria, si può concludere quanto segue.

I dati di monitoraggio delle ASL permettono di arrivare ad una quantificazione "robusta" ma poco dettagliata sui carichi complessivi in ingresso a Piediluco (TAV. n. 6). In particolare si evince che:

- a) Il bacino del medio Nera sversa nel lago di Piediluco un quantitativo di fosforo stimato in 70-90 tonn/anno, considerando una portata media di 15 m<sup>3</sup>/s. Di questi:
  - 20-30 tonn/anno provengono dal bacino del Corno-Sordo,
  - 4 tonn/anno provengono dal bacino del Nera fra Visso e Ponte Chiusita;
  - sui bacini del Nera e Ussita a monte di Visso, del Campiano e del Vigi mancano dati di monitoraggio sufficienti per stimare i carichi.
- b) Il Velino trasporta un carico di circa 120 tonn/anno, di cui solo 9-10 tonn/anno entrano a Piediluco a causa della regimentazione.

In figura 1 queste considerazioni sono integrate con i dati della Carta Ittica. Si sottolinea che trattandosi 1-3 campagne queste considerazioni sono meno rigorose.

Emerge quanto segue:

- nel bacino del Corno-Sordo si possono individuare tre settori con apporti diversi di fosforo:
  - il bacino a nord di Cascia non contribuisce in modo sostanziale (carico di fosforo <1 tonn/anno);
  - il bacino a nord di Norcia contribuisce con 1-2 tonn/anno;
  - il bacino che comprende Cascia e il Corno dopo la confluenza con il Sordo, contribuisce con 10-20 tonn/anno;
- il bacino del Campiano fornisce un contributo pari a 3-5 tonn/anno.

Nella figura 1 sono stati riportati anche gli impianti di ittiocoltura e si osserva come questi ricadano nelle aree caratterizzate da apporto maggiore di fosforo:

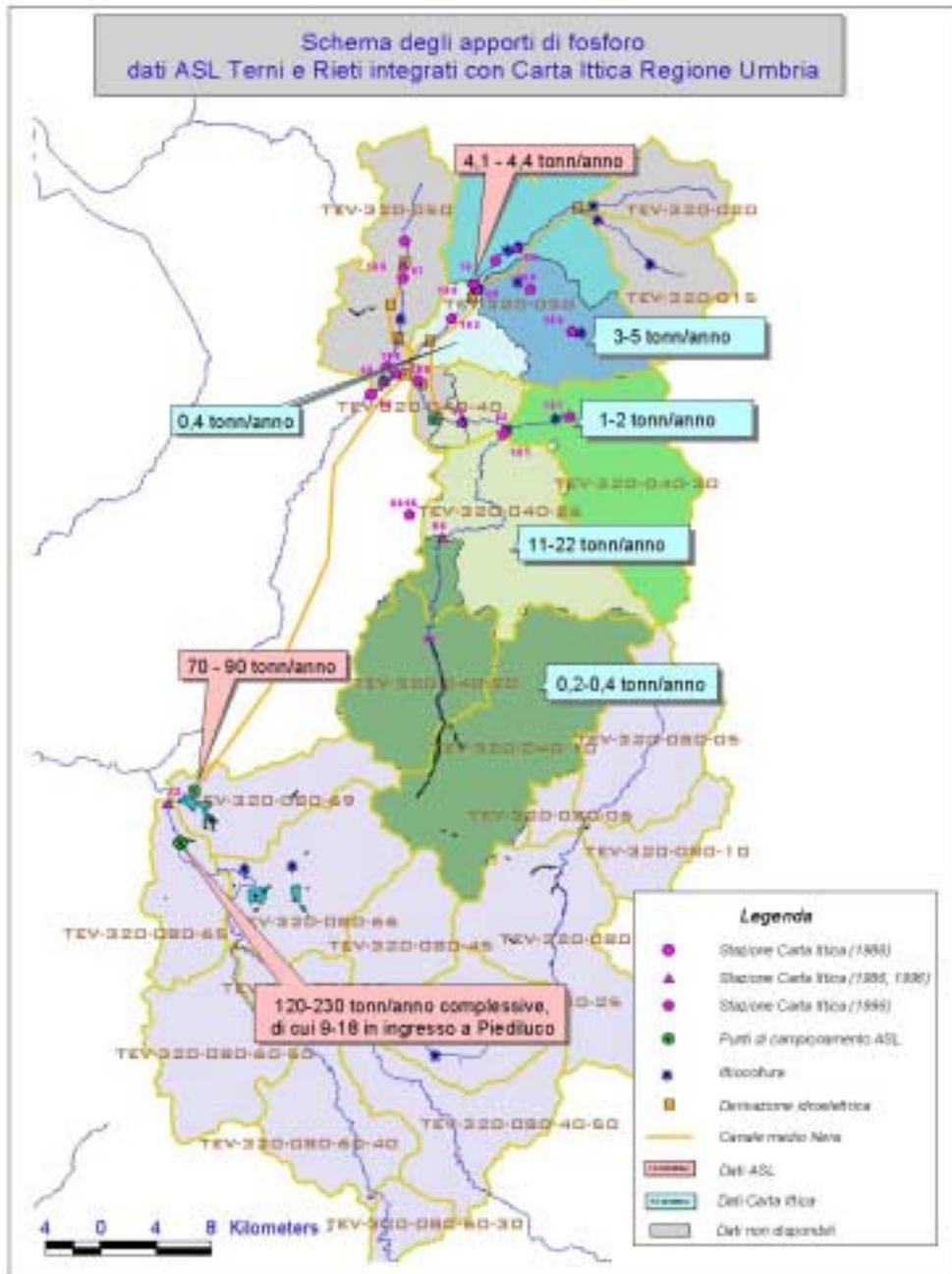


Figura 1

I risultati così ottenuti sono stati infine confrontati con le elaborazioni relative ai carichi provenienti da fonti diffuse (agricolo, boschi, altri usi del suolo), dal comparto ittiogenico, dal comparto civile-industriale (Tabella 1).

Il confronto non è sempre immediato poiché i bacini chiusi rispetto alle stazioni di monitoraggio non sempre corrispondono esattamente a quelli utilizzati nelle altre analisi.

<b>BACINO NERA</b>		A	B	C	D	E
Sigla sottobacino	Bacino idrografico	diffuso <i>tonn/a</i>	ittiogenico <i>tonn/a</i>	Civile+ind. <i>tonn/a</i>	totale <i>tonn/a</i>	Dati sperimentali <i>tonn/a</i>
TEV-320-015	Nera monte Visso	1,7	4,7	1,0	7,4	n.d.
TEV-320-020	Ussita	3,3	1,8	1,0	6,1	n.d.
TEV-320-030	Nera fra Visso e Triponzo	9,4	4,9	5,4	19,7	7-9,4
TEV-320-040-10	Corno monte di Cascia	8,0	0,0	0,6	8,6	0,2 - 0,4
TEV-320-040-20		5,4	0,0	0,8	6,2	
TEV-320-040-26	Corno fra Cascia e Triponzo, escluso Sordo	8,0	0,0	1,2	9,2	11-22
TEV-320-040-40		1,2	4,3	0,3	5,8	
TEV-320-040-30	Sordo	2,7	0,7	6,2	9,6	1-2
TEV-320-050	Vigi	5,4	0,6	0,9	6,9	n.d.
	Canale medio Nera	<b>45,2</b>	<b>17,0</b>	<b>17,4</b>	<b>79,6</b>	<b>70-90</b>

<b>BACINO VELINO</b>						
TOTALE	Velino a Pié di Moggio	<b>7,9</b>	<b>0,8</b>	<b>3,8</b>	<b>12,5</b>	<b>9-18</b>

**Tabella 1 – Confronto dei risultati ottenuti dall'analisi dei carichi di fosforo veicolati dalla rete idrica (colonna E) con le stime dei carichi di tipo diffuso (A), ittiogenico (B), civile-industriale (C).**

Il carico totale in ingresso a Piediluco dal Velino, tenuto conto della regimazione delle acque, risulta pari a **9-18 tonn/a** in base ai dati di concentrazione di fosforo (20 misure); le elaborazioni relative ai diversi comparti indicano un carico complessivo di **12,5 tonn/a**, di cui 7,9 da fonti diffuse, 0,8 dall'ittiogenico e 3,8 tonn/a dal comparto civile-industriale.

Per il bacino del Velino considerato globalmente si osserva quindi una discreta corrispondenza delle stime effettuate in base ai dati sperimentali, considerato che il valore di 18 t/a così calcolato appare in eccesso poiché influenzato da un'unica misura di forte concentrazione.

Il carico totale in ingresso a Piediluco dal canale medio Nera risulta pari a **70-90 tonn/a** considerando le concentrazioni medie di fosforo (26 misure) e la portata media del canale; le elaborazioni relative ai diversi comparti indicano un carico complessivo di **82 tonn/a**, di cui 48 da fonti diffuse, 17 dall'ittiogenico e 17,4 tonn/a dal comparto civile-industriale.

Per il bacino del medio Nera considerato globalmente si osserva un'ottima corrispondenza delle stime effettuate con i dati sperimentali.

L'analisi di dettaglio all'interno del bacino del Nera, effettuata sulla base dei dati della Carta Ittica della Regione Umbria, non permette, invece, un confronto significativo a causa della scarsità dei dati sperimentali a disposizione.

### 7.6 Confronto dei risultati ottenuti dal monitoraggio dell'ARPA umbra con le stime dei carichi di fosforo di tipo diffuso e concentrato

L'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ha ritenuto necessario effettuare un monitoraggio del reticolo di alimentazione del lago di Piediluco, relativo al versante umbro, avvalendosi dell'ARPA Umbria.

Il programma di monitoraggio ha previsto lo svolgimento di n° 4 campagne, con cadenza quindicinale, dal 25/10/2001 al 03/12/2001, con prelievi in 11 punti distribuiti sulle opere di presa e di raccolta del sistema afferente al Canale Medio Nera. Attraverso i valori di portata forniti dalla Regione Umbria, dalla Provincia di Perugia e dalla Società Elettrogen, Nucleo di Terni e, sulla base della media delle concentrazioni riscontrate nelle 4 campagne di monitoraggio, è stato calcolato l'apporto giornaliero di fosforo totale. Il punto più significativo per il confronto con le stime dei carichi di fosforo diffuso e concentrato è risultato quello situato alla partenza dell'ultimo tratto del Canale Media Nera.

I risultati sono riportati nella tabella seguente:

	Stime						Monitoraggio ARPA
	Agro-zootecnico	Bosco	Altro diffuso	Civile-industriale	Ittiocoltura	Totale	Totale
	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>	<i>t/a</i>
BACINO NERA	22,9	11,0	11,3	17,4	17,1	79,7	40,3

Il carico di fosforo monitorato dell'ARPA risulta inferiore rispetto al totale dei carichi stimati provenienti dai diversi comparti (diffuso, civile-industriale e ittiogenico). Bisogna però tener presente che le campagne di monitoraggio sono coincise con un periodo di scarse precipitazioni. Non si deve quindi tener conto dell'apporto di fosforo diffuso che, come detto al paragrafo 7.1, non si mobilita in assenza di precipitazioni. I risultati appaiono quindi confrontabili.

## 8. LE AZIONI DEL PIANO STRALCIO PER IL LAGO di PIEDILUCO

### 8.1 Azioni non strutturali: discipline di indirizzo e regolamentazione delle attività

Nella convinzione che nessun intervento di tipo strutturale, anche relativo ai trattamenti più spinti di depurazione, sia sufficiente per gestire correttamente il fenomeno dell'eutrofizzazione, il Piano stralcio per il lago di Piediluco istruisce e predispone un modello di regolamentazione di quelle attività antropiche che, attraverso il loro ciclo produttivo, generano elevati carichi di fosforo. Si tratta in particolare dei comparti di produzione (agrico-zootecnia, civile-industriale, acquacoltura) già descritti nei capitoli precedenti la cui gestione ha, fino ad oggi, rivelato evidenti carenze che hanno prodotto sul lago i noti effetti di eutrofizzazione.

Le disposizioni contenute nelle Norme tecniche di attuazione del Piano stralcio agiscono su due livelli. Ad un primo livello, che interessa l'intero ambito territoriale definito dal Piano, sono individuati criteri, linee di indirizzo e prescrizioni che riguardano in senso generale i sistemi della depurazione e del collettamento, le pratiche agricole e zootecniche e l'attività di acquacoltura; si tratta di disposizioni orientate al contenimento e alla progressiva diminuzione degli apporti di fosforo che, attraverso il dilavamento dei suoli agricoli, raggiungono il lago o vi sono recapitati attraverso corsi d'acqua che ricevono direttamente il fosforo in soluzione proveniente dagli scarichi dei reflui civili.

Inoltre poiché il principale veicolo del trasporto del fosforo è il suolo in erosione, il piano persegue l'obiettivo del miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la tutela e l'incremento della capacità di regimazione da parte della vegetazione. In particolare il Piano detta disposizioni per la tutela delle superfici boscate, prevede interventi di manutenzione e rinaturalizzazione del reticolo superficiale e norme specifiche per il contenimento dei fenomeni di erosione superficiale.

La presenza considerevole di impianti di acquacoltura prevalentemente localizzati nel bacino del Nera, a monte delle opere di presa, ha reso necessaria anche una regolamentazione, degli impianti, in relazione alle attuali conoscenze circa le più efficaci tecniche di depurazione. È stata prevista infatti, e resa obbligatoria dal Piano, una attività di sperimentazione che i titolari delle aziende di acquacoltura attueranno sotto il diretto controllo della provincia, con il fine di individuare le più efficaci tecnologie tra quelle oggi disponibili. Al termine del ciclo di sperimentazione le regioni, di concerto con le provincie e l'Autorità di bacino, emaneranno apposite direttive per le dotazioni di impianti di smaltimento dei reflui cui gli impianti di acquacoltura dovranno adeguarsi: fino ad allora, sono vietati i nuovi impianti di acquacoltura ad acqua fluente in tutto il territorio interessato dal Piano.

Ad un secondo livello, "l'ambito", le prescrizioni, si applicano ai sottobacini che, sulla base delle analisi svolte, sono risultati maggiormente produttori di fosforo non solo in valore assoluto ma anche in relazione alla loro capacità di recapitare, attraverso i corsi d'acqua, fosforo nel Lago; per questi ambiti il Piano prevede un tipo di regolamentazione più incisiva con l'obiettivo di ridurre più efficacemente e più velocemente le produzioni di fosforo.

Anche in questo caso sono stati individuati degli ambiti territoriali costituiti da sottobacini risultati critici per produzioni di fosforo da fonti diffuse, quali l'agro-zootecnia, o puntuali quali quelle degli scarichi

civili. E' importante notare come si verificano casi per cui, ad un'elevata produzione assoluta di fosforo non ne corrisponde una altrettanto elevata quantità sversata nel corpo idrico recettore finale. E' questo il caso di alcuni sottobacini del Velino che, pur caratterizzati da una maggiore produzione di fosforo rispetto a quelli del Nera, a causa della loro distanza dal lago e quindi della capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua non sono risultati critici ai fini del loro contributo al fenomeno trofico delle acque del lago.

Negli ambiti, costituiti da sottobacini critici per le carenze di dotazioni di infrastrutture della depurazione e del collettamento, le disposizioni sono indirizzate al controllo e regolamentazione della qualità delle acque reflue civili ed industriali attraverso:

- a) criteri per la realizzazione degli impianti di smaltimento;
- b) separazione dalla rete delle acque meteoriche da quelle reflue;
- c) regolamentazione per gli insediamenti non allacciati in rete

Negli ambiti, costituiti da sottobacini critici per la presenza di una attività agricola intensiva e/o praticata su superfici in erosione le disposizioni sono indirizzate al controllo e regolamentazione delle pratiche agricole attraverso:

- d) la diffusione del codice della buona pratica agricola;
- e) divieto di utilizzo di sostanze chimiche in alcune parti di territorio;
- f) indirizzi per la raccolta e depurazione delle acque utilizzate per l'agricoltura (fitodepurazione);
- g) divieto di allevamenti zootecnici e delle pratiche agricole in stalla in alcune zone;
- h) indirizzi per la gestione dei reflui zootecnici.

Un ulteriore obiettivo del Piano, inoltre, non è direttamente riconducibile al fenomeno trofico che caratterizza le acque del lago ma riguarda il contenimento dei dissesti spondali diffusamente descritto nel Cap. 4, paragrafo 4.6 della presente relazione.

In questo caso, le azioni proposte dal Piano, presentano una maggiore correlazione con le previsioni urbanistiche e sono rivolte essenzialmente all'ambito circumlacuale ed in particolare alla fascia spondale in cui sono rilevati i fenomeni di instabilità: qui il piano, con l'obiettivo principale di tutelare l'incolumità dei residenti e dei beni che insistono sulle aree in dissesto, interviene con una prescrizione diretta di divieto di realizzazione di terrazze, giardini e di qualsiasi movimento di terreno che comporti la esecuzione di rilevati. E' previsto inoltre il divieto di nuovi interventi edilizi se non sul patrimonio edilizio esistente e condizionati comunque a studi specialistici di natura geotecnica che dovranno far parte integrante degli strumenti attuativi dei PRG; il Piano riconosce comunque, per le aree in dissesto, la necessità di interventi strutturali di consolidamento da realizzare a cura dell'amministrazione competente, anche con un finanziamento specifico richiesto dal Piano, a valle di una attività di studio e

rilievo delle attuali condizioni spondali che tenga conto delle campagne di monitoraggio geotecnico condotte dall'ARPA Umbria.

## 8.2 Le principali azioni strutturali

### L'intervento di rimozione dei sedimenti dal fondo

L'intervento consiste sostanzialmente nella rimozione di uno strato di sedimento dal fondo del lago per uno spessore pari a 20 centimetri, su una superficie di 100.000 metri quadrati, pari al 6% dell'area dell'intero lago, per un volume totale di 20.000 metri cubi, destinati a ridursi, di fatto, ad un volume da smaltire dell'ordine di circa 7.000 - 8.000 metri di fango.

La zona identificata dallo studio, limitatamente ad una regione centrale del braccio meridionale del lago denominato Braccio di Cornello, è risultata essere la più idonea per la realizzazione dell'intervento, sia da un punto di vista strettamente scientifico, perché risulta tra le zone più a rischio di crisi anossiche, sia da un punto di vista operativo, per la relativa facilità di accesso ed organizzazione del cantiere.

A seguito di una serie di indagini effettuate dall'Autorità di Bacino del Tevere, sono state individuate varie possibili tecnologie, tra cui in particolare quella dell'aspirazione e rimozione del sedimento dal fondo di un lago, per strati di spessore regolabili con elevata precisione senza la diffusione degli inquinanti presenti nel sedimento.

Si precisa che, propedeuticamente alla fase dei lavori, sarà necessario procedere ad una serie di campionamenti nell'area oggetto dell'intervento, allo scopo di definire con precisione esecutiva:

- le caratteristiche geotecniche e tissotropiche del sedimento, allo scopo di applicare al materiale rimosso un trattamento fisico successivo quanto più possibile congruente;
- le caratteristiche chimico-fisiche del sedimento, quali fosforo, azoto totale, ammoniaca, nitrati, fosfati e pesticidi, allo scopo di identificare il miglior metodo di smaltimento del sedimento stesso;

Nel caso in questione, sembra allo stato attuale di poter escludere la presenza di metalli pesanti e microrganismi patogeni, consentendo in tal modo uno smaltimento del sedimento sicuramente più agevole.

Resta comunque di vitale importanza l'esecuzione di un monitoraggio ambientale dell'area prima, durante e dopo l'esecuzione dell'intervento, nell'ambito del quale siano previste analisi chimiche, fisiche e biologiche.

L'esecuzione dell'intervento di rimozione si basa sull'utilizzo di una nuova tecnologia, tramite la quale si giunga ad abbinare ad un elevato contenuto di solido nella miscela aspirata, una torbidità indotta nelle acque circostanti praticamente nulla, evitando in tal modo sia rilasci di inquinanti dal sedimento, sia variazioni delle caratteristiche chimiche e fisiche delle acque e del sedimento stesso, che potrebbero

avere riflessi negativi sulla riuscita dell'intervento non solo nella zona dei lavori ma anche nella restante parte del lago.

L'intervento in oggetto si basa sull'impiego di aria compressa, per lo svuotamento ciclico di tre serbatoi, muniti di valvole a funzionamento automatico ed il cui riempimento avviene per differenza di carico idrostatico, senza dover ricorrere ad alcun sistema rotativo.

La pompa è installata su un battello semovente, insieme ad un motocompressore di adeguata potenza; il corpo della pompa è immerso e viene trainato lentamente (la velocità oscilla tra 1 e 2 metri al minuto), da argani, i quali spingono delle speciali pale convogliatrici a forte penetrazione contro il fondo del lago; il sedimento viene costretto a penetrare all'interno delle pale prima dall'azione meccanica di spinta, poi viene convogliato all'interno dei serbatoi dal carico idrostatico esterno.

Successivamente, tramite una tubazione galleggiante, la miscela acqua - melma viene trasferita a terra, in un'area dove sia possibile realizzare vasche con argini in terra, per la fase di disidratazione della miscela, tramite essiccazione e sedimentazione, attraverso il successivo passaggio del materiale da una vasca all'altra.

Per quanto riguarda lo smaltimento del prodotto ormai essiccato, si è resa necessaria una analisi della normativa attualmente in vigore.

Il rifiuto prodotto dall'attività di dragaggio del fondale di laghi o canali viene classificato con il codice CER 170502; tale fango pertanto non può essere riutilizzato per usi agronomici, in quanto la legge n. 99 del 1992 prevede che per tale tipo di smaltimento sia utilizzabile soltanto il materiale proveniente da impianti di trattamento delle acque reflue urbane o ad esse assimilabili.

Una possibilità di smaltimento alternativa agli usi agronomici viene offerta dal Decreto Ministeriale 5 febbraio 1997, che regola il riutilizzo dei rifiuti non pericolosi; al punto 12.2 dell'allegato 1 suballegato 1 vengono infatti indicate le modalità e le condizioni di riutilizzo dei fanghi di dragaggio.

I possibili impieghi sono :

- la formazione di rilevati e sottofondi stradali, previo eventuale trattamento di essiccazione ed igienizzazione;
- l'esecuzione di terrapieni ed arginature, previo eventuale trattamento di essiccazione ed igienizzazione.

#### Depurazione e collettamento

Allo scopo di contenere l' inquinamento proveniente dal comparto civile-industriale, dovuto all' assenza o ad inefficienze relative al sistema della depurazione e del collettamento, sono stati progettati interventi strutturali le cui caratteristiche specifiche sono riportate nell' allegato B del presente piano.

A tal fine sono state prese in esame le situazioni ambientali dei Comuni ricadenti nell' area di piano, verificando in particolare i seguenti fattori:

1. appartenenza del territorio del comune (o di parte di esso) ad aree critiche, destinate quindi ad interventi prioritari ;
2. esistenza o meno di fognature a servizio delle popolazioni residenti, loro natura e stato;
3. presenza di sistemi di depurazione delle acque di scarico e loro efficienza.

Per ogni comune quindi sono stati analizzati i punti sopra elencati e, sulla base delle indicazioni fornite dai comuni stessi e dei dati geograficamente referenziati messi a disposizione dall' ARPA Umbria, si è giunti ad una valutazione di congruità o meno della situazione attuale a quanto indicato dalle norme tecniche di attuazione art. 8, art.14 e art.17.

Gli articoli sopra citati prevedono che la realizzazione di nuove opere che ricadono negli ambiti "B", "C" e in tutta l'area di piano avvenga secondo le modalità in essi riportate e che gli adeguamenti siano realizzati entro 3 anni dall' approvazione del Piano.

A questa fase è seguita una fase successiva in cui si sono indicate proposte tecniche e costi relativi ai singoli interventi, riassunti nelle schede comunali riportate nell'allegato B.

Per la formulazione di giudizi e valutazioni, sono stati adottati i seguenti criteri:

- per tutti gli impianti di depurazione che necessitano di un trattamento che abbatta il fosforo dell' 80%, sono stati indicati i costi comprensivi delle opere strutturali e dei sali necessari per il trattamento. Per impianti con potenzialità fino a 3000 abitanti equivalenti si è supposto che il trattamento chimico-fisico di precipitazione del fosforo, consistente nel dosaggio di cloruro ferrico o policloruro d'alluminio o altro idoneo agente precipitante, in grado di insolubilizzare i sali del fosforo, possa essere effettuato nello stesso bacino d'ossidazione o lungo la linea d'afflusso della miscela areata al sedimentatore finale dei fanghi. Per impianti invece con potenzialità superiore a 3000 abitanti equivalenti, i costi delle opere strutturali comprendono quelli relativi alla costruzione di un sedimentatore secondario;
- per tutti gli impianti di depurazione che necessitano di un trattamento che abbatta il fosforo del 40 %, le proposte e i costi indicati sono relativi alle opere strutturali che assicurino il rendimento richiesto. Si evidenzia che l'utilizzazione di impianti di depurazione a tecnologia più avanzata (es.: impianti a fanghi attivi o ad ossidazione totale o a massa biologica adesa) risulta consigliabile per la depurazione delle acque reflue derivanti da insediamenti maggiori (con più di 1000 A.E.);
- per insediamenti abitativi di consistenza inferiore a 1000 A.E., considerando la natura geomorfologica, l'orografia, le peculiarità naturalistiche dei territori presi in esame (alcuni dei quali fanno parte di aree protette) e la variabilità stagionale della popolazione di alcune zone, si ritiene possibile l'adozione di metodi di trattamento delle acque reflue civili a basso impatto ambientale ed a ridotta manutenzione (es.: fitodepurazione), che risultano più compatibili con gli ecosistemi delle zone interessate;

- in generale, qualora le condizioni locali del territorio consentano la canalizzazione dei reflui di più nuclei abitati di piccole dimensioni in un unico impianto centralizzato, questo tipo di soluzione risulta senz'altro preferibile, in quanto impianti di taglia più ampia consentono economie di scala nei costi di gestione, migliore flessibilità nei confronti delle variazioni dei parametri di funzionamento (temperatura, punte di carico ecc..) e superiori rendimenti di depurazione complessivi. Di questa ipotesi si è tenuto conto nelle schede-intervento dei singoli comuni alla voce "ottimizzazione";
- se, per la natura del territorio o per altre motivazioni, sono stati scelti singoli impianti biologici di depurazione a servizio di piccoli centri abitati, è necessario che ad essi venga comunque assicurata dagli Enti responsabili una gestione corretta e continua, onde conseguire il rispetto dei limiti di legge, eventualmente procedendo anche a migliorie tecniche degli impianti, qualora questi non siano in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati di qualità delle acque;
- i piccoli nuclei abitati, con una popolazione fino a 50 abitanti, indipendentemente dalla loro collocazione all' interno dell' area di piano, devono adeguarsi a quanto previsto dalla delibera del Comitato Interministeriale del 21/02/77;
- per quanto riguarda lo stato del collettamento delle acque reflue, sono state prese in esame reti fognarie pubbliche sufficientemente estese, anche se in alcuni casi sono risultati necessari completamenti o rifacimenti di tratti non estesi per danni provocati da obsolescenza o fenomeni sismici.

Tenuto conto di queste considerazioni si è giunti ad un quadro di interventi a cui sono associati dei costi così suddivisi per regione:

Regione	Interventi (in migliaia di euro)			
	depurazione	collettamento	ottimizzazione	totale
Umbria	<b>3319</b>	<b>9076</b>	<b>2487</b>	<b>14882</b>
Lazio	<b>3655</b>	<b>9492</b>	<b>1443</b>	<b>14590</b>
Marche	<b>1825</b>	<b>938</b>	<b>1604</b>	<b>4367</b>
Abruzzo	<b>0</b>	<b>267</b>	<b>0</b>	<b>267</b>
<b>TOTALE</b>	<b>8799</b>	<b>19773</b>	<b>5534</b>	<b>34106</b>

Riguardo alle priorità di realizzazione dei diversi interventi, queste seguono il livello di criticità delle zone di piano, per cui saranno prioritari quelli ricadenti in ambito B e in zona C1a, a questi seguiranno in ordine interventi ricadenti nelle zone C1b, C2a, C2b e interventi ricadenti in aree non critiche.

Il fabbisogno finanziario relativo a queste azioni di piano è stato quindi ripartito, secondo queste priorità, in 3 anni per ciascuno dei quali è previsto uno stanziamento di fondi pari a circa 11.300.000 di euro.

### 8.3 Manutenzioni, interventi sperimentali, studi e monitoraggio

Nel complesso degli interventi previsti dal Piano, sono previsti specifici finanziamenti per opere che, pur non potendosi definire opere strutturali, contribuiscono agli obiettivi generali del Piano con risultati non immediati o, come nel caso degli interventi sperimentali, non ancora definitivamente documentati. Si tratta di interventi riferibili sostanzialmente alle seguenti categorie:

Studi e approfondimenti:

- Rilievo finalizzato alla individuazione, per tratti omogenei, delle attuali sistemazioni di sponda con individuazione delle possibili tipologie di intervento
- Studio modellistico dell'idrodinamismo del lago in relazione ad una ipotesi di diversa distribuzione delle immissioni al lago - Studio di fattibilità

Interventi sperimentali:

- Interventi di fitodepurazione con macrofite radicate emergenti;
- Interventi di manipolazione controllata della catena alimentare
- Interventi basati sull'utilizzo di miscele batterico enzimatiche

Interventi di manutenzione e miglioramento:

- Interventi mirati al contenimento dei fenomeni di erosione idrica del suolo
- Taglio periodico delle macrofite, manutenzione fragmiteto

Monitoraggio:

- Campagne di monitoraggio dei principali parametri di qualità delle acque del lago e dei maggiori corsi d'acqua

La massima efficacia delle azioni del Piano, infatti, come dimostrato nel paragrafo seguente, si ottiene attraverso la riduzione dei carichi di fosforo provenienti dal comparto civile-industriale,, dall'acquacoltura e dal comparto agro-zootecnico; tuttavia è sembrato opportuno indagare anche le nuove tecnologie a basso impatto ambientale attualmente in via di sperimentazione, ritenendo che una azione sinergica di tutte le disposizioni previste dal Piano possa garantire i migliori risultati.

#### 8.4 Risultati attesi: scenario di riduzione del carico di fosforo

La letteratura scientifica relativa al fenomeno dell' eutrofizzazione consente di stimare il reale livello di trofia di un lago ed il valore della concentrazione di fosforo nelle acque del lago che consentirebbe al lago stesso di raggiungere un livello di mesotrofia.

Per quanto riguarda il lago di Piediluco, sono stati raggiunti i seguenti risultati:

- L' applicazione del modello di Vollenweider-Dillon ha consentito di valutare l' attuale carico areale di fosforo pari a circa 48 g P/mq per anno, valore che determina un livello di elevata eutrofia del lago;
- L' applicazione del modello di Vighi-Chiaudano ha consentito di valutare il carico areale di fosforo pari a circa 10,5 g P/mq corrispondente ad una concentrazione pari a circa 20 mcg/l, la quale permetterebbe al lago di raggiungere un livello di sicura mesotrofia. Il relativo carico annuo di fosforo entrante nel lago risulterebbe essere pertanto pari a circa 17.500 Kg.
- La classificazione dello stato trofico dei laghi definita dall' OCSE (OCSE 1982: Eutrophication of waters monitoring, assessment and control) indica che, per il conseguimento dello stato di mesotrofia, la concentrazione di P deve essere compresa tra 10 e 35 mcg/l; a tale concentrazione corrisponde un carico di P anno entrante nel lago compreso tra 9.000 e 31.000 kg.

Partendo dunque dal quadro iniziale di riferimento, relativo ai carichi di fosforo generati dai diversi comparti produttivi ed effettivamente pervenuti al lago, così come illustrato nel capitolo 6, sono state effettuate delle simulazioni consistenti nell' applicazione delle prescrizioni contenute nelle NTA e aventi come obiettivo quello di valutare l' effetto di queste ultime sulla riduzione degli apporti di fosforo al lago, anche in relazione ai risultati conseguiti tramite l' applicazione dei modelli sopra citati.

##### *Riduzione del carico di fosforo dal comparto civile-industriale*

Per quanto riguarda il carico proveniente dal comparto civile-industriale è stato stimato, come illustrato nel paragrafo 6.3, che il carico totale che raggiunge effettivamente il lago è di 21,2 tonnellate/anno.

Al fine di valutare l' effetto delle azioni del Piano in materia di fognature e impianti di depurazione, cfr. capitolo 8 paragrafo 8.2, è stato calcolato l' abbattimento del carico di fosforo risultante dall' applicazione delle prescrizioni contenute negli articoli 8, 16 e 17 delle norme tecniche di attuazione, contenenti disposizioni rispettivamente per tutta l' area di piano, per l' ambito B (bacino naturale del lago) e per l' ambito C (ambito della criticità per il comparto civile-industriale).

Gli effetti del piano, in termini di abbattimento di Kg di P/anno, sono riportati nella tabella che segue e sono relativi ai comuni le cui porzioni di territorio ricadono essenzialmente negli ambiti B e C (zone

C1a, C1b, C2a, C2b). Per quei comuni le cui porzioni di territorio ricadono nell' area di piano risultata non critica, oltre che delle disposizioni contenute nell'articolo 8 delle NTA si è tenuto conto delle indicazioni di interventi raccolte nello studio dell' ARPA Umbria, relativo alla ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino del lago di Piediluco.

COMUNE	ABBATTIMENTO CARICO P (kg/anno)						Area di Piano non critica	TOTALE COMUNE
	Ambito B	Zona C1A	Zona C1B	Zona C2A	Zona C2B			
BELMONTE IN SABINA					10		10	
CANTALICE				76		9	85	
CITTADUCALE					94		94	
CONTIGLIANO				54			54	
LABRO	355						355	
LEONESSA						122	122	
MICIGLIANO						13	13	
MORRO REATINO	50						50	
POGGIO BUSTONE				67			67	
RIETI				1511	43		1554	
RIVODUTRI				52			52	
CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA			21				21	
SERRAVALLE DI CHIENZI			26				26	
USSITA			613				613	
VISSO		2682					2682	
ARRONE	65						65	
CASCIA			486				486	
CERRETO DI SPOLETO		26					26	
FOLIGNO			4				4	
MONTELEONE DI SPOLETO						19	19	
NORCIA		4480	56				4536	
PRECI		607					607	
SELLANO			61				61	
TERNI	549						549	
<b>TOTALE</b>	<b>1019</b>	<b>7795</b>	<b>1267</b>	<b>1760</b>	<b>147</b>	<b>163</b>	<b>12151</b>	

L'abbattimento del carico di fosforo risulti essere di circa 12,1 tonnellate/anno, pari al 57% del carico iniziale.

Contribuiscono alla riduzione del carico gli effetti degli interventi realizzati nelle diverse zone secondo queste percentuali:

- Interventi in zona C1a: 64%
- Interventi in zona C2a: 14 %
- Interventi in zona C1b: 10 %
- Interventi in ambito B: 8 %
- Interventi in Zona C2b: 1,2 %

- Interventi in area di piano non critica: 1,3 %

La maggior parte dell' abbattimento è dovuto quindi agli interventi realizzati in zona C1a, nei comuni ricadenti nel bacino del Medio-Nera. Una buona quotaparte è dovuta agli effetti delle disposizioni del piano nelle zone C2a, nei comuni della provincia di Rieti appartenenti al bacino del fiume Velino . L'apporto di fosforo proveniente dal comparto civile-industriale risulta ridotto, in conseguenza dell'applicazione delle norme del piano, dalle iniziali 21,2 tonn/anno a circa 9 tonn/anno.

*Riduzione del carico di fosforo dal comparto agro-zootecnico e forestale*

Per quanto riguarda gli interventi sul comparto agro-zootecnico mirati alla riduzione del carico di fosforo, come individuabile nelle NTA, questi sono riconducibili principalmente ad interventi di riduzione delle fertilizzazioni fosfatiche e ad interventi di sistemazione dei terreni atti a contenere i fenomeni erosivi. Per valutare l'effetto di queste due tipologie di azione si è confrontato lo stato di criticità attuale con quello ottenibile post interventi.

Per quanto riguarda la fertilizzazione, lo stato post interventi corrisponde alla condizione in cui tutte le aziende degli ambiti critici adottano il contenimento della fertilizzazione fosfatica ai livelli e con le modalità definiti dalle NTA, articoli 10, 11 e 18. Per il contenimento dell'erosione si sono ipotizzati degli interventi, che saranno meglio individuati dall'apposito piano previsto all'articolo 7 comma 5 delle NTA. Si è ipotizzato di intervenire su una percentuale (5-25%) dei terreni atti a riportare in condizioni di maggiore sostenibilità l'erosione media dei singoli sottobacini. Per i terreni agricoli, si è considerata un'erosione massima sostenibile di 10 t/ha anno, corrispondente ad un apporto di fosforo di 0,3 Kg/ha anno, mentre per le zone boscate si è considerata un'erosione massima sostenibile corrispondente ad un apporto di fosforo di 0,1 Kg/ha anno.

La riduzione dei carichi di fosforo provenienti dal comparto agro-zootecnico prevista a regime, cioè quando saranno terminati tutti gli interventi, è di 15,8 t/anno. Si passerebbe, infatti, dagli attuali carichi di fosforo di 25,5 t/anno a 9,7 t/anno.

Tale riduzione, come era da attendersi, è dovuta in maggior misura agli interventi di contenimento dei fenomeni erosivi.

Anche la migliore utilizzazione e gestione dei boschi può contribuire a ridurre i carichi di fosforo al lago, passando dagli attuali carichi di fosforo di 12,7 t/anno a 7,5 t/anno post interventi auspicati dal piano, corrispondente ad una riduzione di 5,2 t/anno.

## RIDUZIONE CARICHI DI FOSFORO DA TERRENI BOSCATI

SOTTOBACINO	fosforo nel lago di Piediluco ANTE PIANO kg/anno	fosforo nel lago di Piediluco POST PIANO kg/anno	Riduzione carichi di fosforo kg/anno
TEV-320-015	549	456	93
TEV-320-020	636	288	348
TEV-320-030	2.490	1.403	1.087
TEV-320-040-10	1.413	1.156	256
TEV-320-040-20	1.091	634	457
TEV-320-040-26	2.440	1.066	1.373
TEV-320-040-30	491	491	0
TEV-320-040-40	285	285	0
TEV-320-050	1.620	738	882
TEV-320-080-05	51	46	5
TEV-320-080-06	4	4	0
TEV-320-080-10	17	17	0
TEV-320-080-20	121	80	41
TEV-320-080-25	0	0	0
TEV-320-080-30	45	45	0
TEV-320-080-40-50	56	56	0
TEV-320-080-45	26	26	0
TEV-320-080-50	7	4	3
TEV-320-080-60-30	20	15	5
TEV-320-080-60-40	71	50	21
TEV-320-080-60-50	72	52	21
TEV-320-080-65	0	0	0
TEV-320-080-66	65	36	28
TEV-320-080-67	41	31	9
TEV-320-080-69	1.140	571	569
Totali / indicatori	12.749	7.551	5.198

## RIDUZIONE CARICHI DI FOSFORO DAL COMPARTO AGRO-ZOOTECNICO

SOTTOBACINO	fosforo nel lago di Piediluco ANTE PIANO kg/anno	fosforo nel lago di Piediluco POST PIANO kg/anno	Riduzione carichi di fosforo kg/anno
TEV-320-015	517	422	95
TEV-320-020	1.455	476	979
TEV-320-030	4.581	1.338	3.243
TEV-320-040-10	4.712	1.658	3.054
TEV-320-040-20	3.054	890	2.164
TEV-320-040-26	3.844	1.157	2.686
TEV-320-040-30	1.913	1.652	261
TEV-320-040-40	351	181	170
TEV-320-050	2.478	980	1.498
TEV-320-080-05	109	56	53
TEV-320-080-06	6	6	0
TEV-320-080-10	44	32	12
TEV-320-080-20	139	81	57
TEV-320-080-25	1	0	1
TEV-320-080-30	99	39	60
TEV-320-080-40-50	80	43	37
TEV-320-080-45	51	28	22
TEV-320-080-50	71	40	31
TEV-320-080-60-30	27	7	19
TEV-320-080-60-40	92	30	62
TEV-320-080-60-50	141	53	87
TEV-320-080-65	0	0	0
TEV-320-080-66	300	124	176
TEV-320-080-67	95	36	59
TEV-320-080-69	1.341	367	974
Totali / indicatori	25.498	9.696	15.802

PIANO STRALCIO PER LA SALVAGUARDIA DELLE ACQUE E DELLE SPONDE DEL LAGO DI PIEDILUCO

*Riduzione del carico di fosforo dal comparto dell'itticoltura*

Per quanto riguarda le attività di ittiocoltura, si è ritenuto possibile, in base alle attuali tecnologie disponibili per l'abbattimento dei nutrienti provenienti da queste fonti, di poter raggiungere, successivamente alla fase di sperimentazione prevista all' articolo 14 delle NTA, una riduzione del 40% dei carichi attualmente stimati. Pertanto, i carichi a regime passerebbero dagli attuali 17,9 t/anno a 10,7 t/anno, con una riduzione di 7,2 t/anno.

Naturalmente, l'azione proposta si basa sulla attuale conoscenza delle tecnologie disponibili, ma è auspicabile per questo comparto raggiungere abbattimenti dei nutrienti molto più elevati.

## RIDUZIONE CARICHI DI FOSFORO DAL COMPARTO ITTIOCOLTURA

SOTTOBACINO	fosforo nel lago di Piediluco ANTE PIANO kg/anno	fosforo nel lago di Piediluco POST PIANO kg/anno	Riduzione carichi di fosforo kg/anno
TEV-320-015	4.680	2.808	1.872
TEV-320-020	1.800	1.080	720
TEV-320-030	4.936	2.962	1.974
TEV-320-040-10	0	0	0
TEV-320-040-20	0	0	0
TEV-320-040-26	0	0	0
TEV-320-040-30	715	429	286
TEV-320-040-40	4.330	2.598	1.732
TEV-320-050	594	356	238
TEV-320-080-05	0	0	0
TEV-320-080-06	0	0	0
TEV-320-080-10	0	0	0
TEV-320-080-20	0	0	0
TEV-320-080-25	0	0	0
TEV-320-080-30	422	253	169
TEV-320-080-40-50	0	0	0
TEV-320-080-45	0	0	0
TEV-320-080-50	0	0	0
TEV-320-080-60-30	0	0	0
TEV-320-080-60-40	0	0	0
TEV-320-080-60-50	0	0	0
TEV-320-080-65	0	0	0
TEV-320-080-66	425	255	170
TEV-320-080-67	0	0	0
TEV-320-080-69	0	0	0
<b>Totali</b>	<b>17.902</b>	<b>10.741</b>	<b>7.161</b>

Classe	N° Sottobacini - post piano	Tipologia di Classe
A	0	Carico estremamente alto
B	3	Carico alto
C	5	Carico medio
D	0	Carico basso
<b>Totale</b>	<b>8</b>	

### Conclusioni

A partire dalla stima dei carichi di fosforo generati e recapitati al lago provenienti dai comparti produttivi analizzati, si è proceduto, secondo la metodologia illustrata nei paragrafi precedenti, al calcolo degli abbattimenti del carico conseguenti all'applicazione delle azioni del Piano, sia per quanto riguarda la realizzazione degli interventi strutturali che per le disposizioni di regolamentazione delle attività antropiche.

La tabella seguente illustra il confronto tra i carichi di fosforo stimati nelle condizioni attuali e quelli attesi in conseguenza dell'attuazione sinergica delle azioni promosse dal Piano.

Riduzione carichi di fosforo dai diversi comparti (tonn/anno)

COMPARTO	Carico di fosforo ANTE PIANO	Carico di fosforo POST PIANO	RIDUZIONE
Civile-industriale	21,2	9,1	12,1
Itticoltura	17,9	10,7	7,2
Agro-zootecnico	25,5	9,7	15,8
Forestale	12,7	7,5	5,2
Altro diffuso	14,9	14,9	0
TOTALE	92,2	51,9	40,3

Il confronto tra il carico di fosforo, pur abbattuto di quasi il 50%, (51,9 tonn/anno) e le indicazioni OCSE circa il carico sostenibile dal lago (7 – 31 tonn/anno), suggerisce che le azioni del Piano, nella attuale configurazione di alimentazione del lago, non sono da sole sufficienti per riportare il lago nella condizione di mesotrofia-oligotrofia.

Infatti, la superficie del lago, pari ad appena 1,6 kmq, riceve le acque di un bacino ampliato di circa 2100 Kmq, a fronte di un naturale bacino scolante la cui superficie è pari a circa 74 kmq.

Per valutare gli effetti di una eventuale variazione dell'attuale regime di alimentazione del lago, il Piano ha previsto un finanziamento per uno studio modellistico che dovrà valutare, in relazione ad una ipotesi di diversa distribuzione, anche planimetrica, delle attuali immissioni nel lago sia naturali che artificiali, la variazione dell'idrodinamismo del lago stesso e la variazione della concentrazione dei vari parametri che caratterizzano il fenomeno dell'eutrofizzazione.

## 9. ANALISI ECONOMICA DELLE AZIONI DEL PIANO RIVOLTE ALLA RIDUZIONE DEI CARICHI DI FOSFORO AL LAGO.

### Premessa

In questo capitolo vengono riportati i risultati dell'analisi economica effettuata per verificare l'andamento dei benefici netti ottenibili dagli investimenti previsti per ridurre i carichi di fosforo al lago. Tale analisi consente di porre a confronto le azioni previste per i diversi comparti in modo tale da poter scegliere, dopo aver verificato l'ipotesi di governo, tra ipotesi di gestione alternative.

### 9.1 La metodologia di analisi

Il quesito di stima dovrebbe riguardare la determinazione della fattibilità economica delle azioni previste dal piano rispetto ad almeno tre tipologie di figure economiche:

1. Il *Soggetto Pubblico*, inteso come collettività e identificabile nello Stato o Amministrazione Pubblica;
2. I *futuri gestori* delle opere in progetto;
3. Le *attività economiche dell'area*, rappresentate dalla somma delle attività economiche presenti per i diversi settori nell'area di Piano, in una ipotesi di scambi tra attività dello stesso settore non significativi.

La metodologia adottata si basa sull'*analisi costi-benefici* articolata su una *analisi economica* per il soggetto pubblico, mentre l'*analisi finanziaria* necessaria per gli altri due soggetti si considera espletata sinteticamente al momento della scelta dell'intervento da effettuare nei singoli settori.

Procedere ad una valutazione di tipo finanziario anche per il soggetto pubblico avrebbe scarso significato per interventi di tipo ambientale, dato che in ogni caso gli indicatori di redditività assumerebbero segno negativo.

I costi di investimento dell'intero progetto sono stati ripartiti in un periodo di esecuzione dei lavori e di messa a regime delle azioni di 10 anni.

Le ipotesi in base alle quali e' stata condotta l'analisi sono le seguenti:

- Vita economica del totale delle azioni e degli interventi del Piano: 30 anni;
- Avvio contemporaneo per tutti i comparti delle azioni e degli interventi previsti dal Piano;
- Durata stimata dei lavori per il comparto civile-industriale: 3 anni;
- Durata stimata delle azioni e degli interventi per il comparto itticoltura: 3 anni;
- Durata stimata delle azioni e degli interventi per il comparto agro-zootecnico e forestale: 10 anni;

- Nella valutazione tutti gli importi sono espressi a prezzi costanti base 2002.

Per il comparto civile-industriale è stata ipotizzata una ripartizione nei primi tre anni degli interventi previsti, mentre per gli interventi di contenimento dei fenomeni erosivi (comparto agro-zootecnico e forestale), come spiegato di seguito, ci si è orientati su una ripartizione decennale degli interventi. Le altre tipologie di intervento seguono la tempistica riportata nelle NTA.

In questo tentativo di analisi economica delle azioni e degli interventi previsti dal Piano ci si è limitati ad analizzare i costi ed i benefici nell'arco temporale (10 anni) di messa a regime dei benefici diretti. Infatti, non essendoci voluti spingere in un affinamento delle metodologie di valutazione monetaria dei benefici che rivestono carattere ambientale, tali infatti sono i benefici diretti previsti dal presente Piano, non sono stati attualizzati finanziariamente i relativi valori monetari, ritenendo utile in questa fase confrontare gli interventi nei diversi settori piuttosto che valutare la convenienza dei singoli investimenti.

## 9.2 Individuazione dei costi

I costi presi in considerazione sono i costi economici diretti di investimento ed i costi economici diretti di esercizio. I costi di manutenzione straordinaria si ritiene siano spendibili successivamente all'arco temporale di 10 anni preso in considerazione.

Per quanto riguarda il comparto civile-industriale di seguito viene riportata una sintesi dei costi d'investimento stimati per ambito di criticità previsto dal Piano. A questi si aggiungono i nuovi costi annuali di gestione, rappresentati in particolar modo dal costo dei sali per la defosfatazione.

### Costi di adeguamento dei sistemi di gestione dei reflui civili-industriali (migliaia di Euro)

	TOTALE	C1A	B	C1B	C2A	C2B	NC
	COMUNE						
BELMONTE IN SABINA	3207					3207	
CANTALICE	752				633		119
CASTEL SANT'ANGELO	683					683	
CITTADUCALE	511					505	6
COLLI SUL VELINO	950				950		
CONTIGLIANO	404				404		
LABRO	235		235				
LEONESSA	446						446
LONGONE SABINO	6					6	
MICIGLIANO	802						802
MORRO REATINO	105		105				
POGGIO BUSTONE	205				205		
RIETI	5856				4193	1604	59
RIVODUTRI	312				312		
TORRICELLA IN SABINA	116					116	
CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA	21			21			
SERRAVALLE DI CHIANTI	62			62			
USSITA	544			544			
VISSO	3740	3740					
ARRONE	643		643				
CAMPELLO SUL CLITUNNO	9			9			
CASCIA	1431	34		1397			
CERRETO DI SPOLETO	40	40					
FOLIGNO	12			12			
MONTELEONE DI SPOLETO	535						535
NORCIA	10342	9967		375			
PRECI	1400	1400					
SELLANO	242			242			
TERNI	228		228				
MONTEREALE	267						267

Nell'ipotesi di intervento triennale per questo comparto, si è scelto di scaglionare gli interventi per criticità in modo tale da ottenere il maggior beneficio nel minor tempo a parità di costo. Quindi, nel primo anno sono stati inseriti gli interventi di depurazione e collettamento in aree C1a (Norcia in parte) e B, nel secondo anno gli interventi di depurazione e collettamento in aree C1b, C2a (Rieti in parte) e parte restante C1a (Norcia) e nel terzo anno depurazione e collettamento in aree C2b, NC e parte restante C2a (Rieti).

Per quanto riguarda la stima dei costi di intervento necessari a contenere l'erosione dei suoli, tenendo conto dei costi unitari riportati nell'*atlante degli interventi di difesa estensiva dall'erosione dei suoli* predisposto per il P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del Tevere) è stata fatta un'ipotesi di interventi necessari a migliorare lo stato di sostenibilità nella gestione dei terreni. Di seguito viene riportata una tabella con la stima del costo degli interventi prioritari di sistemazione dei terreni agricoli e forestali per il contenimento del trasporto solido al lago di Piediluco, suddivisi per sottobacini dell'area di Piano:

**Stima del costo degli interventi prioritari di sistemazione dei terreni agricoli e forestali per il contenimento del trasporto solido al lago di Piediluco**

valore minimo	6	0	0	1	1	0	1	2
valore medio	8.376	759	71	634	1.978	554	308	2.839
valore massimo	19.792	1.762	272	1.547	4.645	2.109	793	7.129

Stima d'intervento (ha)					Costi per tipologia d'intervento (.000 Euro)			
COD_IDROGR	Sup_ha	rinfoltimento avviamento	sistemazioni forestali	sistemazioni agrarie	rinfoltimento, avviamento.	sistemazioni forestali	sistemazioni agrarie	TOTALE
TEV-320-015	6.022	573	65	367	1.507	501	181	2.189
TEV-320-020	4.561	415	86	397	1.241	666	205	2.112
TEV-320-030	19.792	1.589	272	1.449	4.312	2.109	709	7.129
TEV-320-040-10	18.654	1.762	136	1.547	4.645	1.052	793	6.490
TEV-320-040-20	10.090	841	71	806	2.175	547	414	3.136
TEV-320-040-26	15.152	1.274	128	1.051	3.306	995	533	4.835
TEV-320-040-30	14.045	1.019	73	1.408	2.622	563	716	3.901
TEV-320-040-40	4.114	418	68	155	1.120	529	77	1.727
TEV-320-050	10.835	1.540	151	846	3.980	1.168	421	5.569
TEV-320-080-05	9.639	895	87	688	2.403	674	354	3.431
TEV-320-080-06	1.537	141	17	123	368	131	64	562
TEV-320-080-10	4.885	319	61	391	887	470	202	1.559
TEV-320-080-20	15.658	1.629	170	994	4.408	1.316	507	6.231
TEV-320-080-25	134	10	0	7	24	0	2	25
TEV-320-080-30	8.837	886	30	621	2.184	236	229	2.648
TEV-320-080-45	6.898	675	65	389	1.721	503	167	2.390
TEV-320-080-50	3.108	39	6	486	94	48	233	375
TEV-320-080-65	6	0	0	1	1	1	1	2
TEV-320-080-66	10.872	587	35	1.515	1.457	273	713	2.443
TEV-320-080-67	5.823	502	33	420	1.262	253	204	1.719
TEV-320-080-69	7.431	743	25	472	1.837	192	190	2.218
TEV-320-080-40-50	10.541	1.099	71	535	2.801	547	256	3.605
TEV-320-080-60-30	2.555	288	37	109	764	285	44	1.093
TEV-320-080-60-40	8.452	882	48	405	2.196	373	179	2.749
TEV-320-080-60-50	9.756	853	52	669	2.137	405	311	2.853
<b>TOTALE</b>	<b>209.398</b>	<b>18.978</b>	<b>1.786</b>	<b>15.852</b>	<b>49.449</b>	<b>13.838</b>	<b>7.704</b>	<b>70.992</b>

E' stato stimato anche il costo delle fasi organizzative che l'amministrazione pubblica deve sostenere per la gestione annua degli incentivi e dei relativi controlli. Tale costo è stato commisurato in circa 517.000 Euro (1.000 milioni di Lire) per i 10 anni presi in considerazione. La ripartizione di tale ammontare segue il criterio utilizzato per il riparto dei costi di investimento degli interventi.

Per quanto riguarda il controllo della fertilizzazione fosfatica in agricoltura, sono stati stimati i costi che le singole aziende dovranno sostenere per la tenuta dei registri, per il piano di fertilizzazione e per le analisi del suolo di cui alle NTA. Tenendo in considerazione il possibile numero di aziende interessate e la loro dimensione media, si è stimato un costo annuo di circa 1.808.000 Euro (3.500 milioni di Lire). A questi vanno aggiunti i costi di organizzazione dell'amministrazione pubblica interessata e quelli di controllo dei contenitori di stoccaggio di cui alle NTA. Tali costi aggiuntivi sono stati stimati in circa 697.000 Euro (1.350 milioni di Lire) ripartiti al 1° ed al 6° anno, nell'ipotesi di una programmazione quinquennale dei controlli.

Per gli interventi in acquacoltura si è stimato un costo medio di investimento per adottare una tecnologia da sottoporre a sperimentazione a partire dal secondo anno di avvio degli interventi. Considerando, quindi, gli impianti interessati si è stimato un costo di investimento pari a circa 2.324.000 Euro (4.500 milioni di Lire). A tale costo si aggiunge l'attività di monitoraggio biennale di cui alle NTA, stimata in circa 52.000 Euro (100 milioni di Lire) all'anno.

Dai costi così individuati è possibile stimare anche la quota di origine pubblica. Infatti, tale quota è costituita dal totale dei costi d'intervento attuabili su terreni di proprietà pubblica e dagli incentivi che per tali tipologie di interventi vengono generalmente messi a disposizione attraverso gli strumenti di politica settoriale. Pertanto, i criteri adottati sono stati i seguenti:

- Incentivi fornibili con misure PSR, DOCUP, ecc si considera:
- media incentivi pubblici per misure forestali = 80 %
- media incentivi pubblici per misure agro-zootecniche = 40 %
- media incentivi pubblici per acquacoltura (SFOP) = 40 %
- percentuale stimata di superficie forestale pubblica = 40 %
- percentuale stimata di superficie agricola pubblica = 1 %

I costi totali sono riportati nella tabella seguente:

<b>COSTI in 10 anni (senza scontarli all'attualità) (.000 Euro)</b>	Totale costi	di cui pubblici	di cui privati
Organizzazione amministr. pubbl. (organizz. Incentivi con controlli)	516	516	0
Sistemazioni agrarie	7.704	3.128	4.576
Sistemazioni forestali	13.838	12.178	1.660
Rinfoltimento ed avviamento	49.449	43.516	5.934
<b>TOT. INTERVENTI SULL'EROSIONE</b>	<b>71.508</b>	<b>59.337</b>	<b>12.171</b>
Organizz. amministr. pubbl. (riduzione concimazione e controllo contenitori stoccaggio)	1.394	1.394	0
Controllo fertilizzazione nelle aziende	18.076	0	18.076
<b>TOT. INTERVENTI SULLA CONCIMAZIONE</b>	<b>19.470</b>	<b>1.394</b>	<b>18.076</b>

SUBTOTALE	90.979	60.732	30.247
Investimenti	2.324	930	1.394
Sperimentazione in acquacoltura (2 anni)	103	31	72
TOT. INTERVENTI IN ACQUACOLTURA	2.427	961	1.467
TOT. DEPURAZ. E COLLETTAM. CIVILE-IND	35.696	35.696	0
TOTALI	129.102	97.388	31.714

*Criteria di riparto finanziario degli interventi di difesa estensiva del territorio.*

Nell'ambito di applicazione del piano decennale, che sarà suddiviso ulteriormente in stati di avanzamento triennale, l'erogazione dei finanziamenti per l'esecuzione degli interventi previsti e approvati dall'Ente gestore potrà avvenire secondo modalità differenziate in relazione alla tipologia di intervento proposta.

Infatti, in presenza di una struttura efficiente, la maggior parte degli interventi che sono previsti nell'ambito della sistemazione montana, grazie alla loro semplicità, può essere pensata, progettata, approvata e realizzata nel corso di un anno. In questo caso pertanto il riparto finanziario può essere molto semplice in quanto è possibile prevedere la liquidazione di un intervento nello stesso anno in cui questo viene approvato. Solo allorché non è possibile rispettare perfettamente i tempi di realizzazione (ad esempio perché un intervento ricadrebbe in un periodo non ammissibile) avremo un ritardo della realizzazione, rispetto all'approvazione, pari ad una annata. Questo ritardo, che influenza la cassa ma non la competenza, non crea alcun problema amministrativo. Diversamente, gli interventi di rimboschimento o rinfoltimento richiedono più anni per la loro effettiva realizzazione in quanto dopo la piantagione è necessario eseguire le cure colturali per una durata non inferiore a 5 anni. Questa modalità realizzativa necessita pertanto di una particolare attenzione nel contesto della decisione sulle modalità di erogazione dei flussi finanziari.

Per quanto concerne la maggior parte degli interventi ipotizzati, che potrà essere approvata ed eseguita nel corso di una annata, il riparto finanziario è cosa assolutamente semplice. In tal caso si tratta solamente di decidere l'andamento dell'erogazione finanziaria nel corso del decennio di applicazione del piano.

Sulla base delle esperienze maturate nell'ambito dell'erogazione dei contributi per i regolamenti comunitari (vedi ad esempio il regolamento 2080/92), è opportuno che l'entità dei contributi da erogare sia minore nei primi anni di applicazione del piano per poi aumentare verso la metà dello stesso e ridursi infine ancora verso il termine del decennio di validità.

Questo particolare trend trova giustificazione nel fatto che è necessario predisporre un maggiore controllo nella fase iniziale di applicazione del piano, al fine di indirizzare in modo corretto le iniziative dei beneficiari sia per quanto riguarda gli interventi da proporre, sia soprattutto le modalità di progettazione e di realizzazione concreta delle opere.

Una volta completata questa fase di indirizzo (per la quale si prevede che sia necessario non meno di un triennio), nel pieno della capacità di controllo da parte dell'Ente gestore e delle conoscenze acquisite da tutti i possibili beneficiari, si può allora erogare una maggiore quantità di finanziamenti mandando a regime il sistema del flusso finanziario.

Infine, nella ultima fase del ciclo finanziario previsto durante l'applicazione del piano, si propone di ridurre il flusso delle erogazioni in relazione al fatto che, in ogni caso, verso la fine del ciclo di finanziamento, si registreranno comunque delle risorse che non sono state spese da alcuni beneficiari per inefficienza o per cause diverse e che sarà quindi possibile recuperare da chi si è dimostrato più efficiente o comunque da indirizzare, tramite progetti pilota, su aree di particolare importanza.

In sostanza fatto pari a 100 la disponibilità finanziaria relativa ad ogni tipologia di intervento, si propone di adottare lo schema seguente:

Anni	% sul totale disponibile per la tipologia di intervento	Totale parziale	Totale
Dal 1° al 3° (primo triennio)	8	24	24
Dal 4° al 6° (secondo triennio)	15	45	69
Dal 7° al 9° (terzo triennio)	9	27	96
10° anno	4	4	100

Gli interventi che possono essere ricondotti ad un finanziamento di questo tipo riguardano tutti quelli inerenti le cure colturali ai soprassuoli forestali (avviamento all'altofusto e cure colturali ai rimboschimenti di conifere), gli interventi di inerbimento di qualsiasi tipo (semine standard, rivestimenti con manti erbosi pronti, idrosemine e inerbimenti potenziati, con reti o materassi), tutti gli interventi di sistemazione montana (interventi di modellamento e sistemazione idraulica di superficie, interventi di consolidamento, interventi a prevalente funzione di rivestimento, interventi di regimazione dei corsi d'acqua).

Per quanto concerne invece gli interventi di rimboschimento o rinfoltimento delle aree prive di vegetazione, questo tipo di interventi necessita anche di adeguate cure colturali per un periodo che si può prevedere, in linea di massima, non inferiore a 5 anni.

In questo caso le modalità di riparto finanziario potrebbero creare problemi di sfioramento oltre il decennio. Agendo in modo semplificato può essere opportuno predisporre l'erogazione del finanziamento al momento dell'ammissione dell'intervento a contributo. In questo modo si paga immediatamente sia la realizzazione dell'intervento di piantagione che le cure colturali che sarà necessario realizzare nei successivi cinque anni. Questo sistema necessita di un maggiore controllo sugli interventi realizzati, ma permette di ricondurre alla casistica precedentemente esposta anche questo particolare tipologia di interventi semplificando così notevolmente il lavoro di contabilità che l'Ente gestore dovrebbe svolgere. A tutela dell'Ente gestore si può prevedere una fideiussione pari

all'entità dell'importo erogato al momento della realizzazione dell'impianto da svincolare al collaudo finale che può avvenire al termine delle cure colturali.

### 9.3 Individuazione dei benefici

I benefici ottenibili dalle azioni e dagli interventi individuati sono commisurabili in base alla riduzione dei carichi di fosforo recapitati al Lago che ciascun intervento determina. Tali benefici dovrebbero corrispondere all'aumento di fruibilità che la popolazione interessata percepirebbe dall'aumento del Valore Economico Totale (VET) del bene ambientale oggetto del presente Piano (il lago di Piediluco). In questa analisi, non ci si è voluti addentrare in complesse metodologie di monetizzazione dei benefici ambientali, ciò è stato possibile anche per l'uniformità dei benefici che sono stati considerati.

I benefici in termini di riduzione del carico di fosforo totale che si ottengono a regime attraverso le azioni e gli interventi nei diversi settori sono i seguenti:

<b>BENEFICI DIRETTI A REGIME</b>	Riduzione carico P (tonnellate / anno)
TOT. INTERVENTI SULL'EROSIONE e SULLA FERTILIZZAZIONE	21,0
TOT. INTERVENTI IN ACQUACOLTURA (-40%)	7,2
TOT. INTERVENTI DEPURAZ. E COLLETTAM. CIVILE-IND	12,1
<b>TOTALI</b>	<b>40,3</b>

Tali valori rapportati al carico totale di fosforo stimato allo stato ante Piano, e cioè i decrementi percentuali per ciascun settore, sono stati ripartiti con gli stessi criteri di ripartizione dei costi. Si è tenuto conto, ovviamente, che i benefici degli interventi che necessitano di un'intera annualità sono percepibili nell'annualità successiva a quella d'intervento. Per il comparto acquacoltura si è ipotizzato un beneficio già alla fine del primo anno di sperimentazione con le nuove tecnologie, stimabile in circa il 50 % del beneficio a regime.

### 9.4 L'analisi economica

L'approccio all'analisi economica può procedere considerando prima la situazione in presenza di intervento e poi quella in assenza di intervento. Per semplicità si è considerata statica la situazione in

assenza di intervento, mentre, invece, si ritiene plausibile un aumento delle concentrazioni di fosforo nel Lago in assenza delle azioni e degli interventi previsti dal Piano.

La scelta di ipotizzare condizioni stazionarie negli anni in assenza di interventi risulta, comunque, cautelativa dell'analisi effettuata. Infatti, se l'ipotesi di intervento fosse confrontata con una situazione in assenza di intervento non stazionaria, i benefici ottenibili dall'attuazione delle indicazioni di Piano sarebbero ancora più elevati.

Si sono presi in considerazione i costi, derivanti dalla situazione finanziaria ipotizzata, ed i benefici diretti dell'investimento. Per non appesantire l'analisi non sono stati presi in considerazione gli eventuali costi e benefici indiretti, riguardanti soggetti non direttamente interessati dall'investimento, considerando i benefici netti derivanti dalle altre possibili valutazioni tutti a favore dell'investimento.

L'analisi economica, quindi, è stata svolta prendendo come parametro di beneficio netto l'insieme dei benefici ottenibili dalla riduzione degli apporti di fosforo al Lago.

Utilizzando i benefici in valore di riduzione percentuale nel confronto con i costi si è attribuito implicitamente un valore monetario ai benefici, corrispondente a circa 517.000 Euro (1.000 milioni di Lire) per ogni riduzione di un punto percentuale dei carichi di fosforo totale rispetto alla situazione ante Piano. Tale valore implicito non è utile a determinare la convenienza dell'investimento, che si è deciso fin dall'inizio di non prendere in considerazione, ma è di estrema utilità per poter svolgere l'analisi economica finalizzata al confronto tra i diversi settori.

Per giungere alla determinazione delle voci di costo e di beneficio della situazione finanziaria che devono essere utilizzate per l'analisi economica si sarebbero dovute eliminare dai valori finanziari tutti quegli elementi che risultano solo dei trasferimenti all'interno della collettività. Come ad esempio, le imposte e le tasse non entrano nella analisi economica in quanto trattasi di partite di giro. Questa operazione non è stata fatta per rendere più fluida l'analisi e ritenendo equiparabili le partite di giro dei diversi interventi.

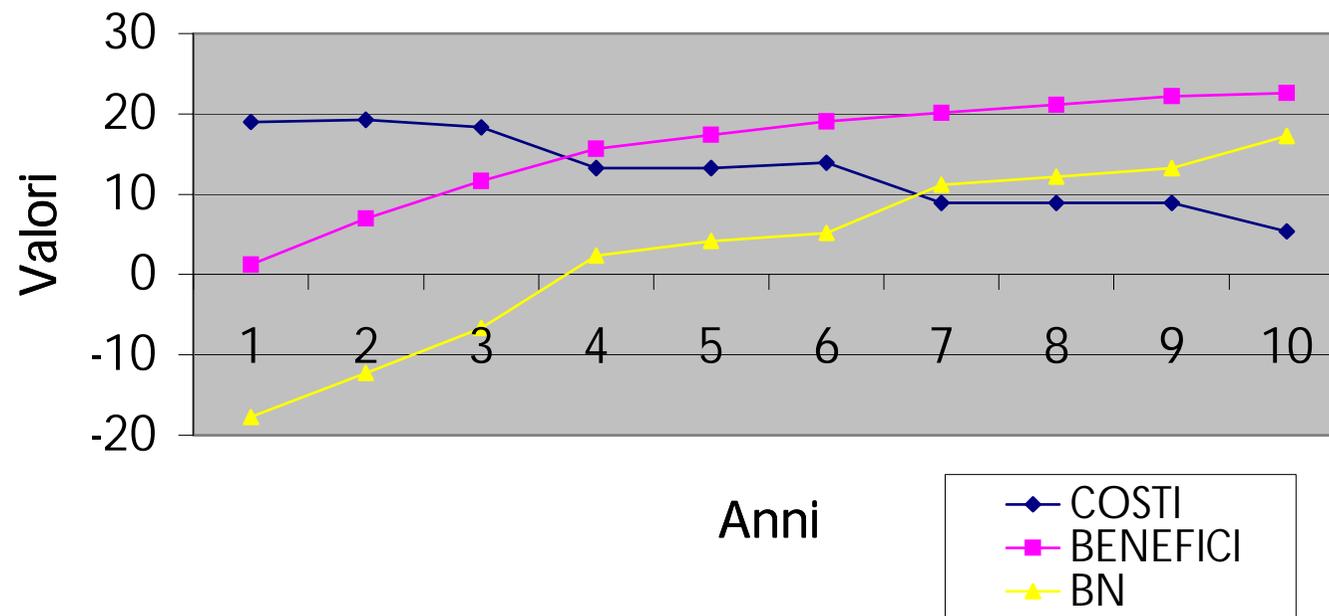
La ripartizione delle principali voci di costo nelle quote d'incidenza degli elementi di costo più rappresentativi per brevità non viene qui esplicitata.

Di seguito vengono riportate le tabelle mostranti i flussi di benefici e costi, descritti sopra, per i diversi settori negli anni di intervento. Tali andamenti sono meglio visibili dai grafici. Nel grafico dei costi e benefici totali si nota un andamento caratteristico dell'analisi degli investimenti, con la curva dei costi con andamento decrescente negli anni, la curva dei benefici con andamento crescente e quindi la curva dei benefici netti che assume inizialmente valori negativi fino a raggiungere un punto di pareggio nel 3° anno. Nell'ipotesi di gestione degli interventi prescelta si nota un andamento periodico dei costi, quindi con fabbisogni finanziari decrescenti ma con decrementi marginali sufficientemente costanti per i diversi periodi. I benefici mostrano viceversa incrementi marginali decrescenti, ottenendo così forti benefici iniziali che incrementano poi leggermente fino ad arrivare alla situazione di regime.

<b>COSTI TOTALI in 10 anni (senza scontarli all'attualità) (.000 Euro)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Totale</b>
depurazione e collettamento in aree <b>C1a (Norcia in parte) e B</b>	10.765	132	132	132	132	132	132	132	132	132	11.954
depurazione e collettamento in aree <b>C1b, C2a (Rieti in parte) e parte restante C1a (Norcia)</b>	0	9.253	531	531	531	531	531	531	531	531	13.504
depurazione e collettamento in aree <b>C2b, NC e parte restante C2a (Rieti)</b>	0	0	10.053	26	26	26	26	26	26	26	10.237
<b>TOT. INTERVENTI DEPURAZIONE E COLLETTAMENTO</b>	<b>10.765</b>	<b>9.385</b>	<b>10.716</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>690</b>	<b>35.696</b>
Organizzazione amministr. pubbl. (studi di approfondim., organizz. incentivi)	41	41	41	77	77	77	46	46	46	21	516
sistemazioni agrarie	616	616	616	1.156	1.156	1.156	693	693	693	308	7.704
sistemazioni forestali	1.107	1.107	1.107	2.076	2.076	2.076	1.245	1.245	1.245	554	13.838
rinfoltimento ed avviamento	3.956	3.956	3.956	7.417	7.417	7.417	4.450	4.450	4.450	1.978	49.449
<b>TOT. INTERVENTI SULL'EROSIONE</b>	<b>5.721</b>	<b>5.721</b>	<b>5.721</b>	<b>10.726</b>	<b>10.726</b>	<b>10.726</b>	<b>6.436</b>	<b>6.436</b>	<b>6.436</b>	<b>2.860</b>	<b>71.508</b>
Organizz. amministr. pubbl. (riduzione concimazione e controllo contenitori stoccaggio)	697	0	0	0	0	697	0	0	0	0	1.394
Controllo fertilizzazione nelle aziende	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	18.076
<b>TOT. INTERVENTI SULLA CONCIMAZIONE</b>	<b>2.505</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>2.505</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>	<b>19.470</b>
Investimenti in acquacoltura	0	2.324	0	0	0	0	0	0	0	0	2.324
Sperimentazione in acquacoltura (2 anni)	0	0	52	52	0	0	0	0	0	0	103
<b>TOT. INTERVENTI IN ACQUACOLTURA</b>	<b>0</b>	<b>2.324</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.427</b>
<b>TOTALI</b>	<b>18.990</b>	<b>19.237</b>	<b>18.296</b>	<b>13.275</b>	<b>13.224</b>	<b>13.921</b>	<b>8.933</b>	<b>8.933</b>	<b>8.933</b>	<b>5.358</b>	<b>129.102</b>

<b>BENEFICI DIRETTI</b> (senza scontarli all'attualità) (indicatore % di riduzione carico di fosforo)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-30
investimento depurazione e collettamento in aree <b>C1a (Norcia in parte)</b> e <b>B</b>	0,0	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
investimento depurazione e collettamento in aree <b>C1b, C2a (Rieti in parte)</b> e <b>parte restante C1a (Norcia)</b>	0,0	0,0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
investimento depurazione e collettamento in aree <b>C2b, NC</b> e <b>parte restante C2a (Rieti)</b>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>TOT. INTERVENTI DEPURAZIONE E COLLETTAMENTO CIVILE-INDUSTRIALE</b>	<b>0,0</b>	<b>9,3</b>	<b>12,7</b>	<b>13,2</b>						
<b>TOT. INTERVENTI SUL DIFFUSO</b>	<b>2,4</b>	<b>4,2</b>	<b>6,0</b>	<b>9,3</b>	<b>12,6</b>	<b>15,9</b>	<b>17,9</b>	<b>19,9</b>	<b>21,9</b>	<b>22,8</b>
<b>TOT. INTERVENTI IN ACQUACOLTURA</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,9</b>	<b>7,8</b>						
<b>TOTALI</b>	<b>2,4</b>	<b>13,5</b>	<b>22,6</b>	<b>30,3</b>	<b>33,6</b>	<b>36,9</b>	<b>38,9</b>	<b>40,9</b>	<b>42,9</b>	<b>43,8</b>

## ANDAMENTO COSTI E BENEFICI PIANO PIEDILUCO



Successivamente viene mostrato il confronto tra i diversi comparti, dove si nota un andamento differenziato. I benefici netti del comparto civile industriale mostrano valori negativi nei primi tre anni di investimenti con un punto di pareggio già ottenibile nello stesso 3° anno e con dei benefici netti portati a regime già a partire dal 4° anno.

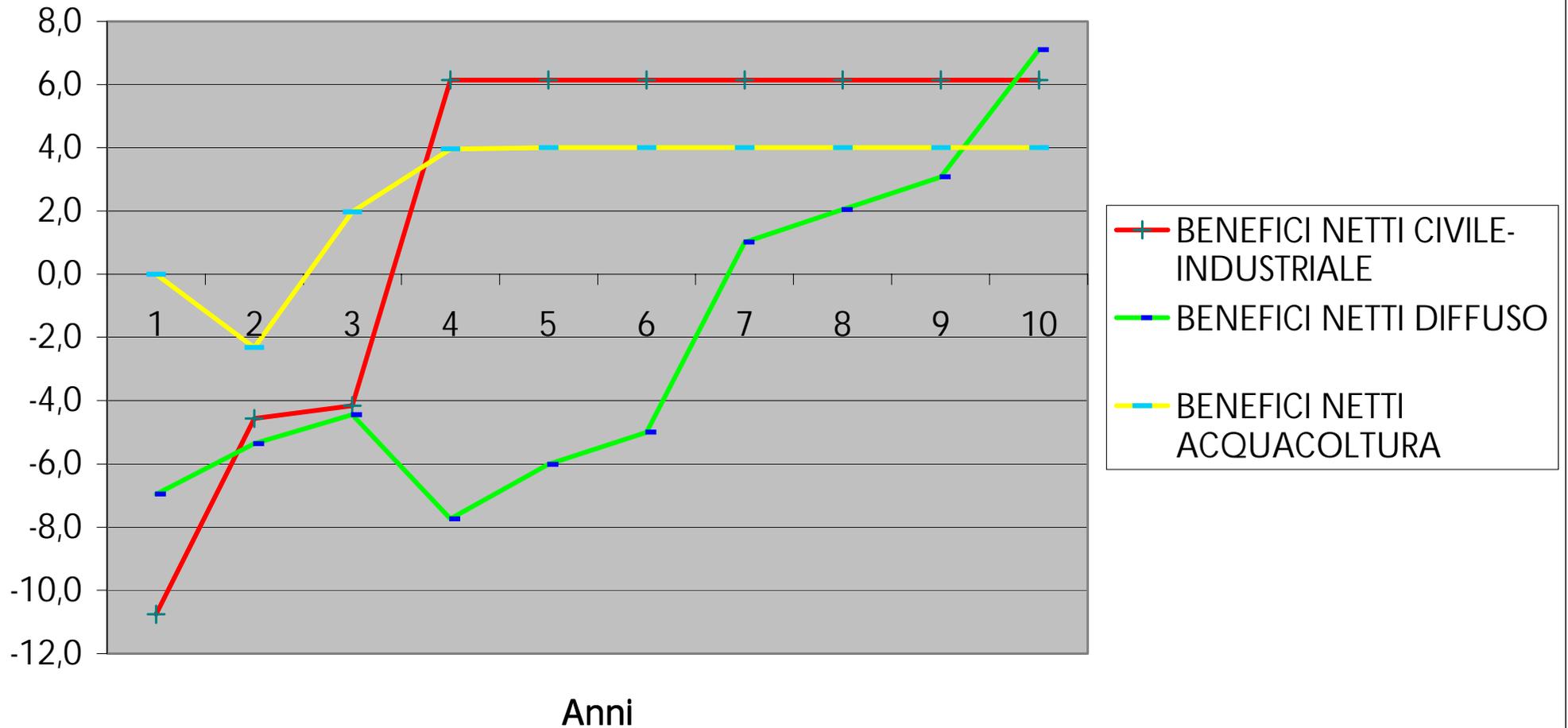
Per il settore del diffuso (agro-zootecnico e forestale) viste le particolari tipologie d'intervento, come detto sopra, si è ritenuto opportuno ripartire i costi, e quindi i benefici, su un arco temporale più lungo. Questa alternativa prescelta consente, inoltre, di mantenere entro livelli accettabili i costi iniziali. L'andamento dei benefici netti prosegue poi con un punto di pareggio in prossimità del 7° anno fino ad arrivare al 10° anno con i benefici a regime.

Per il comparto acquacoltura i primi costi vengono sostenuti al secondo anno, essendo il primo anno utilizzato per proporre l'attività di sperimentazione da parte degli acquacoltori. I benefici netti incontrano un punto di pareggio già al secondo anno, andando poi a regime nel 4° anno.

Al termine dell'analisi viene riportato un giudizio di convenienza, rappresentato dal rapporto tra i benefici ed i costi per i diversi settori d'intervento, per poter confrontare la convenienza d'investimento. Indipendentemente dal valore assoluto determinato, si evince come a parità di costo unitario investito il rendimento in termini di benefici nel settore civile-industriale sia circa 1,5 volte rispetto al settore del diffuso e quello del settore acquacoltura sia circa 9 volte più conveniente del settore civile-industriale e quindi circa 13 volte rispetto al settore agro-zootecnico e forestale (diffuso). Tale confronto è stato fatto rendendo indipendente l'andamento d'investimento ipotizzato e ciò confrontando i benefici annuali a regime con i costi d'investimento. E' stata, comunque, tentata un'attualizzazione dei valori (VAN in tabella) che utilizzata per il giudizio di convenienza costi/benefici modifica di poco i rapporti tra i singoli rendimenti di settore.

Costi e Benefici (milioni di Euro)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOT	VAN
<b>COSTI CIVILE-INDUSTRIALE</b>	10,8	9,4	10,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	35,7	29
<b>COSTI DIFFUSO</b>	8,2	7,5	7,5	12,5	12,5	13,2	8,2	8,2	8,2	4,7	91,0	62
<b>COSTI ACQUACOLTURA</b>	0,0	2,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2
<b>BENEFICI CIVILE-INDUSTRIALE</b>	0,0	4,8	6,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8		38
<b>BENEFICI DIFFUSO</b>	1,3	2,2	3,1	4,8	6,5	8,2	9,3	10,3	11,3	11,8		41
<b>BENEFICI ACQUACOLTURA</b>	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		18
<b>BENEFICI NETTI CIVILE-INDUSTRIALE</b>	-10,8	-4,6	-4,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1		8
<b>BENEFICI NETTI DIFFUSO</b>	-7,0	-5,4	-4,4	-7,7	-6,0	-5,0	1,0	2,0	3,1	7,1		-21
<b>BENEFICI NETTI ACQUACOLTURA</b>	0,0	-2,3	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		16

## Andamento Benefici Netti per settore piano Piediluco



Rapporto benefici/costi	
CIVILE-INDUSTRIALE	0,19
DIFFUSO	0,13
ACQUACOLTURA	1,65

