

acqua / quaderni / Arpa Umbria

## ATTIVITÀ TEMATICHE ARPA UMBRIA



ARIA



AGENTI FISICI



SUOLO



ACQUA



RISCHIO TECNOLOGICO



RIFIUTI



ENERGIA

a cura di Sandro Posati

**Il lago di Piediluco**  
analisi e metodi di tutela

*Questo volume è frutto del lavoro congiunto di Sandro Posati e Cristiana Lucidi, ai quali si deve la stesura dei capitoli 1, 2, 3 e 4, mentre il capitolo 6 è stato interamente redatto da Alessandra Cingolani e Gianluca Paggi. Tutti gli altri scaturiscono dalla rielaborazione degli studi e dei programmi di attività di Leonardo Anzini, Marco Bonavia, Fedra Charavgis, Linda Cingolani, Alberto Dellepiane, Marco Gobbino, Mauro Natali, Mirko Nucci, Sandro Posati, Pietro Ruco e Valentina Stufara per il capitolo 5, di Leonardo Anzini, Alberto Dellepiane, Marco Gobbino, Sandro Posati, Pietro Ruco e Valentina Stufara per il capitolo 7, di Leonardo Anzini, Matteo Campana, Alessandra Cingolani, Roberto Crea, Alberto Dellepiane, Marco Gobbino, Gabriele Guerra, Maurizio Leonori, Cristiana Lucidi, Sandro Posati e Valentina Stufara per il capitolo 8 e di Leonardo Anzini, Alberto Dellepiane, Marco Gobbino, Cristiana Lucidi, Sandro Posati, Pietro Ruco e Valentina Stufara per il capitolo 9.*

*Le immagini pubblicate nelle pagine 21-22, 25-29, 49, 58-60 e 66 sono tratte dal rapporto interno "Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di tritocoltura in Valnerina", ARPA 2002; quella di pagina 66 proviene dall'Archivio Fotografico ARPA.*

© 2003



u m b r i a  
agenzia regionale per la protezione ambientale

**quaderni di Arpa Umbria**

*direttore scientifico* Giancarlo Marchetti

*direttore editoriale* Fabio Mariottini

*progetto grafico* Paolo Tramontana, Perugia

*editing* CRACE, Perugia

*stampa* Cornicchia Grafiche, Perugia

via Pievaiola (San Sisto) - Perugia  
tel. 075 515961 fax 075 51596235  
www.arpa.umbria.it  
arpa@arpa.umbria.it

stampato su carta Free Life 100 da 120 g/mq

*Eventuali duplicazioni, anche di parti della pubblicazione, sono autorizzate a condizione che venga citata la fonte.*

# Presentazione

*L'Agenzia regionale di protezione ambientale dell'Umbria è stata istituita il 6 marzo 1998 con Legge regionale n. 9.*

*Essa nasce come supporto tecnico operativo ai soggetti istituzionali – Regione, Province e Comuni – per ciò che attiene il controllo e la protezione dell'ambiente.*

*Articolata in una Direzione Generale e in due Dipartimenti Provinciali, l'Agenzia si pone come referente qualificato per i cittadini, le associazioni ambientaliste e di categoria, le imprese pubbliche e private.*

*Assicurare il rilevamento ambientale sistematico e omogeneo fornendo, attraverso il monitoraggio, un quadro di conoscenze in grado di contribuire al governo sostenibile del territorio e recuperare con la programmazione l'organicità degli interventi sono gli obiettivi più importanti che ARPA Umbria si è prefissa.*

*In quest'ottica "Il lago di Piediluco: analisi e metodi di tutela" costituisce un primo esempio di divulgazione dei risultati delle attività di indagine e di ricerca volte a salvaguardare il patrimonio ambientale della nostra regione. Da tempo, infatti, varie istituzioni, nell'ambito delle proprie competenze, si sono interessate alla tutela e salvaguardia del lago di Piediluco proponendo studi, interventi, monitoraggi che non sempre sono stati diffusi in maniera adeguata.*

*Questa pubblicazione, pertanto, ha lo scopo non solo di illustrare le attività e gli interventi messi in atto dalle pubbliche amministrazioni e i risultati degli studi effettuati da ARPA Umbria, ma anche di riunire tutte le informazioni che ne sono derivate, consentendo per la prima volta di avere un quadro aggiornato delle conoscenze indispensabili per la programmazione futura.*

**Dott. Ing. Oriella Zanon**  
**Direttore Generale**



# Introduzione

*Nel volume “Il lago di Piediluco: analisi e metodi di tutela” si vogliono illustrare sia gli interventi finalizzati alla tutela e alla salvaguardia del lago di Piediluco, svolti o in corso di realizzazione da parte di ARPA Umbria, sia l’interesse che le varie istituzioni hanno avuto e continuano ad avere per risolvere un problema così annoso e controverso come quello relativo alla migliore fruizione del lago.*

*Nel capitolo 4 “Interventi di risanamento e finanziamenti”, infatti, sono stati elencati tutti i gruppi di lavoro e le varie commissioni allo scopo istituite presso le varie sedi istituzionali; commissioni che hanno visto coinvolte, ognuna per le specifiche competenze, le Regioni e le Province in cui è ricompreso il bacino imbrifero del lago di Piediluco, l’Autorità di Bacino del Fiume Tevere, il Ministero dell’Ambiente e, in alcuni casi, le Aziende USL competenti per il territorio.*

*Per la prima volta viene redatta qui una raccolta sistematica di informazioni che altrimenti avrebbero potuto disperdersi e che invece risulteranno sicuramente utili per il proseguo dei lavori.*

*L’intento è quello di accrescere sempre più la base conoscitiva comune cui possono attingere tutti coloro che operano e programmano iniziative ed interventi incidenti sul lago e sulla sua salvaguardia e si auspica, pertanto, con il presente elaborato, di aver dato un utile contributo in tal senso.*

**Dott. Ing. Adriano Rossi**  
**Direttore del Dipartimento Provinciale di Terni**





# Indice

<b>1.</b>	Cenni storici .....	11
<b>2.</b>	Assetto idrogeologico e geografico .....	13
<b>3.</b>	Ecosistema lacustre .....	15
<b>4.</b>	Interventi di risanamento e finanziamenti .....	17
	<b>4.1.</b> Commissioni e intese interistituzionali .....	17
	<b>4.2.</b> Interventi e relativi finanziamenti .....	18
	<b>4.3.</b> Interventi di ARPA Umbria .....	18
<b>5.</b>	Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trofocoltura in Valnerina .....	21
	<b>5.1.</b> Obiettivi del progetto .....	21
	<b>5.2.</b> Impianti di trofocoltura della Valnerina: caratteristiche tecnico-gestionali .....	22
	<b>5.3.</b> Monitoraggio chimico-fisico .....	23
	<b>5.4.</b> Monitoraggio biologico .....	25
	<b>5.5.</b> Conclusioni .....	26
<b>6.</b>	Rilievo batimetrico del lago .....	31
	<b>6.1.</b> Modalità di esecuzione del rilievo .....	31
	<b>6.2.</b> Risultati del rilievo .....	32
	<b>6.3.</b> Confronto con precedenti rilievi .....	33
	<b>6.4.</b> Conclusioni .....	38
<b>7.</b>	Monitoraggio acque del lago .....	41
<b>8.</b>	Ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del lago di Piediluco .....	49
	<b>8.1.</b> Risultati indagine .....	49
	<b>8.2.</b> Stima del carico inquinante proveniente da attività civili e produttive .....	55
	<b>8.3.</b> Proposte tecniche .....	56
	<b>8.4.</b> Stima del carico inquinante proveniente dall'attività ittiogenica .....	61
	<b>8.5.</b> Fabbisogni .....	64
<b>9.</b>	Monitoraggio del canale del Medio Nera .....	67
	<b>9.1.</b> Monitoraggio chimico-fisico .....	67
	<b>9.2.</b> Considerazioni .....	68
	<b>9.3.</b> Monitoraggio biologico .....	69
	<b>9.4.</b> Conclusioni .....	71
	Bibliografia .....	72



# 1. Cenni storici

L'attuale configurazione del lago di Piediluco è il risultato di una serie di trasformazioni idrogeologiche iniziate durante il Quaternario post-villafranchiano alle quali poi si è aggiunto l'intervento umano finalizzato, nei secoli scorsi, alla bonifica della piana Reatina e, recentemente, allo sfruttamento idroelettrico delle acque.

L'attuale configurazione del lago di Piediluco è il risultato di una lunga serie di trasformazioni idrogeologiche iniziate durante il Quaternario post-villafranchiano.

In tale periodo, infatti, il fiume Velino, stante la scarsa velocità e l'elevato contenuto di bicarbonato delle sue acque, iniziò la propria azione di sedimentazione lungo l'intero letto del canale. Contemporaneamente, il fiume Nera, grazie al proprio carattere torrentizio, causò il fenomeno di erosione della valle in cui scorreva.

Alla confluenza dei due fiumi, con il passare del tempo, tali mutamenti generarono sia una differenza di livello, che continuò ad aumentare col passare del tempo, sia l'innalzamento di un banco di travertino dovuto ai depositi del Velino, che diede origine ad un ampio lago: il lago Velino.

Questo lago, nel momento di massima estensione, occupava la maggior parte della piana di Rieti, e il lago di Piediluco, all'epoca, era soltanto una sua ramificazione estesa sino alla zona delle Marmore.

Intorno al 290 a.C., secondo quanto riportato dalle fonti classiche, il console Manlio Curio Dentato fece scavare un canale nello sbarramento di travertino allo scopo di bonificare la piana di Rieti dalle acque stagnanti, sversandole nel Nera; il canale, che diede origine alla Cascata delle Marmore, prese il nome di Cava Curiana.

Indipendentemente dalla veridicità di quanto sopra esposto, è comunque certo che il primo intervento di bonifica comportò lo svuotamento parziale della piana del reatino, con la realizzazione di una serie di bacini la cui ubicazione e dimensione è simile a quella attuale, ad eccezione del lago

di Piediluco, che estendendosi dal Piano di Canale al Piano delle Marmore, aveva il Velino come immissario ed emissario.

Tale configurazione si protrasse fino ai secoli X-XI, cioè fino a quando la Cava Curiana rimase in efficienza. Infatti, nel tempo, il Velino continuò la sua opera di sedimentazione fino a ridurne la capacità di scarico e a formare nuovamente un grande lago.

Successivamente vennero realizzate altre opere idrauliche atte a favorire il deflusso del Velino, una delle quali addirittura sotto la direzione di Antonio da Sangallo, ma non si ottennero mai i risultati desiderati. L'ultimo intervento, fu quello ordinato dal papa Clemente VIII: la Cava Curiana venne "ristrutturata" e da allora prese il nome di Cava Clementina. La sua ritrovata funzionalità, nel 1601, non solo abbassò il livello del lago di Piediluco, rendendolo indipendente dal fiume Velino, ma determinò la scomparsa di molti piccoli bacini, riducendo la superficie di quelli di maggiori dimensioni.

Le tormentate vicende idrauliche del lago di Piediluco non terminarono, però, con la l'apertura della Cava Clementina: dal 1924 la Società Terni, prima, e l'ENEL, poi, hanno trasformato il lago in un invaso di regolazione giornaliera delle portate a servizio delle centrali di Galletto e Monte Sant'Angelo.



Lo scavo della Cava Curiana (290 a.C.) ha dato luogo alla Cascata delle Marmore (sopra), riducendo l'antico lago Velino a una serie di piccoli specchi d'acqua il maggiore dei quali è il lago di Piediluco (sotto) (foto di Sergio Coppi).





## 2. Assetto idrogeologico e geografico

La posizione geografica, il perimetro, la profondità, la capacità di invaso, le diramazioni, il bacino imbrifero, l'immissario naturale, le sorgenti e lo sfruttamento idroelettrico del lago.

Il lago di Piediluco è situato tra le latitudini N 42° 30' 54" e 42° 32' 28" e le longitudini E 0° 17' 21" e 0° 19' 17" e occupa, nella sua configurazione attuale, una superficie pari a 1,7 kmq, compresa interamente nella provincia di Terni. Il suo perimetro è di circa 15 km, raggiunge una profondità media di 10 m e una profondità massima di circa 20 m. La sua capacità, al massimo invaso (369 m s.l.m.), è di circa 17.118.250 mc, mentre al minimo invaso (367,50 m s.l.m.) si riduce a 14.750.170 mc.

Il lago è caratterizzato da una forma allungata e da varie diramazioni che hanno le seguenti denominazioni:

- braccio di Ponticelli;
- braccio di Ara Marina;
- bracci di Cornello e Capolozza;
- braccio di Valle Prata;
- braccio di San Nicolò;
- insenatura di Fonte Prata.

Il bacino imbrifero naturale del lago ha una superficie pari a circa 75 kmq, con variazioni di quota che vanno da 367,5 a 1.775 m s.l.m. e quota media di 765 m s.l.m. L'intera area comprende una parte della provincia di Terni, una parte di quella di Rieti e una di quella de L'Aquila.

L'unico immissario naturale del lago è il fosso di Leonessa, che nasce dal monte Tilia e raccoglie le acque di circa la metà del bacino idrografico del lago, con una portata media di circa 120 l/s (ridotta nel periodo estivo a circa 80 l/s).

Nel territorio del bacino imbrifero esistono numerose sorgenti.

Le principali sono:

- la sorgente Fuscello o fonte Rivo (10 l/s in magra autunnale);

- la sorgente del Mulino (10 l/s; 80 l/s in piena primaverile);
- la sorgente di Pacce (200 l/s).

L'apporto idrico maggiore è fornito dall'ampliamento del bacino dovuto allo sfruttamento idroelettrico dell'invaso da parte dell'ENEL.

Nel 1924, infatti, è stata costruita sul fiume Velino, a monte della Cascata delle Marmore, una diga mobile Stoney e nel 1925 è stato ultimato un canale artificiale di circa 400 m (ampliato e rettificato all'inizio degli anni settanta del Novecento, in occasione dell'entrata in funzione della centrale di Monte Sant'Angelo) che collega la parte occidentale del lago con il Velino. Mediante la diga viene tutt'ora regolato lo sfruttamento delle acque dell'invaso per farle affluire alle centrali di Galletto e Monte Sant'Angelo; con tale regolamentazione il lago funge da vero e proprio bacino di ritenuta, mentre il Velino agisce sia da immissario che da emissario. Nel 1932, inoltre, sono state deviate nel lago le acque del fiume Nera e parte di quelle dei fiumi Corno e Vigi attraverso il canale del Medio Nera, avente origine a Triponzo con una portata di 15 mc/s. Pertanto, il nuovo bacino idrografico risulta avere un'estensione di circa 2.096,982 kmq, ripartiti tra le province di Rieti, Macerata, Ascoli Piceno, Perugia, Terni e L'Aquila (tab. 1).

Il perimetro del lago è di circa 15 km.

La profondità media è di 10 metri.

La profondità massima è di 20 metri.

L'arrivo del canale del Medio Nera nel lago di Piediluco (foto di Sergio Coppi).



Comune	Provincia	Superficie compresa nel bacino (kmq)
Campello sul Clitunno	PG	4,360
Cascia	PG	177,354
Cerreto di Spoleto	PG	44,805
Foligno	PG	11,327
Monteleone di Spoleto	PG	55,284
Norcia	PG	211,110
Poggiodomo	PG	2,859
Preci	PG	81,862
Sellano	PG	47,208
<b>TOTALE provincia di Perugia</b>		<b>636,169</b>
Arrone	TR	12,768
Ferentillo	TR	0,018
Polino	TR	5,505
Stroncone	TR	3,744
Terni	TR	21,423
<b>TOTALE provincia di Terni</b>		<b>43,458</b>
Accumoli	RI	3,115
Amatrice	RI	9,980
Antrodoco	RI	62,724
Ascrea	RI	5,247
Belmonte in Sabina	RI	23,600
Borbona	RI	41,998
Borgovelino	RI	18,317
Cantalice	RI	37,555
Casperia	RI	0,010
Castel Sant'Angelo	RI	31,206
Cittaducale	RI	71,103
Cittareale	RI	59,533
Colli sul Velino	RI	12,736
Concerviano	RI	21,346
Consigliano	RI	53,165
Cottanello	RI	2,195
Fiamignano	RI	0,115
Greccio	RI	17,165
Labro	RI	11,727
Leonessa	RI	203,562

Comune	Provincia	Superficie compresa nel bacino (kmq)
Longone Sabino	RI	34,264
Micigliano	RI	36,710
Montasola	RI	0,003
Monte San Giovanni in Sabina	RI	12,532
Montenero Sabino	RI	1,390
Morro Reatino	RI	15,708
Petrella Salto	RI	41,383
Poggio Bustone	RI	22,342
Posta	RI	65,872
Rieti	RI	204,472
Rivodutri	RI	26,745
Rocca Sinibalda	RI	22,539
Roccantica	RI	0,004
Torricella in Sabina	RI	8,008
Varco Sabino	RI	1,236
<b>TOTALE provincia di Rieti</b>		<b>1.179,607</b>
Bolognola	MC	0,007
Castel Sant'Angelo sul Nera	MC	48,623
Monte Cavallo	MC	0,162
Pieve Torina	MC	1,171
Serravalle di Chienti	MC	14,666
Ussita	MC	46,723
Visso	MC	81,253
<b>TOTALE provincia di Macerata</b>		<b>192,605</b>
Arquata del Tronto	AP	0,058
Montefortino	AP	0,001
<b>TOTALE provincia di Ascoli Piceno</b>		<b>0,059</b>
Cagnano Amiterno	AQ	0,297
L'Aquila	AQ	0,006
Montereale	AQ	31,532
Scoppito	AQ	10,252
<b>TOTALE provincia di L'Aquila</b>		<b>42,087</b>
<b>TOTALE generale</b>		<b>2.096,982</b>

Tabella 1 – Ripartizione della superficie del bacino scolante nel lago di Piediluco tra i comuni e le province di appartenenza

### 3. Ecosistema lacustre

Gli studi condotti sull'ecosistema del lago di Piediluco fin dall'Ottocento rilevano un peggioramento dello stato di "salute" delle sue acque dovuto soprattutto all'aumento delle concentrazioni di azoto e fosforo.

L'ecosistema del lago di Piediluco è stato oggetto di numerose indagini fin dal 1825, grazie ad una ricerca di G. Riccardi. Si sono succeduti, in seguito, altri studi di vari esperti, i quali, sulla base dei dati forniti da analisi, ricerche storiche, indagini geografico-geologiche e climatiche, hanno evidenziato come, col passare del tempo, l'aumento dell'antropizzazione e dell'industrializzazione ha contribuito sostanzialmente alla variazione dello stato trofico del lago. Già Paganelli e Spatacco, nello studio pubblicato nel 1963, erano giunti alla conclusione che il lago era da considerarsi in uno stato intermedio tra l'eutrofia e l'oligotrofia, basandosi sui risultati della misurazione delle concentrazioni di fosforo, azoto e ossigeno disciolto. Col passare degli anni è stato dimostrato come si sia verificato un peggioramento dello stato di "salute" del lago a causa di aumenti considerevoli delle concentrazioni di azoto e fosforo, che hanno influito non solo sulla qualità delle acque, ma sull'intero ecosistema lacustre.

La causa principale di questa particolare situazione è da ricercare nell'elevato carico organico afferente al lago ad opera dei fiumi Nera e Velino. A tale proposito, nel 1981 Mearelli, a seguito di un censimento e di una valutazione dei carichi inquinanti addotti al lago, attribuiva al Velino il peso maggiore (85% circa).

Nell'ultimo lavoro svolto da ARPA Umbria nel 2001 relativo alla *Ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del lago di Piediluco* viene stimato un carico inquinante, in termini di azoto e fosforo, rispettivamente pari a 378.551 kg/anno e 47.576 kg/anno. Tali

pressioni sono dovute esclusivamente all'assenza e/o inadeguatezza di infrastrutture igienico-sanitarie e alla presenza di attività igieniche nell'intero bacino lacustre.

Un ulteriore studio intrapreso da ARPA Umbria, sempre nel 2001, finalizzato al monitoraggio delle acque del canale del Medio Nera, rileva che il quantitativo di fosforo addotto al lago è di 106,3 kg/giorno, pari a 38.799 kg/anno. Questo valore è stato calcolato sulla base della concentrazione rilevata in relazione alla portata istantanea misurata nel punto di partenza del canale del Medio Nera. Confrontando questo valore con quello precedentemente calcolato per il solo territorio umbro-marchigiano (21.979 kg/anno) si evidenzia un notevole incremento da imputare ai carichi diffusi e provenienti dalle attività zootecniche, agricole e dagli insediamenti antropici sparsi nel territorio. A supporto di tale considerazione, il monitoraggio biologico effettuato nel tratto di fiume esaminato, ha evidenziato come in alcuni punti si siano verificati picchi di carico organico non attribuibile ai soli depuratori.

Le acque del lago sono in condizioni intermedie tra l'eutrofia e l'oligotrofia.

Il peggioramento dello stato di "salute" delle acque del lago e dell'intero ecosistema lacustre è dovuto all'aumento delle concentrazioni di azoto e fosforo derivante dall'elevato carico organico afferente al lago ad opera dei fiumi Nera e Velino.





## 4. Interventi di risanamento e finanziamenti

Nel corso del tempo sono state numerose le Commissioni e le intese interistituzionali realizzate per il contenimento dei fenomeni eutrofici delle acque del lago di Piediluco e del degrado ambientale del suo bacino imbrifero.

### 4.1. Commissioni e intese interistituzionali

L'interesse per il risanamento del lago di Piediluco, finalizzato non solo al contenimento dei fenomeni eutrofici delle acque ma anche all'esame di tutte le problematiche che influiscono sul degrado ambientale del bacino imbrifero, ha visto coinvolti il Ministero dell'Ambiente e l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere. Nel giugno 1994 la Provincia di Terni, la Provincia di Perugia, la Provincia di Rieti ed il Comune di Terni hanno redatto un protocollo d'intesa per "lo studio e la risoluzione dei problemi ambientali del lago di Piediluco". I risultati del lavoro svolto dai rappresentanti delle suddette istituzioni sono stati illustrati in una relazione presentata nel settembre 1994 a Perugia presso la Regione. Poiché nel corso di tale presentazione è emersa la necessità di approfondire alcuni aspetti del problema, si è deciso di istituire un gruppo di lavoro ristretto costituito dai Laboratori epidemiologici di sanità pubblica (LESP) di Perugia e di Terni, dalla Regione e dalla Provincia di Terni, quale referente del Gruppo tecnico che aveva redatto la prima relazione. In pratica il Gruppo di lavoro doveva:

- 1) verificare il regime degli afflussi al lago, con particolare riferimento all'apporto di nutrienti dei principali immissari, al fine di esprimere un giudizio sullo stato trofico dello stesso;
- 2) fornire indicazioni macroeconomiche sulle eventuali ipotesi di interventi progettuali e normativi rivolti al contenimento e alla progressiva eliminazione dei fenomeni individuati.

I lavori si sono conclusi nel novembre 1994

e sono stati presentati nel corso di un incontro pubblico tenutosi presso la Provincia di Terni. Nell'ottobre del 1996 la Provincia di Terni ha inteso costituire un Comitato Tecnico ristretto cui affidare il compito di vigilare sulle aree di competenza delle rispettive amministrazioni (Regione, Provincia, Comune) e sullo sviluppo dei progetti di tutela e risanamento del lago, nonché di elaborare, in stretto rapporto con l'ENEL, una bozza di nuova convenzione da sottoporre alle varie istituzioni.

Il Ministero dell'Ambiente, su espressa volontà dell'allora ministro Ronchi, il 14 maggio 1997 ha istituito tre Gruppi di lavoro con i seguenti incarichi:

- esame del progetto di ossigenazione delle acque del lago e valutazione degli interventi straordinari di rimozione del sedimento di fondo e ossigenazione delle acque di fondo del lago;
- coordinamento per la valutazione degli interventi di consolidamento delle sponde lacuali;
- valutazione degli interventi da attuare per la minimizzazione dell'impatto ambientale degli impianti di piscicoltura.

Il 30 settembre 1997, presso la Provincia di Terni, si è svolto un incontro con tutte le istituzioni interessate per illustrare le conclusioni degli studi intrapresi dai tre gruppi ministeriali. In tale sede è stato stabilito di sottoscrivere un protocollo d'intesa per il risanamento e la salvaguardia delle acque del lago di Piediluco e la redazione del relativo Piano Stralcio.

Il protocollo sottoscritto nel 1998 dal Ministero dell'Ambiente, dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, dalle Regioni Umbria,



Il contenimento dei fenomeni eutrofici delle acque e il recupero del degrado ambientale dell'intero bacino imbrifero vedono coinvolti anche il Ministero dell'Ambiente e l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

I Gruppi di lavoro e studio hanno evidenziato la necessità di realizzare una serie di interventi nel campo delle infrastrutture fognarie e della depurazione dei reflui civili, al fine di migliorare la qualità delle acque che adducono al bacino lacustre.

Marche e Lazio, dalle Province di Terni, Perugia, Rieti e Macerata e dal Comune di Terni, prevedeva l'istituzione di un tavolo permanente di confronto interistituzionale presso la Provincia di Terni che aveva il compito di concorrere alle determinazioni relative alla redazione del Piano Stralcio ai sensi della legge 493/94.

#### 4.2. Interventi e relativi finanziamenti

I lavori dei tre gruppi hanno evidenziato la necessità di realizzare una serie di interventi nel campo delle infrastrutture fognarie e della depurazione dei reflui civili, al fine di migliorare la qualità delle acque che concorrono all'alimentazione del bacino lacustre.

Nella tabella 2 sono elencati, per quanto riguarda il territorio umbro, le opere programmate, contraddistinte per leggi di finanziamento, importo progettuale, soggetto attuatore e stato di attuazione.

Per completezza del quadro ad essi si devono aggiungere i progetti relativi alla *Riconoscimento dello stato del collettamento e della depurazione nei comuni ricadenti nel bacino imbrifero del lago di Piediluco* e al *Monitoraggio del canale del Medio Nera* commissionati dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ad ARPA Umbria, in quanto lavori propedeutici alla stesura del Piano Stralcio.

#### 4.3. Interventi di ARPA Umbria

Nel precedente paragrafo sono stati riportati tutti gli interventi relativi alla bonifica del lago di Piediluco, comprensivi degli studi realizzati e in corso di realizzazione in tale bacino, con le relative fonti di finanziamento e i vari soggetti attuatori.

Tra i soggetti attuatori appare anche ARPA Umbria, la cui attività ha giocato un ruolo rilevante per le specifiche competenze nell'ambito dei lavori programmati e finaliz-

Tabella 2 – Stato di attuazione degli interventi

Intervento	Legge di finanziamento	Ammontare (€)	Soggetto attuatore	Stato di attuazione
Adeguamento depuratore – dotazione 3° stadio nel comune di Cascia	legge 135/97	389.925 (+ 70.238 di cof.)	Comune di Cascia	In corso di ultimazione
Realizzazione impianto di depurazione nel comune di Cerreto di Spoleto	legge 135/97	483.404 (+ 136.345 di cof.)	Comune di Cerreto di Spoleto	Realizzati al 90%
Realizzazione impianto di depurazione nel comune di Monteleone di Spoleto	legge 135/97	772.620 (+ 136.345 di cof.)	Comune di Monteleone di Spoleto	In corso di affidamento
comune di Poggiodomo: realizzazione impianto di depurazione e collettore fognario	legge 135/97	294.380 (+ 52 di cof.)	Comune di Poggiodomo	In corso di esecuzione
Allontanamento scarico del depuratore sul lago di Piediluco, sistemazione rete fognante, installazione gruppi elettrogeni ed ampliamento, nel comune di Terni	legge 135/97 legge 183/89 DM 780/98	1.304.570 (+ 74.370 di cof.)	Comune di Terni	In corso di esecuzione
Realizzazione impianto di depurazione nel comune di Vallo di Nera	legge 135/97	332.082 (+ 58.360 di cof.)	Comune di Vallo di Nera	In corso di ultimazione
Realizzazione fognature nel comune di Norcia	legge 135/97 DM 780/98	1.748.207	Comune di Norcia	In corso di esecuzione
Recupero, sistemazione e valorizzazione ambientale delle sponde del lago	legge 183/99	464.295	Comune di Terni	In corso di esecuzione
Monitoraggio acque del lago di Piediluco	legge 183/99	387.343	Provincia di Terni, Università di Perugia, Istituto Profilattico, Azienda USL 3	Ultimato
Consolidamento spondale del lago di Piediluco	legge 183/99	258.228	Comune di Terni	In corso di esecuzione
Rimozione sedimenti dal fondo del lago	legge 183/99	774.685	Provincia di Terni	In corso di esecuzione
Realizzazione impianto di adduzione al depuratore comunale di Collaccio, Corone, Roccanolfi del comune di Preci	DM 780/98	291.798	Comune di Preci	In corso di ultimazione
Adeguamento impianti fognari nel comune di Vallo di Nera	DM 780/98	237.570	Comune di Vallo di Nera	In corso di ultimazione
Realizzazione impianti di depurazione in loc. Triponzo, Pontezona PIP del comune di Cerreto di Spoleto	DM 780/98	247.899	Cerreto di Spoleto	In corso di esecuzione
Studio geotecnico atto a verificare i dissesti spondali del lago	DM 780/98	154.937	ARPA Umbria	In corso di ultimazione
Monitoraggio impatto ambientale impianti di tricoltura in Valnerina	DM 780/98	413.166	ARPA Umbria	Ultimato
Rilevamento batimetrico del lago di Piediluco	DM 780/98	51.646	ARPA Umbria	Ultimato

zati al contenimento e al miglioramento delle caratteristiche ambientali del lago di Piediluco. Nella tabella 3 sono riportati gli

interventi operati da ARPA Umbria, che saranno illustrati nei capitoli successivi.

	<b>Legge di finanziamento</b>	<b>Importo (€)</b>
Monitoraggio impatto ambientale impianti di tricoltura in Valnerina	DM 780/98	413.166
Studio geotecnico dissesti spondali	DM 780/98	154.937
Rilevamento batimetrico	DM 780/98	51.646
Monitoraggio acque del lago	legge 183/89	387.343
Ricognizione stato del collettamento e depurazione nel bacino imbrifero del lago di Piediluco		129.114
Monitoraggio del canale del Medio Nera		15.494

Tabella 3 – Interventi operati da ARPA Umbria



## 5. Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trotiltura in Valnerina

Obiettivo del progetto di monitoraggio è la valutazione dell'impatto delle trotilture sugli ecosistemi acquatici della Valnerina per stimare l'effettivo carico inquinante da esse apportato al lago di Piediluco.

La tendenza a indirizzare l'allevamento degli organismi acquatici verso tecnologie di tipo intensivo sta evidenziando, sempre più frequentemente, problematiche di tipo ambientale connesse all'impatto che gli impianti di allevamento possono avere sugli ecosistemi acquatici con cui vengono in contatto. Gli impianti, infatti, sono collocati prevalentemente vicino a corsi d'acqua o laghi, sfruttando così le opportunità offerte dalla natura, e in Italia sono presenti soprattutto nelle regioni del nord (120 in Lombardia, 160 in Veneto, 90 in Friuli Venezia Giulia), e in quelle del centro (30 in Toscana e 12 in Umbria).

In particolare, per il territorio umbro, la zona su cui insistono queste realtà produttive è quella della Valnerina. Le acque del bacino del fiume Nera vengono utilizzate per la produzione di un rilevante numero di trote (alcune decine di migliaia di quintali), alimentando 16 impianti di trotiltura di varie dimensioni, di cui 4 situati nel territorio marchigiano e 12 in quello umbro. Tra questi impianti, 9 sono ubicati a monte della derivazione del canale del Medio Nera.

Dai dati acquisiti nel corso del tempo monitorando gli scarichi degli impianti di trotiltura, si è rilevato che le acque in uscita risultano arricchite di azoto, fosforo e sostanza organica; per questo motivo le attività ittogeniche svolte in Valnerina sono state individuate come concausa dei fenomeni di eutrofizzazione che interessano il lago.

Al fine di avere un quadro quanto più attendibile possibile, il Ministero dell'Ambiente, nell'ambito del programma stralcio di tutela ambientale di cui al DM 780/98,

ha finanziato il progetto *Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trotiltura in Valnerina*.

### 5.1. Obiettivi del progetto

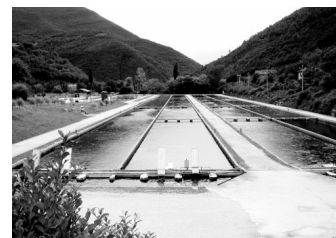
L'obiettivo principale del progetto è quello di valutare l'impatto delle trotilture sugli ecosistemi acquatici della Valnerina, allo scopo di valutare l'effettivo carico inquinante apportato da esse al lago di Piediluco.

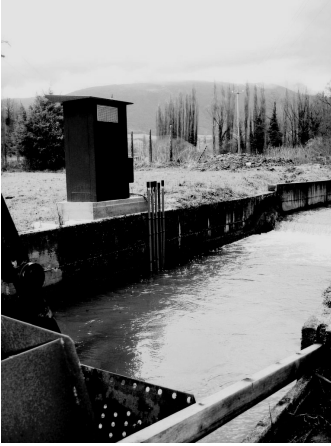
A causa dei notevoli volumi idrici necessari per alimentare gli impianti tale valutazione non è così immediata; essi comportano, infatti, una forte diminuzione degli inquinanti facendo riscontrare, al momento delle analisi, valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente, e le stesse rilevanti portate idriche rendono difficoltosa l'adozione delle tecnologie di trattamento delle acque.

L'approccio al problema deve quindi tenere conto di queste difficoltà e giungere alla definizione di una strategia che, per conseguire una reale riduzione dell'impatto ambientale, agisca a vari livelli: impiantistico, gestionale e nutrizionale.

Per raggiungere l'obiettivo principale del progetto è fondamentale acquisire dati certi sull'entità del fenomeno ed è quindi necessario realizzare una rete di monitoraggio che permetta l'acquisizione di dati chimici, fisici e biologici sulla qualità dei corpi idrici su cui insistono le attività produttive delle acque usate e dei sedimenti accumulati all'interno degli impianti. Tale osservazione costante e ravvicinata permette di distinguere le variazioni connesse ai fenomeni naturali o antropici, di diversa origine da quelle indotte dalla presenza delle ittocolture.

Nell'ambito del programma stralcio di tutela ambientale di cui al DM 780/98 il Ministero dell'Ambiente ha finanziato il progetto *Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trotiltura in Valnerina*.





La ricerca si prefigge poi di valutare il reale quantitativo di azoto e fosforo liberati nell'ambiente e la sostanza organica prodotta per poter risalire, conoscendo il mangime globalmente consumato in Valnerina, ai quantitativi di nutrienti scaricati nei corpi idrici recettori e al quantitativo di solidi sospesi che, tramite opportuni accorgimenti tecnici, dovrebbe essere rimosso dagli effluenti per mitigare l'impatto degli allevamenti.

La conoscenza di sostanze chimiche eventualmente utilizzate nelle attività di gestione degli impianti di trotilcoltura è un altro obiettivo specifico del progetto e lo scopo è quello di definire un quadro di rischi "sanitari" dovuti all'uso di prodotti chimici sia nelle fasi di pulizia e disinfezione degli impianti, che nella fase di trattamento e prevenzione delle malattie tipiche dell'allevamento.

## **5.2. Impianti di trotilcoltura della Valnerina: caratteristiche tecnico-gestionali**

Negli ultimi trenta anni anche nel territorio umbro si è assistito alla nascita e alla successiva espansione di allevamenti ittici, soprattutto trotilcolture che, da forme di attività a conduzione familiare, si sono trasformate nel tempo in vere e proprie aziende a carattere agricolo-industriale.

Grazie alle sue caratteristiche idrologiche e geomorfologiche, il territorio su cui insistono tali realtà produttive è quello del bacino del fiume Nera. Lungo l'asta fluviale del corso d'acqua e dei suoi affluenti, relativamente al solo territorio umbro, sono sorti dodici impianti di trotilcoltura.

Al fine di reperire informazioni sulle modalità gestionali e sulle caratteristiche tecniche degli allevamenti umbri, sono stati effettuati sopralluoghi presso gli impianti stessi. Nel corso dell'indagine conoscitiva è stata predisposta una scheda informativa, compilata dagli allevatori, contenente una serie di domande riguardanti: l'anagrafica dell'azienda, le caratteristiche tecnico-gestionali degli impianti, la produzione e i moduli di allevamento, l'alimentazione e le

patologie delle specie allevate. Tra i dodici allevamenti sono presenti dieci aziende, una pesca sportiva e un impianto dedicato alla riproduzione della *trotta fario* per il ripopolamento delle acque del Nera.

Tra le aziende oggetto d'indagine, alcune sono vere e proprie attività a conduzione imprenditoriale, altre, pur affermandosi come piccole realtà produttive, mantengono ancora i connotati di aziende a conduzione familiare; due impianti sono avannotterie il cui ciclo di allevamento viene aperto dalle uova e il prodotto viene in parte utilizzato presso gli altri impianti, per la fase di allevamento successiva, e in parte viene venduto. Tutti gli altri impianti sono invece degli ingrassi e adottano cicli di allevamento aperti da avannotti o da trotelle. Non esistono invece impianti di finissaggio.

Gli impianti monitorati possono essere suddivisi in semintensivi, di piccola e media grandezza, e intensivi, che operano con tecnologie a più alto costo. Quelli di dimensioni più contenute occupano generalmente una superficie sommersa che va da un minimo di 1.300 a un massimo di 7.000 mq.

Il personale occupato va da 1 a 4 persone che provvedono alla conduzione quotidiana dell'impianto: distribuiscono manualmente il mangime nelle vasche (dai 100 ai 500 q/anno); somministrano quando necessario ossigeno liquido, perché l'acqua mantenga un tenore di ossigeno disciolto idoneo alla vita dei pesci; si occupano in alcuni casi della pulizia delle vasche. In questi impianti la produzione annua va dai 150 ai 2.000 quintali.

Gli impianti più grandi sono caratterizzati invece da uno specchio d'acqua che va dai 7.500 ai 30.000 mq, e i dipendenti possono arrivare fino a 15. La gestione di questi impianti è sicuramente più complessa, ma sono generalmente dotati di apparecchiature che facilitano alcuni compiti. La distribuzione del mangime, ad esempio, è meccanizzata, e si aggira su quantitativi annui pari a 9.000 quintali; l'ossigenazione dell'acqua è effettuata mediante ossigenatori elettrici, azionati 2/3 volte la settimana nel periodo estivo e quotidianamente in quello autunnale. La

Gli allevamenti ittici sorti negli ultimi trenta anni si sono trasformati da attività a conduzione familiare in vere e proprie aziende a carattere agricolo-industriale.

produzione annua in questi impianti si può spingere fino ai 15.000 quintali. Il mangime utilizzato è comune alle due tipologie d'impianto.

Generalmente un buon alimento per le trote deve avere le caratteristiche riportate nella tabella 4. I mangimi utilizzati sono quelli estrusi che hanno completamente sostituito quelli sotto forma di pellets, poiché caratterizzati da un più alto indice di conversione. Spesso ai mangimi vengono miscelati dei preparati medicinali, previa prescrizione del responsabile veterinario, usati nel trattamento delle patologie più diffuse, come la Bocca Rossa e le Parassitosi virali. Tranne l'utilizzo dei mangimi medicati, non è ammesso alcun altro tipo di trattamento per la disinfezione delle trote e/o delle vasche.

Per la pulizia delle vasche, il cui fondo è costituito da cemento e ciotolame, sono adottate modalità diverse a seconda delle caratteristiche dell'impianto. Se la geometria dell'impianto è tale per cui esiste un dislivello tra le vasche, lo scorrimento veloce dell'acqua tra una vasca e l'altra non consente la formazione di sedimento e non impone una pulizia del fondo vasca. In altri casi, 2 o 3 volte l'anno, le vasche vengono completamente svuotate e il fondo viene

pulito con l'asportazione dei sedimenti. La destinazione dei sedimenti varia poi da caso a caso: possono essere sparsi sul terreno, o ritirati da ditte specializzate. In alcuni impianti, invece, il movimento delle trote all'interno delle vasche impedisce la stessa formazione del sedimento. La questione del trattamento dei sedimenti, che si formano nella maggior parte dei casi non è comunque di secondaria importanza; essi, infatti, contengono sostanze che potrebbero alterare i corpi idrici recettori se i sedimenti vi fossero sversati. Una gestione corretta degli impianti implica quindi l'utilizzo delle vasche di sedimentazione atte a contenere i sedimenti prodotti. Tra le trotticoltura monitorate tali vasche sono presenti solo presso un impianto.

### 5.3. Monitoraggio chimico-fisico

#### 5.3.1. Stazioni di campionamento e punti di prelievo

Il reticolo di controllo discreto è costituito da dodici stazioni di campionamento situate lungo l'asta fluviale del fiume Nera e dei suoi affluenti in prossimità delle captazioni e degli scarichi relativi agli impianti di trotticoltura (tab. 5). Per ciascuna stazione di campionamento sono stati individuati, sulla base delle caratteristiche degli impianti

Il monitoraggio chimico-fisico prevede dodici stazioni di campionamento in prossimità delle captazioni d'acqua e dello scarico delle trotticoltura.

Categoria	Proteine (g)	Grassi (g)	Fibre (g)	Ceneri (g)
Avannotti svezzamento	55,0	16,0	1,5	12,0
Avannotti accrescimento	49,0	18,0	3,0	13,5
Preingrasso	48,0	14,5	3,5	14,0
Ingrasso	50,0	8,0	4,0	13,0
Riproduttori	48,0	7,0	5,0	12,0

Tabella 4 – Composizione dei mangimi per trote (per 100 g di prodotto)

Stazione	Corso d'acqua	Località
1	Sorgente Molini	Molini di Preci, Preci (PG)
2	Torrente Campiano	Campi di Norcia, Norcia (PG)
3	Torrente Campiano	Borgo Preci, Preci (PG)
4	Torrente Campiano	Corone, Preci (PG)
5	Fiume Sordo	Freddara, Norcia, (PG)
6	Fiume Sordo	Serravalle, Norcia (PG)
7	Fiume Corno	Biselli, Norcia (PG)
8	Fiume Vigi	Vallicelle, Cerreto di Spoleto (PG)
10	Fosso Tissino	Peschiera, Cerreto di Spoleto (PG)
11	Fiume Nera	Piedipaterno, Vallo di Nera (PG)
12	Fosso Casana	Fonti Valcasana, Scheggino (PG)
13	Fiume Nera	Terria, Ferentillo (TR)

Tabella 5 – Stazioni di campionamento impianti di trotticoltura

Acque superficiali, acque di sorgente, sedimenti fluviali, acque di scarico delle trosculture e sedimenti accumulati all'interno delle vasche di allevamento sono le matrici ambientali analizzate.

e delle matrici da analizzare, specifici punti di prelievo.

Le matrici ambientali analizzate sono: acque superficiali, acque di sorgente, sedimenti fluviali, acque di scarico delle trosculture e sedimenti accumulati all'interno delle vasche di allevamento.

Le acque superficiali, all'ingresso degli impianti, sono state prelevate direttamente sul fiume, subito a monte della captazione dell'impianto o, dove possibile, all'interno dell'impianto stesso, in corrispondenza della prima vasca di allevamento.

Nel caso di impianti alimentati da acque di sorgente, il prelievo è stato effettuato direttamente all'uscita dei pozzi di alimentazione.

Le acque di scarico sono state invece prelevate, dove possibile, in corrispondenza dell'uscita dell'ultima vasca, oppure subito a

valle dell'impianto, sul fiume. I sedimenti fluviali sono stati campionati sul fiume rispettivamente a monte e valle delle captazioni e degli scarichi degli allevamenti; i sedimenti accumulati all'interno delle vasche di allevamento sono stati prelevati, quando presenti, nelle ultime vasche.

### 5.3.2. Piano di campionamento

Il lavoro ha coperto un arco temporale di 15 mesi, nei quali sono state effettuate 17 campagne di monitoraggio; i dati raccolti durante il periodo d'indagine hanno permesso di delineare un quadro il più possibile indicativo della situazione esistente.

Il piano di campionamento sulla base del quale sono state definite le attività di prelievo e analisi può essere suddiviso in due fasi. Nella prima fase, durata 8 mesi, da marzo a dicembre 2001, sono stati effettuati:

Parametro	Unità di misura	Metodo analitico
<i>ACQUE</i>		
pH	Unità di pH	IRSA 2080
Conducibilità	µS	IRSA 2030
Temperatura	°C	IRSA 2110
Solidi sedimentabili	ml/l	IRSA 2060
Solidi sospesi	mg/l	IRSA 2050
Ossigeno disciolto	mg/l	IRSA 5100
BOD5	mg/l	IRSA 5100
COD	mg/l	Dr. Lange, LCK 414
Azoto ammoniacale	mg/l	Dr. Lange, LCK 304
Azoto nitroso	mg/l	Dr. Lange, LCK 341
Azoto nitrico	mg/l	Istisan 00/14
Azoto totale	mg/l	Dr. Lange, LCK 138
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	Dr. Lange, LCK 332
Solfati	mg/l	Istisan 00/14
Cloruri	mg/l	Istisan 00/14
Ortofosfati	mg/l	IRSA
Fosforo totale	mg/l	Dr. Lange, LCK 349
Fenoli	mg/l	Dr. Lange, LCK 345
Rame	µg/l	IRSA
Piombo	µg/l	Istisan 00/14
Cadmio	µg/l	Istisan 00/14
Nichel	µg/l	Istisan 00/14
Manganese	µg/l	Istisan 00/14
<i>SEDIMENTI</i>		
Carbonio organico totale	%	IRSA, Q. 64
Azoto totale	%	IRSA, Q. 64
Rame	mg/l	IRSA, Q. 64
Piombo	mg/l	IRSA, Q. 64
Cadmio	mg/l	IRSA, Q. 64
Nichel	mg/l	IRSA, Q. 64
Manganese	mg/l	IRSA, Q. 64

Tabella 6 – Parametri analitici e metodi di analisi



- prelievi quindicinali delle acque in ingresso e allo scarico presso ciascuna delle stazioni di campionamento;
- prelievi mensili dei sedimenti fluviali e di quelli accumulati all'interno delle vasche presso dieci stazioni di campionamento;
- prelievi quindicinali dei sedimenti fluviali e di quelli accumulati all'interno delle vasche presso due stazioni di campionamento.

Le stazioni presso cui sono stati effettuati campionamenti quindicinali anche per i sedimenti corrispondono agli impianti più grandi.

Nella seconda fase, iniziata nel gennaio 2002, grazie all'ingente numero di dati già raccolti, i campionamenti hanno avuto una frequenza più bassa; sono stati effettuati:

- prelievi mensili delle acque in ingresso e allo scarico presso ciascuna stazione;
- prelievi stagionali dei sedimenti fluviali e di quelli accumulati all'interno delle vasche presso dodici stazioni.

Per lo svolgimento delle attività di monitoraggio discreto la tipologia di campionamento da adottare, sia per le acque che per i sedimenti, è quello istantaneo.

Per campione istantaneo si intende un campione singolo, prelevato in un'unica soluzione in un punto determinato e in un tempo molto breve. Per sua natura il campionamento istantaneo è da considerarsi rappresentativo limitatamente alle condizioni presenti all'atto del prelievo.

### 5.3.3 Conservazione dei campioni e protocolli di analisi

Per garantire la stabilità dei campioni e ridurre al minimo le alterazioni che i suoi componenti possono subire nell'intervallo di tempo che intercorre tra il prelievo e l'analisi si devono adottare accorgimenti che salvaguardino la rappresentatività del campione stesso. Tali mezzi, nel caso dei campionamenti effettuati per le acque e per i sedimenti, sono riconducibili a:

- utilizzo di contenitori in polietilene per la conservazione del campione prelevato;

- refrigerazione a 4 °C del campione dal momento del prelievo a quello dell'analisi;
- regolazione del pH mediante l'aggiunta di acidi o basi per conservare il campione in un intervallo di tempo più lungo.

Pur adottando le misure descritte, in particolare alcuni casi è necessario eseguire le analisi dei campioni entro le 24 ore successive al prelievo.

Per la definizione di protocolli di analisi relativi alle matrici ambientali campionate sono state prese in considerazione le metodiche indicate dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/99) adattandole, a volte, alle caratteristiche del campione prelevato e creando un "metodo analitico interno". I metodi analitici di riferimento per le acque sono quelli pubblicati sul quaderno n. 100 del manuale IRSA-CNR *Metodi analitici per le acque*, per l'analisi dei sedimenti, invece, per cui non vi sono metodiche specifiche di riferimento, sono state adottate, con opportune modifiche, le metodiche descritte nel quaderno n. 64 del manuale IRSA-CNR *Metodi analitici per i fanghi*, vol. 3, *Parametri chimico-fisici*. Le analisi effettuate sui campioni possono essere suddivise in analisi compiute sul campo e analisi eseguite in laboratorio. In particolare, sul campo sono state fatte misure di temperatura e di conducibilità delle acque in ingresso e in uscita dagli allevamenti; tutti gli altri parametri sono stati determinati in laboratorio. I parametri analizzati sulle matrici ambientali oggetto di indagine e i metodi analitici adottati sono riportati nella tabella 6.

### 5.4. Monitoraggio biologico

Sono state condotte, relativamente all'indagine sullo stato di "salute" del lago di Piediluco, dieci campagne microbiologiche e biologiche di monitoraggio sulle acque di alimentazione e deflusso degli impianti di tricotitura dislocati lungo il bacino del fiume Nera.

I parametri microbiologici indagati sono stati i Coliformi fecali e gli Streptococchi fecali, intesi come u.f.c. (unità formanti colonia) in 100 ml di acqua. Dai risultati finora otte-



Per l'indagine sullo stato di "salute" del lago di Piediluco sono state condotte dieci campagne microbiologiche e biologiche di monitoraggio sulle acque di alimentazione e deflusso degli impianti di tricotitura dislocati lungo il bacino del fiume Nera.



nuti si evidenzia una situazione molto variegata, sia nel tempo, che nei riguardi di ogni singolo impianto.

Molto spesso, infatti, non vi è costanza del dato analitico né nelle acque di entrata né in quelle di deflusso. È quindi necessario che il monitoraggio continui nel tempo e si acquisiscano ulteriori dati per avere un'indicazione più completa e costante rispetto ai parametri di cui ci si avvale per l'indagine. In particolare, i risultati relativi a due impianti: l'ex Cooperativa AIS di Scheggino, fosso Casana, e l'Impianto della Provincia di Perugia sul fosso Tissino a Cerreto di Spoleto, per i quali una previsione aprioristica tendeva ad attribuire valori molto bassi in entrata, in quanto direttamente alimentati dalle sorgenti, non hanno seguito tale indicazione teorica. Ciò, forse, è dovuto al fatto che le stesse sorgenti sono state interessate da inquinamenti fecali puntiformi e di breve durata, concomitanti con alcuni prelievi. A tale scopo sarebbe interessante vedere, attraverso la ricerca di un parametro aggiuntivo, nella fattispecie *Escherichia coli*, se tali inquinamenti sono di origine antropica o meno.

Per quanto riguarda la qualità delle acque in ingresso e in uscita dagli impianti, essa risulta abbastanza costante nel tempo, con qualche temporaneo peggioramento limitato. Gli indicatori biologici di qualità usati per il monitoraggio delle acque sono stati gli organismi macrobentonici di fondo e il calcolo seguente dell'IBE, che ha permesso di assegnare le classi di qualità relative. La maggior parte dell'indagine ha evidenziato una quasi costanza della 2<sup>a</sup> classe (colore verde). Tale indagine, al pari di quella microbiologica, ha comunque bisogno di ulteriore tempo e di successivi prelievi per evidenziare chiaramente l'eventuale impatto degli impianti di trotticoltura e il cambiamento delle condizioni di qualità delle acque del bacino idrografico del Nera.

### 5.5. Conclusioni

Le informazioni acquisite durante la fase di monitoraggio e i risultati ottenuti hanno consentito di creare una banca dati in grado di

caratterizzare la variabilità della qualità del sistema idrologico interessato dalle sollecitazioni degli allevamenti, l'evoluzione del sistema fluviale, la qualità delle acque e dei sedimenti, la risposta del sistema idrico in relazione alle variazioni stagionali.

Le valutazioni effettuate sulla base delle informazioni acquisite hanno avuto infatti lo scopo di individuare i possibili interventi e/o provvedimenti da adottare per mitigare l'impatto dovuto agli impianti di trotticoltura. La grande quantità di dati raccolti ha messo in evidenza che, nelle acque in uscita dagli impianti monitorati, vi è un contenuto aumento dei parametri chimico-fisici strettamente connessi all'attività ittiogenica (BOD, COD, composti del fosforo e dell'azoto). Se presi singolarmente gli allevamenti oggetto di studio non sembrerebbero, quindi, essere la principale causa di un livello di eutrofia elevato, ma il cospicuo numero di stabilimenti presenti, a volte ubicati anche a poca distanza l'uno dall'altro, genera un effetto sommatoria che potrebbe compromettere la capacità autodepurativa dei corpi idrici recettori.

Per altro è stato riscontrato che in alcuni casi le acque in ingresso già risultano cariche di sostanze inquinanti.

La loro presenza suggerisce allora che a determinare la situazione ambientale poco soddisfacente registrata per i corsi d'acqua monitorati, concorrano anche altri fenomeni: la presenza di scarichi antropici isolati e non collettati con la rete fognaria, quella di allevamenti zootecnici di altra natura, i fenomeni collegati al dilavamento dei terreni coltivati sui quali vengono utilizzati fertilizzanti di varia natura.

Alla luce dei risultati ottenuti è opportuno che vengano effettuate campagne di monitoraggio per quantificare il solo carico antropico sulle acque di alimentazione degli impianti, da sottrarre alle concentrazioni di inquinanti riscontrate nelle acque in uscita, per avere una puntuale conoscenza delle fonti di inquinamento. Diversa è la situazione che si verifica per i solidi in sospensione, unico dato che sembra dipendere fortemente dall'attività di trotticoltura, come

Le valutazioni effettuate sulla base delle informazioni acquisite hanno avuto lo scopo di individuare i possibili interventi e/o provvedimenti da adottare per mitigare l'impatto dovuto agli impianti di trotticoltura.

confermano anche i valori rilevati dalle centraline di monitoraggio in continuo.

Poiché i solidi in sospensione contengono anche quei nutrienti responsabili del fenomeno dell'eutrofizzazione, si può concludere che eventuali interventi tendenti a mitigare l'impatto ambientale degli allevamenti ittici devono riguardare proprio l'abbattimento di questo parametro.

Le analisi effettuate sui sedimenti fluviali hanno messo in risalto un costante incremento tra monte e valle dei valori di sostanza organica e azoto totale in quasi tutte le campagne di monitoraggio, indipendentemente dal periodo di riferimento, non suggerendo quindi un andamento stagionale. In ogni caso comunque la concentrazione dei parametri registrata nei sedimenti campionati in vasca giustifica le differenze tra il campione prelevato a monte e quello a valle. Sulla base dei risultati raccolti si può affermare che l'attività di ittiocoltura modifichi la caratterizzazione del sedimento immediatamente a valle degli impianti in maniera piuttosto prevedibile (aumento di sostanza organica e azoto).

La situazione riscontrata risulta pertanto in linea con le considerazioni fatte sul monitoraggio discreto delle acque. Parallelamente i risultati dei test tossicologici effettuati sui sedimenti non evidenziano effetti di tossicità acuta, consentendo di escludere un impatto tossicologico delle trotticole sugli ecosistemi acquatici della Valnerina.

È noto che a concorrere al fenomeno dell'eutrofizzazione vi siano principalmente

due nutrienti, il fosforo e l'azoto, presenti in soluzione nelle loro varie forme. Volendo stimare il carico inquinante apportato dai soli impianti di trotticoltura al lago di Piediluco, si possono correlare le concentrazioni medie di fosforo totale e azoto totale registrate con i valori di portata dei corsi d'acqua che alimentano detti impianti.

Più precisamente la stima delle quantità di fosforo e azoto apportate dagli impianti si ricava dal prodotto degli incrementi medi di ciascun parametro (differenza tra le concentrazioni medie rispettivamente di fosforo e azoto totali tra l'uscita e l'ingresso degli impianti), per la portata dei corsi d'acqua.

Nelle tabelle 7 e 8 sono riportati quindi gli incrementi medi, calcolati sulla base delle concentrazioni registrate durante le campagne di monitoraggio discreto, e l'apporto giornaliero di fosforo e azoto totali relativi agli otto impianti di trotticoltura situati a monte della derivazione del canale del Medio Nera e ubicati nel territorio umbro.

Nelle stesse tabelle compaiono anche i dati relativi alle trotticole della Valnerina ubicate in territorio marchigiano, estrapolati da altri studi condotti da ARPA Umbria. È doveroso precisare che mentre i dati relativi agli impianti umbri derivano dalle campagne di monitoraggio effettuate in un arco



Regione	Fosforo (kg/giorno)	Azoto (kg/giorno)
Umbria	15,3	93,7
Marche	3,4	18,7

Tabella 8 – Quantità di fosforo e azoto scaricata dagli impianti di trotticoltura

Allevamento	Regione	Portata (mc/giorno)	Incrementi medi ingresso/uscita	
			Fosforo (mg/l)	Azoto (mg/l)
1	Umbria	3.571	0,04	0,19
2	Umbria	3.297	0,06	0,38
3	Umbria	15.659	0,13	0,27
4	Umbria	38.462	0,06	0,40
5	Umbria	31.319	0,06	-0,10
6	Umbria	19.505	0,04	0,37
7	Umbria	118.132	0,07	0,54
8	Umbria	8.516	0,05	0,47
9	Marche	32.877	0,10	0,68
10	Marche	15.068	0,07	-0,46
11	Marche	35.616	0,01	3,07
12	Marche	32.876	-0,02	0,90

Tabella 7 – Incrementi medi di fosforo e azoto in ingresso e uscita dagli impianti di trotticoltura



temporale di 18 mesi, quelli relativi agli impianti della Regione Marche sono il frutto di un monitoraggio effettuato una tantum. Dalla somma delle quantità di fosforo e azoto apportati giornalmente dai singoli impianti si ricava la stima del carico inquinante per le trocolture dell'Umbria e delle Marche.

I dati ottenuti possono essere correlati con quelli già in possesso di ARPA Umbria (*Monitoraggio del canale del Medio Nera*, dicembre 2001), relativamente alla stima del carico inquinante presente alla partenza dell'ultimo tratto del canale del Medio Nera. Nello studio sopra citato, infatti, oltre all'apporto dovuto agli impianti di trocoltura della Valnerina, erano stati presi in considerazione, per la stima del carico inquinante, anche i dati relativi alle analisi effettuate presso l'uscita di 5 depuratori e quelle fatte su campioni prelevati presso numerosi punti lungo l'asta fluviale del Nera e dei suoi affluenti.

Dalle stime effettuate è risultato che l'apporto giornaliero di fosforo totale calcolato alla partenza dell'ultimo tratto del canale del Medio Nera è pari a 106,3 kg/giorno.

Analogamente per i parametri azotati si è evidenziato che nello stesso punto il carico relativo all'azoto nitrico è di 1.326,3 kg/giorno, mentre quello relativo all'azoto ammoniacale ammonta a 196 kg/giorno.

Inserito nel contesto delineato, l'apporto percentuale di fosforo dovuto alle sole trocolture è pari al 18%; quello di azoto invece è minore del 7%. Avendo trascurato nella stima effettuata l'effetto diluizione dei corsi d'acqua, le percentuali riportate risultano sovrastimate.

Per valutare la quantità di nutrienti provenienti dai mangimi, è stata condotta un'articolata sperimentazione su trote iridee allevate in condizioni ambientali e densità del tutto simili a quelle degli allevamenti.

Dallo studio in camera metabolica è emerso che il bilancio di azoto ottenuto al termine delle prove rivela che il 40,2% di tale elemento è trattenuto dalle trote, il 7,8% si rinviene nel material fecale ed il 52% è escreto sotto forma ammoniacale.

Per quanto riguarda il fosforo il 31,5% è trattenuto ed il 68,5% è riscontrato nelle feci. Le condizioni operative ottimali della camera metabolica, che consentono un rapido recupero delle feci, non hanno comportato perdite nell'ambiente di tale elemento per solubilizzazione.

Nelle prove effettuate in vasche di vetroresina, che maggiormente si avvicinano alle reali condizioni di allevamento, si è evidenziata una quota di fosforo nell'acqua sotto forma di fosfati; dall'indagine condotta sul campo, prendendo in esame una vasca campione di un allevamento durante tutto il suo ciclo produttivo, si rileva che rispetto alle condizioni di laboratorio esiste un surplus di azoto e di fosforo fornito col mangime, ma non trattenuto (probabilmente alimento distribuito e non consumato) per cui in totale l'azoto rilasciato e disperso nell'ambiente sale al 68,07% e il fosforo al 71,88%.

La sperimentazione condotta ha testato anche gli effetti favorevoli derivati dall'aggiunta nella dieta delle trote di un minerale chiamato clinoptilolite. L'utilizzo della clinoptilolite ha portato infatti sia alla diminuzione dell'escrezione dei composti azotati e fosforati, sia all'aumento dell'indice di conversione alimentare.

Una parte significativa dei nutrienti rilasciati risulta legato alle feci dei pesci, che contribuiscono alla formazione di solidi in sospensione. Il contenimento dell'impatto che ne deriva può essere conseguito con l'adozione di tecnologie atte al recupero dei solidi sospesi presenti nell'effluente. Tale rimozione può essere conseguita mediante la filtrazione meccanica o la decantazione.

Particolarmente efficienti nella rimozione dei solidi sospesi si sono dimostrati i filtri rotanti: poco ingombranti, necessitano di una manutenzione minima, comportano un consumo energetico proporzionale alle dimensioni dell'impianto. In alternativa ai filtri, la soluzione tecnica da adottare è la decantazione.

Questa soluzione consente sicuramente di conseguire risultati soddisfacenti, ma accanto ai vantaggi presenta dei punti critici: non ha bisogno di energia per il suo funziona-

L'apporto percentuale di fosforo dovuto alle sole trocolture è pari al 18%; quello di azoto è minore del 7%. Avendo trascurato nella stima effettuata l'effetto diluizione dei corsi d'acqua, le percentuali riportate risultano sovrastimate.

mento, ma necessita di spazi molto ampi tali da consentire un tempo di ritenzione di almeno trenta minuti e la periodica rimozione dei fanghi accumulati presenta oggettive difficoltà tecniche.

Accanto alle finalità e alle attività descritte, le carenze di studi sulla pericolosità ambientale di medicinali e disinfettanti, utilizzati sia nelle fasi di pulizia e disinfezione degli impianti che nella fase di trattamento e prevenzione delle malattie tipiche dell'allevamento, sono state determinanti per inserire quale ulteriore finalità dello studio la valutazione di un possibile rischio tossicologico per l'ambiente acquatico, associato all'utilizzo delle suddette sostanze al fine di definire un quadro dei rischi sanitari e ambientali.

Nelle matrici ambientali analizzate (sedimenti fluviali prelevati a monte e a valle degli impianti e nelle vasche di decantazione) sono state riscontrate tracce delle sostanze in esame; tuttavia i test tossicologici effettuati su *Daphnia magna* sono sempre risultati negativi, confermando quanto asserito dai veterinari addetti al controllo sul modesto utilizzo dei farmaci consentiti.

Quindi, mentre le valutazioni del rischio tossicologico sull'uomo possono ritenersi affidabili, date le severe procedure di selezione a cui i farmaci sono sottoposti, la valutazione del rischio ambientale associato a questo fenomeno rimane tuttora indefinibile, tanto da essere considerato l'*end-point* di futuri programmi di ricerca.

Nei sedimenti fluviali analizzati sono state riscontrate tracce delle sostanze medicamentose e disinfettanti utilizzate negli allevamenti.

I test tossicologici per l'uomo sono negativi ma dovrà essere inserita nei prossimi programmi di ricerca la valutazione del rischio ambientale associato a questo fenomeno.





## 6. Rilievo batimetrico del lago

L'utilizzo di strumentazioni sofisticate, la densità dei punti rilevati, la georeferenziazione ottenuta mediante rilievi topografici a terra, l'impiego di software specifici nella fase di restituzione, hanno consentito una precisa ricostruzione dei profili batimetrici del lago.

Il Ministero dell'Ambiente, con decreto n. 780 del 28 maggio 1998, ha approvato il "Programma stralcio di tutela ambientale", destinando risorse finanziarie alla Regione Umbria per il progetto *Risanamento del territorio delle aree urbane e delle acque*. La Regione Umbria, con determinazione n. 4916 del 14 giugno 2000 ha ammesso a finanziamento il progetto *Interventi di risanamento del lago di Piediluco. Rilievo batimetrico del lago di Piediluco*, individuando l'ARPA quale soggetto attuatore dello stesso. Nel marzo 2001, ARPA Umbria ha pertanto condotto e portato a termine una campagna di indagine batimetrica e stratigrafica del bacino suddetto, avente come obiettivo principale, oltre che la verifica e, ove necessario, l'aggiornamento dei profili batimetrici del lago di Piediluco, quello di individuare le zone in cui attualmente si registrano i maggiori accumuli di sedimenti e la variazione della loro distribuzione rispetto a precedenti indagini effettuate in passato (Riccardi, 1955; ENEL, 1988; ENEL, 1996). L'indagine è stata eseguita con l'impiego di apparecchiature sofisticate e l'ausilio di un natante, sia per il posizionamento, definito mediante tecniche di *remote sensing*, sia per l'esecuzione delle misure, che hanno riguardato non soltanto la profondità reale (altezza della colonna d'acqua), ma anche la diversa consistenza e la natura del fango depositato sul fondo. Tale fase conoscitiva, oltre ad ampliare le conoscenze sulle caratteristiche morfologico-batimetriche del bacino, potrà inoltre consentire l'individuazione di punti significativi, da cui procedere per ulteriori analisi (prelievo di campioni d'acqua e/o sedimenti),

la cui ripetibilità è garantita da tecniche di posizionamento satellitare con precisione metrica.

### 6.1. Modalità di esecuzione del rilievo

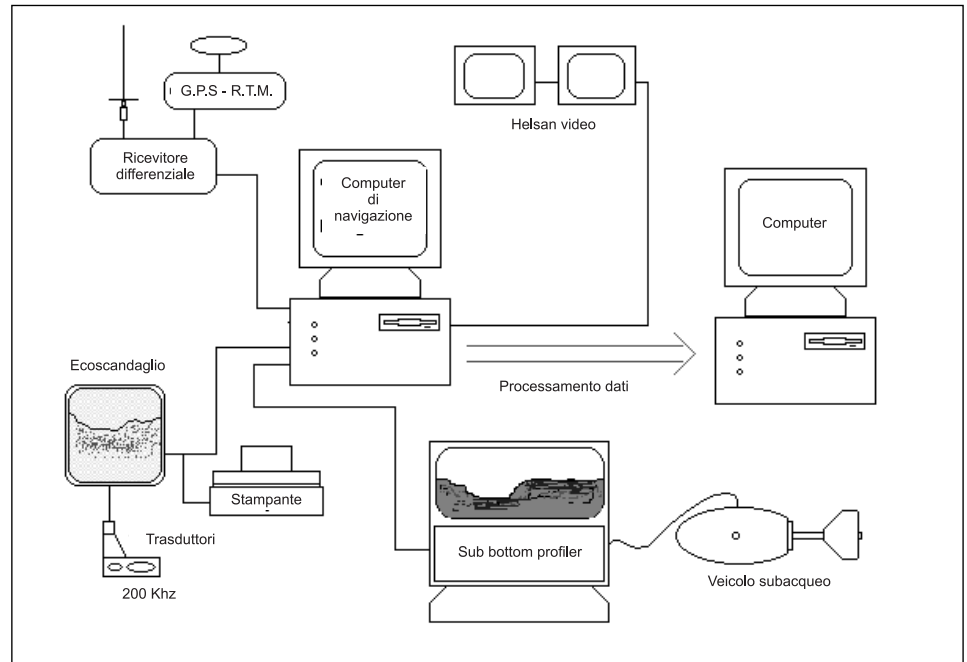
L'indagine batimetrica è stata condotta con l'uso combinato di un *sub bottom profiler* e di un eco-scandaglio (fig. 1). La principale peculiarità del sistema è quella di utilizzare contemporaneamente due distinte frequenze di insonorizzazione in modo da esplicitare le funzionalità di due strumenti separati: ecoscandaglio e *mud penetrator*. In particolare, gli impulsi sonori a bassa frequenza penetrano al di sotto dei fondali in relazione alla costituzione litologica e tessiturale degli stessi. In tal modo dagli ecogrammi è stato possibile ottenere informazioni sulla composizione e struttura dei fondali molli, nonché sul loro spessore.

Per la localizzazione del mezzo navale di alloggio della strumentazione è stato impiegato un sistema di posizionamento satellitare GPS differenziale topografico-geodetico che elabora i dati dei satelliti fornendo la posizione dell'imbarcazione in tempo reale con precisione sub-metrica, sia in planimetria che in altimetria. Per un posizionamento più accurato, sono state inoltre eseguite delle misure a campione della posizione del natante mediante stazione totale a terra.

È stata così eseguita un'ampia serie di percorsi batimetrici lungo profili d'indagine predefiniti (il più possibile coincidenti con i tracciati del rilievo ENEL 1996); durante le operazioni di ricognizione, i diversi strumenti hanno acquisito in continuo i dati relativi alla profondità del fondale e allo spessore dei sedimenti di fondo. Contemporaneamente

L'indagine batimetrica è stata condotta con l'uso combinato di un *sub bottom profiler* e di un eco-scandaglio.

Figura 1 – Schema operativo della strumentazione utilizzata nelle operazioni di rilievo batimetrico



te alle misure di profondità sono state poi effettuate registrazioni del livello del lago, allo scopo di tenere conto delle oscillazioni dovute al ciclo idroelettrico e apportare le dovute correzioni alle registrazioni dell'ecoscandaglio.

A contorno del rilievo batimetrico è stato inoltre eseguito l'inquadramento topografico plano-altimetrico dell'area di lavoro per la precisa georeferenziazione dei dati acquisiti. A tale scopo sono stati individuati e materializzati otto vertici di Rete-GPS, in prossimità delle rive del lago, in punti tali da garantire la completa copertura dell'area sottoposta ad indagine, ed è stata eseguita – anteriormente ai rilievi batimetrici – un'apposita campagna GPS.

## 6.2. Risultati del rilievo

Le operazioni di ricognizione sono state effettuate tenendo conto dell'escursione altimetrica giornaliera dell'invaso. Tale variazione di quota – corrispondente ad un valore massimo di circa 65 cm – è stata comunque confrontata con le misure fornite dall'idrometro ENEL-Elettrogen posizionato sul lago. Il confronto ha confermato la corretta interpretazione altimetrica del rilievo GPS, pur mettendo in risalto una costante differenza di quota del pelo libero tra il rilievo eseguito e le letture registrate dall'idrometro. In particolare, quest'ultime

sono risultate costantemente maggiorate di circa 54 cm rispetto a quelle del rilievo con GPS. Tale costante discrepanza fa pensare che il posizionamento dello zero di misura del suddetto idrometro sia localizzato circa 54 cm al di sopra di quello assoluto, ovvero che la quota letta dallo strumento sia 54 cm più alta rispetto alla quota sul livello del mare del mareografo di Genova. La discrepanza, in realtà soltanto formale, è ragionevolmente da imputarsi al non aggiornamento nel tempo dello zero idrometrico, per cui le quote ENEL di massimo e minimo invasore sono da intendersi come quote storiche, entrambe maggiorate di 54 cm rispetto alla quota reale. Conseguentemente, nel corso della trattazione, per la quota di massimo invasore verrà fatto riferimento al valore di 368,36 m s.l.m., come derivato dal più recente rilievo batimetrico, senza che ciò risulti incongruente con le registrazioni idrometriche effettuate dall'ENEL sul lago.

La *batimetria* del fondale è stata ricostruita combinando insieme i dati diretti registrati dall'ecoscandaglio e dal GPS lungo le rotte seguite, generando così un modello matematico del "fondale compatto", scaturito dai punti rilevati opportunamente diradati, in fase di post-processing. La *stratigrafia* del fondale è stata invece ottenuta correlando tra loro le varie sezioni stratigrafiche ricavate dai dati del *sub bottom profiler* lungo



le diverse rotte seguite; è stato così possibile individuare lo spessore dei sedimenti da mettere in relazione con i dati registrati dall'ecoscandaglio e dal GPS, generando un secondo modello matematico del "fondale molle". Ciò ha consentito, in sede di elaborazione, la generazione di un modello tridimensionale informatizzato del lago da cui è stato possibile estrapolare profili longitudinali e sezioni trasversali e calcolare i principali parametri morfologici del lago di Piediluco (tabb. 9-10) e il volume medio dei sedimenti (tab. 11).

In figura 2 e 3 sono sintetizzati i risultati dell'indagine batimetrica, con tracciamento delle curve isobatimetriche a passo 1 m e ricostruzione del modello tridimensionale a maglia quadrata del fondale. Dal modello tridimensionale del lago sono state inoltre ricavate:

- la curva dei volumi invasati al variare della quota del pelo libero (fig. 4);
- la curva delle superfici al variare della quota del pelo libero (fig. 5).

Dai tracciati dell'ecoscandaglio è stato infine possibile ricavare lo spessore dello strato di sedimenti recenti accumulati sul fondo del lago, spessore che risulta essere abbastanza uniforme, con variazioni tra 0,4 m e 1 m.

### 6.3. Confronto con i precedenti rilievi

Uno degli obiettivi primari dell'indagine batimetrica è l'individuazione di zone in cui attualmente si registrano i maggiori accumuli di sedimenti e se la loro distribuzione risulti significativamente variata rispetto a indagini precedenti: Riccardi (rilievo del 1955), Estramed (rilievo dell'ottobre 1988) ed ENEL (rilievo del novembre 1996).

I metodi e le tecniche di rilievo batimetrico e stratigrafico hanno consentito la generazione di un modello tridimensionale informatizzato del lago da cui sono stati estrapolati profili longitudinali e sezioni trasversali e calcolati i principali parametri morfologici del lago di e il volume medio dei sedimenti.

Parametro	Unità	Massimo invaso (368,36 m s.l.m.)	Minimo invaso (367 m s.l.m.)
Perimetro	km	14,842	14,144
Superficie	km <sup>2</sup>	1,678	1,583
Volume	m <sup>3</sup>	18,569*10 <sup>6</sup>	16,319*10 <sup>6</sup>
Profondità massima	m	19,600	18,340
Profondità media	m	9,960	10,158
Lunghezza	km	2,80	2,70
Larghezza media	km	0,39	0,38
Indice di sinuosità <sup>1</sup>		3,232	3,010

<sup>1</sup> Per *indice di sinuosità* si intende il rapporto tra la lunghezza della linea di costa e la lunghezza della circonferenza di un cerchio di area uguale a quella del lago.

Fonte: ARPA, 2001.

Zona	Profondità media (m)	Pendenza trasversale (a riva) (media%)	Pendenza longitudinale (media%)
Centro lago	18÷20	50	
Braccio Capolozza	4÷6	10÷11	1÷1,5
Braccio Cornello	5÷7	21÷22	1÷1,5
Braccio Ara Marina	9÷11	24÷25	3÷4
Braccio San Nicolò	12÷14	30÷31	2÷3
Braccio Valle Prata	14÷16	16÷17	6÷7

Fonte: ARPA, 2001.

	Volume (milioni di mc)	
	massimo invaso	minimo invaso
Fondale compatto	18,094	15,848
Fondale molle	18,569	16,319
VOLUME MEDIO DEI SEDIMENTI: 475.000 mc		

Fonte: ARPA, 2001.

Tabella 9 – Parametri morfologici del lago di Piediluco ricavati dal modello "fondale compatto"

Tabella 10 – Profondità e pendenze

Tabella 11 – Calcolo del volume dei sedimenti

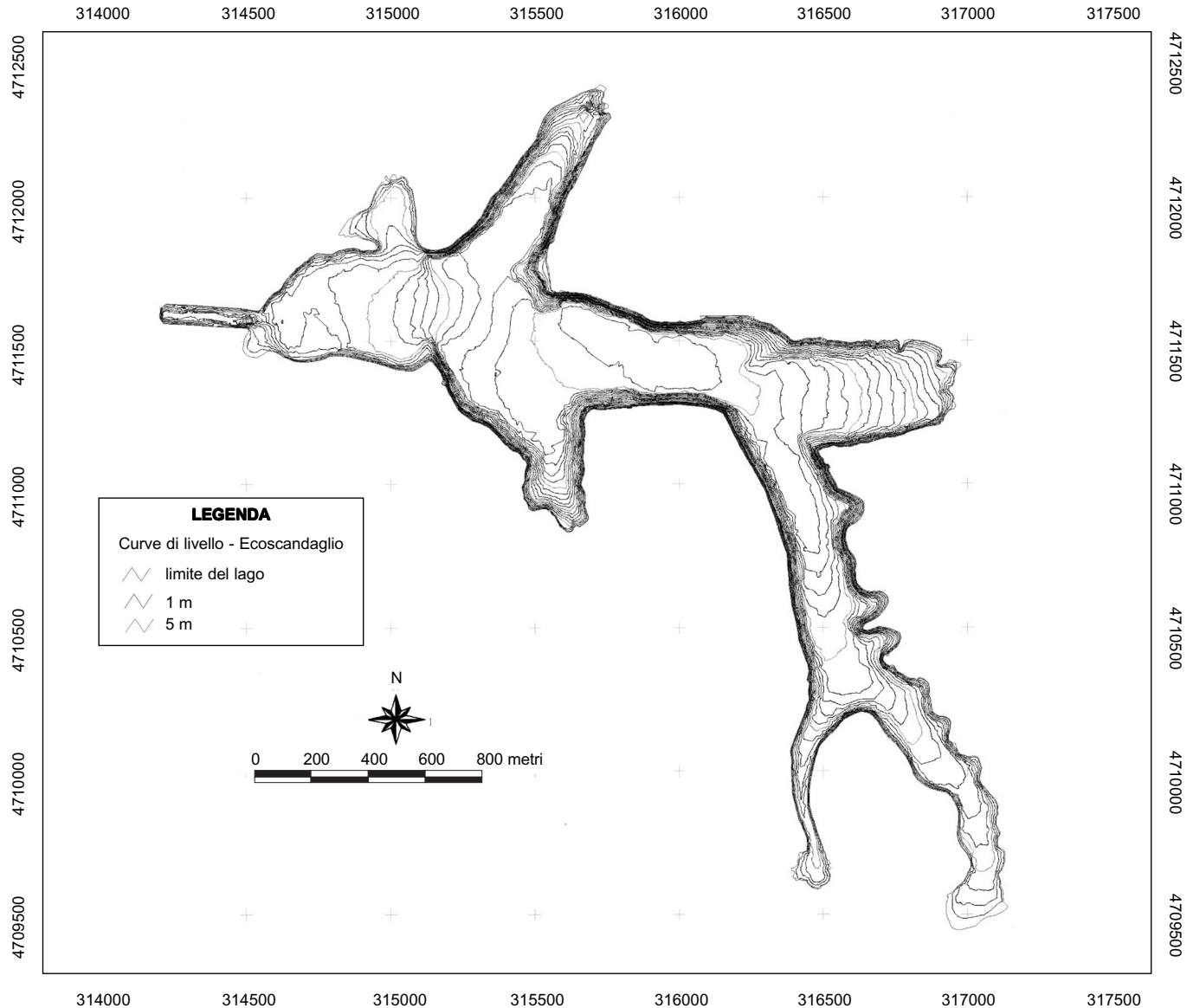


Figura 2 – Planimetria a curve di livello. Ecoscandaglio

Per ciò che concerne il rilievo Riccardi, i dati disponibili hanno riguardato sostanzialmente i risultati globali relativi al calcolo dei volumi di invaso al variare delle quote di riferimento. I rilievi ENEL 1996 ed ENEL 1988 hanno invece consentito un trattamento dei dati più accurato. In particolare l'analisi è stata orientata a:

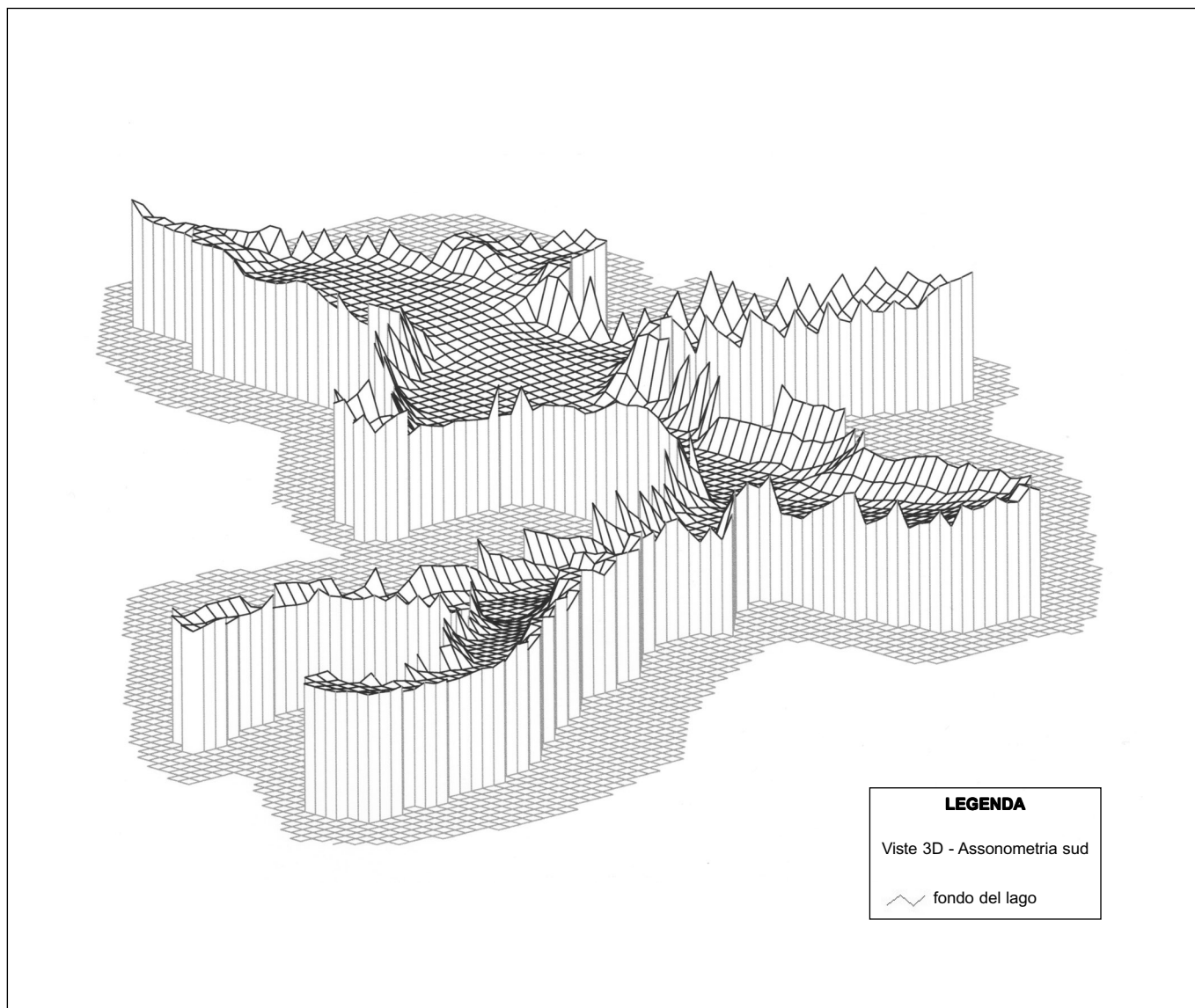
- confronto tra le relative curve di invaso per la definizione di significative variazioni dei volumi invasi;
- confronto generale tra le rappresentazioni planimetriche a curve di livello per l'individuazione di zone di accumulo ed erosione all'interno del bacino e la loro evoluzione nel tempo;
- confronto per sezioni lungo allineamenti tracciati a copertura del bacino, in parti-

colare in aree che dall'analisi di cui al punto b) siano risultate maggiormente interessate da fenomeni di erosione o accumulo.

### 6.3.1. Confronto per curve di invaso

In tabella 12 sono riportati i risultati del confronto eseguito sui principali parametri morfo-metrico-batimetrici dell'invaso, sulle aree e sui volumi a varie quote di riferimento, mentre la figura 6 rappresenta le curve di invaso volumi-quote relative ai tre rilievi disponibili.

Dall'esame delle curve si può vedere che le principali variazioni del volume invaso si sono registrate nel periodo ottobre 1988 - novembre 1996, intervallo compreso fra l'esecuzione dei due rilievi ENEL, con ri-



duzione complessiva del volume pari a circa 600.000 mc. Variazioni meno significative riguardano invece il periodo novembre 1996 - marzo 2001, anche se resta da segnalare un'inversione di tendenza con incrementi, seppur ridotti, dei valori del volume di invaso.

### 6.3.2. Confronto per curve di livello e sezioni

Il confronto tra le curve di invaso ricavate a partire dai modelli tridimensionali dei rilievi ha consentito di evidenziare se vi siano state nel tempo variazioni globali della batimetria del bacino, senza però fornire indicazioni circa la distribuzione spaziale dei fenomeni di erosione ed accumulo e, conseguentemente, le cause che hanno prodot-

to tali variazioni (distribuzione delle correnti, erosioni di sponda localizzate, ecc.). Maggiori informazioni sono state pertanto ricavate dall'esame comparativo delle rappresentazioni planimetriche a curve di livello disponibili per i rilievi ENEL 1988, ENEL 1996 e ARPA 2001. In particolare, il confronto eseguito sulle planimetrie a curve di livello con passo 5 m e basato sull'intersezione diretta dei modelli associati ai tre rilievi, ha consentito di localizzare in maniera efficace la distribuzione spaziale di eventuali fenomeni di accumulo o erosione occorsi negli anni. L'esame, oltre a confermare la tendenza già evidenziata dal confronto per curve di invaso, sembra mettere in luce, in particolare, la presenza di un'area centrale del lago in cui, nel periodo ottobre 1988

Figura 3 – Modello tridimensionale a maglia quadrata del fondale. Assonometria sud

Figura 4 – Curva di invaso (volumi-quote)

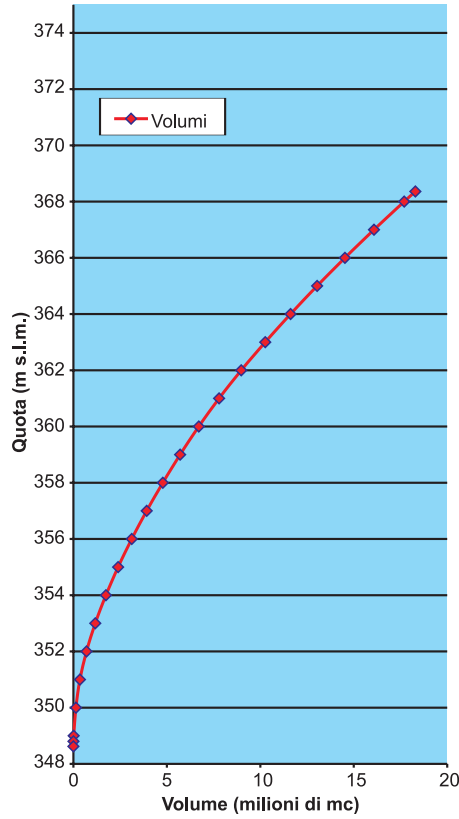


Figura 5 – Curva di invaso (aree-quote)

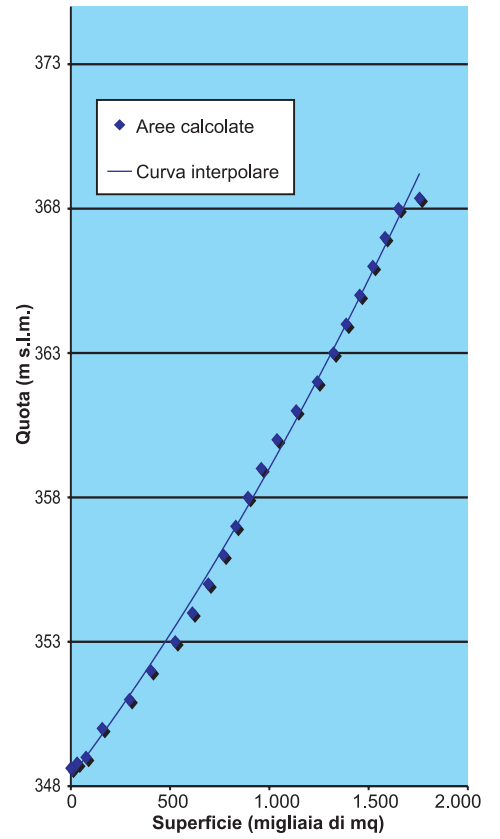
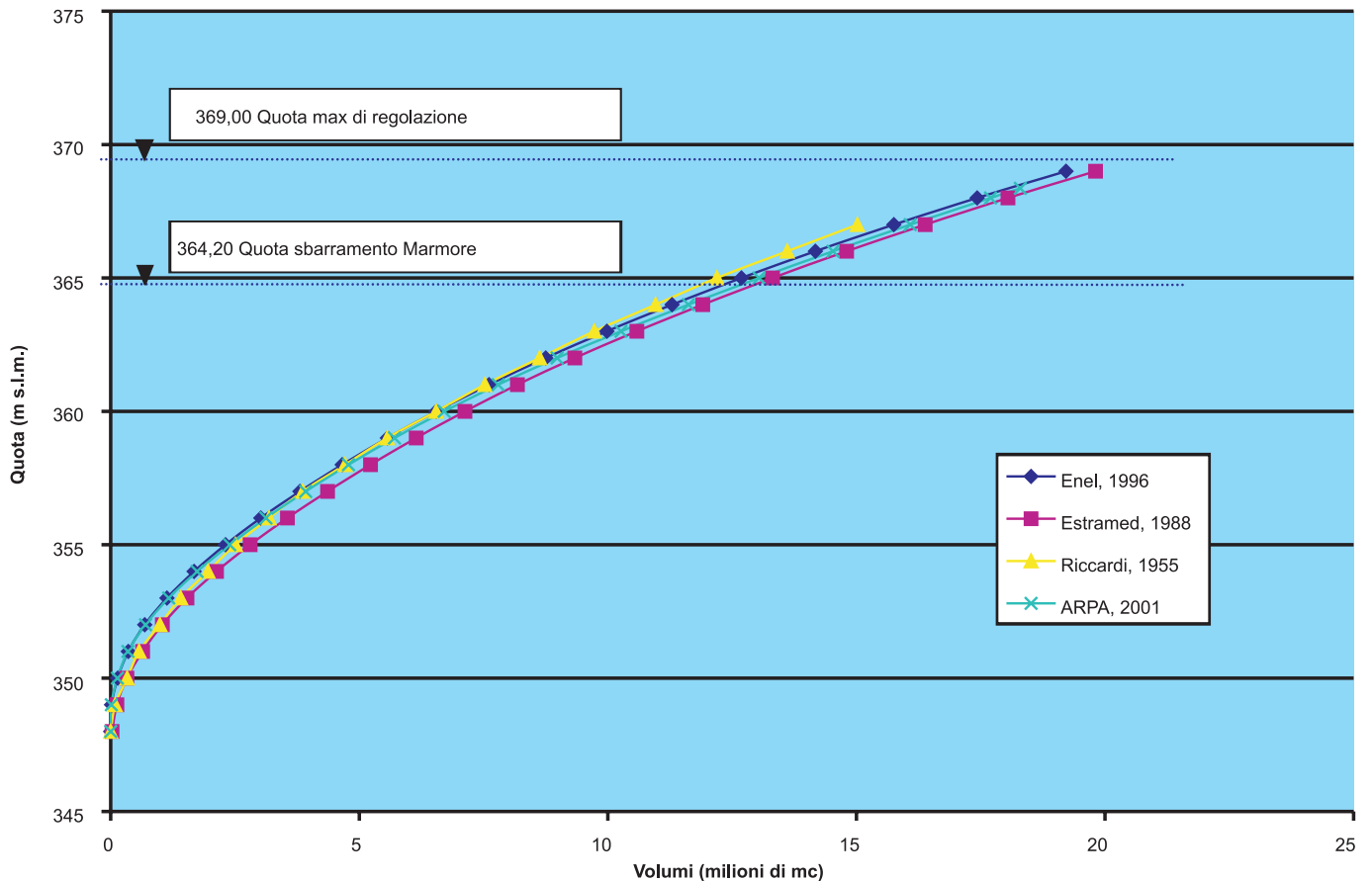


Figura 6 – Confronto per curve di invaso (volumi-quote)



Parametro	Unità	Massimo invaso	Minimo invaso
<i>ARPA, 2001</i>			
Perimetro	km	14,842	14,144
Superficie	kmq	1,678	1,583
Volume	mc	18,569*10 <sup>6</sup>	16,319*10 <sup>6</sup>
Profondità massima	m	19,600	18,340
Profondità media	m	9,960	9,158
Lunghezza	km	2,80	2,70
Larghezza media	km	0,44	0,38
Indice di sinuosità <sup>1</sup>		3,232	3,010
<i>ENEL, 1996</i>			
Perimetro	km	14,727	13,860
Superficie	kmq	1,846	1,617
Volume	mc	19,216*10 <sup>6</sup>	15,752*10 <sup>6</sup>
Profondità massima	m	20,300	18,500
Profondità media	m	10,000	9,500
Lunghezza	km	2,82	2,72
Larghezza media	km	0,42	0,36
Indice di sinuosità <sup>1</sup>		3,258	3,074
<i>ESTRAMED, 1988</i>			
Perimetro	km	15,160	14,1
Superficie	kmq	1,704	1,644
Volume	mc	19,534*10 <sup>6</sup>	17,013*10 <sup>6</sup>
Profondità massima	m	22,230	20,730
Profondità media	m	11,460	10,350
Lunghezza	km	2,78	2,64
Larghezza media	km	0,43	0,40
Indice di sinuosità <sup>1</sup>		3,280	3,049
<i>Riccardi, 1995</i>			
Perimetro	km		
Superficie	kmq		
Volume	mc	15,020*10 <sup>6</sup>	
Profondità massima	m		
Profondità media	m		
Lunghezza	km		
Larghezza media	km		
Indice di sinuosità <sup>1</sup>			

<sup>1</sup> Per *indice di sinuosità* si intende il rapporto tra la lunghezza della linea di costa e la lunghezza della circonferenza di un cerchio di area uguale a quella del lago.

- novembre 1996, si sarebbe registrato un consistente accumulo di sedimenti con profondità massima passata dal valore di 22,23 m a 20,30 m e un'altezza di accumulo massima pari a 1,93 m. Decisamente meno marcate le differenze che emergono dal confronto fra il rilievo ENEL 1996 e il rilievo ARPA 2001, al punto da risultare nella maggior parte dei casi imputabili a:

- difficoltà nell'esecuzione materiale del rilievo (ondulazione dell'imbarcazione, ostacoli irrimovibili presenti nello specchio d'acqua, vegetazione in prossimità delle rive, ecc.);

- differenti modelli di calcolo impiegati per la costruzione del modello matematico tridimensionale a partire dai punti rilevati;
- errore strumentale.

Il confronto per sezioni è volto a definire con maggior dettaglio gli aspetti già evidenziati dall'esame comparativo delle curve di livello. A tal scopo sono stati tracciati, a partire dai modelli matematici tridimensionali dei rilievi ENEL 1988 e ENEL 1996, allineamenti coincidenti con quelli associati alle sezioni del rilievo ARPA 2001. Per quanto riguarda le estremità dei bracci meridionali

Tabella 12 – Principali parametri morfometrici del lago di Piediluco.

Nel confronto con precedenti indagini, la disponibilità o l'elaborazione dei modelli del fondale desunti dalle operazioni di rilievo, hanno consentito di individuare le zone in cui si registrano i maggiori accumuli di sedimenti e la variazione eventuale della loro distribuzione nel tempo.

di Capolozza e Cornello i risultati devono ritenersi poco significativi; la modesta larghezza del lago, la ridotta profondità del fondale e la vegetazione presente rappresentano ostacoli sostanziali all'esecuzione di un corretto rilievo batimetrico. Per le restanti aree del lago, invece, le principali evidenze messe in luce dall'esame comparativo confermano l'ipotesi di una variazione consistente dello spessore dei sedimenti nel periodo 1988-1996.

#### 6.4. Conclusioni

L'utilizzo di strumentazioni sofisticate, le operazioni di controllo e calibrazione degli strumenti stessi condotte preliminarmente all'esecuzione delle misure, la notevole densità dei punti rilevati, l'accurata georeferenziazione ottenuta mediante esecuzione di rilievi topografici di precisione a terra, l'impiego di software specifici nella fase di restituzione, hanno consentito una precisa ricostruzione dei profili batimetrici del lago. Per ciò che concerne le operazioni di confronto con precedenti indagini effettuate in passato, la disponibilità (modello ENEL 1996) o l'elaborazione (dati ENEL 1988) dei modelli del fondale desunti dalle relative operazioni di rilievo, ha consentito di individuare le zone in cui si registrano i maggiori accumuli di sedimenti e la variazione eventuale della loro distribuzione nel tempo. In particolare, dal confronto con il rilievo ENEL 1996 emerge una sostanziale stabilità delle caratteristiche del lago nel periodo ottobre 1996 - marzo 2001. Ciò, oltre a convalidare implicitamente il rilievo ARPA, sembra confermare che non vi sono state variazioni significative dei processi di dinamica lacustre negli anni recenti. Le differenze osservate sono, nella maggior parte dei casi, imputabili a:

- difficoltà nell'esecuzione materiale del rilievo (movimenti verticali dell'imbarcazione in funzione del moto ondoso, ostacoli irrimovibili presenti nello specchio d'acqua, vegetazione in prossimità della costa, ecc.);
- impiego di differenti modelli di calcolo per la costruzione della rappresentazio-

ne tridimensionale a partire dai punti rilevati;

- errori strumentali accidentali e sistematici.

Il confronto delle rilevazioni evidenzia invece che le principali variazioni al volume invasato si sono registrate nel periodo ottobre 1988 - novembre 1996, intervallo compreso fra l'esecuzione dei due rilievi ENEL, con riduzione complessiva del volume d'acqua pari a circa 600.000 mc. Dal confronto fra i relativi modelli altimetrici digitali emerge inoltre un consistente accumulo di sedimenti che ha riguardato prevalentemente le aree di centro lago e la porzione centrale del braccio meridionale con variazioni locali di profondità fino a 2 m.

Un'interpretazione critica delle incongruenze riscontrate fra il primo rilievo e i successivi è operazione non semplice, viste anche le difficoltà di interpretazione degli eventi pregressi. A ciò si deve aggiungere l'incompletezza dei dati a disposizione, relativi principalmente al rilievo ENEL 1988. Negli studi pregressi, tanto le strumentazioni impiegate nel rilievo quanto i software e le tecniche di interpolazione utilizzati in fase restituitiva non sono infatti specificati nella relazione finale<sup>1</sup> né sono reperibili presso gli archivi ENEL. Infine, la disponibilità dei risultati del rilievo solo su supporto cartaceo non ha permesso la ricostruzione completa del modello tridimensionale del fondale, limitata alla sola planimetria a curve di livello. Ammesso comunque che il rilievo ENEL 1988 sia effettivamente confrontabile con quello successivo, le ragioni delle variazioni riscontrate possono essere diverse. Fenomeni di erosione di sponda o erosione interna ai terreni di riporto nelle aree circumlacuali, con trasporto di materiale fine, seppur favoriti dalle oscillazioni giornaliere del livello del lago connesse all'esercizio idroelettrico (escursioni comprese tra 0,4 e 0,6 m), non sembrarono, come risulta da studi precedenti<sup>2</sup>, significativi o almeno tali da giustificare l'entità delle variazioni osservate. Ancor meno probabile appare l'ipotesi di fenomeni locali di smottamento, al di sotto della superficie del pelo libero, tra il

<sup>1</sup> Estramed, *Indagini di caratterizzazione morfologica e batimetrica del lago di Piediluco (TR). Relazione*, 1988.

<sup>2</sup> Autorità di Bacino del Fiume Tevere, *Studio sulle condizioni di stabilità delle sponde del lago di Piediluco (TR) nel tratto antistante l'omonimo centro abitato*, 1999.

1988 e il 1996, non confermata dalle evidenze dei successivi rilievi batimetrici.

Le variazioni osservate, in particolare nelle aree di centro lago, potrebbero invece essere messe in relazione, ipotesi a nostro avviso più ragionevole, con significative variazioni nell'entità del trasporto solido dei corsi d'acqua immissari sia principali (Velino, canale del Medio Nera) che secondari (fosso Leonessa e fossi minori). In conseguenza di eventi eccezionali potrebbe essersi prodotto un accumulo straordinario di sedimenti al fondo nel periodo ottobre 1988 - ottobre 1996, ovvero una riduzione anomala dei processi di sedimentazione e accumulo nel periodo ottobre 1996 - marzo 2001.

Le cause di tali variazioni, peraltro solo ipotizzabili, possono essere relazionate a:

- variazioni nell'energia di trasporto: associata a significativi incrementi/decrementi di portata (regimazione delle portate per scopi idroelettrici, variazioni nelle portate derivate al canale del Medio Nera, eventi pluviometrici significativi);
- variazioni della quantità e/o granulometria del materiale trasportato: associata ad eventi franosi verificatisi all'interno del bacino idrografico del lago, all'apertura/chiusura o gestione di cave, alla presenza di vasche di sedimentazione o opere di regimazione diverse nei corsi d'acqua affluenti.

La mancanza di informazioni quali registrazioni idrometriche dei livelli del lago e dei suoi immissari, variazioni prodotte dalla regolazione per scopi idroelettrici, entità e tipologia del trasporto solido, caratteristiche (granulometria, gradienti idraulici, grado di addensamento, ecc.) dei materiali depositati al fondo e presenti nelle zone spondali, non consente un'interpretazione univoca e attendibile delle cause di tale fenomeno.

La conformazione del lago e la disposizione dei suoi immissari, la ritmicità di riempimento e svuotamento, nonché la configurazione delle correnti (e la loro velocità), potrebbe favorire la deposizione, in particolare nelle aree di centro lago, dei solidi trasportati sia dal canale del Medio Nera (che con portate medie di circa 20 mc/s e

privo di opere di immissione è dotato di notevole capacità di trasporto), sia dai fossi secondari dei bracci sud-orientali.

Studi condotti in tal senso dall'ENEL nel 1988<sup>3</sup> sembrano evidenziare come in regime quasi stazionario i vettori "velocità di corrente" nelle aree di centro lago siano diretti in maniera tale da favorire la deposizione di materiale. Non esistono tuttavia studi analoghi prodotti in anni successivi che consentano di effettuare un confronto con gli elementi suddetti e di valutarne eventuali modificazioni occorse nel tempo.

Una corretta interpretazione dei fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione non può comunque prescindere da un adeguato studio dei processi di dinamica lacustre, basato su:

- a) misure correntometriche (per la definizione dei campi di velocità che tenga conto delle variazioni di livello del lago prodotte sia dalle oscillazioni stagionali che giornaliere);
- b) misurazione della quantità di solidi sospesi in ingresso e uscita dal sistema;
- c) studio dei processi di erosione delle sponde (anche attraverso l'installazione di piezometri che controllino le relazioni fra il livello della falda e il riempimento/svuotamento dell'invaso).

La classazione granulometrica dei depositi di fondo, ottenuta a partire da carotaggi eseguiti in vari punti del fondale, potrebbe fornire elementi interpretativi sostanziali. In conclusione, questo studio, oltre a produrre l'aggiornamento dei profili batimetrici del lago di Piediluco, ha consentito di sintetizzare e reinterpretare criticamente i rilievi precedenti. Solo la raccolta di tutte le informazioni necessarie potrà fornire un quadro conoscitivo esaustivo ai fini dell'interpretazione dei fenomeni suddetti.

Dal confronto fra i modelli altimetrici digitali emerge un consistente accumulo di sedimenti che ha riguardato prevalentemente le aree di centro lago e la porzione centrale del braccio meridionale con variazioni locali di profondità fino a 2 metri.

<sup>3</sup> ENEL-DCO, *Indagini per la valorizzazione ambientale del lago di Piediluco. Rapporto finale, Appendice A.2*, 1989.





## 7. Monitoraggio delle acque del lago

Il monitoraggio chimico-fisico e biologico è stato condotto su dieci stazioni e ha confermato come l'apporto di sostanze organiche e inorganiche provochi un notevole sviluppo di macrofite acquatiche e di microrganismi.

Nell'ambito del finanziamento concesso dal Ministero dei Lavori Pubblici in base alla legge 183/89, per l'esecuzione fra l'altro del monitoraggio delle acque del lago di Piediluco, la Regione Umbria ha affidato, in concessione alla Provincia di Terni, la realizzazione dell'intervento. L'attuazione del progetto ha visto coinvolti più soggetti, ciascuno chiamato a partecipare per le specifiche competenze. In particolare, il Dipartimento Provinciale di Terni di ARPA ha eseguito il monitoraggio chimico-fisico e biologico nelle dieci stazioni evidenziate nella figura 7.

Per quanto riguarda l'indagine chimica, si è proceduto alla caratterizzazione delle acque del lago e di quelle dei fiumi Nera e Velino mediante il rilevamento dei seguenti parametri:  $N_{TOT}$ ,  $NH_4$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $P_{TOT}$ ,  $PO_4$ ,  $F_e$ . Il campionamento è stato effettuato in superficie, in profondità e sul fondo con cadenza mensile.

Nei grafici delle figure da 8 a 22 è stato riportato l'andamento degli inquinanti relativo alle stazioni S9 (canale del Medio Nera) e S10 (Velino), con particolare riferimento a fosforo e azoto, nonché alla percentuale di ossigeno di saturazione e all'andamento

L'indagine chimica è stata condotta sui seguenti parametri:  $N_{TOT}$ ,  $NH_4$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $P_{TOT}$ ,  $PO_4$ ,  $F_e$ .

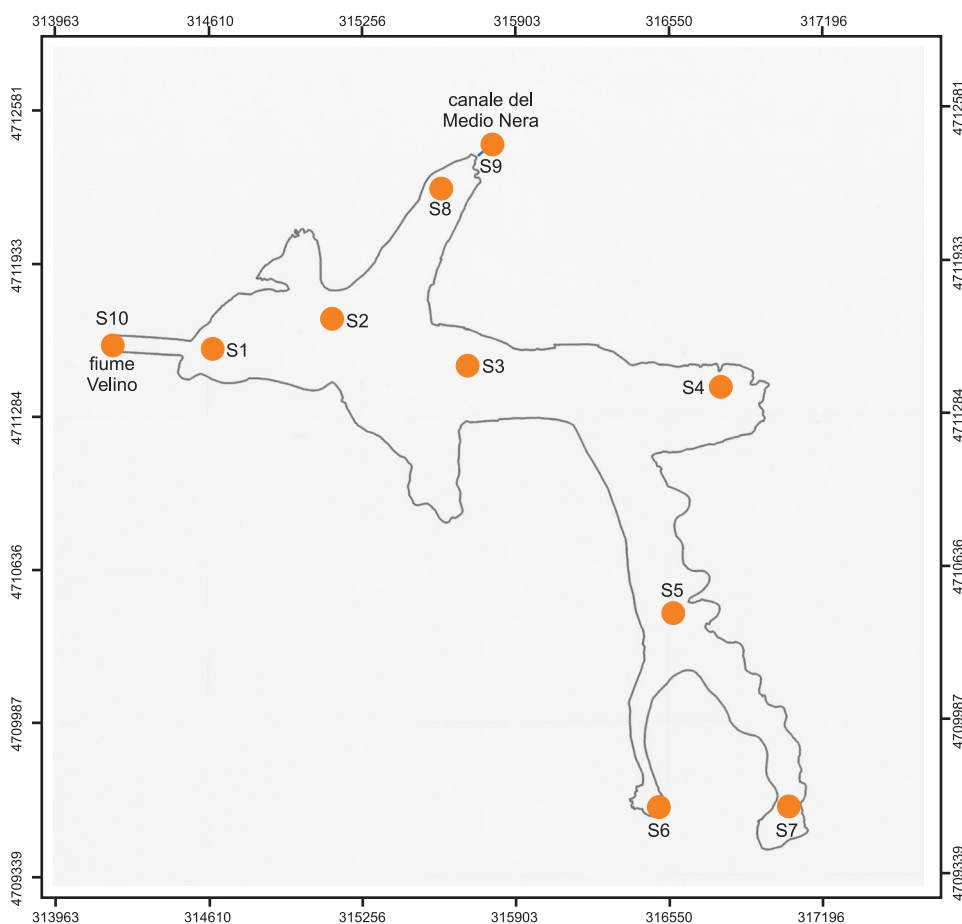


Figura 7 – Le stazioni del monitoraggio chimico-fisico e biologico

Il monitoraggio microbiologico, effettuato negli stessi punti di prelievo di quello chimico, ha rilevato: Coliformi totali, Coliformi fecali, Streptococchi fecali, Salmonella, Aeromonas e Pseudomonas.

delle temperature nel punto di prelievo S2. Sono state prese in considerazione le sudette stazioni in quanto ritenute più significative per la determinazione del carico inquinante addotto al lago di Piediluco.

L'elaborazione dei dati chimico-fisici ha confermato ancora una volta come l'apporto di sostanze organiche e inorganiche provochi un notevole sviluppo di macrofite acquatiche, con conseguente aumento dei valori di ossigeno disciolto negli strati superficiali; a esso è associata una deossigenazione delle acque negli strati più profondi dovuta alla maggiore richiesta di ossigeno da parte delle comunità batteriche deputate alla decomposizione algale.

L'indagine microbiologica, invece, è stata eseguita nel periodo luglio 2000 - giugno 2001 con cadenza mensile. Il monitoraggio,

effettuato negli stessi punti di prelievo di quello chimico, ha interessato la rilevazione dei seguenti parametri:

- Coliformi totali;
- Coliformi fecali;
- Streptococchi fecali;
- Salmonella;
- Aeromonas;
- Pseudomonas.

Dall'analisi dei dati raccolti è emersa una variazione dei valori dei parametri nel periodo di monitoraggio in tutte le stazioni ad eccezione di quelle situate sul canale del Medio Nera e sul Velino (contraddistinte con i numeri S9 e S10), le quali presentano valori più elevati.

I grafici delle figure da 8 a 25 sono riferiti a questi due punti di prelievo in quanto considerati più significativi per l'apporto di so-

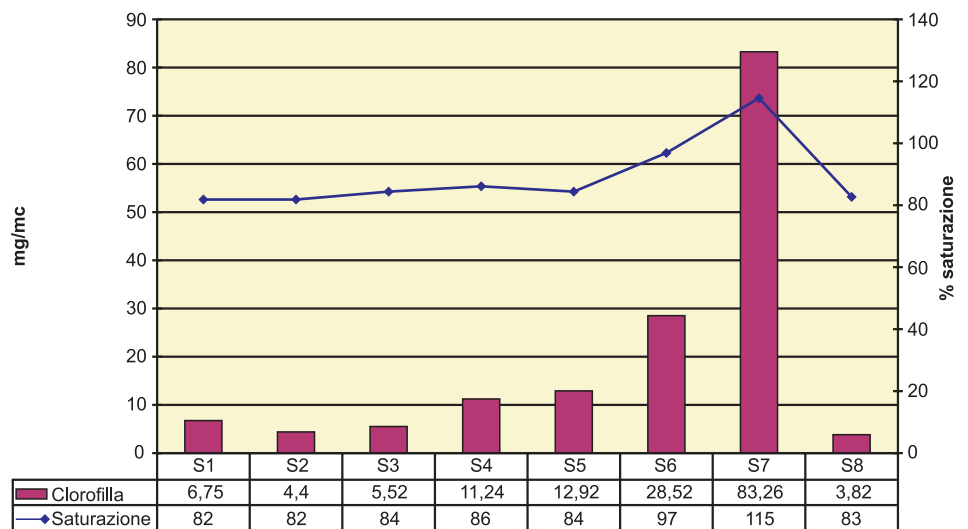


Figura 8 – Eutrofia gennaio

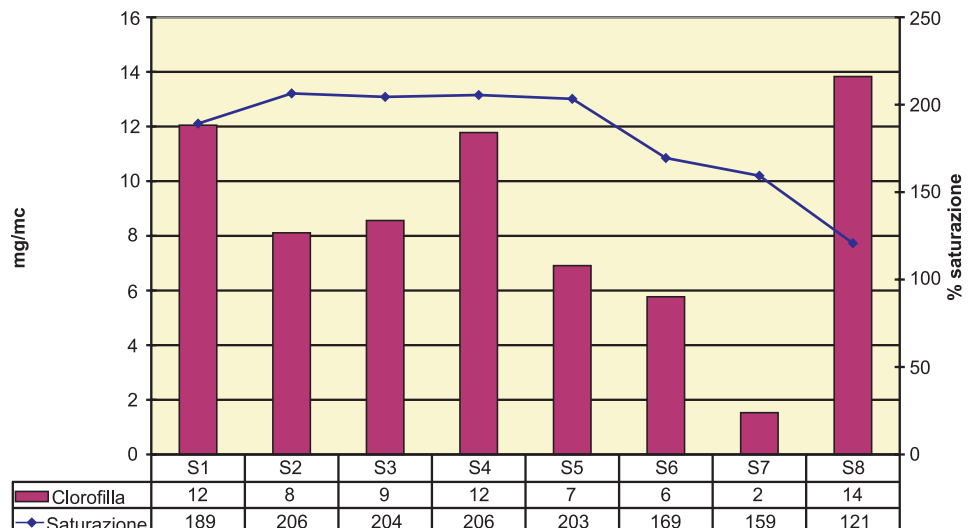


Figura 9 – Eutrofia giugno

stanze organiche al lago. Nel punto contraddistinto con S8, infatti, è stato riscontrato un maggior numero di microrganismi provenienti dalle acque del canale del Medio Nera nei mesi di agosto, settembre, novembre 2000 e marzo 2001.

Per quanto riguarda la qualità delle acque del fiume Velino, il suo elevato carico organico è attribuibile al fatto che il fiume attraversa, durante il proprio corso, insediamenti abitativi privi di impianti di depurazione.

In tutti i punti di prelievo si rileva la presenza costante di *Aeromonas* ad eccezione dei mesi di agosto e settembre 2000, mentre la presenza di *Pseudomonas* è costante.

Tali parametri, comunque, non hanno mai raggiunto valori tali da poter danneggiare le specie ittiche lacustri.

Anche le Salmonelle, di cui è stata eseguita la tipizzazione sierologia, sono state rinvenute con una distribuzione di tipo casuale.

L'elevato carico organico delle acque del fiume Velino è attribuibile al fatto che esso attraversa insediamenti abitati privi di impianti di depurazione.

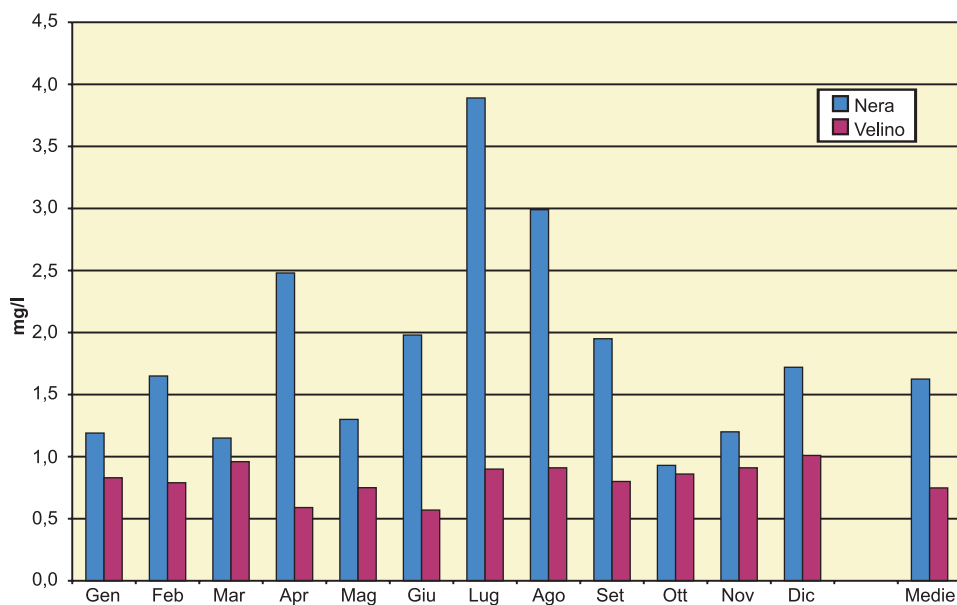


Figura 10 – Azoto totale Nera-Velino

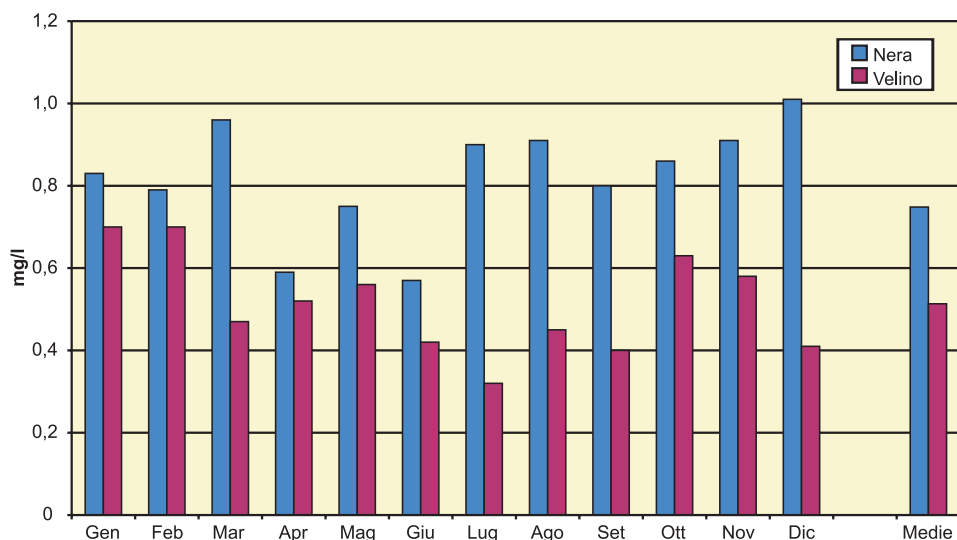


Figura 11 – Azoto nitrico Nera-Velino

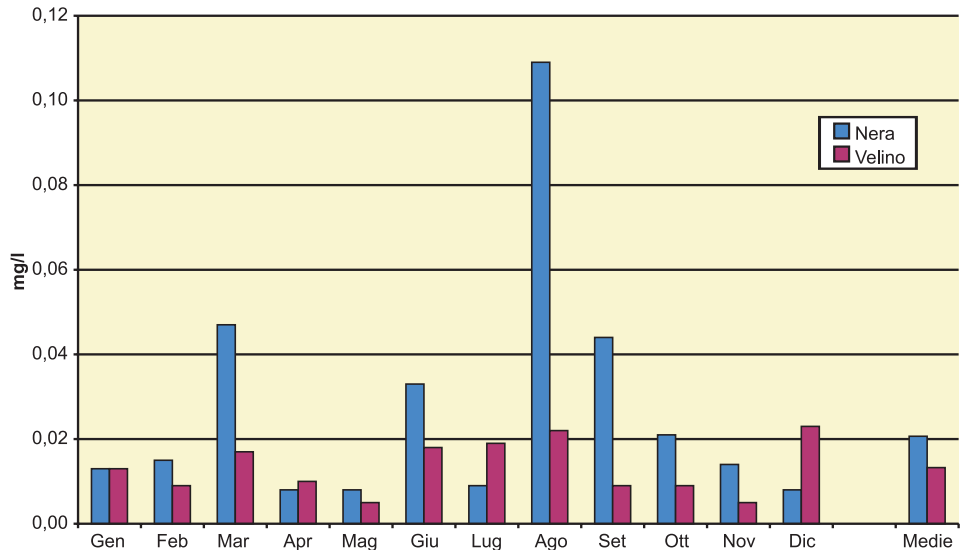


Figura 12 – Azoto nitroso Nera-Velino

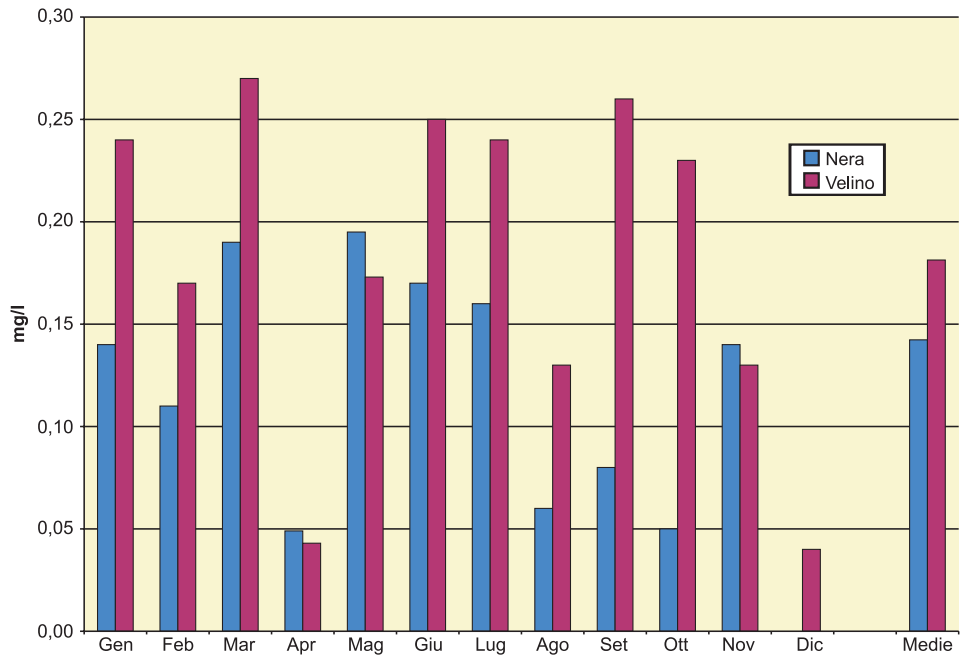


Figura 13 – Azoto ammoniacale Nera-Velino

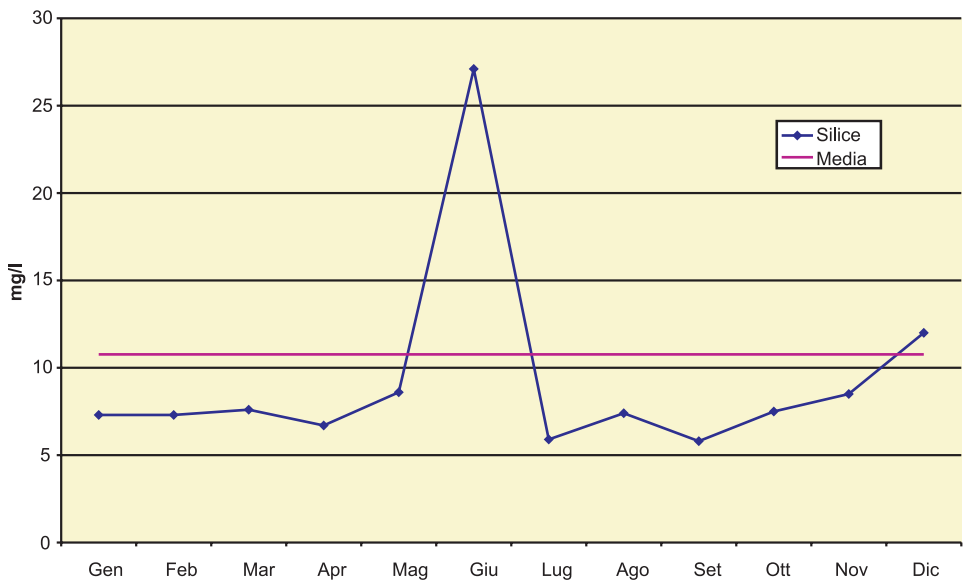


Figura 14 – Silice Nera

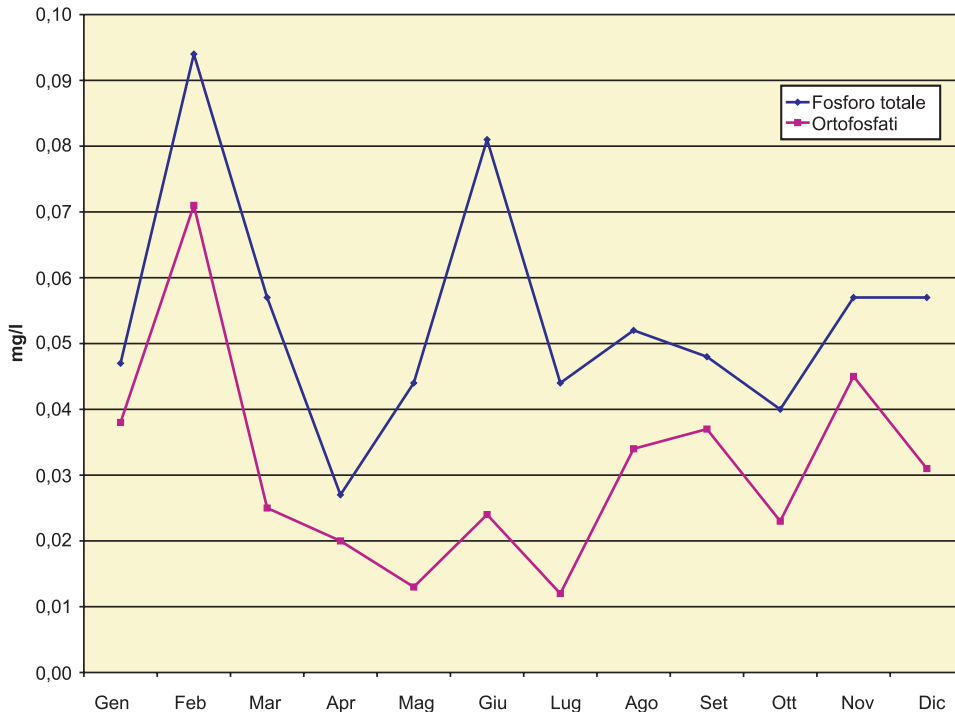


Figura 15 – Fosforo Nera

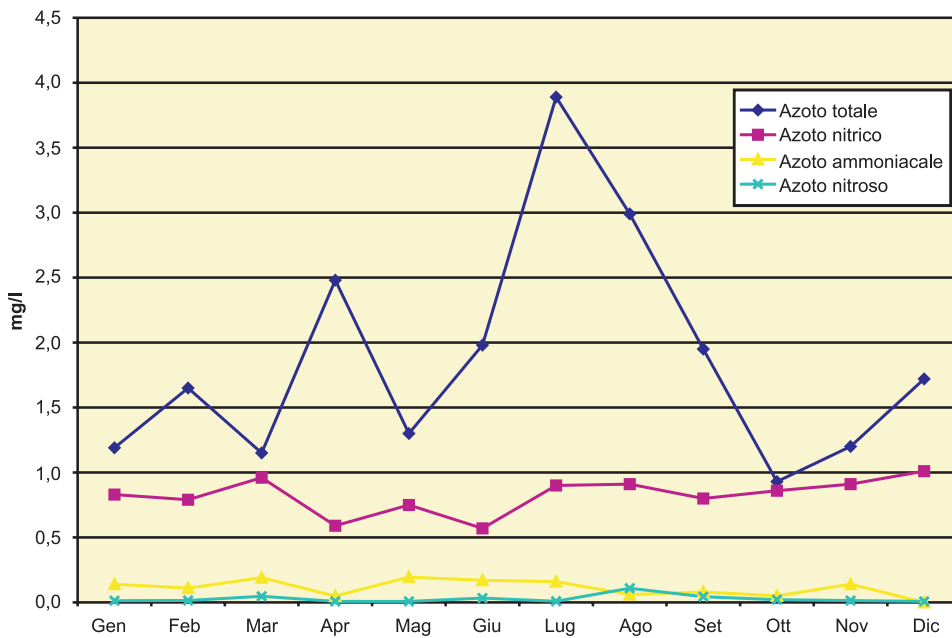


Figura 16 – Azoto Nera

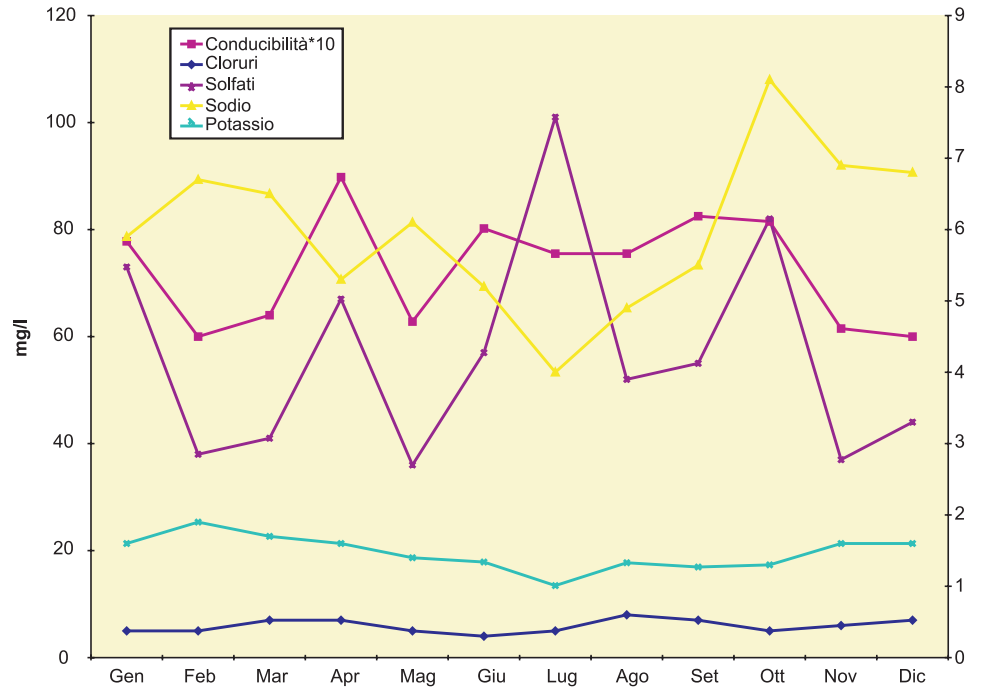


Figura 17 – Parametri di mineralizzazione (punto 10)

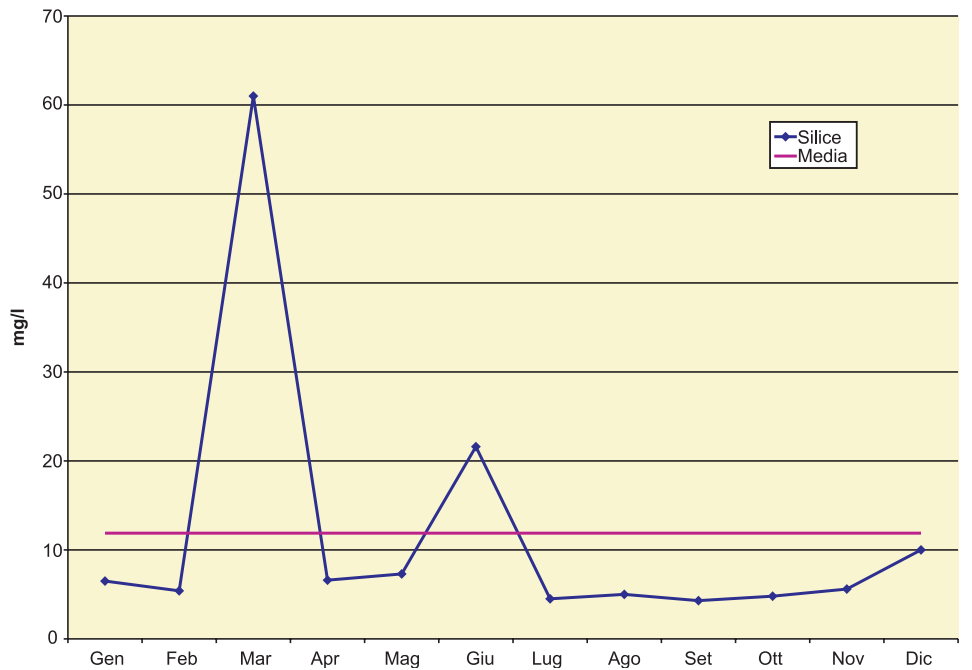


Figura 18 – Silice (punto 10)

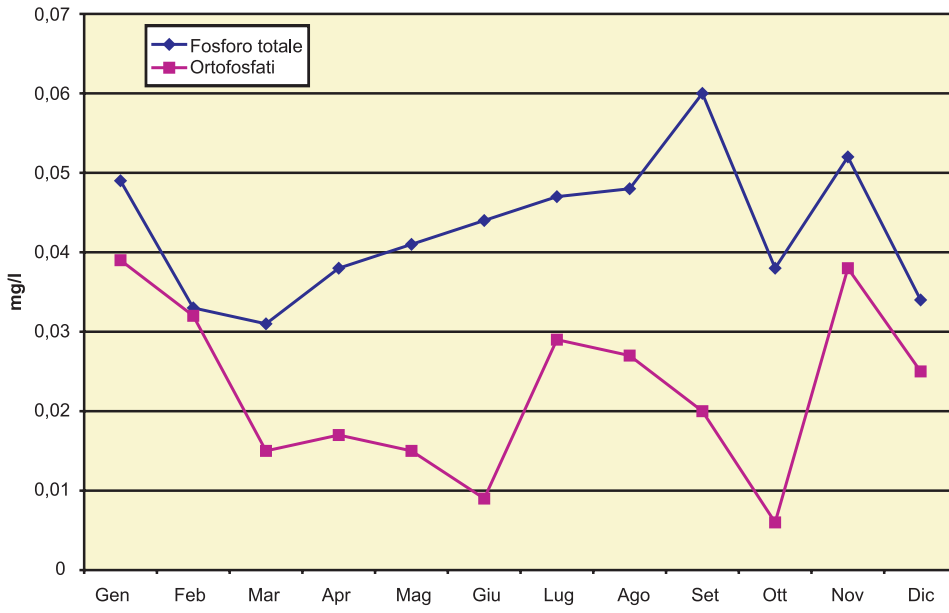


Figura 19 – Fosforo (punto S10)

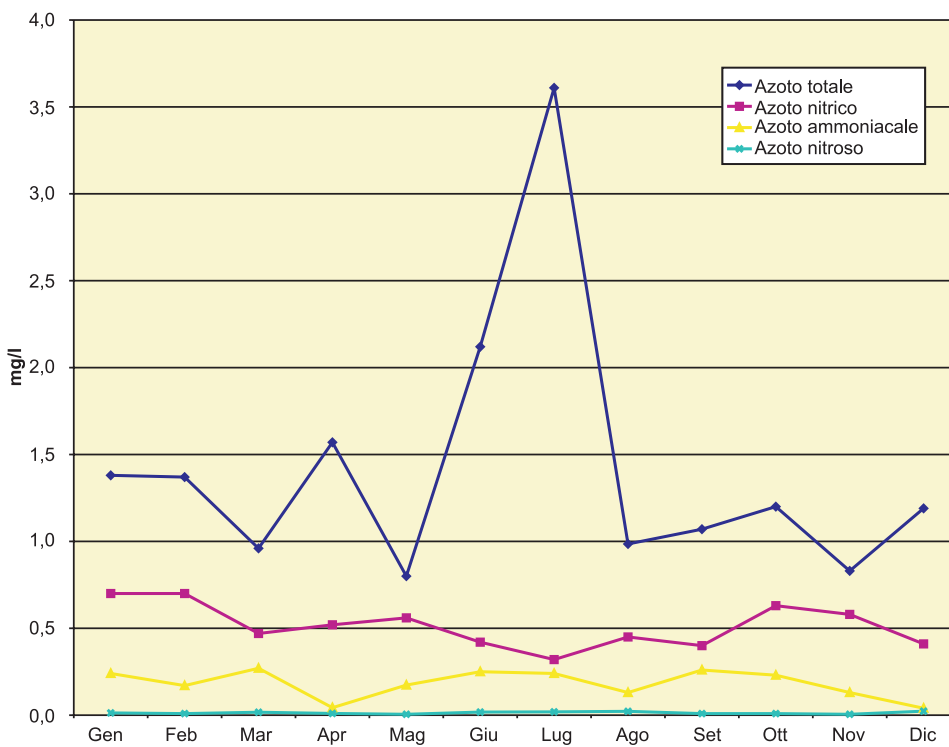


Figura 20 – Azoto (punto S10)

Figura 21 – Profilo saturazione (punto S2)

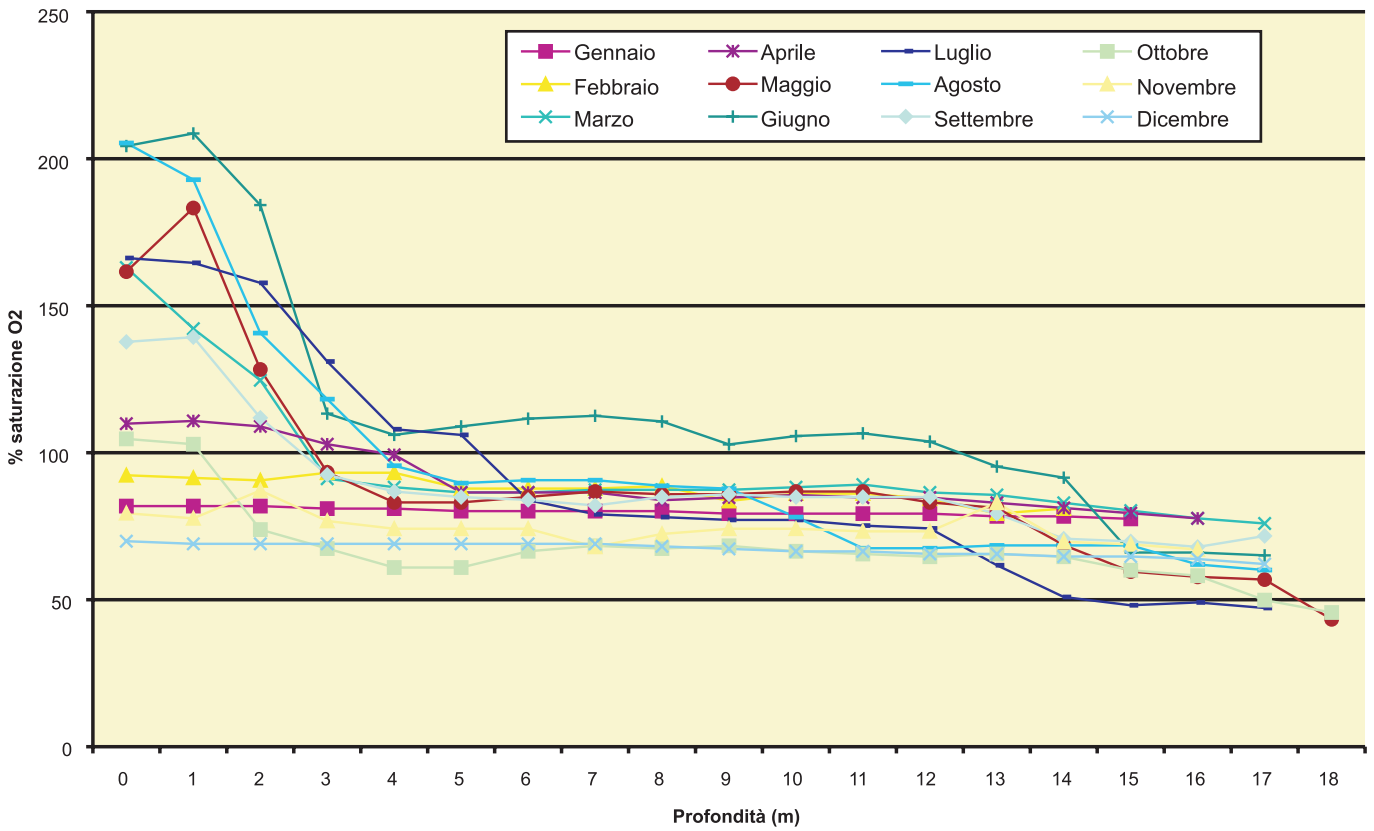
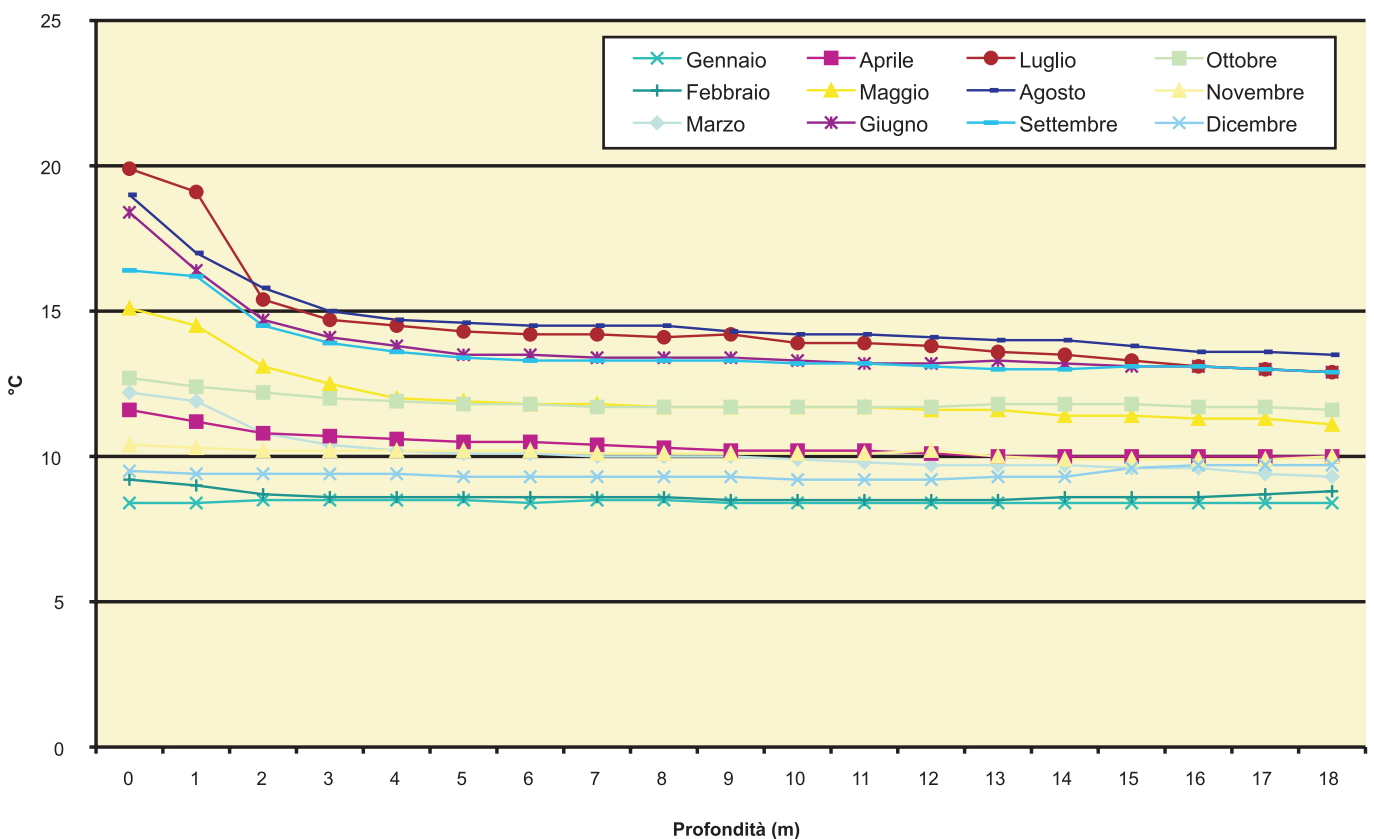


Figura 22 – Profilo termico (punto S3)





## 8. Ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del lago

I dati relativi alle fognature e ai depuratori dei comuni presenti nel bacino idrografico del lago e l'analisi dei campioni dei reflui in ingresso e in uscita dagli impianti di depurazione e dagli impianti ittiogenici consentono di avanzare proposte tecniche migliorative degli stessi al fine di ridurre il carico inquinante addotto al lago.

L'incarico per la *Ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del lago di Piediluco* è stato conferito ad ARPA Umbria dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere il 13 febbraio 2001. La ricognizione rientra nel programma di attività di completamento del quadro conoscitivo relativo al Piano stralcio per la salvaguardia del lago di Piediluco, in corso di redazione da parte dell'Autorità di Bacino. Il bacino idrografico del lago di Piediluco ha un'estensione di circa 3.200 kmq e interessa parzialmente e/o totalmente 56 comuni.

Tuttavia, così come già specificato nel progetto, dall'indagine sono stati esclusi tutti i territori dei comuni situati a monte degli invasi artificiali di Posticcio (lago del Turano) e di Santa Lucia (lago del Salto), i cui volumi d'acqua sono rispettivamente pari a 163 milioni di metri cubi e 276,5 milioni di metri cubi, poiché l'elevata capacità degli stessi li fa fungere da vasche di sedimentazione. Per quanto sopra, l'area interessata dallo studio è di circa 2.100,7 kmq e ricade nelle regioni Marche, Umbria, Lazio e Abruzzo.

In particolare, l'area idrografica che incide sulla qualità delle acque del lago insiste nelle province di Macerata, Perugia, Terni, Rieti e L'Aquila e comprende 39 comuni (tab. 13). È stato rilevato che nella parte di territorio compresa nei comuni di Foligno (PG) e Seravalle di Chienti (MC), le 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).

Per quanto riguarda il territorio del comune di Torricella in Sabina (RI), invece, soltanto gli scarichi provenienti dalla frazione di Ornarò Basso (120 abitanti) interessano il versante del lago di Piediluco e scaricano a cielo aperto, mentre nel comune di Ascrea è stata interessata dall'indagine soltanto la frazione di Stipes. Il Comune di Amatrice, coinvolto nella ricognizione, ha dichiarato che i propri scarichi non interessano il bacino del lago di Piediluco, ma altri versanti. Il lavoro svolto è sostanzialmente suddivisibile in quattro fasi ben distinte:

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

Le informazioni necessarie sono state raccolte presso i Comuni coinvolti nella ricognizione. Durante lo svolgimento delle attività sono state riscontrate numerose difficoltà a causa della carenza di dati disponibili presso i vari Comuni e della scarsa collaborazione di alcuni di essi. Pertanto, la mancanza di alcune informazioni nel database e l'incompletezza di notizie riguardanti alcuni aspetti del progetto, sono dovute all'impossibilità di reperire i dati necessari; comunque, tali lacune non compromettono il risultato finale del lavoro.

### 8.1. Risultati indagine

Sulla base dell'indagine svolta si è riusciti a



L'area idrografica interessata dallo studio ricade nelle regioni Marche, Umbria, Lazio e Abruzzo, e comprende trentanove comuni.

Tabella 13 – Comuni dell'area idrografica che incide sulla qualità delle acque del lago di Piediluco

Comune	Provincia	Superficie comune (kmq)	Superficie compresa nel piano (kmq)
Cascia	PG	180,460	177,354
Cerreto di Spoleto	PG	74,648	44,805
Foligno	PG	264,295	11,327
Monteleone di Spoleto	PG	62,060	55,284
Norcia	PG	274,963	211,110
Poggiodoro	PG	40,021	40,021
Preci	PG	81,862	81,862
Sellano	PG	85,694	85,694
Terni	TR	212,154	21,423
Antrodoco	RI	63,761	62,724
Ascrea	RI	7,208	5,247
Belmonte in Sabina	RI	23,600	23,600
Borbona	RI	47,849	41,998
Borgovelino	RI	18,317	18,317
Cantalice	RI	37,555	37,555
Castel Sant'Angelo	RI	31,206	31,206
Cittaducale	RI	71,103	71,103
Cittareale	RI	59,535	59,535
Colli sul Velino	RI	12,736	12,736
Concerviano	RI	21,345	21,345
Contigliano	RI	53,382	53,165
Greccio	RI	17,828	17,165
Labro	RI	11,727	11,727
Leonessa	RI	203,628	203,562
Longone Sabino	RI	34,264	34,264
Micigliano	RI	36,710	36,710
Morro Reatino	RI	15,708	15,708
Petrella Salto	RI	102,701	41,383
Poggio Bustone	RI	22,342	22,342
Posta	RI	65,872	65,872
Rieti	RI	206,187	204,472
Rivodutri	RI	26,745	26,745
Torricella in Sabina	RI	25,743	8,008
Rocca Sinibalda	RI	49,461	22,539
Castel Sant'Angelo sul Nera	MC	70,509	48,623
Serravalle di Chienti	MC	95,810	14,666
Ussita	MC	55,165	46,723
Visso	MC	90,103	81,253
Monte reale	AQ	104,169	31,532
<b>Totale</b>		<b>2.958,426</b>	<b>2.100,705</b>

delineare lo scenario più attendibile possibile.

L'intero territorio oggetto dell'indagine, di complessivi 2.100,7 kmq, ospita una popolazione, espressa in abitanti equivalenti (a.e.), pari a 205.941 di cui: 93.445 residenti, 65.719 industriali e 46.777 scenario.

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 nei corpi recettori sopra elencati 17.829 a.e.

Limitatamente ad ogni singola regione si ha la situazione riportata nella tabella 14.

Gli scarichi provenienti da attività produttive 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 delle figure da 24 a 28 è riportato lo stato della depurazione riferito all'in-

Il territorio oggetto dell'indagine si estende su 2.100,7 kmq, ospita una popolazione pari a 205.941 abitanti equivalenti.

Tabella 14 – La situazione della de-purazione

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
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
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
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

Figura 23 – Depurazione nel bacino imbrifero del lago di Piediluco

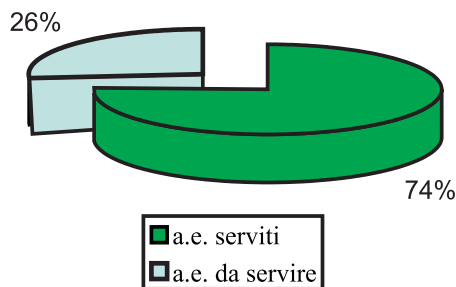


Figura 26 – Stato della depurazione in Umbria

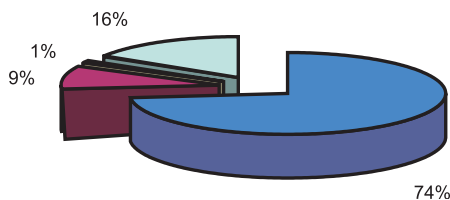


Figura 24 – Stato generale della depurazione

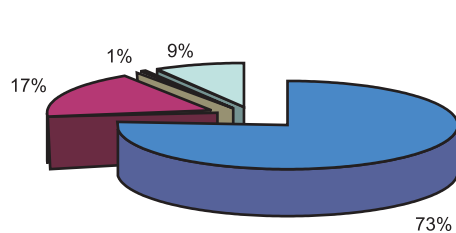


Figura 27 – Stato della depurazione nel Lazio

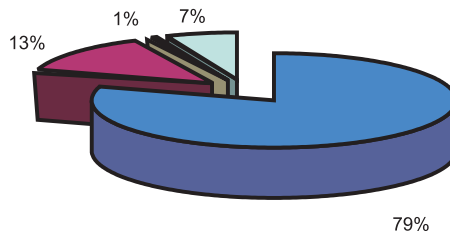


Figura 25 – Stato della depurazione nelle Marche

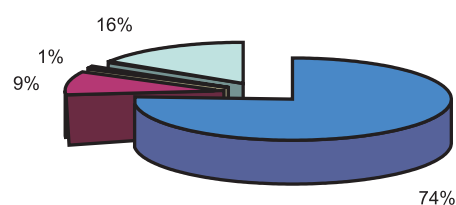
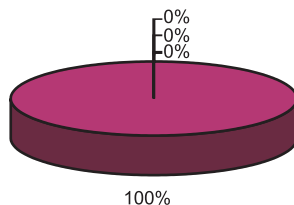
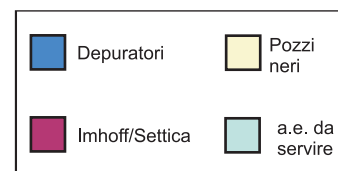


Figura 28 – Stato della depurazione in Abruzzo



Legenda figure da 24 a 28.



tero 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 15. Dalla tabella 15 emerge che la percentuale di a.e. serviti dagli impianti di depurazione è pari al 73,61%, che nell'intero territorio sono presenti 46 impianti di depurazione (2 nelle Marche, 7 in Umbria, 37 nel Lazio e nessuno in Abruzzo), di cui sono attualmente funzionanti soltanto 34 (2 nelle Marche, 7 in Umbria e 25 nel Lazio).

I comuni che, allo stato attuale, sono totalmente privi di impianto di depurazione sono: Castel Sant'Angelo sul Nera (MC), Visso

(MC), Cerreto di Spoleto (PG), Monteleone di Spoleto (PG), Poggiodomo (PG), Belmonte in Sabina (RI), Concerviano (RI), Longone Sabino (RI) e Montereale (AQ).

Per quanto riguarda gli interventi di adeguamento e/o di realizzazione degli impianti, è possibile delineare il quadro riportato nella tabella 16.

Relativamente alle aree servite dalle reti fognanti, si ha il quadro riportato nella tabella 17.

Da esso si evince che le infrastrutture fognanti coprono circa l'86,4% dell'intero territorio esaminato, con variazioni significative da regione a regione (fig. 30).

Per quanto riguarda lo stato di conservazio-

Tabella 15 – Modalità smaltimento reflui nei singoli comuni

**Legenda:**

\* Impianto di depurazione del comune di Borgovelino a ser-vizio anche del comune di Antrodoco.

\*\* Punte massime raggiunte: 40.000 a.e. (soltanto in alcuni giorni dell'anno).

Comune	Abitanti residenti	Abitanti fluttuanti	Abitanti industriali	Fognatura	Depuratore Progetto	Depuratore effettivi	Fossa Imhoff	Fossa settica	Pozzi neri
Consigliano	3.406			3.076	3.300	2.736	340		330
Greccio	1.477			1.477	900	900		150	
Labro	740	760		1.500	1.500	1.500			
Leonessa	2.887	2.443		4.000	4.000		192	1.138	
Longone Sabino	643	1.465		643			643		
Morro Reatino	385	535		920	200	200	720		
Poggio Bustone	2.176	1.424		3.600	3.600	3.600			
Posta	896	1.271		2.167	3.000	1.667	300	200	
Antrodoco	2.970	1.030		4.000	*12.000	4.000			
Belmonte in Sabina	605			605			185		
Borbona	730	2.000		2.670	3.577	2.670	60		
Borgovelino	980	2.500		3.480	*12.000	3.480			
Cantalice	2.840	560		3.400	4.580	3.381	19		
Castel Sant'Angelo	1.300	1.400		2.700	2.700	2.700			
Cittaducale	6.722		Vedi Rieti	6.510	5.440	5.440	400	70	212
Cittareale	512	1.738		2.250	2.200	2.200	25	19	
Colli sul velino	503	200		703	800	703			
Rieti	45.000	5.000	45.000	89.550	80.000	80.000	9.550		
Rivodutri	1.500	1.300		2.800	3.500	2.800			
Roccasibalda	960	1.318		2.278	2.700	2.078		200	
Sellano	1.099			1.099	1.200	400	699		
Monteleone di Spoleto	500	2.500		500				500	
Norcia	4.806	**7.905	11.719	24.430	19.000	14.000	8.300	2.130	200
Cerreto di Spoleto	1.000			1.000			1.000		
Poggiodomo	267	693		960			960		
Cascia	2.735	370		3.105	3.000	1.449	1.551		
Castel Sant'Angelo sul Nera	386	1.814		2.150				2.150	50
Ussita	500	2.000		2.500	5.270	2.440	60		60
Visso	1.194	2.806	9.000	10.125	9.000	9.000		1.125	69
Preci	795	1.205		2.000	1.600	1.520	480		
Terni	600	900		1.500	1.500	1.500			
Ascrea	61	140		201		61		140	
Micigliano	138	1.500		1.138	3.025	750		500	
Putrella Salto	836			560		433		127	72
Montereale	775			775			250	525	
Torricella in Sabina	120								
<b>TOTALE</b>	<b>93.445</b>	<b>46.777</b>	<b>65.719</b>	<b>190.473</b>	<b>186.595</b>	<b>151.608</b>	<b>26.537</b>	<b>8.974</b>	<b>993</b>

Regioni	Comuni	Interventi in corso (n.)		
		realizzazione	adeguamento	progettazione
Marche	Visso			Aschio (1) Riofreddo (1) Rasenna (1) Chiusita (1) Capoluogo (1)
	Castel Sant'Angelo			Rapegna (1) Vallifante (1) Gualdo (1) Capoluogo (1)
Umbria	Poggiodomo	Capoluogo (1) Cascine di Opagna (1) Civita (1) Roccaporena (1) Opagna (1) Castel Santa Maria (1) Tasso (1) Sant'Anatolia (1) Maltigliano (1) Giappiedi (1) Colmotino (1) Manigi (1)	Capoluogo (1)	Chiavano (1)
	Monteleone di Spoleto	Capoluogo (1)		
	Cerreto di Spoleto	Borgo Cerreto (1) Ponte Sagano (1) Ponte (1) Triponzo (1)		
		Sellano		Setri (1)

Tabella 16 – Interventi di progettazione, realizzazione e adeguamento degli impianti

Comune	Provincia	Area servita (%)
Cascia	PG	97,5
Cerreto di Spoleto	PG	100,0
Foligno	PG	100,0
Monteleone di Spoleto	PG	81,8
Norcia	PG	90,6
Poggiodomo	PG	60,0
Preci	PG	100,0
Sellano*	PG	-
Terni	TR	100,0
Antrodoto	RI	100,0
Ascra	RI	60,0
Belmonte in Sabina	RI	95,0
Borbona	RI	100,0
Borgovelino	RI	100,0
Cantalice	RI	100,0
Castel Sant'Angelo	RI	100,0
Cittaducale	RI	82,5
Cittareale	RI	100,0
Colli sul Velino	RI	93,0

(segue)

Comune	Provincia	Area servita (%)
Concerviano	RI	100,0
Contigliano	RI	75,0
Greccio	RI	98,4
Labro	RI	90,0
Leonessa*	RI	-
Longone Sabino	RI	100,0
Micigliano	RI	50,0
Morro Reatino	RI	92,0
Petrella Salto	RI	10,0
Poggio Bustone	RI	100,0
Posta	RI	70,0
Rieti	RI	100,0
Rivodutri	RI	80,0
Rocca Sinibalda	RI	100,0
Torricella in Sabina	RI	0,0
Castel Sant'Angelo sul Nera	MC	82,4
Serravalle di Chienti	MC	100,0
Ussita	MC	100,0
Visso	MC	87,7
Monteareale	AQ	100,0

Tabella 17 – Aree servite dalle reti fognanti

Figura 29 – Modalità di smaltimento dei reflui nelle singole regioni

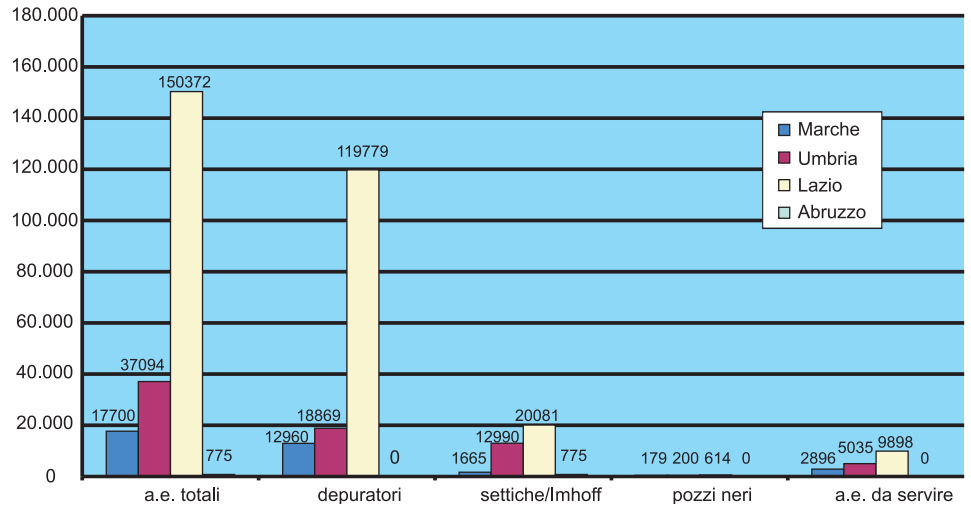


Figura 30 – Infrastrutture fognanti per regione

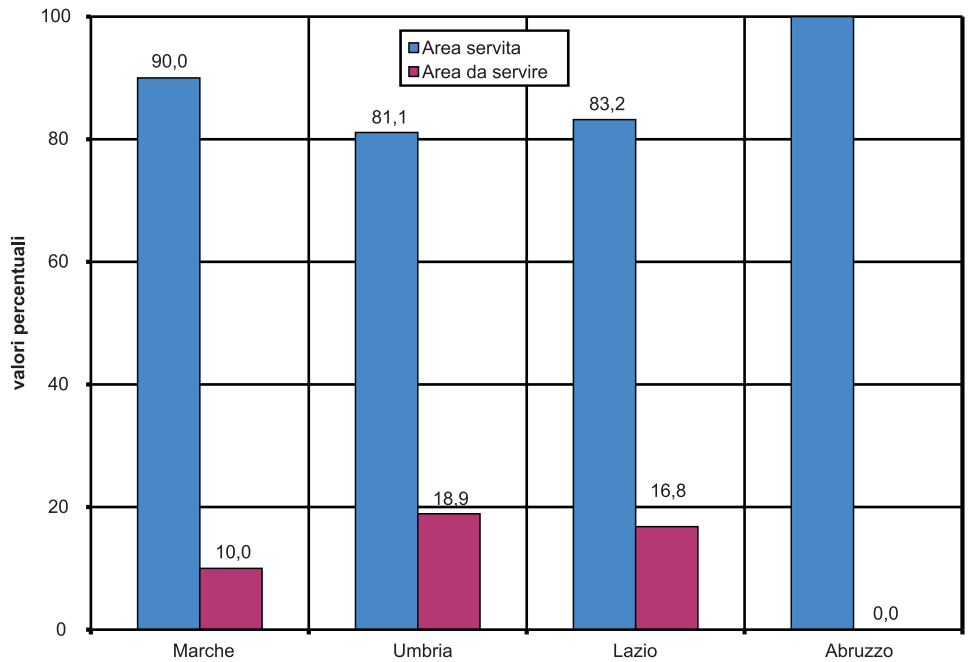


Figura 31 – Stato di conservazione delle fognature

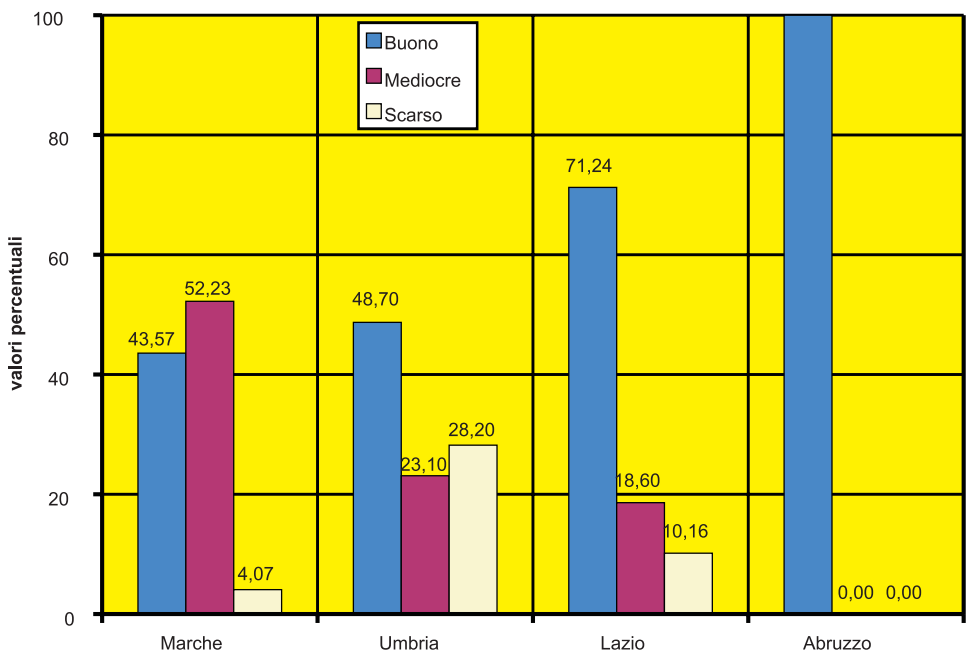


Tabella 18 – Interventi in corso

Regioni	Comune	Realizzazione	Adeguamento	Progettazione
Umbria				Chiusita Rasenna Croce Fematre Orvano Ponte di Chiusita Capoluogo Cupi
	Ussita			Sammerlano*
	Monteleone di Spoleto	Butino Capoluogo		
	Norcia	Frascaro San Pellegrino Valcaldara Piediripa Popoli Paganelli	Capoluogo (parte)	Capoluogo - Zona Nord* Campi* Savelli* Ocrichio Ancarano*
	Preci	Acquaro Montaglioni Monte Bufo San Vito		Civitelle
	Greccio	Capoluogo Collemare Limiti Sellecchia		
	Colli sul Velino			Collettamento depuratore Labro
	Morro	Capoluogo - Zona Est		Micigliano-Antrodoco*
	Rivodutri	Piedicolle		Stipes
	Micigliano	Terminillo – San Quirico		Collettamento frazione Civitella al depuratore Santa Margherita*
Lazio	Ascrea			Civitella al depuratore Santa Margherita*
	Cantalice			
	Torricella in Sabina Castel Sant'Angelo sul Nera			Ornaro Basso* By-pass Vasche-Cotilia del collettore principale*
Abruzzo		Montereale		Le Ville di Fano*

\* In attesa di finanziamento

ne, lo stesso risulta “Buono” per il 53%, “Mediocre” per il 34% e “Scarso” per il restante 13% (fig. 31).

Per quanto riguarda invece gli interventi di adeguamento e/o di realizzazione delle fognature, attualmente in corso, è possibile delineare la sintesi riportata nella tabella 18.

Dalle informazioni riportate nelle schede di rilevazione relative alle fognature emerge, oltre alla carenza di infrastrutture fognanti in alcuni comuni, che la maggior parte del territorio analizzato è dotato di fognature miste a cui è imputabile, nella maggior parte dei casi, il non corretto funzionamento degli impianti di depurazione.

Relativamente allo stato di conservazione, il giudizio di “Scarso” è stato attribuito soprattutto ai vecchi collettori fognari in ce-

mento la cui tenuta è incerta; pertanto, oltre alla realizzazione delle reti fognanti nelle zone sprovviste, occorre sostituire quei tratti di collettori ormai fatiscenti.

## 8.2. Stima del carico inquinante proveniente da attività civili e produttive

Per quanto attiene il trattamento degli scarichi provenienti dalle attività civili e produttive, con esclusione di quelle ittigeniche, i risultati elaborati consentono di stimare il carico inquinante addotto al lago di Piediluco in termini di azoto e fosforo, rispettivamente pari a 317.311 kg/anno e 37.386 kg/anno.

Nella tabella 19 sono riportati i valori relativi ad ogni singola regione.

Le attività civili e produttive (con esclusione delle ittigeniche) apportano al lago di Piediluco 317.311 kg/anno di azoto e 37.386 kg/anno di fosforo.

Per la valutazione dei carichi inquinanti rilevati sono stati considerati, come riferimento, i criteri esposti nel documento propedeutico al Piano di Tutela della Qualità delle Acque adottato dalla Regione Umbria. In particolare:

- sono stati assunti valori di produzione di azoto e fosforo rispettivamente pari a 4,5 kg/abitante/anno (2,3 g/abitante/giorno) e 0,6 kg/abitante/anno (1,6 g/abitante/giorno);
- sono stati adottati, per la popolazione fluttuante, gli stessi valori della popolazione residente considerando un periodo di permanenza pari a 3 mesi/anno;
- si è considerato, per il calcolo dei carichi inquinanti diffusi, che in presenza di rete fognante per la raccolta dell'acqua reflue, il 7% potenziale penetra nel suolo mentre il 93% affluisce all'impianto di depurazione finale (di questo il 4% viene direttamente scaricato con sfioratori di piena);
- sono stati utilizzati i valori riportati nella tabella 20 per determinare l'efficienza di rimozione di nutrienti (azoto e fosforo) negli impianti di depurazione;
- si è assunto per i liquami grezzi, fatti affluire in fosse Imhoff, il coefficiente di asportazione verso il suolo di azoto e fosforo pari all'80%;
- si è considerato che, per gli scarichi non

allacciati ad alcuna rete fognante, il 20% dei reflui termini in acque superficiali, mentre l'80% raggiunge le acque sotterranee;

- si sono considerate, per calcolare la quota di nutrienti che dal terreno può raggiungere le acque superficiali, le caratteristiche di permeabilità del suolo riportate nella tabella 21.

Solo alcuni suoli interessati dal presente studio sono caratterizzati da limitati strati di argilla nel fondovalle, mentre la maggior parte presenta caratteristiche di permeabilità medio-bassa.

### 8.3. Proposte tecniche

Allo scopo di analizzare le potenziali cause di inquinamento ed eutrofizzazione del lago di Piediluco sono state prese in esame le situazioni ambientali dei comuni situati amministrativamente in quattro regioni confinanti (Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo), e ricadenti sui bacini dei fiumi Nera e Velino, verificando in particolare i seguenti fattori:

- a) esistenza e natura (mista o separata) di fognature a servizio delle popolazioni residenti;
- b) presenza ed efficienza di sistemi di depurazione delle acque di scarico;
- c) natura dei corpi recettori delle acque reflue.

I territori presi in esame, alcuni dei quali

Tabella 19 – Stima del carico di azoto e fosforo da attività civili e produttive

Regione	Azoto (kg/anno)	Fosforo (kg/anno)
Marche	32.925	4.670
Umbria	64.577	8.219
Lazio	218.275	24.255
Abruzzo	1.534	242

Tabella 20 – Efficienza di rimozione di nutrienti negli impianti di depurazione

Nutriente	<i>(valori percentuali)</i>		
	Impianti senza denitrificazione	Impianti con denitrificazione	Impianti con denitrificazione e defosfazione
Azoto (N)	29	74	74
Fosforo (P)	35	35	91

Tabella 21 – Caratteristiche di permeabilità del suolo

Permeabilità del suolo	Coefficiente di asportazione* (azoto)	Coefficiente di asportazione* (fosforo)
Alta	0,8	0,75
Media	0,625	0,675
Bassa	0,45	0,6
Impermeabile	0,1	0,1

\* dal suolo alle acque superficiali dovuti a perdite di reti fognanti, scarichi non fognati e fosse Imhoff.



rientrano nei limiti d'area del Parco nazionale dei Monti Sibillini, presentano un'elevata valenza paesaggistica e costituiscono mete turistiche di rilievo in alcuni periodi dell'anno, con conseguente sensibile fluttuazione della popolazione presente. In funzione di queste considerazioni preliminari sono stati adottati i seguenti criteri per l'analisi dei dati messi a disposizione dai Comuni e per la conseguente formulazione di valutazioni e giudizi:

- 1) per gli impianti di depurazione che scaricano le acque trattate nei fiumi Nera e Velino o in loro affluenti significativi (Corno, Vigi, Sordo, Turano, Salto, ecc.) vengono presi come riferimento i parametri di composizione indicati dal D. Lgs. 152/99 per reflui recapitanti in aree sensibili (tabb. 1 e 2 dell'Allegato 5);
- 2) per gli scarichi di acque reflue che vengono adottati in altri corpi recettori (corsi d'acqua temporanei o suoli), si ritiene che debba essere prioritariamente classificata, dalle competenti Regioni, la natura delle aree interessate in quanto riguardano in ogni caso gli scarichi relativi a gruppi di popolazione inferiori a 2.000 a.e. Tuttavia l'utilizzazione, come unico metodo di trattamento dei reflui civili, di vasche di sedimentazione, fosse settiche o fosse Imhoff, con successivo smaltimento dei reflui sul terreno o nel sottosuolo per dispersione o per subirrigazione drenata o mediante pozzi assorbitivi, non è più accettabile per un'effettiva protezione ambientale. Quindi, tranne in situazioni particolari, determinate dalla morfologia del terreno, dalla sua natura geologica o dalla collocazione particolarmente difficile del sito interessato, si ritiene opportuno orientare la scelta, come sistema depurativo terminale, verso la predisposizione di terreni attrezzati per lo svolgimento di processi di fitodepurazione. Successivamente, si potrà procedere a eventuali adeguamenti degli impianti di trattamento per il raggiungimento costante dei limiti di legge fissati, ferme restando le necessarie considerazioni relative alla

variabile popolazione e alla morfologia e orografia dei territori in cui sono ubicati i centri esaminati;

- 3) le realtà prese in esame presentano reti fognarie pubbliche sufficientemente estese anche se, in alcuni casi, sono necessari completamenti o rifacimenti a causa dell'obsolescenza o di danni provocati da fenomeni sismici;
- 4) i criteri generali di valutazione che sono stati adottati per l'esame degli impianti di depurazione esistenti, in corso di progettazione e di realizzazione nei comuni oggetto della ricerca, tengono conto dei seguenti fattori:
  - 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 preferibile, per insediamenti abitativi di consistenza inferiore a 1.000 a.e., l'adozione di metodi di trattamento delle acque reflue civili a basso impatto ambientale e a ridotta manutenzione (fitodepurazione), che risultano più compatibili con gli ecosistemi delle zone interessate;
  - l'utilizzazione di impianti di depurazione a tecnologia più avanzata (impianti a fanghi attivi, a ossidazione totale, a massa biologica adesa) risulta consigliabile per la depurazione delle acque reflue derivanti da insediamenti maggiori (con più di 1.000 a.e.). In questo caso, 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. Se, per la natura del territorio o per altre motivazioni, sono

I territori esaminati, alcuni dei quali rientrano nei limiti d'area del Parco nazionale dei Monti Sibillini, presentano un'elevata valenza paesaggistica e costituiscono mete turistiche di rilievo in alcuni periodi dell'anno, con conseguente sensibile fluttuazione della popolazione presente.



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;

– come detto, esistono sistemi di trattamento depurativo che utilizzano lo smaltimento sul terreno o negli strati subsuperficiali dei reflui grezzi, precedentemente sottoposti a chiarificazione. Essi prevedono la preventiva separazione delle acque luride da quelle meteoriche e possono essere di tre tipologie, come di seguito illustrate.

### 8.3.1. Sistemi di sub-irrigazione

a) Sistema a dispersione sul terreno per sub-irrigazione: le acque nere vengono convogliate dal nucleo abitativo a un pozzetto di raccolta e controllo e successivamente immesse in una fossa Imhoff, dove avviene il trattamento primario di chiarificazione. Successivamente i liquidi raggiungono un pozzetto di cacciata, da cui raggiungono la condotta disperdente, costituita da canali distributori fessurati, disposti a spina di pesce, per consentire l'uniforme filtrazione dell'acqua attraverso gli strati di terreno.

b) Sistema a dispersione sul terreno me-

dante pozzi assorbenti: questo sistema è analogo al precedente fino all'uscita dell'acqua chiarificata dalla fossa Imhoff. Successivamente il liquido arriva a un pozzo riempito di pietrisco e dotato di feritoie, attraverso le quali viene disperso nel terreno circostante. Questo sistema adottato nei casi in cui si ha scarsa disponibilità di terreno.

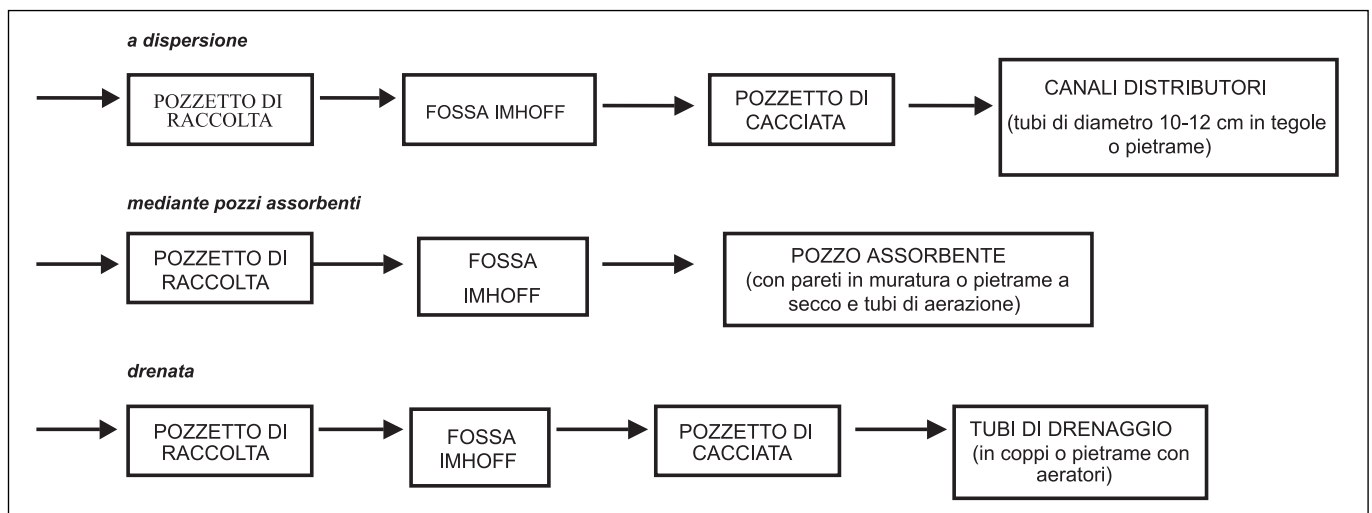
c) Sistema a percolazione nel terreno mediante sub-irrigazione drenata: anche questo sistema, che viene usato in presenza di terreni impermeabili, è uguale ai precedenti fino all'uscita delle acque chiarificate dalla fossa Imhoff. Le acque subiscono poi il trattamento secondario per assorbimento nel terreno mediante l'uso di una condotta superiore disperdente e recapito finale in rivoli, alvei o impluvi mediante condotta inferiore drenante. Entrambe le condotte sono disposte entro una trincea avente il fondo rivestito di uno strato di argilla, riempita poi con strati di terra e pietrisco di varia pezzatura e ricoperta infine con il terreno dello scavo.

Questi sistemi hanno avuto applicazione soprattutto nei casi di piccoli insediamenti abitativi isolati, temporanei o privi di collegamento a reti fognanti.

Tuttavia, esistono alcuni motivi di perplessità relativamente alla loro effettiva efficienza:

– è necessaria un'indagine geomorfologica preventiva accurata dei siti interessati per la scelta di questi sistemi, onde

Figura 32 – Schema a blocchi dei sistemi di sub-irrigazione



evitare potenziali pericoli di inquinamento di falde acquifere per fenomeni di dispersione incontrollata;

- le capacità di assorbimento dei terreni non restano a lungo inalterate: nel tempo i flussi liquidi tendono a provocare compattazione e occlusione dei canali col filtranti, creando percorsi preferenziali e, al limite, affioramento in superficie delle acque;
- nel caso della sub-irrigazione drenata lo sversamento finale delle acque in alvei o corsi d'acqua, sia pure a regime temporaneo, prevede il conseguimento di livelli di depurazione sufficientemente elevati, che l'esperienza dimostra invece non essere facilmente raggiungibili;
- in ogni caso, lo smaltimento dei liquami sul terreno, quando possibile, richiede il rispetto dei limiti di composizione fissati dalla tabella 4 del D.Lgs. 152/99 e questi livelli non sono conseguibili con l'utilizzo di semplici fosse Imhoff.

Per questi motivi si ritiene preferibile l'adozione di sistemi di fitodepurazione, basati sull'azione depurativa contemporanea dei terreni e di specie vegetali opportunamente scelte e messe a dimora.

### 8.3.2. Impianti di fitodepurazione

La rimozione degli inquinanti in questi sistemi avviene attraverso una complessa varietà di processi biologici, chimici, fisici, tra i quali riveste un ruolo predominante la sinergia fra le piante e i microrganismi che trovano sulle piante stesse o vicino un habitat idoneo al loro sviluppo. La capacità depurativa è dovuta all'apporto di ossigeno dalle foglie attraverso il sistema vascolare, al-

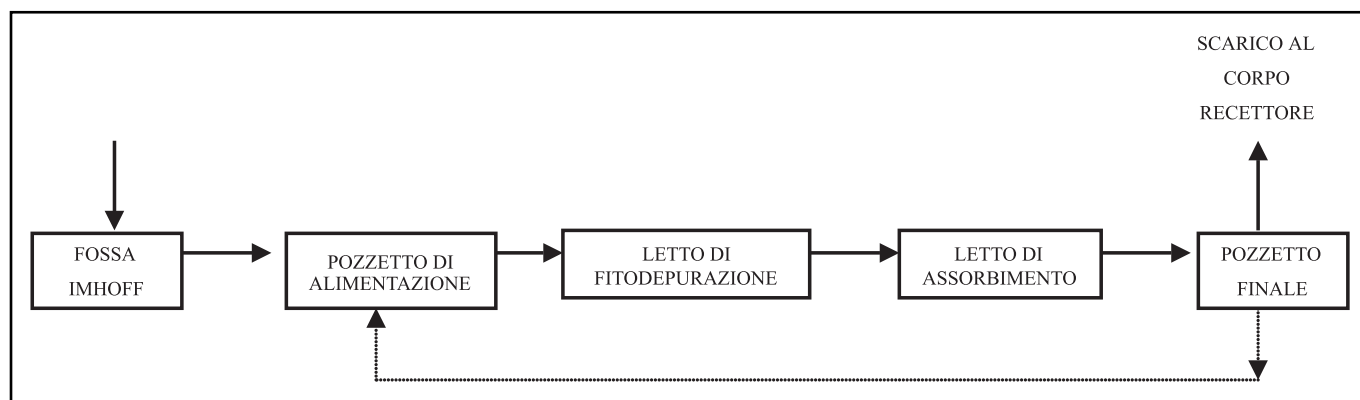
l'azione assorbente delle radici nei confronti dei solidi sospesi e colloidali, al potere depurativo della biomassa adesa alle radici delle piante (digestione aerobica della sostanza organica e nitrificazione dell'ammoniaca) e all'assimilazione di sostanze organiche e nutrienti (nitrati) da parte della pianta per la sintesi proteica e il proprio accrescimento. Il sistema vascolare delle piante provvede al trasporto dell'ossigeno atmosferico sino ai livelli più bassi della vegetazione, favorendo la colonizzazione dei batteri aerobici a contatto con radici e rizomi, e dei batteri anaerobici nelle zone adiacenti del terreno, dove l'ambiente è riducente.

Questa situazione permette di ottenere buoni risultati anche nella stagione invernale dato che, anche se le piante appaiono inattive, i veri responsabili della depurazione sono i microrganismi ad esse adesi. Le radici e i rizomi favoriscono inoltre il mantenimento di favorevoli percorsi idraulici per i liquami. Per i sistemi di fitodepurazione vengono realizzati letti a flusso subsuperficiale separati dagli strati adiacenti di terreno mediante idonee membrane impermeabili: in essi si pongono a dimora adatte specie vegetali e attraverso i loro strati si fanno fluire le acque di scarico provenienti dalle fogne, precedentemente chiarificate dal passaggio attraverso fosse Imhoff. I sistemi di flusso possono essere di due tipi:

- a) a flusso orizzontale, mediante condotte disperdenti collocate negli strati superiori del terreno e condotte drenanti sistemate negli strati inferiori;
- b) a flusso verticale, mediante l'utilizzazione di una rete di distribuzione costituita da tubi forati sistemati immediatamente



Figura 33 – Schema a blocchi dei sistemi di fitodepurazione





al di sotto della superficie del terreno. Una condotta di drenaggio sistemata sul fondo del letto permette lo smaltimento del liquido percolato.

Il dimensionamento dei trattamenti di fitodepurazione si esegue sulla base del carico organico, di quello superficiale e del tempo di ritenzione idraulica, adottando opportuni valori dell'altezza d'acqua e dello spessore dell'apparato radicale. I parametri considerati sono:

- area superficiale;
- portata media giornaliera;
- costante di temperatura;
- temperatura del liquame;
- porosità del mezzo di riempimento del letto;
- altezza del letto e la sezione trasversale;
- rendimento di rimozione del BOD<sub>5</sub>;
- permeabilità;
- gradiente idraulico.

A titolo orientativo, il rapporto fra superficie e utenza varia da 2 a 6 mq per a.e., a seconda delle situazioni. Particolarmente efficiente risulta essere il sistema innovativo a flusso verticale, il cui dimensionamento richiede una superficie di circa 1 mq/a.e.

Negli impianti di fitodepurazione la presenza di pozzetti di raccolta terminali delle acque trattate permette di eseguire prelievi di campioni per controllare l'efficienza del sistema, rendendo inoltre possibile l'eventuale riciclo delle acque trattate in testa all'impianto, allo scopo di incrementare le rese depurative.

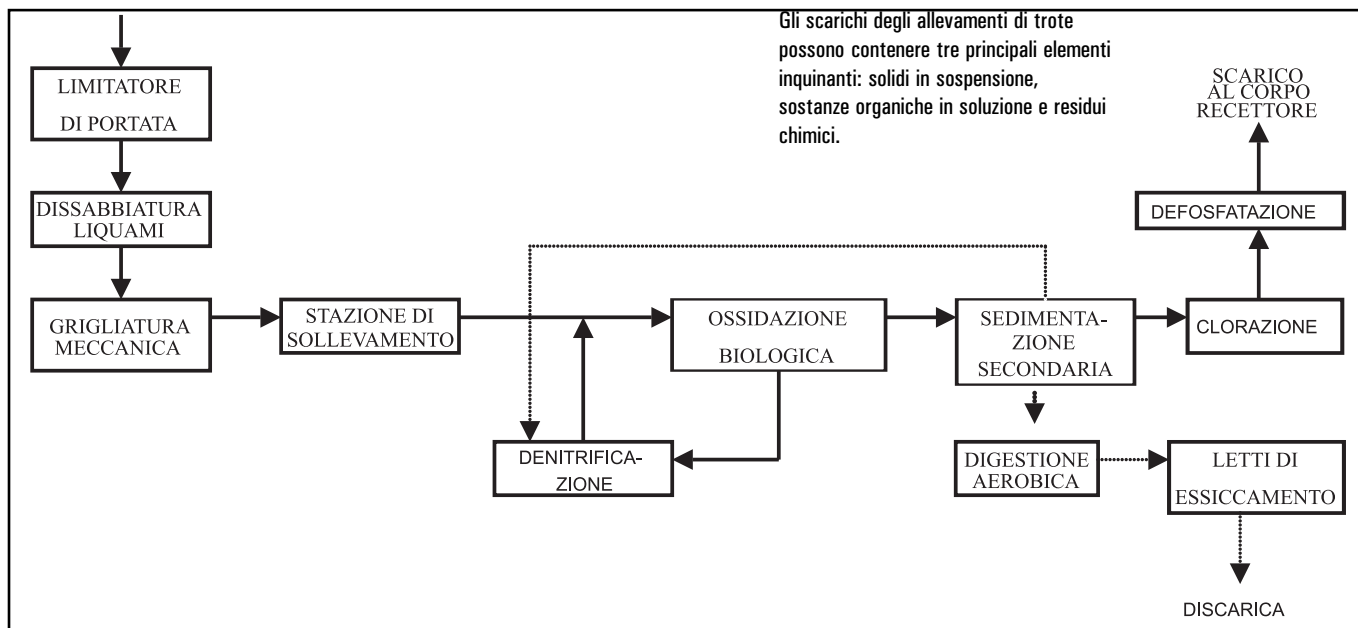
Data la natura del territorio e la consistenza della popolazione, si ritiene che l'adozione di sistemi di fitodepurazione possa essere idonea alla risoluzione del problema della depurazione delle acque reflue civili, anche per i ridotti costi energetici e di manutenzione che questo tipo di impianti comporta. Vanno, in ogni caso, evidenziati i seguenti aspetti tecnici:

- a) è necessario procedere preliminarmente a una scelta mirata e accurata dei sistemi vegetali da porre a dimora per lo svolgimento della fase depurativa, tenendo nel dovuto conto i particolari fattori climatici di zone di media-alta mon-

tagna e quindi la persistenza di condizioni di gelo per periodi sufficientemente lunghi;

- b) il raggiungimento dei limiti ristretti per i parametri azoto totale (15 mg/l) e fosforo (2 mg/l), previsti dal D.Lgs. 152/99 per le aree sensibili potrebbe richiedere l'utilizzazione, specialmente nei sistemi a flusso orizzontale, di strati di zeolite e bentonite, specie argillose in grado di adsorbire preferenzialmente i composti azotati ridotti (ammoniacca) e il fosforo. Questi strati devono essere periodicamente sostituiti, quando hanno raggiunto i loro limiti di saturazione;
  - c) a valle dei sistemi di fitodepurazione vanno comunque previste vasche di raccolta dei liquami trattati allo scopo di poter eseguire un effettivo controllo della capacità depurativa degli impianti, procedendo eventualmente al riciclo delle acque trattate in testa al sistema, per migliorare l'efficacia del trattamento;
  - d) in tempi medio-lunghi i terreni adibiti ai processi di fitodepurazione possono subire parziali fenomeni di compattazione e occlusione dei pori e dei canali drenanti naturali, per cui i periodi di utilizzazione risultano limitati nel tempo e richiedono interventi per il reintegro dell'efficienza depurativa. In questo senso risulta maggiormente affidabile il sistema di trattamento a flusso verticale rispetto a quelli più tradizionali a flusso idraulico orizzontale. Inoltre, l'interposizione in testa agli impianti di sistemi di filtrazione (aree umide dedicate) può proteggere il sistema dai fenomeni citati, richiedendo esclusivamente processi di manutenzione del mezzo filtrante.
- Per quanto riguarda l'adeguamento degli impianti di depurazione esistenti, che nella maggior parte sono risultati sprovvisti di defosfatazione, è stato previsto l'inserimento di tale tipologia di trattamento a valle della sezione biologica con lo scopo di limitare quanto più possibile l'apporto del nutriente al corpo ricettore finale. Le proposte tecniche elaborate, a seguito dello studio condotto sull'intero territorio ricadente nel ba-

Data la natura del territorio e la consistenza della popolazione, si ritiene che l'adozione di sistemi di fitodepurazione possa essere idonea alla risoluzione del problema della depurazione delle acque reflue civili, anche per i ridotti costi energetici e di manutenzione che questo tipo di impianti comporta.



cino imbrifero del lago di Piediluco, sono state svolte singolarmente comune per comune, sviluppando soluzioni specifiche per ogni differente tipo di assetto urbanistico e morfologico analizzato. L'esame delle caratteristiche impiantistiche di ogni depuratore e le analisi chimico-fisiche condotte sui campioni di acqua prelevati all'uscita dalla linea di trattamento dei reflui urbani hanno evidenziato la necessità, per tutti gli impianti visionati, di interventi di adeguamento mirati a garantire il rispetto dei valori limite dei parametri chimico-fisici imposti dal D.

Lgs. 152/99. La figura 34 riporta lo schema a blocchi esemplificativo di un impianto di depurazione adeguatamente modificato sulla base delle considerazioni illustrate.

Figura 34 – Impianto di depurazione modificato

#### 8.4. Stima del carico inquinante proveniente dall'attività ittiogenica

Al fine di conoscere l'apporto inquinante sul lago di Piediluco dovuto agli allevamenti ittici, è stato effettuato un monitoraggio che ha interessato l'intero corso del fiume Nera, dei suoi affluenti e l'ultimo tratto del fiume Velino. Complessivamente, gli allevamenti

Allevamento	Corso d'acqua	Località
Eredi Cherubini	Torrente Ussita	Valli di Ussita, Visso (MC)
Cherubini Remo	Fiume Nera	Castel Sant'Angelo sul Nera (MC)
Cherubini Remo	Fiume Nera	Visso (MC)
Ittica Tranquilli	Fiume Nera	Molini, Visso (MC)
Epifani Felicetto	Sorgente Molini	Molini di Preci, Preci (PG)
Ittica Tranquilli	Torrente Campiano	Campi di Norcia, Norcia (PG)
Ittica Tranquilli	Torrente Campiano	Borgo Preci, Preci (PG)
Ittica Tranquilli	Torrente Campiano	Corone, Preci (PG)
Eredi Rossi	Fiume Sordo	Freddara, Norcia, (PG)
Fraschetti Pietro	Fiume Sordo	Serravalle, Norcia (PG)
Eredi Rossi	Fiume Corno	Biselli, Norcia (PG)
Società Santocore	Fiume Vigi	Vallicelle, Cerreto di Spoleto (PG)
Impianto provinciale	Fosso Tissino	Peschiera, Cerreto di Spoleto (PG)
Ittica Tranquilli (*)	Fiume Nera	Piedipaterno, Vallo di Nera (PG)
Cooperativa AIS (*)	Fosso Casana	Fonti Valcasana, Scheggino (PG)
Ittica Mountain Fish (*)	Fiume Nera	Terria, Ferentillo (TR)
Società SAIF	Canale Santa Susanna	Rivodutri (RI)
Ittica San Vittorino	Fiume Velino	Castel Sant'Angelo (RI)
Nuova Azzurro	Canale Santa Susanna	Località Mazzetelli, Colli sul Velino (RI)

(\*) Impianti che non ricadendo nel bacino imbrifero del lago di Piediluco monitorati solo per ottenere informazioni complete sull'attività ittiogenica della Valnerina.

Tabella 22 – Impianti di trotilcoltura oggetto dell'indagine

Gli scarichi degli allevamenti di trote possono contenere tre principali elementi inquinanti: solidi in sospensione, sostanze organiche in soluzione e residui chimici.

che insistono su tali corsi d'acqua sono 19, di cui 16 nel territorio umbro-marchigiano e 3 nel Reatino.

Gli impianti di trotticoltura oggetto dell'indagine sono riportati nella tabella 22.

Lo studio effettuato si è articolato in campagne di monitoraggio durante le quali sono stati analizzati campioni d'acqua superficiale prelevati a monte e a valle di ciascun impianto di trotticoltura. Visto però l'elevato numero di impianti presenti nel territorio umbro-marchigiano, l'indagine è stata concentrata soprattutto sul monitoraggio delle trotticolture della Valnerina.

A tale scopo sono state effettuate, rispettivamente, dieci campagne di monitoraggio per gli impianti situati nel territorio umbro della Valnerina e una campagna per quelli ubicati nelle Marche e nel Reatino, avvalendosi, in quest'ultimo caso, della collaborazione di ARPA Lazio. Sono stati analizzati i parametri che vengono condizionati in modo più significativo dalle attività di allevamento intensivo delle specie ittiche.

Più precisamente sono state rilevate le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- pH (pHmetro);
- conducibilità (Conduttimetro portatile);
- temperatura (Termometro portatile);
- solidi sospesi (metodo gravimetrico);
- solidi sedimentabili (metodo gravimetrico);
- ossigeno disciolto (metodo Winkler);
- BOD5 (metodo Winkler);
- COD (metodo interno);
- azoto ammoniacale (metodo interno);

- azoto nitroso (metodo interno);
- azoto nitrico (cromatografia ionica);
- azoto totale (metodo interno);
- tensioattivi anionici (metodo interno);
- solfati (cromatografia ionica);
- cloruri (cromatografia ionica);
- ortofosfati (metodo spettrofotometrico);
- fosforo totale (metodo interno);
- fenoli (metodo interno);
- rame, piombo, cadmio, nichel, manganese (assorbimento atomico).

Tra le determinazioni effettuate, particolare attenzione è stata posta sui valori caratteristici dei campioni prelevati a valle e sulle variazioni riscontrate tra l'ingresso e l'uscita degli impianti. Gli scarichi degli allevamenti di trote, infatti, possono contenere tre principali elementi inquinanti: i solidi in sospensione, le sostanze organiche in soluzione e i residui chimici.

All'origine di tutto questo ci sono gli scarti di cibo, gli escreti, le feci e i medicinali eventualmente utilizzati nel trattamento delle patologie della trota. Gli effetti diretti degli scarichi sulle acque correnti, a valle degli allevamenti, sono quindi l'aumento della torbidità delle acque e la riduzione della quantità di ossigeno disciolto, sostituito dall'anidride carbonica. Gli scarichi, inoltre, possono essere dannosi per le piante e gli animali acquatici per la presenza di ammoniacale, fosforo, nitriti e nitrati.

Le analisi effettuate mostrano che la qualità delle acque oggetto di indagine, si presenta idonea alla vita delle specie ittiche allevate; i valori riscontrati all'ingresso degli impianti

Figura 35 – Valori medi di ingresso e uscita di BOD5, azoto totale e solidi in sospensione

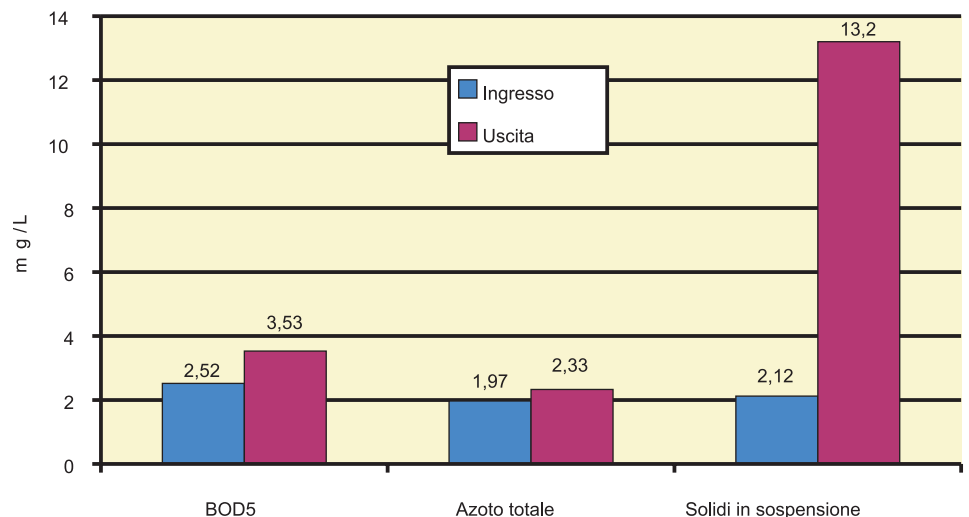
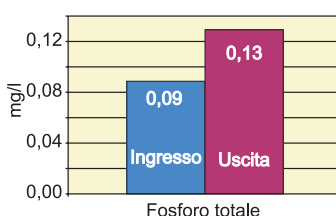


Figura 36 – Valori medi di ingresso e uscita di fosforo totale



ti, infatti, si collocano entro i limiti ritenuti ottimali per l'allevamento dei Salmonidi (D. Lgs. 152/99, e successive disposizioni integrative). Quelli rilevati all'uscita, invece, se confrontati con quelli dell'ingresso, presentano variazioni in alcuni parametri, pur rientrando nei limiti stabiliti dal decreto.

I grafici riportati nelle figure 35 e 36 riportano i valori medi, in ingresso e in uscita, dei parametri considerati critici al fine della valutazione dell'apporto inquinante degli impianti di trotticoltura: il BOD5, l'azoto e il fosforo totale, i solidi in sospensione.

Si può facilmente notare che l'incremento maggiore riguarda le sostanze sospese che non influiscono direttamente sull'eutrofizzazione, ma sulla torbidità.

Va rilevato, comunque, che tale comportamento medio non riguarda quegli impianti che possiedono una vasca di decantazione in cui l'incremento dei solidi sospesi è minimo. Per quanto riguarda invece l'andamento del fabbisogno biologico di ossigeno (BOD), si può notare come sia i valori

assoluti che l'incremento tra ingresso e uscita risultano essere di bassa entità. È stata calcolata, inoltre, la quantità annua di fosforo e azoto totale immessa nei corsi d'acqua che ricadono nel bacino imbrifero del lago di Piediluco dovuta ai soli stabilimenti di trotticoltura.

I dati delle portate dei fiumi e degli incrementi medi di questi parametri, determinati per ogni stabilimento, sono riportati nella tabella 23.

Nel grafico della figura 37 sono mostrate le quantità annue calcolate di fosforo e azoto. Dalle analisi chimico-fisiche effettuate durante le campagne di monitoraggio si può affermare che:

- le quantità annue di fosforo e azoto immesse nei corsi d'acqua si possono considerare minime alla luce della capacità autodepurativa dei fiumi e soprattutto del fenomeno della diluizione;
- le sostanze sospese rappresentano il parametro più influenzato dalla presenza delle attività di trotticoltura, fatta ecce-

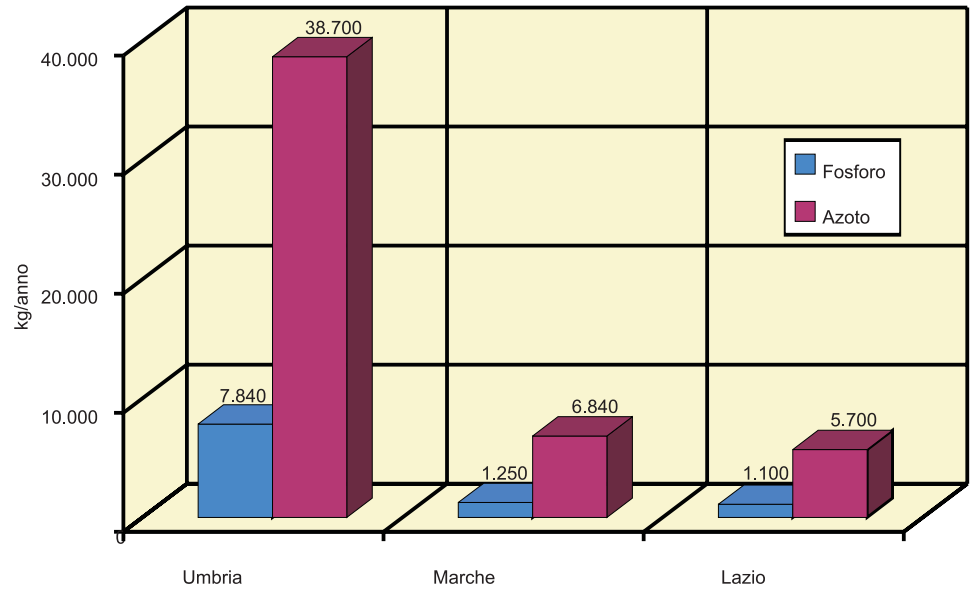
Sebbene l'impatto ambientale apportato alla qualità delle acque dalle attività ittogeniche di bassa entità, un'ulteriore diminuzione sarebbe garantita da una corretta gestione degli impianti e dall'inserimento di vasche di sedimentazione negli allevamenti che ne sono sprovvisi.

Allevamento	Regione	Portata (mc/anno)	Incrementi medi I/U	
			Fosforo(mg/l)	Azoto (mg/l)
Epifani Felicetto, Molini di Preci	Umbria	1,3*10 <sup>6</sup>	0,04	0,12
Ittica Tranquilli, Campi di Norcia	Umbria	1,2*10 <sup>6</sup>	0,04	0,32
Ittica Tranquilli, Borgo Preci	Umbria	5,7*10 <sup>6</sup>	0,13	0,30
Ittica Tranquilli, Corone di Preci	Umbria	1,4 10 <sup>7</sup>	0,07	0,45
Eredi Rossi, Freddara di Norcia	Umbria	1,14 10 <sup>7</sup>	0,06	0,10
Fraschetti Pietro, Serravalle di Norcia	Umbria	7,1 10 <sup>6</sup>	0,05	0,00
Eredi Rossi, Biselli	Umbria	4,3 10 <sup>7</sup>	0,07	0,50
Società Santocore, Vallicelle	Umbria	3,1*10 <sup>6</sup>	0,07	0,02
Impianto Provincia PG, Peschiera	Umbria	2,5 10 <sup>6</sup>	0,06	0,00
Ittica Tranquilli, Molini di Visso	Marche	1,2*10 <sup>7</sup>	0,10	0,68
Cherubini Remo, Visso	Marche	5,5*10 <sup>6</sup>	0,07	-0,46
Cherubini Remo, Castel Sant'Angelo sul Nera	Marche	1,3*10 <sup>7</sup>	0,01	3,07
Eredi Cherubini, Valli di Ussita	Marche	1,2*10 <sup>7</sup>	-0,02	0,90
Nuova Azzurro, Colli sul Velino	Lazio	7,2*10 <sup>6</sup>	0,02	0,20
Società SAIF, Rivodutri	Lazio	1,5*10 <sup>7</sup>	0,14	nd
Ittica San Vittorino, Castel Sant'Angelo	Lazio	6,3 10 <sup>6</sup>	-0,05	nd

nd = dato non disponibile.

Tabelle 23 – Incrementi medi dei parametri di ingresso (I) e uscita (U)

Figura 37 – Quantità annua di fosforo e azoto rilasciata dalle tritocolture



zione per quegli impianti che utilizzano vasche di sedimentazione;

- tutti gli altri parametri monitorati non presentano valori allo scarico significativamente più alti di quelli in ingresso.

Pertanto, pur essendo l'impatto ambientale apportato alla qualità delle acque dalle attività ittogeniche di bassa entità, si ritiene che un'ulteriore diminuzione sarebbe garantita sia da una corretta gestione degli impianti sia dall'inserimento di vasche di sedimentazione negli allevamenti che ne sono attualmente sprovvisti.

Per corretta gestione si intende:

- distribuzione di mangimi che abbiano un basso contenuto di fosforo, maggiore presenza di lipidi e carboidrati e minore presenza proteica;
- periodica rimozione dei solidi in sospensione e dei sedimenti eventualmente formati, ottenibile convogliando le acque di scarico delle vasche verso un'ulteriore vasca di sedimentazione;
- osservanza delle normative che regolamentano l'utilizzo di disinfettanti e preparati veterinari.

### 8.5. Fabbisogni

Dai precedenti paragrafi si evince come l'assenza o l'inadeguatezza di infrastrutture igienico-sanitarie, la non corretta gestione delle attività ittogeniche e/o l'assenza di vasche di sedimentazione negli allevamenti ittici, determinino l'adduzione al lago di Pie-

diluco di un carico inquinante complessivo, in termini di azoto e fosforo, rispettivamente pari a 368.551 kg/anno e 47.576 kg/anno, ripartito fra le varie regioni come indicato nella tabella 24.

Pertanto, al fine di contenere tali valori, è quanto mai necessario intervenire sulle infrastrutture sopra elencate. In particolare, per quanto riguarda gli impianti di depurazione, tenuto conto delle considerazioni espresse nelle proposte tecniche, si riportano nella tabella 25 gli interventi che dovrebbero essere effettuati in ogni singolo comune, con i relativi costi.

Se ad essi si aggiungono quelli relativi ai progetti in attesa di finanziamento, il fabbisogno totale per la depurazione ammonta a circa 7.721.000 euro.

Per quanto attiene le infrastrutture fognanti, purtroppo, la carenza di informazioni non consente di definire una stima attendibile del costo necessario per l'ottimizzazione delle reti.

I Comuni, infatti, hanno espresso giudizi sullo stato di conservazione delle fognature senza il supporto di elaborati tecnici che consentano la definizione e l'individuazione dei tratti su cui intervenire. È impossibile, pertanto, determinare, seppure in linea di massima, i costi dei singoli interventi.

È possibile, invece, valutare a grandi linee gli importi necessari per la realizzazione delle fognature in progetto e di quelle inserite nei vari programmi delle singole Ammini-

Tabella 24 – Carico complessivo di azoto e fosforo addotto nel lago di Piediluco

Regione	Azoto (kg/anno)	Fosforo (kg/anno)
Marche	39.765	5.920
Umbria	103.277	16.059
Lazio	223.975	25.355
Abruzzo	1.534	242



Regione	Comuni	Proposte di intervento		Costi (.000 €)
		Realizzazione	Adeguamento	
Marche	Visso	Impianti depurazione frazioni	Impianto depurazione mattatoio	258,22
	Ussita	Impianti depurazione frazioni	Impianto depurazione capoluogo	154,93
	Castel Sant'Angelo sul Nera	-	-	-
	<b>TOTALE Marche</b>			<b>413,15</b>
Umbria	Sellano	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione Capoluogo e Villamagna	335,69
	Monteleone di Spoleto	Impianti depurazione frazioni	Impianto depurazione Capoluogo	206,58
	Norcia	Impianti depurazione frazioni		877,97
	Cerreto di Spoleto	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione Cerreto, Triponzo, Ponte, Zona PIP	361,51
	Poggiodomo		Impianto depurazione Capoluogo	51,64
	Cascia	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione frazioni	361,51
	Preci	Impianti depurazione frazioni	Impianti Capoluogo e Piedivalle	232,40
	<b>TOTALE Umbria</b>			<b>2.427,30</b>
Lazio	Concerviano	-	-	-
	Contigliano	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione Capoluogo, Collebaccaro e San Filippo	361,51
	Greccio	-	-	-
	Labro	-	-	-
	Leonessa	Impianti depurazione frazioni		232,40
	Longone Sabino	-	-	-
	Morro Reatino		Impianto depurazione capoluogo	129,11
	Poggio Bustone	-	-	-
	Posta	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione capoluogo e Sigillo	206,58
	Antrodoco	-	-	-
	Borgo Velino	-	-	-
	Belmonte in Sabina	-	-	-
	Borbona	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione capoluogo e Valleverde	180,75
	Cantalice		Impianto depurazione capoluogo	103,29
	Castel Sant'Angelo		Impianti depurazione capoluogo, Ponte, Canetra	232,40
	Cittaducale	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione capoluogo, Grotti, Cesoni-Caporio, San Rufina	438,98
	Cittareale		Impianti depurazione località Pallottini e località Ienco	206,58
	Colli sul Velino		Impianto depurazione capoluogo	129,11
	Rieti	Impianti depurazione frazioni		723,03
	Rivodutri		Impianto depurazione capoluogo	129,11
Rocca Sinibalda	Impianti depurazione frazioni	Impianti depurazione capoluogo, Posticciola, Pantana, Acquaviva, Vallecupola	490,63	
Ascrea		Impianto depurazione frazione Stipes	51,64	
Micigliano	-	-	-	
Petrella Salto	-	-	-	
Torricella in Sabina	Impianti depurazione frazioni		51,64	
<b>TOTALE Lazio</b>			<b>3.366,75</b>	
Abruzzo	Monteraiale	-	-	-
	<b>TOTALE Abruzzo</b>			<b>0,00</b>

strazioni. Se si considera la loro lunghezza complessiva, pari a 31.947 m, il costo stimato per la realizzazione di tali infrastrutture ammonta a circa 7.424.500 euro, di cui circa 3.918.300 in attesa di finanziamenti. Lo studio relativo alle attività ittogeniche, inoltre, sottolinea, relativamente all'aspetto chimico-fisico, che sebbene l'impatto ambientale sulla qualità delle acque apportato dagli allevamenti ittogenici sia di bassa entità, un'ulteriore diminuzione dell'apporto

inquinante a loro imputabile sarebbe garantita da una corretta gestione degli impianti e dall'introduzione di vasche di sedimentazione in quelli sprovvisti.

A tal fine, la stima del finanziamento necessario per la realizzazione delle vasche di sedimentazione negli undici allevamenti sprovvisti è pari circa 2.315.790 euro. Tale cifra è stata determinata sulla base dei costi previsti dal prezzario regionale per il conglomerato cementizio armato considerando

Tabella 25 – Interventi da effettuare sugli impianti di depurazione

Tabella 26 – Stima del finanziamento complessivo relativo agli interventi previsti

	(euro)
Realizzazione o adeguamento impianti depurazione	7.721.030,64
Realizzazione fognature	3.918.358,49
Realizzazione vasche di sedimentazione	2.315.792,74
TOTALE	13.955.181,87

le dimensioni delle vasche variabili da 170 mc a 3.600 mc, a seconda della superficie sommersa e delle dimensioni degli allevamenti. In conclusione, l'ammontare totale degli interventi è di circa 13,960 milioni di euro (tab. 26).



## 9. Monitoraggio del canale del Medio Nera

Per raccogliere ulteriori elementi necessari alla redazione delle norme tecniche di attuazione del Piano stralcio per la salvaguardia delle acque del lago di Piediluco l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ha ritenuto necessario effettuare un monitoraggio del reticolo di alimentazione del lago stesso relativo al versante umbro.

Nell'ambito del programma di completamento del quadro conoscitivo propedeutico alla redazione del Piano stralcio per la salvaguardia delle acque del lago di Piediluco, l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, nel febbraio 2001, ha incaricato ARPA Umbria di redigere lo studio per la *Ricognizione dello stato di depurazione e del collettamento del bacino imbrifero del lago di Piediluco*. Tale studio ha come obiettivo principale quello di reperire i dati necessari per conoscere lo stato della depurazione e del collettamento nei comuni del bacino imbrifero del lago di Piediluco e di verificare il corretto funzionamento degli impianti.

Allo scopo di raccogliere ulteriori elementi per la redazione delle norme tecniche di attuazione del suddetto Piano stralcio, 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 di ARPA Umbria, in estensione dell'incarico principale conferito nel febbraio 2001. ARPA Umbria ha approvato nell'ottobre 2001 il Programma di monitoraggio del canale del Medio Nera redatto dalla Sezione tematica Acque del Dipartimento di Terni e l'Autorità di Bacino ha formalizzato l'incarico nell'ottobre 2001.

### 9.1. Monitoraggio chimico-fisico

In attuazione a quanto riportato nel progetto, il programma di monitoraggio ha previsto lo svolgimento di quattro campagne, con cadenza quindicinale, dal 25 ottobre 2001 al 3 dicembre 2001, con prelievi nei punti:

1. Derivazione fiume Vigi-Argentina, a valle della trocicoltura Santocore;

2. Punto di partenza del canale del Medio Nera, dall'opera di presa in prossimità della centrale Ennel (località Balzategliata);
3. Nera ripompato all'opera di raccolta;
4. Punto di ingresso del Vigi all'opera di raccolta;
5. Opera di raccolta a Triponzo, in prossimità del canale del Medio Nera;
6. Nera (minimo vitale) sul ponticello in località Belforte;
7. Nera turbinato a Triponzo;
8. Corno subito dopo l'opera di captazione;
9. Corno subito dopo l'opera di captazione del Nera (a valle di Preci);
10. Corno a Serravalle;
11. Sordo.

Durante la terza campagna, l'attività di monitoraggio ha coinvolto anche gli scarichi provenienti dagli impianti di trocicoltura e dai depuratori che insistono sui corsi d'acqua interessati dal programma. Per ogni impianto di trocicoltura sono stati effettuati due campionamenti, uno all'ingresso e uno all'uscita; per i depuratori invece sono stati prelevati i campioni soltanto allo scarico.

I parametri chimici e biologici determinati per ciascun campione prelevato corrispondono ai macrodescrittori riportati nella tabella 7 dell'Allegato 1 del D.Lgs. 258 del 18 agosto 2000 concernente *Disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 152/99, in materia di Tutela delle acque dall'inquinamento*, a norma dell'art. 1 comma 4 della legge 24 aprile 1998, n. 128: BOD<sub>5</sub>, COD, P tot, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, 100 OD (% saturazione) ed Escherichia Coli.

Nella tabella 27 sono riportati i valori medi dei parametri monitorati durante le quattro

Tabella 27 – Valori medi dei parametri rilevati nelle quattro campagne di monitoraggio

Tabella 28 – Monitoraggio degli scarichi dei depuratori (22 novembre 2001)

Tabella 29 – Monitoraggio all'ingresso e all'uscita dalle trotole

Tabella 30 – Monitoraggio all'ingresso e all'uscita dalle trotole

campagne relativi agli undici punti di prelievo delle acque superficiali.

La tabella 28 mostra i risultati ottenuti dal monitoraggio degli scarichi dei cinque depuratori effettuato il 22 novembre 2001. Nelle tabelle 29 e 30 si riportano i valori ottenuti dal monitoraggio effettuato per le trotole, all'ingresso e all'uscita degli impianti.

## 9.2. Considerazioni

Il numero esiguo di campionamenti (4) non consente di fare le valutazioni previste dal D.Lgs. 258/00, tuttavia l'analisi dei dati sopra riportati permette di effettuare alcune considerazioni. In particolare i valori di BOD e COD misurati lungo i corsi d'acqua, a valle dei suddetti scarichi, sono bassi, grazie alla capacità autodepurativa dei

Punti prelievo	BOD5 (mg/l)	COD (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> disciolto (% sat.)	P totale (mg/l)	Torbidità NTU
1	0,8	9,8	0,06	0,61	83,40	0,04	0,88
2	2,4	12,6	0,06	0,67	82,97	0,02	1,98
3	2,2	8,4	0,10	0,81	86,13	0,05	0,89
4	2,3	10,4	0,18	1,07	79,09	0,09	0,78
5	2,5	8,8	0,21	1,10	80,79	0,10	0,83
6	0,9	10,7	<0,03	0,67	79,89	0,04	0,80
7	2,9	10,6	0,20	0,92	79,22	0,09	1,23
8	3,5	10,7	0,23	1,16	77,52	0,11	1,11
9	2,3	10,1	0,16	1,08	81,46	0,09	0,64
10	1,4	7,4	0,12	0,88	78,71	0,05	0,48
11	1,4	8,4	0,11	1,22	80,99	0,04	0,57

Depuratore	BOD5 (mg/l)	COD (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> disciolto (% sat.)	P totale (mg/l)	Torbidità NTU
Villamagna	26,0	55,2	50,10	0,45	43,88	2,23	3,17
Sant'Angelo	16,0	35,8	0,57	9,23	58,67	0,23	2,97
Preci	13,0	28,2	4,13	3,83	50,89	2,64	1,29
Norcia	10,0	26,1	0,28	0,19	60,02	2,96	1,44
Cascia	36,0	103,0	12,30	15,15	60,94	1,02	1,38

Trotole	BOD5 (mg/l)		COD (mg/l)		N-NH <sub>4</sub> (mg/l)		N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	
	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita
Molini	0,4	2,4	6,7	6,8	0,00	0,10	0,42	0,43
Campi	1,0	2,0	8,2	7,1	0,00	0,10	0,45	0,37
Borgo Preci	0,2	3,7	6,6	8,6	0,00	0,30	0,72	0,89
Corone	4,0	5,4	7,7	10,4	0,20	0,60	0,91	0,85
Freddara	0,6	3,8	10,0	14,0	0,10	0,20	1,97	2,34
Serravalle	3,5	2,4	8,6	7,9	0,10	0,03	2,34	2,23
Biselli	1,8	5,8	5,8	10,5	0,01	0,60	1,68	1,43
Vallicelle	3,2	3,8	8,1	8,0	0,03	0,30	0,82	0,49

Trotole	O <sub>2</sub> disciolto (% sat.)		P totale (mg/l)		Torbidità NTU	
	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita
Molini	61,95	56,08	0,01	0,04	0,39	0,52
Campi	92,94	86,67	0,13	0,09	0,25	0,35
Borgo Preci	74,14	70,72	0,02	0,07	0,55	1,37
Corone	89,30	76,42	0,18	0,18	0,86	6,71
Freddara	80,32	72,43	0,02	0,03	0,87	63,49
Serravalle	89,14	85,61	0,05	0,07	0,57	0,62
Biselli	83,77	75,90	0,04	0,11	0,31	0,43
Vallicelle	93,56	75,91	0,04	0,08	0,37	0,56

fiumi. Tale andamento è confermato anche dalle misure della percentuale di saturazione di ossigeno, che per gli scarichi dei depuratori vanno dal 44% al 60%, e per i punti di prelievo lungo il fiume non scende mai al di sotto del 77%. Il contributo delle singole trotticole per quanto attiene il BOD e COD si può considerare trascurabile. Tali valori, infatti, pur presentando un incremento all'uscita degli impianti, sono comunque molto più bassi rispetto a quelli degli scarichi dei depuratori. La percentuale di ossigeno disciolto rientra nello stesso range di quella del fiume.

Per quanto riguarda la torbidità, parametro strettamente correlato alla quantità di materiale sospeso, si evidenzia come i due bacini di raccordo presenti a Triponzo e a Borgo Cerreto si comportino come vasche di sedimentazione. Tra i parametri monitorati il

fosforo totale, l'azoto ammoniacale e l'azoto nitrico concorrono direttamente al fenomeno dell'eutrofizzazione e pertanto, volendo stimare il carico nutriente che confluisce nel lago di Piediluco, basta correlare le concentrazioni trovate con i valori di portata dei corsi d'acqua. Per ogni punto di prelievo è stato calcolato l'apporto giornaliero dei parametri suddetti sulla base della media delle concentrazioni riscontrate nelle quattro campagne di monitoraggio.

### 9.3. Monitoraggio biologico

Il parametro microbiologico indagato è il batterio *Escherichia coli*, che evidenzia il carico inquinante organico di natura antropica. La metodica d'indagine analitica utilizzata è stata quella delle MF (membrane filtranti), metodo ufficiale IRSA CNR.

Il contributo delle singole trotticole per quanto attiene il BOD e COD si può considerare trascurabile.

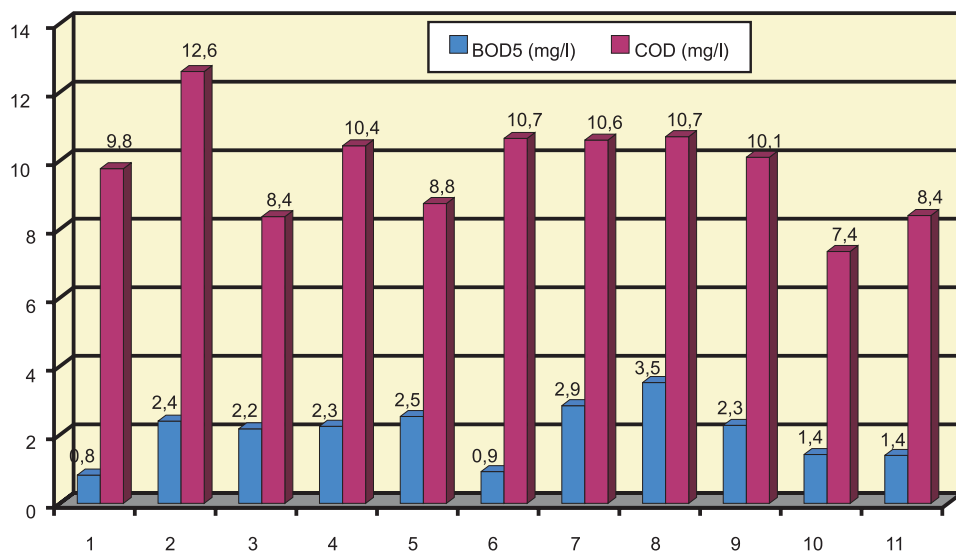


Figura 38 – Punti di prelievo delle acque superficiali

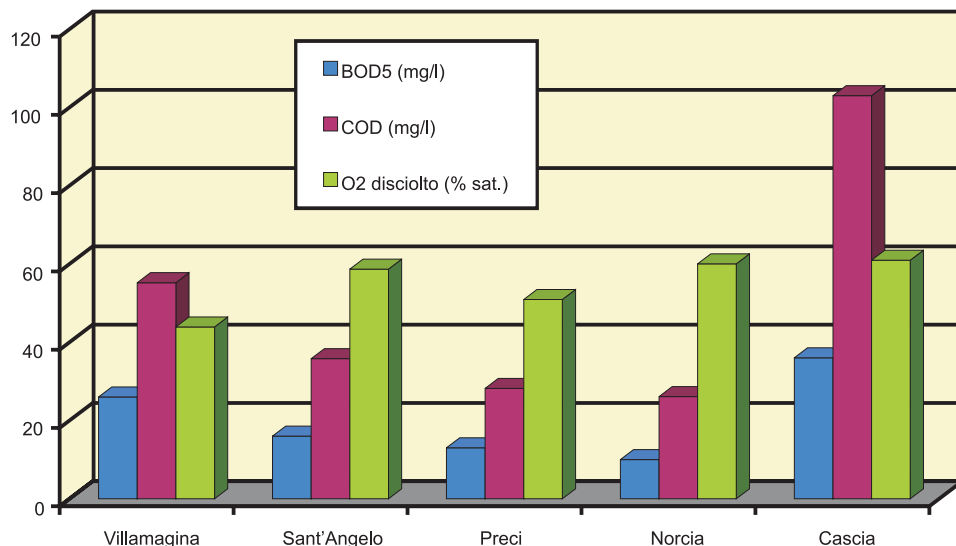


Figura 39 – Scarichi dei depuratori

Figura 40 – BOD5 degli impianti di tricoltura

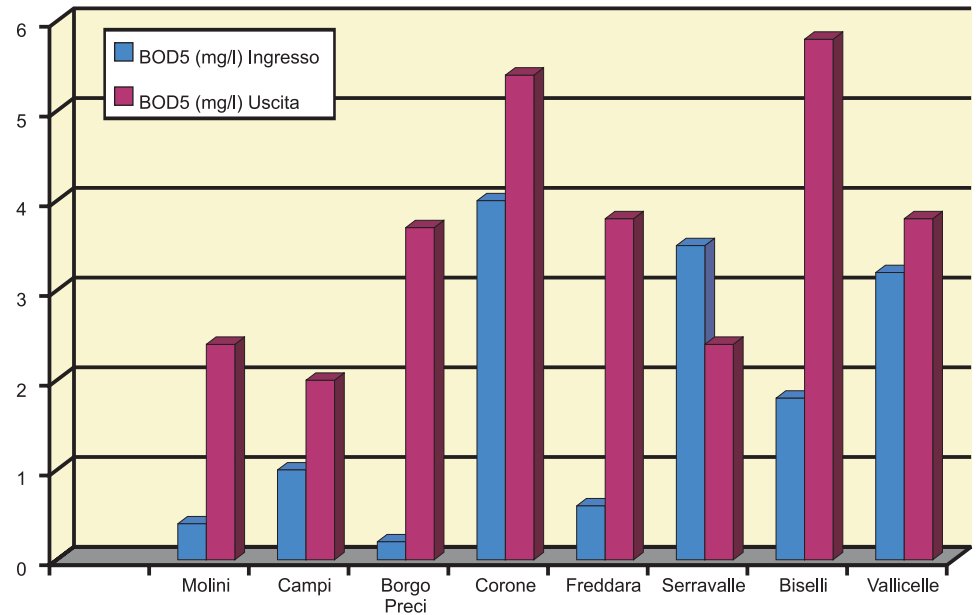
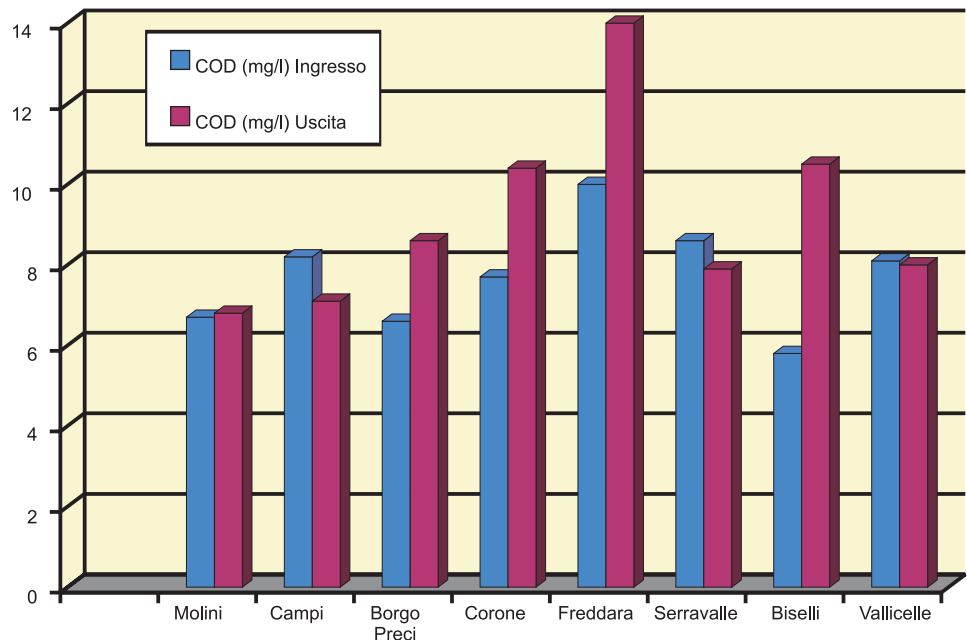


Figura 41 – COD degli impianti di tricoltura



I valori rinvenuti sono stati abbastanza diversificati tra loro nei periodi di indagine, come si può desumere dalla tabella 31.

I punti in cui si sono verificate, e di conseguenza si sono analiticamente evidenziate le più elevate cariche batteriche, sono stati il 4, il 5, il 7, l'8 e il 9.

Tali punti corrispondono alla confluenza di vari corsi d'acqua che, apportando ognuno un'aliquota di carico inquinante, causano un effetto sommatoria.

Nelle analisi eseguite sui singoli fiumi, "acque non miscelate" (punti 2, 10 e 11), la media delle cariche batteriche risulta notevolmente inferiore.

I corsi d'acqua, presi singolarmente, pre-

sentano una buona qualità, ma mescolati tra loro innalzano il carico inquinante.

La campagna di indagine, costituita da soli 4 momenti di prelevamento, non risulta esaustiva, e necessiterebbe di ulteriori indagini analitiche, scaglionate lungo un arco temporale più esteso.

Da quanto sopra esposto, se si correlano i dati rilevati con quelli dei depuratori (tabella 32), emerge come l'elevata concentrazione di Escherichia coli nei corpi idrici (inferiore comunque ai 5.000 ufc/100 ml) potrebbe dipendere da una non corretta gestione degli impianti che scaricano sui corsi d'acqua esaminati.

Relativamente agli elevati valori riscontrati

Il parametro microbiologico indagato è il batterio Escherichia coli, che evidenzia il carico inquinante organico di natura antropica.

Punti prelievo	<i>(hfc/100 ml)</i>				Medie
	25/10/2001	08/11/2001	22/11/2001	03/12/2001	
1	150	400	100	1.000	<b>413</b>
2	200	200	300	300	<b>250</b>
3	150	400	200	200	<b>238</b>
4	600	600	6.000	800	<b>2.000</b>
5	1.000	1.400	1.800	400	<b>1.150</b>
6	950	500	500	300	<b>563</b>
7	600	1.600	2.000	800	<b>1.250</b>
8	500	500	3.000	1.200	<b>1.300</b>
9	800	1.800	3.000	400	<b>1.500</b>
10	450	200	2.000	600	<b>813</b>
11	500	1.600	600	1.200	<b>975</b>

Tabella 31 – Monitoraggio biologico: Escherichia coli

all’uscita degli impianti di tricoltura T4 e T5 (tabella 33), gli stessi possono dipendere da condizioni ambientali ottimali per la proliferazione batterica.

**9.4. Conclusioni**

Dall’indagine eseguita, pur con le limitazioni del caso, stante l’esiguo numero di campagne di monitoraggio effettuate, emerge come il carico inquinante che raggiunge il lago di Piedi-luco attraverso il canale del Medio Nera possa essere stimato in termini di fosforo totale pari a circa 106 kg/giorno, mentre in termini di azoto ammoniacale e nitrico rispettivamente pari a 196 kg/giorno e 1.326 kg/giorno. Relativamente all’indagine biologica, mentre è possibile esprimere un giudizio di “Buono” per i singoli fiumi, lo stesso non può dirsi per i punti in cui questi corsi d’acqua si mischiano sebbene i valori di Escherichia coli rientrino nei limiti previsti nel

D.Lgs. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare in alcuni tratti del reticolo idrografico esaminato emerge come il carico inquinante possa dipendere anche da altri fattori oltre quelli presi in considerazione (depuratori e tricoltura). Se si esamina per esempio l’apporto giornaliero di fosforo ci si accorge come lo stesso a valle degli impianti di depurazione e degli allevamenti risulta essere alcune volte maggiore rispetto ai valori riscontrati a monte. A supporto di tale conclusione, il monitoraggio biologico evidenzia come in alcuni punti si sono verificati picchi di carico organico inquinante non imputabili solo ai depuratori. Sarebbe pertanto auspicabile che in tempi piuttosto brevi fosse eseguito uno studio atto a determinare l’effettivo carico inquinante prodotto dalle attività zootecniche, agricole, e da insediamenti antropici.

Depuratore	Escherichia coli (ufc/100 ml)
Villamagina	12.000
Sant’Angelo	16.000
Preci	38.000
Norcia	20.000
Cascia	10.000

Tabella 32 – Depuratori

Troticoltura	Escherichia Coli (ufc/100 ml)	
	Ingresso	Uscita
Molini	400	3.000
Campi	4.000	16.000
Borgo Preci	2000	5.000
Corone	800	24.000
Freddara	8.000	30.000
Serravalle	4.000	800
Biselli	4.000	2.000
Vallicelle	3.600	2.400

Tabella 33 – Impianti di tricoltura

## Bibliografia di riferimento

Estramed, *Indagini di caratterizzazione morfologica e batimetrica del lago di Piediluco (TR). Relazione*, 1988.

ENEL-DCO, *Indagini per la valorizzazione ambientale del lago di Piediluco. Rapporto finale, Appendice A.2*, 1989.

G.M. Righetti, *Proposta di studio ed indagine scientifica progettazione esecutiva e intervento di completamento per il risanamento ambientale del lago di Piediluco*, Sespi S.r.l., Milano 1990.

AA.VV., *Piediluco 1987/1990: Contributi per la conoscenza*, ULSS della Conca Ternana, 1991.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere, *Studio sulle condizioni di stabilità delle sponde del lago di Piediluco (TR) nel tratto antistante l'omonimo centro abitato*, 1999.

AA.VV., *Bozza del Piano Stralcio per la salvaguardia del lago di Piediluco*, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, 2001.

AA.VV., *Monitoraggio del canale del Medio Nera*, ARPA Umbria, 2001.

AA.VV., *Ricognizione sullo stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del lago di Piediluco*, ARPA Umbria, 2001.

AA.VV., *Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trocicoltura in Valnerina*, ARPA Umbria, 2002.

AA.VV., *Rilievo batimetrico del lago di Piediluco*, ARPA Umbria, 2002.