



Monografia / 15

Caratterizzazione ambientale del lago di Piediluco



Redazione

Dott.ssa Valentina
Stufara
Ing. Andrea Sconocchia

Contributi**Validazione**

Dott.ssa Filippina
Fiaschetti

Verifica

Dott. Giancarlo Marchetti
Dott. Angiolo Martinelli
Dott. Adriano Rossi
Dott. Adriano Zavatti

Versione:
Luglio 2005

1. SINTESI.....	1
2. INTRODUZIONE	4
3. OBIETTIVI DELL'ANALISI ED ELEMENTI SIGNIFICATIVI A SUPPORTO DEL PTA.....	4
4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROMETRICHE.....	4
4.1 La storia del lago: dalle origini della formazione ad oggi.....	4
4.2 Assetto idrografico del lago.....	5
4.3 Rilievo batimetrico del lago di Piediluco	6
5. CARATTERISTICHE QUALITATIVE	7
5.1 Caratteristiche qualitative pregresse	7
5.1.1. Caratterizzazione ambientale del lago di Piediluco	8
5.1.1.1 Caratterizzazione termica.....	8
5.1.1.2 Analisi chimico-fisiche e microbiologiche – stato di eutrofizzazione delle acque	9
5.1.1.3 Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti	12
5.2 Le attività di monitoraggio di ARPA Umbria ai sensi del D.Lgs 152/99 e del DPR 470/82	13
5.3 Monitoraggio e stato sanitario della fauna ittica.....	16
5.4 Analisi della comunità bentonica	16
5.5 Monitoraggio della fauna spondale, del fitoplancton e dello zooplancton	17
5.6 Analisi botaniche.....	17
6. ANTROPIZZAZIONE DEI BACINI.....	18
6.1 Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli	18
6.2 Ricognizione sullo stato della depurazione e del collettamento sul territorio dei bacini afferenti al lago di Piediluco	19
6.3 Impatto ambientale degli impianti di tritocoltura della Valnerina.....	21
7. VALUTAZIONE DEI CARICHI PRODOTTI E SVERSATI NEL BACINO DEL LAGO DI PIEDILUCO ..	22
7.1 Modalità di trasporto del fosforo veicolato dalla rete idrica naturale e artificiale	22
7.2 Carichi di fosforo dal comparto civile - industriale.	24
7.2.1 Stima del carico generato	25
7.2.2 Stima del Carico Sversato	25
7.2.3 Stima del Carico Veicolato.....	26
7.3 Carichi di fosforo da ittiocoltura.....	27
7.4 Le criticità da carichi di fosforo da fonti diffuse	28
7.5 Studio modellistico dei processi eutrofico-distrofici del lago di Piediluco	31
8. DAL QUADRO AMBIENTALE RISULTANTE ALLE PROPOSTE DI INTERVENTO	35
9. BIBLIOGRAFIA.....	40

1. SINTESI

L'analisi della letteratura disponibile e degli studi compiuti nell'ultimo ventennio sul lago di Piediluco ha permesso di definire un quadro conoscitivo chiaro ed aggiornato sul lago e sul proprio bacino imbrifero.

Nella presente monografia sono illustrate le caratteristiche ambientali del lago e sono individuate le criticità che insistono sull'ecosistema lacustre, con l'obiettivo di fornire uno strumento conoscitivo sulla base del quale programmare le azioni e le misure da attuare per il recupero, la salvaguardia, e la tutela del lago di Piediluco.

Il Lago di Piediluco fa parte del territorio della provincia di Terni, e ricade per intero nel comune di Terni. L'attuale configurazione del lago è il risultato di una serie di trasformazioni idrogeologiche iniziate durante il Quaternario post-villafranchiano (circa 5 milioni di anni fa), e dalla fine del XVI secolo il lago presenta la forma e le dimensioni attuali.

Le variazioni idrografiche più consistenti devono essere attribuite all'avvento dell'industria idroelettrica; dal 1924 infatti la Società Terni prima e l'ENEL poi hanno trasformato il lago in un invaso di regolazione giornaliera delle portate a servizio delle sottostanti centrali ENEL di Galleto e Monte Sant'Angelo, ampliando il suo bacino idrografico naturale, caratterizzato da una superficie pari a circa 75 Km², fino ad un'estensione di 2100 Km².

A partire dall'inizio degli anni '80 lo stato di salute del lago ha subito un costante peggioramento; l'aumento delle concentrazioni di fosforo e azoto hanno influito negativamente non solo sulla qualità delle acque ma sull'intero ecosistema lacustre, portando ad una diminuzione delle risorse ittiche e pregiudicando progressivamente la fruizione del lago e delle sue risorse, fino ad arrivare ai divieti di pesca e di balneazione, con la conseguente compromissione dell'economia locale.

A fronte di questa situazione le istituzioni locali hanno promosso numerose campagne d'indagine per monitorare le acque del lago e studiare i fenomeni che concorrono al degrado dell'ecosistema lacustre, allo scopo di individuare le azioni di risanamento da intraprendere.

I risultati delle indagini effettuate hanno messo in evidenza che:

- il lago è caratterizzato nei mesi estivi (maggio, giugno, luglio e agosto) da una marcata stratificazione termica, mentre negli altri mesi (gennaio, marzo e ottobre) si registra piena circolazione; negli ultimi 15 anni si è assistito ad un progressivo riscaldamento delle sue acque. Le differenze sulla colonna d'acqua sono abbastanza contenute nei settori di centro lago e sono invece maggiori, in giugno, nei bracci meridionali, caratterizzati da una facies tipicamente palustre, a più lento ricambio;
- l'apporto di sostanze organiche ed inorganiche provoca nelle acque del lago un notevole sviluppo di macrofite acquatiche, con conseguente aumento dei valori di ossigeno disciolto negli strati superficiali; ad esso è associata una deossigenazione delle acque associate agli strati più profondi dovuta alla maggiore richiesta di ossigeno da parte delle comunità batteriche deputate alla decomposizione algale.
- il complesso sistema di regimazione idraulica che contraddistingue il lago e la conseguente dinamica idrologica interna ha indotto modificazioni alla fenomenologia di natura fisica, chimica e biologica che si svolge entro la massa d'acqua; allo stesso modo, con il passare del tempo, l'aumento dell'antropizzazione e dell'industrializzazione hanno contribuito in modo sostanziale alla variazione dello stato trofico del lago, che si mantiene in una condizione di eutrofia; le indagini eseguite infatti hanno rilevato una concentrazione media di fosforo totale pari a 84 µg/l, valore che per i criteri EPA (1974) e OECD (1982), ha portato a considerare questo ambiente come "eutrofico". Nel complesso, il lago di Piediluco risulta eutrofo con tendenza alla ipertrofia nei settori centrale e meridionale e alla mesotrofia nel settore occidentale.

Per quanto riguarda le campagne di monitoraggio dello stato ambientale effettuate da ARPA ai sensi del D. Lgs. 152/99, il lago di Piediluco fa parte della rete di monitoraggio sui laghi.

La data di avvio della stazione di prelievo è Gennaio 2000; la frequenza di campionamento semestrale ed il numero di campioni esaminati al 30 Giugno 2004 è pari a 9.

I risultati che hanno consentito la classificazione dello stato ambientale evidenziano una situazione di precarietà per il lago di Piediluco, caratterizzato da una classe di qualità SCADENTE, disattendendo l'obiettivo di qualità SUFFICIENTE previsto al 2008; quest'ultimo nella proposta del Piano di Tutela delle Acque viene rimandato al 2016.

Il lago di Piediluco fa parte anche della rete di monitoraggio sulle acque superficiali destinate alla balneazione. Nessun programma di miglioramento fin'ora attuato ha risanato le condizioni di

sovrasaturazione dell'ossigeno disciolto, maggiore responsabile dei provvedimenti di non idoneità alla balneazione; per il lago quindi l'obiettivo di tutela ai fini della balneazione risulta essere, in modo prioritario, il controllo della sovrasaturazione delle acque.

Per quanto riguarda lo stato di elevata eutrofia del lago di Piediluc, questo è prodotto sia dall'immissione di sostanza organica e nutrienti provenienti da sorgenti diffuse e puntuali, sia dai carichi interni di nutrienti presenti nei sedimenti del lago e accumulatisi nel corso del tempo.

I carichi esterni forniscono il nutrimento alla vegetazione acquatica presentandosi nella forma disciolta dei composti dell'azoto e del fosforo; i carichi interni intervengono nel bilancio di nutrienti del lago, attraverso processi di rilascio dei nutrienti stessi dai sedimenti del fondo allorché si realizzano, in particolari condizioni idrodinamiche, di temperatura e di carico organico, condizioni di anossia.

Poiché il fosforo è il fattore limitante la crescita algale, per ridurre i fenomeni di eutrofia del lago è necessario contenere i carichi esterni apportati al lago.

Per stimare i carichi provenienti dalle sorgenti puntiformi è stata effettuata una ricognizione sullo stato della depurazione e del collettamento sul territorio del bacino afferente al lago di Piediluc.

L'area interessata dallo studio è di circa 2100 kmq e ricade nelle regioni Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo. In particolare l'area idrografica che incide sulla qualità delle acque del lago insiste nelle province di Macerata, Rieti, Terni, Perugia e L'Aquila e comprende 39 comuni.

Le indagini effettuate hanno messo in luce che la percentuale di a.e. serviti dagli impianti di depurazione è pari al 73.61%; e 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 funzionanti, al momento dell'indagine, 2 nelle Marche, 7 in Umbria e 25 nel Lazio.

Le infrastrutture fognanti coprono circa l'86.4% dell'intero territorio esaminato ma da queste rilevazioni emerge chiaramente che la maggior parte delle dotazioni comunali consistono in fognature miste a cui è imputabile, nella maggioranza dei casi, il non corretto funzionamento degli impianti di depurazione.

Per quanto attiene il trattamento degli scarichi provenienti dalle attività civili e industriali, con esclusione di quelle ittogeniche, i risultati elaborati consentono di stimare un carico inquinante addotto al lago in termini di azoto e fosforo rispettivamente pari a 317.311 kg/anno di azoto e di 37.386 kg/anno di fosforo. Sommando a questi valori i carichi derivanti dagli allevamenti ittogenici, il carico inquinante complessivamente addotto al lago è rispettivamente pari a 47.576 kg/anno di fosforo e 368.551 kg/anno di azoto.

Parallelamente il carico di fosforo proveniente dalle fonti diffuse (superfici in cui si svolge l'attività agricola e silviculturale e altre aree di uso del suolo dove avviene un dilavamento naturale) è stato stimato essere pari a circa 53 tonnellate; la maggior parte di questo proviene da alcuni sottobacini dei fiumi Nera e Corno, con apporti di circa 8-9 tonnellate di fosforo totale ciascuno.

Accanto ai carichi di fosforo proveniente dall'esterno (fonti diffuse e concentrate), nel bilancio dei nutrienti del lago intervengono i carichi interni, attraverso processi di rilascio dei nutrienti stessi dai sedimenti del fondo.

Per effettuare una stima attendibile anche dei carichi interni è stato redatto uno studio sui campi idrodinamici e sulle dinamiche eutrofico-distrofiche del lago di Piediluc, con l'ulteriore obiettivo di individuare, a partire dalle condizioni di trofia, le possibili strategie di riduzione del livello trofico del lago.

A tal fine è stato sviluppato un sistema di modelli di calcolo in grado di fornire una quantificazione sia dei campi idrodinamici e di turbolenza, prodotti da differenti condizioni meteo-climatiche e dei differenti regimi delle immissioni al lago, sia dei campi di concentrazione, nella colonna d'acqua e nei sedimenti, dei parametri chimici, fisici e biologici caratterizzanti la descrizione dei processi eutrofici e distrofici.

I risultati prodotti dalle simulazioni hanno evidenziato che:

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

Per raggiungere l'obiettivo di recupero e tutela dei caratteri di naturalità dell'ecosistema lacustre è necessario ricorrere agli strumenti di pianificazione territoriale.

A questo scopo l'Autorità di Bacino del Tevere ha redatto, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della legge 183/1989, il Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco, che rappresenta lo strumento tecnico-normativo per contenere e progressivamente ridurre i fenomeni eutrofici che caratterizzano il lago di Piediluco, sostenendo l'obiettivo prioritario del disinquinamento dal fosforo del bacino del lago e dei bacini tributari, ed intervenendo nella questione del dissesto spondale che caratterizza l'abitato di Piediluco con una serie di interventi di consolidamento.

I principali obiettivi del Piano Stralcio sono:

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

Le azioni correttive che il Piano propone si dividono in strutturali e non-strutturali; quelle strutturali riguardano:

- a) Il completamento delle infrastrutture di collettamento e depurazione delle acque reflue dei centri abitati delle province di Rieti, Perugia, Terni e Macerata, che scaricano nel sistema Nera-Velino;
- b) la rimozione mirata dei sedimenti dal fondo di alcune zone del lago tramite specifica tecnica di aspirazione;
- c) il potenziamento del sistema di depurazione degli allevamenti ittici.

Le azioni non-strutturali sono:

- a) la definizione di una fascia di rispetto intorno al lago e lungo le rive dei principali corsi d'acqua per il trattenimento degli inquinanti di origine agricola;
- b) le discipline di indirizzo e regolamentazione delle varie attività potenzialmente impattanti.

Il Piano di tutela delle Acque interagendo con il piano stralcio, persegue obiettivi coerenti con quelli già descritti nell'atto di pianificazione di bacino e ne condivide i criteri e le strategie di intervento.

2. INTRODUZIONE

Con l'introduzione del D.Lgs. 152 del 1999 si è passati gradualmente da un approccio tecnico amministrativo legato a valutazioni di limiti e conformità (Legge Merli 319/76) ad una gestione sistemica che analizza la qualità ambientale attraverso la stima delle pressioni, dello stato, del trend evolutivo e degli impatti.

Con il D.Lgs 152 del 1999, integrato e modificato dal D.Lgs. 258 del 2000, si avvia un' importante fase di transizione basata su un quadro normativo nuovo, volto soprattutto a garantire la sostenibilità dell'uso delle risorse, il buono stato di salute e la funzionalità ecologica delle acque.

La 152 supera, quindi, la concezione dei limiti tabellari da applicare in ogni circostanza, qualunque sia il corpo idrico recettore, e introduce il concetto di "obiettivo di qualità ambientale" di un corpo idrico, che riguarda non solo la matrice acquosa, ma l'intero ecosistema acquatico, sia sotto l'aspetto qualitativo sia sotto quello quantitativo.

L'obiettivo che deve essere perseguito è quello della salvaguardia, del miglioramento e del recupero dei corpi idrici fino allo stato di salute "buono" entro il 2016.

In linea con le finalità da perseguire, il decreto 152/99 definisce inoltre le modalità ed i criteri per l'individuazione di "aree sensibili"; tali aree nel caso dei laghi sono quelle già interessate da fenomeni di eutrofizzazione o esposte a prossima eutrofizzazione, in assenza di interventi protettivi specifici. Il lago di Piediluco più ancora degli altri laghi umbri, merita una particolare attenzione per la sua peculiarità e per le condizioni intrinseche e di fruizione, che giustificano un approccio multifunzionale integrato ed ecosistemico.

3. OBIETTIVI DELL'ANALISI ED ELEMENTI SIGNIFICATIVI A SUPPORTO DEL PTA

Con la presente monografia si è tentato di fornire un quadro conoscitivo sul lago di Piediluco e sul bacino interessato attraverso la raccolta e l'analisi della letteratura attualmente disponibile presso gli enti locali territorialmente competenti.

Poiché nel corso dell'ultimo ventennio studi, ricerche e sperimentazioni sul lago hanno prodotto un'ingente quantità di materiale tecnico e scientifico, la suddetta analisi è stata indirizzata non ad uno studio dettagliato delle informazioni disponibili a valenza multidisciplinare, ma ad una puntuale raccolta e sistematizzazione dei contenuti delle citate fonti.

Le attività di monitoraggio, studio e ricerca che si sono susseguite nel corso degli anni sul lago sono tanto vaste da costituire una bibliografia di difficile gestione unitaria. La concomitanza di interventi dei diversi soggetti istituzionali offrono un panorama conoscitivo di difficile fruizione.

A fronte della situazione descritta, procedendo ad un'opera di sintesi, nella presente monografia sono illustrate le caratteristiche ambientali del lago e sono individuate le criticità che insistono sull'ecosistema lacustre, con l'obiettivo di fornire uno strumento conoscitivo sulla base del quale programmare le azioni e le misure da attuare per il recupero, la salvaguardia, la tutela del lago di Piediluco.

4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROMETRICHE

4.1 La storia del lago: dalle origini della formazione ad oggi

L'attuale configurazione del lago di Piediluco è il risultato di una serie di trasformazioni idrogeologiche iniziate durante il Quaternario post-villafranchiano (circa 5 milioni di anni fa). (Fig. 2 dell'Allegato).

Durante questo periodo infatti, secondo quanto riportato dal Verri¹ si cominciarono a manifestare due azioni precise e distinte tra loro: il Velino, caratterizzato da scarsa velocità e da un elevato contenuto di bicarbonato di calcio delle proprie acque, iniziò un'azione di sedimentazione lungo l'intero letto del canale (depositi di calcare), mentre il Nera, grazie al proprio carattere torrentizio, causò una veloce azione erosiva della valle in cui scorreva; il risultato di queste azioni congiunte fu che alla confluenza dei due fiumi si generò una differenza di livello, destinata ad aumentare con il passare del tempo.

Successivamente, nella zona delle Marmore si formò un potente banco di travertino, il quale costituì uno sbarramento al termine della valle denominata Piano di Canale; pertanto le acque del Velino iniziarono progressivamente ad esondare a monte dello sbarramento di cui sopra, originando in tal modo un ampio lago, detto "Lago Velino", il quale, all'apice della sua estensione occupava la maggior parte della Piana di Rieti, il Piano di Canale, la piccola valle del Lago di Ventina e la conca di Piediluco fino ad una quota di circa 378-380 m.s.l.m., fin dove si riscontra la presenza della cosiddetta "terra forte", di tipo argilloso, compatta,

tenace , di colore bruno-verdastro, la quale talvolta, nelle zone più depresse, è sostituita da terreno palustre e da torba².

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

Secondo la tradizione più comunemente diffusa, il console Manlio Curio Dentato, intorno all'anno 290 a.C., fece scavare un canale nell'antico sbarramento di travertino originatosi nella zona delle Marmore, allo scopo di liberare la Piana di Rieti dalle acque stagnanti, dove certamente si creavano condizioni ideali per la crescita e lo sviluppo della malaria, facendole precipitare nella sottostante valle del Nera; il canale che diede origine alla Cascata delle Marmore prese il nome di Cava Curiana.

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

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

Successivamente vennero realizzate altre opere idrauliche atte a favorire il deflusso del Velino, ma non si ottennero mai i risultati desiderati. L'ultimo intervento fu quello ordinato da papa Clemente VIII, che ordinò la ristrutturazione della Cava Curiana, rinominata in quest'occasione Cava Clementina. La sua ritrovata funzionalità, nel 1601, non solo abbassò il livello del lago di Piediluco, rendendolo così indipendente dal Velino, ma determinò la scomparsa di molti piccoli bacini e la riduzione della superficie di quelli di maggiore dimensione, che assunsero le conformazioni attuali.

Dalla fine del XVI secolo pertanto il lago di Piediluco è praticamente della forma e delle dimensioni attuali; nella zona limitrofa si sono verificate alcune variazioni di carattere idrografico, come la scomparsa del piccolo Lago della Volta; le variazioni più consistenti sono peraltro dovute all'avvento dell'industria idroelettrica; dal 1924 infatti la Società Terni prima e l'ENEL poi hanno trasformato il lago in un invaso di regolazione giornaliera delle portate a servizio delle sottostanti centrali ENEL di Galleto e Monte Sant'Angelo.

4.2 Assetto idrografico del lago

Il Lago di Piediluco fa parte del territorio della provincia di Terni, e ricade per intero nel comune di Terni.

Esso si trova tra le latitudini N 42° 30' 54" e 42° 32' 28" e le longitudini E 0° 17' 21" e 0° 19' 17", occupando una superficie pari a 1,822 Km².

Il suo perimetro è di poco superiore ai 15 km, ha una profondità media di 10,9 metri ed una profondità massima compresa tra 20,7 e 22,2 metri.

La sua forma è irregolare ed è caratterizzata da numerose diramazioni, situate soprattutto sulle rive settentrionali e meridionali, con le seguenti denominazioni:

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

- **Insenatura di Fonte Prata:** è compresa tra il Braccio di San Nicolò ed il Braccio di Ponticelli, e completa l'elenco delle zone di minore profondità.

(Per visualizzare il lago, si faccia riferimento all'ortofoto riportata nella Fig. 1 dell'Allegato).

La sua capacità al massimo invaso è di circa 17 milioni di mc, per una altezza del livello pari a 369 m.s.l.m. e al minimo invaso (367,5 m s.l.m.) si riduce a circa 14 milioni di mc.

Il bacino idrografico naturale del lago ricade in parte nella provincia di Terni (Comune di Terni, Arrone e Polino), ed in parte nella provincia di Rieti (Comune di Labro, Morro Reatino, Rivodutri e Leonessa), e si estende per circa 75 Km², con un'altezza media di 765 m s.l.m.

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

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

- **Sorgente Fuscello** : detta anche Fonte Rivo, ha una portata ordinaria che si aggira sui 10 l/s;
- **Sorgente del Mulino** : fornisce acqua di buonissima qualità; la portata di questa sorgente, in magra autunnale si aggira sui 10 l/sec, mentre in piena, a primavera, le due sorgenti predette arrivano a fornire circa 80 l/sec;
- **Sorgente di Pacce** : ha una portata di massima magra intorno ai 200 l/sec.

L'apporto idrico maggiore fornito al lago deriva però dal bacino idrografico ampliato, composto da una parte del bacino del Fiume Nera e dalla quasi totalità del bacino del Fiume Velino, (Fig. 2 dell'Allegato).

Tale ampliamento è riconducibile allo sfruttamento dell'invaso ai fini idroelettrici operato dall'ENEL (oggi ENDESA) fin dal 1924.

Risale a questa data infatti la costruzione della diga mobile Stoney, sul fiume Velino, a monte della Cascata delle Marmore, e del canale artificiale di circa 400 m che collega la parte occidentale del lago con il Velino, che regolano lo sfruttamento delle acque dell'invaso per alimentare le centrali idroelettriche di Galletto e di Monte Sant'Angelo. Con tale regolamentazione il lago funge da vero e proprio bacino di ritenuta ed il Velino agisce sia da emissario che da immissario.

La portata del Fiume Velino rilevata all'idrometro situato in prossimità della località di Terria (Rieti) è pari a circa 42 mc/s; di questi circa 8 mc/s, pari al 19,1 % della portata, entrano nel lago per 9 ore su 24, per un volume giornaliero pari a 259.200 mc di acqua.

(Per visualizzare lo schema di circolazione relativo alle derivazioni idrauliche della Valnerina, si faccia riferimento alla Fig. 4 dell'allegato).

Nel 1932 inoltre sono state deviate nel lago le acque del fiume Nera e parte di quelle dei fiumi Corno e Vigi tramite la derivazione del Medio Nera, un canale artificiale che origina a Triponzo ed è lungo 42 Km.

La portata del Fiume Nera rilevata all'idrometro situato in prossimità della derivazione di Triponzo è pari a circa 17 mc/s; di questi, 15 mc/sec, pari al 90% della portata, vengono convogliati mediamente per 24 ore su 24 verso il lago per un volume giornaliero pari ad 1.296.000 mc di acqua.

Il bacino idrografico ampliato risulta in tal modo avere un'estensione di circa 2.100 Km², ripartiti tra le province di Rieti, Macerata, Ascoli Piceno, Perugia, Terni e L'Aquila.

In allegato a pagina 6 la tabella 1 propone la suddivisione in sottobacini del territorio in esame (bacino imbrifero del lago di Piediluco), così come elaborato dal Servizio Idrografico Nazionale.

Ciascuno dei sottobacini in tal modo individuati ha costituito l'elemento unitario di territorio su cui sono state elaborate le analisi fatte dall'Autorità di Bacino del Tevere, che hanno condotto alle stime del carico di fosforo prodotto e calcolato in ciascuna delle sezioni di chiusura, cui si fa riferimento nel Piano Stralcio del lago di Piediluco, e che sono riportate al Capitolo 6 della presente monografia.

4.3 Rilievo batimetrico del lago di Piediluco

Per verificare e, ove necessario, aggiornare i profili batimetrici e stratigrafici del lago di Piediluco, nel Marzo 2001 ARPA³ ha condotto una campagna di indagine per individuare le zone in cui attualmente si registrano i maggiori accumuli di sedimenti e la variazione della loro distribuzione rispetto alle indagini effettuate in passato (Riccardi, 1955; ENEL, 1988; ENEL, 1996).

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

E' stata così eseguita un'ampia serie di percorsi batimetrici lungo profili di indagine predefiniti; durante le operazioni di ricognizione gli strumenti hanno acquisito in continuo i dati relativi alla profondità del fondale e allo spessore dei sedimenti di fondo. Contemporaneamente alle misure di profondità sono state 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'eco-scandaglio. A controllo del rilievo batimetrico è stato inoltre eseguito l'inquadramento topografico plano-altimetrico dell'area di lavoro per la precisa georeferenziazione dei dati acquisiti.

Ricostruiti i rilievi batimetrici del lago sono state eseguite operazioni di confronto con indagini effettuate in passato (modello ENEL 1996), e questo ha consentito di individuare le zone in cui si registrano i maggiori accumuli di sedimento e la loro eventuale variazione di 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. Le principali variazioni al volume invasato si sono registrate nel periodo ottobre 1988 – novembre 1996, intervallo compreso tra l'esecuzione dei due rilievi ENEL, con una 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 dei 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.

Le variazioni osservate in particolare nelle aree di centro lago potrebbero essere messe in relazione 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. 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.

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:

- 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);
- misurazione della quantità dei solidi sospesi in ingresso e in uscita dal sistema;
- studio dei processi di erosione delle sponde.

La classificazione granulometrica dei depositi di fondo, ottenuta a partire da carotaggi eseguiti in vari punti del fondale potrebbero fornire elementi interpretativi sostanziali.

5. CARATTERISTICHE QUALITATIVE

5.1 Caratteristiche qualitative pregresse

A partire dall'inizio degli anni '80 lo stato di salute del lago ha subito un degrado costante; l'aumento delle concentrazioni di fosforo e azoto hanno influito negativamente non solo sulla qualità delle acque ma sull'intero ecosistema lacustre, portando ad una diminuzione delle risorse ittiche e pregiudicando progressivamente la fruizione del lago e delle sue risorse, fino ad arrivare ai divieti di pesca e di balneazione, con la conseguente compromissione dell'economia locale.

A fronte della situazione delineata, da più parti fu sollecitata l'attenzione delle amministrazioni locali sulla grave situazione in cui versava il lago di Piediluco; l'interesse per il risanamento del lago, 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, l'Autorità di bacino del fiume Tevere, e gli enti locali territorialmente competenti.

Nel Maggio del 1993 la Provincia di Terni stipulò un protocollo d'intesa con le Province di Perugia e Rieti e con il Comune di Terni per interventi di indagine e studio e per la salvaguardia della qualità delle acque del bacino Nera-Velino e del lago di Piediluco.

Oltre a quest'iniziativa, la Provincia di Terni, di concerto con l'Autorità di Bacino del fiume Tevere, pianificò il progetto: "Monitoraggio delle acque del lago", allo scopo di correlare lo stato del lago alle azioni di risanamento intraprese nel breve e medio periodo.

Parteciparono al piano di monitoraggio, (di durata triennale e finanziato solo per il primo anno di attività), gli enti sottoscrittori dell'accordo per quanto di specifica competenza, ed in particolare i centri ed i Laboratori:

- Istituto Zooprofilattico,
- i Servizi veterinari della USLL,
- i LESP (Laboratorio Epidemiologico di Sanità Pubblica) di Perugia e Terni,
- il laboratorio di Terria (province di Terni e di Perugia),
- l'Università degli studi di Perugia (Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura, Dipartimento di Biologia Cellulare e Molecolare), in convenzione con la Provincia di Terni,
- l'ENEL.

I risultati delle indagini effettuate nel primo anno di attività permettono di delineare un quadro conoscitivo del lago e del suo ecosistema.

5.1.1. Caratterizzazione ambientale del lago di Piediluco

Nell'ambito del progetto: "Monitoraggio delle acque del lago", le azioni messe in campo per la caratterizzazione dell'ecosistema lacustre e sviluppate dai vari enti sottoscrittori si articolano in :

- caratterizzazione termica del lago;
- analisi chimico-fisica delle acque;
- analisi chimica e tossicologia dei sedimenti del lago;
- studio della comunità ittica;
- studio della comunità macrobentonica profonda;
- analisi botaniche.

5.1.1.1 Caratterizzazione termica

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

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

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

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

Ai fini della caratterizzazione termica del lago sono stati considerati i dati della campagna ENEL 1988⁴ e quelli presentati dal gruppo di lavoro del Prof. Mearelli⁵.

Nello studio del Mearelli i risultati ottenuti confermano quelli già pubblicati dall'Enel alcuni anni prima: nei mesi estivi (maggio, giugno, luglio e agosto) si ha una marcata stratificazione termica, mentre negli altri (gennaio, marzo e ottobre) si registra piena circolazione.

Passando da maggio ad agosto, si nota che lo strato a 16°C, inizialmente molto sottile, tende ad espandersi e ad insaccarsi verso il fondo, interessando masse d'acqua che erano a temperature inferiori. Lo stesso andamento è mostrato dagli strati a 14°C e a 15°C, che si dilatano occupando volumi consistenti. Quello che si verifica è un progressivo riscaldamento, passando da maggio ad agosto.

I valori di temperatura più bassi sono stati registrati in corrispondenza dell'immissione del canale Medio Nera, conseguenza dell'ingresso delle acque del fiume Nera, più fredde di quelle del lago, che vanno ad immettersi in profondità. Il settore del lago interessato invece dall'emersione d'acqua attraverso l'emissario Velino mostra una condizione di maggiore uniformità, e quindi è maggiormente soggetto al rimescolamento.

Per quanto riguarda i mesi di circolazione, gennaio risulta essere quello a temperatura più bassa e più uniforme (7°C); marzo e ottobre sono entrambi caratterizzati da uno strato superficiale leggermente più caldo della massa sottostante (la variazione è di appena un grado).

Inoltre risulta che le temperature in ottobre sono maggiori che in marzo (12-13°C, 10-11°C).

Dall'analisi dei dati delle due campagne emerge che la temperatura dell'acqua della campagna 1998 è sempre più elevata rispetto a quella effettuata dall'ENEL nel 1988. Le differenze sulla colonna d'acqua sono abbastanza contenute nei settori di centro lago e sono invece maggiori, in giugno, nei bracci di Capolozza e Cornello. Questo risultato può essere giudicato comunque normale se si tiene conto del fatto che i due bracci presentano una facies tipicamente palustre, a più lento ricambio, che esalta le differenze termiche riscontrate fra le due campagne.

5.1.1.2 Analisi chimico-fisiche e microbiologiche – stato di eutrofizzazione delle acque

Tra il 1998 e il 2001 ARPA Umbria ha effettuato un monitoraggio chimico, fisico e biologico delle acque del lago⁶. Con questa campagna si sono acquisiti dati da mettere in relazione con le serie storiche scaturite dalle indagini svolte da diversi soggetti nel corso degli anni precedenti (ad es.: ENEL-DCO, Indagini per la valorizzazione del lago di Piediluco, Rapporto finale, 1989).

Durante l'indagine condotta da ARPA, finalizzata alla caratterizzazione delle acque del lago e di quelle dei fiumi Nera e Velino, sono stati determinati parametri chimici, fisici e biologici mediante campionamenti effettuati in superficie, profondità e fondo, con cadenza mensile, nelle dieci stazioni evidenziate in Fig. 4 in Allegato. I parametri chimico-fisici determinati sono: temperatura, conducibilità, solidi sospesi, BOD, COD, TOC, Tensioattivi, N_{TOT} , NH_4 , NO_2 , NO_3 , P_{TOT} , PO_4 , Cl^- , Na, K, SO_4 .

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

Il materiale sospeso presente nelle acque del lago è di natura prevalentemente organica e può derivare dall'apporto degli scarichi domestici (correlazione positiva con i tensioattivi); la relazione che si instaura invece tra le concentrazioni di nitrati-ossigeno disciolto e temperatura è inversa: al diminuire della temperatura del lago infatti migliorano le condizioni di ossigenazione e nitrificazione.

Oltre alle stazioni di centro lago e della sua parte più meridionale, sono state prese in considerazione anche due stazioni situate rispettivamente sul Velino e all'uscita del Canale Medio Nera, significative per l'apporto di sostanze organiche al lago. Dall'analisi dei dati chimici relativi alle due stazioni suddette si evidenzia che il carico inquinante apportato dalla derivazione del Medio Nera è maggiore di quello del fiume Velino per tutti i parametri analizzati, tranne che per l'azoto ammoniacale. Quest'evidenza sottolinea il ruolo della derivazione del Medio Nera sia in relazione al carico inquinante immesso, sia come elemento che condiziona la dinamica ambientale del lago.

Differenze sostanziali si evidenziano anche tra le stazioni situate sul lago e quelle che qualificano gli apporti idrici finalizzati allo sfruttamento idroelettrico (F.Velino e derivazione del Medio Nera); tali differenze sono determinate soprattutto da conducibilità, materiale sospeso, TOC, fosforo totale, ammoniaca totale, nitrati, nitriti, ossigeno disciolto e temperatura dell'acqua, a dimostrare la diversità nei meccanismi di ricambio idrico, di ossigenazione e mineralizzazione di azoto e fosforo.

Le indagini chimico-fisiche effettuate alla fine degli anni '80 dall'ENEL-DCO, Unità Laboratorio di Piacenza⁷ che si sono articolate in due campagne stagionali, una invernale e una estiva, presentano risultati simili a quelli effettuati da ARPA a dieci anni di distanza.

Nella campagna invernale le acque affluenti al lago sono risultate ricche di nutrienti: in particolare il fiume Velino ha presentato una concentrazione media di fosfato pari a 0.24 mg/l, il canale Medio Nera di 0.077 mg/l e il Rio Fuscello di 0.1 mg/l. I livelli di ossigenazione sono stati buoni ovunque, come prevedibile nella stagione invernale; le concentrazioni di metalli pesanti sono risultate modeste e quelle dei cationi ed anioni principali sono state, sia in estate che in inverno, maggiori nel fiume Velino rispetto al Nera, riflettendo in questo modo le caratteristiche gochimiche dei due bacini imbriferi. Nella stagione estiva la concentrazione dei nutrienti del Nera è stata più elevata rispetto a quella del Velino.

Relativamente all'ossigeno disciolto, nella campagna invernale le concentrazioni si sono mantenute elevate su tutta la colonna d'acqua, con leggeri cali verso il fondo; nella campagna estiva invece i valori superficiali hanno mostrato incrementi diurni per la fotosintesi ed il citato calo verso il fondale si è accentuato, pur restando la concentrazione tra i 2 e i 5 ppm.

Relativamente ai nutrienti, le concentrazioni invernali sono risultate uguali sia in superficie che sul fondo. In estate al contrario sono stati riscontrati sul fondo valori molto più elevati, con concentrazioni di azoto ammoniacale e ortofosfati in superficie pressoché nulle a causa dell'assunzione da parte del fitoplancton. La concentrazione media di fosforo totale all'inizio dell'utilizzo algale (cioè nel periodo di circolazione) è risultata pari a 84 $\mu g/l$; il contenuto di fosforo che competerebbe al lago per cause naturali è risultato, secondo l'indice morfoedafico (Vighi, Claudiani, 1985) pari a 20 $\mu g/l$.

L'indagine microbiologica, eseguita da ARPA Umbria tra il luglio del 2000 e il giugno del 2001, con cadenza mensile, nelle stesse stazioni individuate per i prelievi del monitoraggio chimico-fisico, ha interessato la rilevazione dei seguenti parametri:

- coliformi fecali;
- coliformi totali;
- streptococchi fecali;
- salmonella;
- aeromonas;
- pseudomonas.

I valori dei coliformi, presenti in tutte le stazioni di monitoraggio, si presentano più elevati nelle stazioni situate all'ingresso del canale Medio Nera e sul Velino; la presenza di aeromonas e pseudomonas è invece costante senza mai raggiungere valori tali da danneggiare le specie ittiche lacustri. Le salmonella, di cui è stata eseguita la tipizzazione sierologica, sono state rinvenute con una distribuzione di tipo casuale.

Nei mesi di Febbraio e Agosto del 1988 anche l'ENEL ha compiuto due serie di campionamenti allo scopo di valutare le caratteristiche igienico-sanitarie delle acque del lago e dei suoi principali emissari.

In base al rapporto coliformi/streptococchi fecali scaturito dalle analisi effettuate si evidenzia come la carica batterica del fiume Velino sia elevata e dovuta all'apporto fognario urbano.

Nel caso del fiume Nera, il rapporto coli fecali/strepto fecali è sempre inferiore a 1, indicando come responsabili della carica batterica del fiume microrganismi di origine animale (allevamenti zootecnici).

Nel lago si registra un sensibile aumento per i parametri fecali determinati passando dai mesi invernali a quelli estivi, tanto che in alcuni campioni superficiali lo standard previsto per le acque destinate alla balneazione non è rispettato (Coliformi fecali < 100 colonie < 100cc).

Le analisi chimico-fisiche e microbiologiche effettuate testimoniano lo stato di sofferenza, cronicizzato negli ultimi decenni, che il lago manifesta in particolare nella stagione estiva. Oltre alle analisi suddette sono a disposizione anche i risultati degli studi finalizzati alla caratterizzazione dello stato trofico del lago.

L'ecosistema del lago di Piediluco infatti è stato oggetto di numerose indagini storiche, geografico-geologiche, climatiche ed ambientali fin dal 1825⁸. Tali indagini hanno evidenziato come il complesso sistema di regimazione idraulica che contraddistingue il lago e la conseguente dinamica idrologica interna, abbiano indotto modificazioni alla fenomenologia di natura fisica, chimica e biologica che si svolge entro la massa d'acqua; allo stesso modo, con il passare del tempo, l'aumento dell'antropizzazione e dell'industrializzazione hanno contribuito in modo sostanziale alla variazione dello stato trofico del lago.

Già Paganelli e Spatocco⁹ nello studio pubblicato nel 1963, basandosi sui risultati ottenuti dalla misurazione delle concentrazioni di fosforo, azoto e ossigeno disciolto presenti nelle acque, erano giunti alla conclusione che il lago di Piediluco si trovasse in uno stato intermedio tra l'eutrofia e l'oligotrofia.

La ricca bibliografia degli anni successivi ha descritto l'evoluzione delle caratteristiche trofiche delle acque del lago evidenziando il rapporto esistente tra le attività antropiche ed i caratteri evolutivi del bacino.

Nello studio condotto dall'Enel nel 1988 nell'ambito del "Progetto ambiente della Conca Ternana"¹⁰, le indagini sono state eseguite in due situazioni stagionali rappresentative, ed hanno rilevato una concentrazione media di fosforo totale pari a 84 µg/l, valore che per i criteri EPA (1974) e OECD (1982), ha portato a considerare questo ambiente come "eutrofico". Anche la concentrazione della clorofilla "α", la cui misura è indicativa dell'entità dei popolamenti fitoplanctonici, e l'andamento della trasparenza (che ha mostrato i massimi valori in corrispondenza dei minimi della clorofilla), hanno avvalorato il giudizio trofico negativo, portando a classificare le acque di questo lago addirittura come ipertrofiche.

Un'ulteriore campagna di indagine compiuta dall'Enel nel triennio 1993-1996¹¹ mette a disposizione una serie di dati che descrivono lo stato trofico del lago, consentendo di fare un confronto temporale tra le concentrazioni di ossigeno disciolto, fosforo totale e clorofilla α. Nell'ambito di tale analisi, oltre alle stazioni di prelievo di centro lago (Fig.5, dell'Allegato, staz. 2,4,5) e della parte meridionale del lago (Fig.5, dell'Allegato, staz. 6,7,8), vengono coinvolti anche il fiume Velino (Fig.5, dell'Allegato, staz. 1) e la derivazione del Medio Nera (Fig.5, dell'Allegato, staz. 3), per evidenziare il rapporto esistente tra il lago e gli apporti idrici finalizzati allo sfruttamento idroelettrico. I prelievi inoltre sono stati effettuati in due diverse fasce orarie (6h-7h, e 20h-21h) al fine di evidenziare eventuali variazioni associate alle oscillazioni di livello del lago.

Le serie di dati sono consultabili nel rapporto ENEL citato; riferendosi ai singoli parametri, possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- **Ossigeno disciolto:** la situazione peggiore si è registrata nel '93; nel biennio successivo i valori medi sono aumentati sia in superficie che sul fondo, facendo registrare una concentrazione di ossigeno disciolto sempre maggiore nella fascia oraria 6h-7h rispetto a quella 20h-21h, intorno ad un valore medio pari a 10 mg/l O₂; le differenze tra le due fasce orarie sono mediamente superiori a 1mg/L.
Non è possibile però stabilire se tali differenze siano da imputare al bilancio produzione/consumo della notte o siano invece influenzate dalle dinamiche di livello del lago.
- **Fosforo totale:** le concentrazioni riscontrate in base agli standard OCSE indicano una situazione di ipereutrofia, il valore medio registrato nel periodo 1993-96 è pari a 90,0 µg/l. Tuttavia nel corso del 1996, rispetto al 1995, si verifica un decremento del valore medio (da 70.3 µg/l a 60.6 µg/l); nel 1994 è stato riscontrato invece il valore medio più elevato (174 µg/l), mentre nel 1993 il valore medio è stato di 55 µg/l. Le differenze fra le concentrazioni delle due fasce orarie non sono in genere molto evidenti. Nella derivazione del Medio Nera e nel fiume Velino gli andamenti sono corrispondenti, la concentrazione massima è relativa al 1994 ed i valori 1995-1996 mostrano una progressiva riduzione; le concentrazioni del F.Nera (valore medio 100.25 µg/l) sono sempre più elevate rispetto a quelle del F.Velino (valore medio 61 µg/l).
- **Clorofilla α:** i valori medi più elevati si riscontrano nella staz.6 (14,78 µg/l sul fondo e 55,54 µg/l in superficie) mentre nella staz.4 sono compresi fra un minimo di 4,77 (fondo) e 10,10 µg/l (fondo). Secondo gli standard OCSE concentrazioni di 8-25 µg/l comportano eutrofia, se superiori a 25 µg/l si hanno condizioni di ipereutrofia. Con l'esclusione del 1995 le concentrazioni che si riscontrano nella fascia oraria 6h-7h sono inferiori a quelle registrate nell'intervallo 20h-21h; questo andamento è analogo a quello riscontrato per l'ossigeno.

Il lago si mantiene quindi in una condizione di eutrofia-ipereutrofia, le condizioni ambientali sono tendenzialmente stabili; nel periodo più recente sembra migliorare la situazione del fosforo totale e comunque, in genere alla fine dell'inverno, per tutto il periodo considerato, la concentrazione dell'ossigeno disciolto oscilla su buoni livelli escludendo ipotesi degenerative in atto.

Negli anni 1998-1999 l'indagine compiuta dal gruppo di lavoro della Prof.ssa L. Mantilacci¹², ha presentato l'ultima valutazione, in ordine di tempo, dello stato trofico del lago di Piediluco.

L'indagine sperimentale, eseguita dal maggio del '98 all'aprile dell'99, con prelievi mensili effettuati nel momento di svuotamento del fiume Velino (che si realizza tra le h 7 e le h 19), ha interessato 8 stazioni di campionamento, coincidenti con quelle considerate dall'ENEL nell'indagine sperimentale del triennio '93-'96 (Fig.5 dell'Allegato).

La valutazione dello stato trofico è stata effettuata secondo i criteri proposti dall'O.C.S.E. basati sui valori medi annuali e massimi dei parametri di concentrazione di clorofilla α e trasparenza (misurata secondo Secchi) e sui valori medi annuali del fosforo totale riportati nella seguente tabella:

Tab.2: Criteri OCSE per la valutazione dello stato trofico

Stato Trofico	Clorofilla α (mg/m ³)		Trasparenza (m)		Fosforo totale (mg/m ³)
	Media annua	Max	Media annua	Min	Media annua
Ultratrofia	<1	<2.5	>12	>6	<4
Oligotrofia	<2.5	<8	>6	>3	<10
Mesotrofia	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5	10-35
Eutrofia	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7	35-100
Ipereutrofia	>25	>75	<1.5	<0.7	>100

Sulla base dei valori di questi parametri rilevati nelle 8 stazioni di campionamento (Fig.5 dell'Allegato) si attribuisce al lago di Piediluco una condizione complessiva di eutrofia, con tendenza alla mesotrofia nel settore occidentale (staz. 1,2,3) e all'ipertrofia in quelle centrali (staz. 4 e 5) e meridionale del lago (staz. 6,7,8). In questi ultimi si registrano sia valori medi più elevati per la clorofilla α e fosforo totale (e inferiori di trasparenza), sia una maggiore variabilità dei parametri che raggiungono valori massimi molto elevati.

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

5.1.1.3 Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti

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

I suddetti fenomeni di adsorbimento, che coinvolgono uno scambio dinamico tra il materiale adsorbito e la fase acquosa, sono influenzati da numerose variabili di natura chimico-fisica e chimica quali: il pH, il potenziale ossido-riduttivo, l'ossigeno disciolto, il contenuto di carbonio organico ed inorganico.

Nell'ambito del progetto finalizzato al monitoraggio ambientale del lago, il gruppo di lavoro del Prof. Morozzi¹³ ha effettuato campionamenti e analisi sui sedimenti, tra il 1998 e il 1999, nei periodi primaverili e autunnali.

Malgrado la modesta superficie del Lago di Piediluco per cui la normativa in materia (D.Lgs.152/99) prescriverebbe una sola stazione di campionamento, sono state, in realtà, individuate sei stazioni di prelievo (Fig. 7, dell'Allegato) localizzate una a centro lago (staz. n.4), ed altre tre nei rami ciechi, in piccole baie (staz. n. 1, 2, 3), ed infine in due punti tipici del lago, in prossimità cioè dell'ingresso dell'emissario-immissario Velino (staz. n.6) e dell'uscita del Canale Medio Nera (staz. n. 5). I prelievi, tranne ovviamente quello eseguito a centro lago, sono stati eseguiti a circa 20 metri di distanza dalle sponde ed i campioni sono stati limitati allo strato più superficiale di sedimento fino ad uno spessore di 5 cm. Tale scelta è stata dettata dal fatto che lo strato più superficiale è quello maggiormente interessato dagli scambi tra matrice solida e liquida.

Sui campioni prelevati sono stati determinati i seguenti parametri: Umidità, Residuo secco, Carbonio Organico Totale (TOC), Carbonio Inorganico, Solfuri Acidi Volatili (AVS), Tensioattivi (LAS), Fosfati, IPA, Metalli pesanti (Rame, Piombo, Cadmio, Cromo, Nichel), Policlorobifenili (PCB), Erbicidi (classe delle Triazine) e Pesticidi organici clorurati (Tab.3, pag.8 dell'allegato).

Dai risultati delle analisi chimiche effettuate (Tab.3, dell'allegato), si deduce che:

- la concentrazione dei solfuri acidi volatili (AVS), i quali rivestono una particolare importanza sia perché indicano lo stato di anossia dei sedimenti, sia perché sono in grado di legare i metalli e renderli quindi meno bio-disponibili, risulta più elevata nelle stazioni 5 e 6;
- la concentrazione dei tensioattivi (LAS), indice di inquinamento da reflui di natura domestica, risulta abbastanza uniforme sia tra le diverse stazioni che nelle due stagioni di prelievo considerate. Le stazioni 4 e 5 (Fig. 7, dell'Allegato) risultano comunque quelle in cui si è riscontrata una maggior concentrazione di LAS sia in primavera che in autunno (Tab.3 e Fig. 8a e 8b dell'Allegato). I dati ottenuti possono trovare una logica spiegazione nel fatto che le due stazioni possono essere interessate dal rilascio dovuto agli effluenti da insediamenti urbani.
- Analoghe considerazioni valgono anche per i fosfati i quali entrano nella composizione dei detersivi per uso domestico, anche se non va trascurato l'eventuale apporto dovuto alle pratiche agricole e quello legato agli allevamenti ittici presenti lungo l'asta del fiume Nera. Le concentrazioni più elevate della stazione 5 (Tab.3, dell'Allegato) potrebbero essere imputate ai due fenomeni congiunti sopra riportati. Tale stazione, infatti, è interessata sia dagli scarichi provenienti dall'insediamento di Piediluco che dall'immissione delle acque provenienti dal Canale Medio Nera.
- Per quanto riguarda i metalli pesanti, che sono considerati importanti indici di inquinamento da sostanze tossiche, si sono riscontrati valori molto bassi, spesso inferiori al limite di rilevabilità della tecnica utilizzata, per cadmio, cromo e nichel, mentre valori più elevati si riscontrano per il piombo e soprattutto per il rame (Tab.3 dell'allegato).
- In riferimento agli altri composti tossici si è notata la presenza di PCB nella stazione 6 solo nel periodo primaverile e di pesticidi organici clorurati nelle stazioni 5 e 6 sempre nello stesso periodo.
- Non è stata riscontrata, infine, la presenza di erbicidi della classe delle **Triazine** (Tab.3, dell'allegato).

Nel tentativo di dare un significato biologico ai valori dei parametri chimici che possiedono caratteristiche di tossicità, sono stati eseguiti saggi di genotossicità. su linfociti umani, saggi che, è bene precisare, non hanno un significato di tipo eco-tossicologico, ma solo una valenza indicativa di una tossicità potenziale nei confronti del materiale genetico. Da questi test si riscontra una attività tossica più o meno accentuata in base al punto di prelievo: in generale i sedimenti prelevati nella stazione di campionamento prossima al canale del Medio Nera, sito in cui si era riscontrata anche una maggiore concentrazione di inquinanti chimici, risultano essere quelli con maggiore attività genotossica. Il confronto con quanto riportato in letteratura, in particolare per quanto concerne i parametri indicatori di tossicità (IPA e Metalli pesanti), evidenzia però un grado di contaminazione non elevato per il lago di Piediluco

5.2 Le attività di monitoraggio di ARPA Umbria ai sensi del D.Lgs 152/99 e del DPR 470/82

Il D.Lgs. 152/99 (e s.m. e i.) disciplina la tutela delle acque in attuazione della direttiva comunitaria 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e della direttiva comunitaria 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati di origine agricola; tale norma quadro anticipa i contenuti della Direttiva 2000/60/CEE, non ancora recepita in Italia, che prevede per i bacini e per i distretti idrografici la predisposizione e l'attuazione dei piani di gestione integrata per la tutela della risorsa idrica.

Con il D.Lgs. 152/99 (Titolo IV) si è assunto il bacino idrografico come l'elemento fisico di base per il rilevamento dello stato quali-quantitativo e per la definizione degli obiettivi di qualità da perseguire, superando le delimitazioni direttamente riconducibili ai confini amministrativi. Con la Direttiva 2000/60/CEE si passerà invece alla definizione del "distretto idrografico" quale principale unità per la gestione dei bacini idrografici, che rimarranno comunque l'unità minima di riferimento.

Il monitoraggio eseguito ai sensi del D.Lgs. 152/99, relativamente ai corpi idrici superficiali, permette, sulla base dei dati disponibili (anno 2000, 2001, 2002, e 2003), di effettuare classificazioni e verifiche di conformità dei corsi d'acqua e dei laghi, per ogni uso stabilito.

Il decreto individua gli obiettivi minimi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi e gli obiettivi di qualità per specifica destinazione.

I corpi idrici significativi devono raggiungere lo stato "sufficiente" entro il 2008 e quello di "buono" entro il 2016 (la Direttiva Comunitaria 2000/60/CEE ne prevede il raggiungimento per il 2015), e devono mantenere o raggiungere l'idoneità a particolari usi umani, e alla vita dei pesci.

Il Decreto prevede all'art.5 che le Regioni, sulla base dei dati già acquisiti e dei risultati del primo rilevamento, identifichino per ciascun corpo idrico significativo, o parte di esso, la classe di qualità che risponde ai criteri individuati negli Allegati 1 e 2 del decreto stesso.

Alla luce delle serie storiche di dati raccolti ed elaborati ai sensi della L.319/76, la Regione Umbria e l'ARPA hanno avviato nel 2000 una rete di sorveglianza delle acque superficiali, composta da 102 stazioni, con l'intento di perseguire i seguenti obiettivi:

- ✓ classificare i corpi idrici in funzione degli obiettivi di qualità ambientale e della specifica destinazione;
- ✓ valutare l'efficacia di lungo periodo degli interventi di risanamento effettuati;
- ✓ valutare la capacità di ogni singolo corpo idrico di mantenere i processi naturali di autodepurazione e di sostenere comunità vegetali ed animali.

I corpi idrici interessati dall'attuale monitoraggio sono:

1. i corpi idrici superficiali (corsi d'acqua e laghi) individuati dall'Autorità di Bacino del Tevere negli "Obiettivi e priorità di intervento ai sensi dell'art.44 del D.Lgs. 152/99-2002- Schede di Piano di Bacino – Tutela delle risorse idriche", aggiornamento Luglio 2003
2. i corpi idrici superficiali individuati dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere, come aree soggette a tutela (Piano Stralcio del Trasimeno – *PSII Adottato dal Comitato Istituzionale delibera 39 del 31.05.2001 e Piano Stralcio di Piediluco – **PSIII Approvato dal Comitato Tecnico il 19.06.2002***).

La rete di monitoraggio in funzione degli obiettivi di qualità ambientale

Per quanto riguarda la rete di monitoraggio sui laghi, sin dal 2000 sono stati effettuati campionamenti semestrali sugli invasi naturali e su alcuni serbatoi artificiali, ed è stata elaborata una classificazione annuale secondo le indicazioni della tabella 11 All. 1 al D. Lgs. 152/99, tenendo conto delle variazioni all'art. 1 del suddetto allegato come proposto dal Ministero dell'Ambiente con il DM 29/12/2003 n.391. Tale modifica infatti, valida obbligatoriamente dall'anno 2004 per le analisi dell'anno 2003, è stata applicata anche agli anni 2001 e 2002.

Relativamente al lago di Piediluco, il punto di prelievo individuato è il centro lago ed il campionamento è stato eseguito lungo la colonna su tre diverse altezze: a metà, in superficie ed in profondità (Fig. 1 dell'Allegato).

La data di avvio della stazione di prelievo è Gennaio 2000, la frequenza di campionamento semestrale ed il numero di campioni esaminati al 30 Giugno 2004 è pari a 9.

I risultati che hanno consentito la classificazione dello stato ambientale evidenziano una situazione di precarietà per il lago di Piediluco, caratterizzato da una classe di qualità SCADENTE, disattendendo l'obiettivo di qualità SUFFICIENTE previsto al 2008; quest'ultimo nella proposta del Piano di Tutela delle Acque viene rimandato al 2016.

In allegato la tab. 5 riporta i dati che hanno permesso la classificazione per il lago di Piediluco dal 2000 al 2004; le tabelle 6 e 7 invece riportano i risultati ottenuti dall'applicazione delle modifiche apportate alla tabella 11 dell'Allegato 1 al D.Lgs. 152/99, da parte del DM 29/12/2003, n.391.

La rete delle acque balenabili

Sono considerate acque di balneazione tutte le acque, o parte di esse, dolci correnti o stagnanti, e l'acqua di mare, dove è espressamente autorizzata, o non vietata, la balneazione e viene praticata in maniera consuetudinaria da un congruo numero di bagnanti. La direttiva 76/160/CEE fissa i criteri minimi di qualità cui devono rispondere le acque di balneazione riguardo ai:

- parametri fisico-chimici e microbiologici;
- valori limite tassativi e i valori indicativi di questi parametri;
- frequenza minima di campionatura e il metodo di analisi o di ispezione di tali acque.

In base agli orientamenti della suddetta direttiva gli stati membri fissano i valori che intendono applicare alle proprie acque di balneazione.

Il recepimento nazionale della disposizioni indicate dalla direttiva 76/160/CEE è stato effettuato tramite il D.P.R. n. 470 del 08/06/82. Questo D.P.R. ha subito molteplici integrazioni e modifiche fino al 1993 con la legge n. 185 del 12/06/93 che integrava e convertiva in legge con modificazioni il decreto legge n.109 del 13/04/1993 (la disciplina prevista dalla legge n. 185 del 12/06/93 è stata successivamente prorogata fino al 31/12/03).

L'ultima modifica è avvenuta con il D.L. 51 del 31 marzo 2003, il quale modifica sostanzialmente l'art.6 del DPR 470/82.

Il D.P.R. 470/82, modificato ed integrato, riporta i principi ed i valori della direttiva comunitaria indicando:

- i requisiti chimici, fisici e microbiologici delle acque dolci, correnti, di lago e marine nelle quali la balneazione è autorizzata o non è espressamente vietata;
- la stagione balneare;
- il periodo utile per il prelievo dei campioni da parte delle autorità competenti.

Le acque vengono considerate idonee alla balneazione quando per il periodo di campionamento relativo all'anno precedente le analisi dei campioni prelevati, almeno con la frequenza indicata dalla tabella (allegato 1), risultano conformi a quelli della tabella stessa per almeno il 90% dei casi, e quando nei casi di non conformità il valore dei parametri non si discosti più del 50% dai corrispondenti valori.

Facendo proprie le indicazioni del DPR 470/82, la Regione Umbria ha individuato come zone oggetto del monitoraggio ai fini della definizione delle aree di balneazione il Lago Trasimeno nella provincia di Perugia, il lago di Piediluco e il laghetto Chico Mendes, nella provincia di Terni. Annualmente la designazione viene effettuata con atto dirigenziale. Per il 2004 i riferimenti sono DGR n.75 del 14 gennaio 2004, per la balneazione del lago Trasimeno e del lago di Piediluco, e la DGR n.2129 per il lago denominato Chico Mendes.

La rete di monitoraggio sulle acque superficiali destinate alla balneazione è attualmente costituita da tre sottoreti, per complessivi 24 punti. Le reti attive sono state definite a seguito della richiesta, agli uffici regionali preposti, dei singoli comuni. Dal 2000 ARPA monitora periodicamente il lago Trasimeno, il lago di Piediluco e il lago Chico Mendes.

Relativamente alla balneazione del lago di Piediluco, il monitoraggio è sempre stato eseguito sulle sette spiagge elencate nella tabella 8. Nessun programma di miglioramento finora attuato ha risanato le condizioni di sovrassaturazione dell'ossigeno disciolto, maggiore responsabile dei provvedimenti di non idoneità alla balneazione.

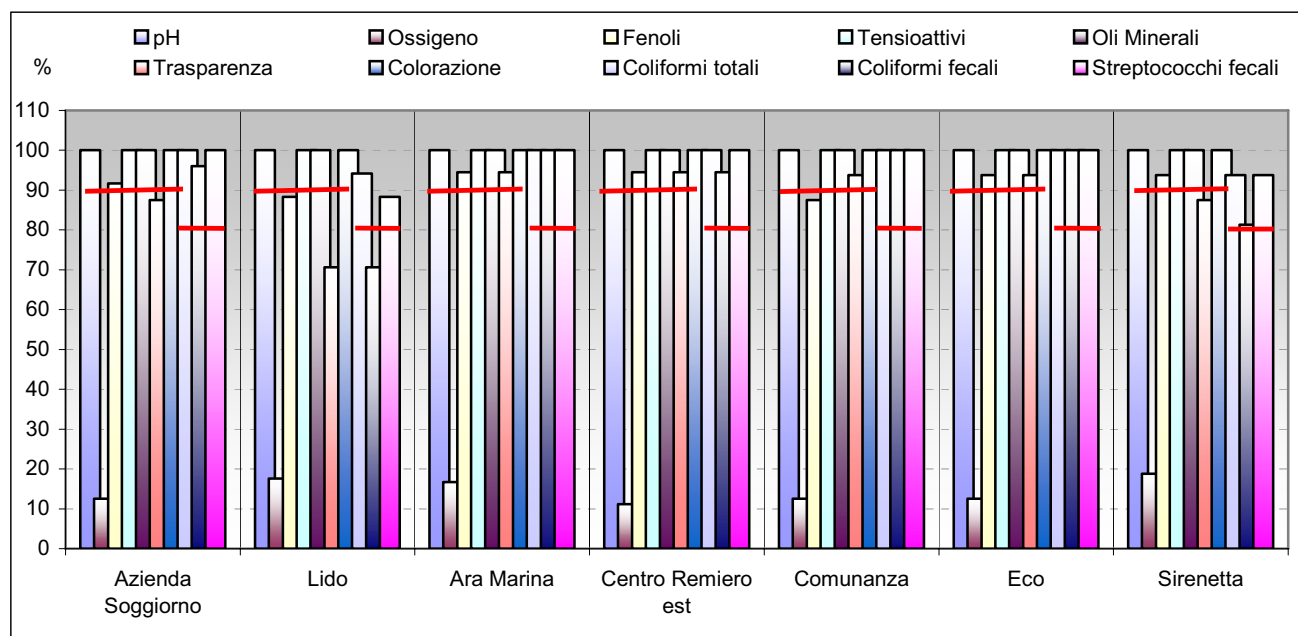
Tab. 8: Rete balneazione lago di Piediluco

Cod.ARPA	Cod.ARPA New	Localizzazione	Comune	Corpo Idrico	Bacino Idrografico
1880	PIE1	Ara Marina	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1881	PIE3	Centro Remiero	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1882	PIE2	Azienda Soggiorno	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1883	PIE4	Comunanza	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1884	PIE6	Lido	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1885	PIE7	Sirenetta	Terni	Lago di Piediluco	Nera
1886	PIE5	Eco	Terni	Lago di Piediluco	Nera

Per visualizzare i punti di prelievo della rete di monitoraggio per la balneazione sul lago di Piediluco si faccia riferimento alla Fig. 1, o allo schema 1 dell'Allegato.

I dati disponibili per gli anni 2002 e 2003 sono illustrati nel grafico sotto riportato:

Grafico 1: Risultati delle analisi effettuate per la balneazione-Valori medi anni 2002-2003



— Limite D.P.R. 470/82 che individua la percentuale dei casi conformi

Sulla base dei risultati ottenuti, possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- tutte le stazioni presentano valori di ossigeno non conformi per circa l'80-90% dei campioni esaminati; **tale fattore è determinante nel giudizio di idoneità alla balneazione;**
- tutte le stazioni non presentano invece valori anomali per pH, tensioattivi MBAS, oli minerali e colorazione;
- i fenoli risultano essere conformi per il 90% circa dei campioni, con un minimo di 87,5% per la spiaggia denominata "Lido";
- tutte le stazioni mostrano valori di trasparenza inferiori ai limiti del decreto per una percentuale compresa tra il 70% della spiaggia denominata "Lido", e il 94,5% di conformità dei campioni per le spiagge di "Ara Marina" e "Centro Remiero";
- non risulta essere particolarmente preoccupante l'inquinamento di natura organica, tranne che per le spiagge "Lido" e "Sirenetta", dove si riscontra una percentuale di campioni non conformi più elevata.

Per il lago di Piediluco l'obiettivo di tutela ai fini della balneazione, dai dati sopra esposti, risulta essere, in modo prioritario, il controllo della sovrassaturazione delle acque.

5.3 Monitoraggio e stato sanitario della fauna ittica

Le indagini finalizzate al monitoraggio della fauna ittica del lago di Piediluco sono state effettuate dal gruppo di lavoro formato dai tecnici della Provincia di Terni (Petesse, Carosi, Viali, Servizio Fauna) e dallo staff del Prof. Mearelli (Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Animale ed Ecologia).

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

Nel censimento effettuato in questa ricerca compaiono specie mai o quasi mai rinvenute in passato, come il Carassio, il Temolo e la Trota iridea, che possono essere considerate accidentali poiché risultano essere rappresentate solo da un individuo; inoltre per la Trota iridea e per il Temolo si può ragionevolmente supporre una loro provenienza dal Fiume Velino e dal fiume Nera, essendo stati rinvenuti proprio in prossimità del loro ingresso nel lago.

Accanto al censimento ittico, l'indagine ha avuto lo scopo di valutare anche lo stato sanitario della fauna ittica.

Lo studio patologico ed ispettivo prevedeva due obiettivi distinti:

- il primo prendeva in considerazione alcune famiglie di pesci presenti nel lago per sottoporle ad un monitoraggio per il controllo dello stato sanitario;
- il secondo verificava, quantificava e correlava a fattori quali peso, lunghezza ed età delle anguille, la presenza di pesticidi organoclorurati e policlorobifenili.

I risultati degli esami effettuati per il controllo dello stato sanitario hanno evidenziato una infestazione di origine parassitaria dovuta ad Acantocefali per i Salmonidi (trota e coregone), per la scardola e il pesce persico; per il luccio è stata evidenziata anche anemia branchiale e deperimento organico. La tinca presentava escoriazioni cutanee e anemia branchiale causata da un protozoo ciliato.

Gli esami batteriologici alimentari, effettuati al fine di controllare le varie popolazioni batteriche che potessero interessare le specie ittiche del lago sono risultati negativi. Pertanto una valutazione di carattere generale ha permesso di affermare che i pesci controllati presentavano una condizione microbiologica che escludeva rischi sanitari per il consumatore.

Per quanto riguarda la presenza di pesticidi ed inquinanti nelle anguille del lago di Piediluco, sono stati effettuati esami chimici per rilevare la presenza di composti organoclorurati e policlorobifenili. Dalle analisi effettuate si evince che nelle specie ittiche esaminate - trota fario, trota iridea e coregone, cavedano, scardola, luccio, tinca, carpa, pesce persico - i valori riscontrati sono risultati inferiori ai limiti previsti dalle norme vigenti.

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

5.4 Analisi della comunità bentonica

Nello studio condotto dallo staff del Prof. Mearelli¹⁴ si ritrova anche un'analisi sulla comunità bentonica presente nel lago di Piediluco.

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

L'analisi della comunità bentonica ha permesso di individuare nel lago una differenziazione in due zone, una orientale con caratteristiche lentiche, l'altra occidentale di tipo lotico, influenzata dalla presenza delle correnti Nera-Velino. Infatti, accanto a forme strettamente bentoniche, nella zona occidentale del lago sono state rinvenute anche taxa che meglio si adattano alle acque turbolente e comunque non ferme (Gammaridi, Tanipodini). La zona orientale presenta invece una comunità più monotona, rappresentata da taxa tipicamente bentonici quali Tubificidi, Chironomidi e Bivalvi.

I due settori si distinguono anche per il grado di trofia dei sedimenti. La zona occidentale mostra un valore dell'indice oligocheti/oligocheti+chironomidi pari a 50.88%, mentre la zona orientale pari al 18.56%.

Il calcolo degli indici evidenzia nel complesso che le conseguenze prodotte dal carico inquinante convogliato da Nera e Velino, a livello dei sedimenti, non sono allarmanti, delineando un livello di stress intermedio per il popolamento bentonico.

L'analisi dei parametri ambientali dimostra che il lago di Piediluco si mantiene in piena circolazione da novembre a marzo, in fase di stagnazione nei restanti mesi. I valori di trasparenza permettono di classificare il lago come eutrofo (< 3 metri), e non è mai stata registrata anossia completa degli strati profondi. Lo stato di pronunciata eutrofizzazione è reso manifesto dai fenomeni di sovrassaturazione dell'epilimnio e sottosaturazione dell'ipolimnio. Tuttavia questa situazione non degenera mai in anossia, forse grazie

all'elevato ricambio delle acque e all'influenza che Nera e Velino esercitano sulla termica e sulla distribuzione dell'ossigeno.

5.5 Monitoraggio della fauna spondale, del fitoplancton e dello zooplancton

Lo studio della fauna spondale¹⁵ è stato effettuato sui popolamenti della fascia costiera lacustre rivolgendo particolare attenzione alla spongofauna, costituita da spugne e da organismi filtratori che a loro volta possono ospitare altri organismi (endobionti). I dati hanno evidenziato la contrazione dei popolamenti sponginei collegati alla fascia del canneto, da mettere in relazione alla diminuzione della trasparenza e alla scomparsa o riduzione della fauna associata alle spugne.

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

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

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

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

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

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

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

5.6 Analisi botaniche

Le ricerche botaniche effettuate sul lago e sulla fascia perilacuale hanno prodotto uno studio floristico e vegetazionale¹⁶.

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

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

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

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

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

Sempre in posizione antistante il *Phragmitetum*, sono presenti i cosiddetti "aggallati", veri e propri tappeti galleggianti formati dai rizomi di cannuccia che costituiscono un substrato fertile per la germinazione e lo sviluppo di specie quali la *Mentha aquatica*, la *Carex pseudocyperus*, la *Scutellaria galericulata*, il *Galium palustre* e altre piante che vanno a formare l'associazione *Mentha aquatica* - *Caricetum pseudocyperus*.

Questi lembi di vegetazione sono in realtà distaccati dalla vegetazione spondale e vengono sospinti dalla corrente nelle zone più paludose del lago, contribuendo di fatto al fenomeno naturale di interrimento del lago. Le cenosi arboree sono costituite dalle associazioni *Salicetum cinereae* che presenta tra le specie caratteristiche *Viburnum opalus*, *Lysimachia vulgaris*, *Frangula alnus*, *Carex acutiformis*.

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

6. ANTROPIZZAZIONE DEI BACINI

Lo stato di elevata eutrofia del lago di Piediluco è prodotto sia dall'immissione di sostanza organica e nutrienti provenienti da sorgenti diffuse e puntuali, sia dai carichi interni di nutrienti presenti nei sedimenti del lago e accumulatisi nel corso del tempo.

I carichi esterni forniscono il nutrimento alla vegetazione acquatica presentandosi nella forma disciolta dei composti dell'azoto e del fosforo; i carichi interni intervengono nel bilancio di nutrienti del lago, attraverso processi di rilascio dei nutrienti stessi dai sedimenti del fondo allorché si realizzano, in particolari condizioni idrodinamiche, di temperatura e di carico organico, condizioni di anossia.

Poiché il fosforo è il fattore limitante la crescita algale, per ridurre i fenomeni di eutrofia del lago è necessario contenere i carichi apportati al lago di Piediluco.

Per valutare i carichi di fosforo immessi nel lago sono state convenzionalmente distinte le sorgenti, in relazione alle modalità di rilascio, in sorgenti diffuse e sorgenti puntiformi.

Nei paragrafi che seguono, sulla base dei risultati derivanti dagli studi e dalle indagini condotte sia dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, sia da ARPA Umbria, si propone una descrizione dettagliata delle fonti di nutrienti presenti nel bacino imbrifero del lago di Piediluco.

6.1 Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli

L'indagine sugli usi del suolo¹⁷ ha preso in considerazione gli elementi e le aree che presentano relazioni con i fenomeni di eutrofia presenti nelle acque del lago di Piediluco. In particolare la carta dell'uso del suolo¹⁸ ha lo scopo di distribuire sul territorio i dati di inquinamento da nutrienti che hanno determinato lo stato eutrofico del lago e che sono attualmente disponibili in forma aggregata senza dislocazione sul territorio; particolare attenzione è stata posta per le aree agricole che, attraverso il dilavamento dei suoli, trasportano i nutrienti al lago, per gli allevamenti zootecnici, per l'acquacoltura e per gli scarichi civili, soprattutto se derivanti da insediamenti sparsi.

L'area esaminata si estende per circa 2094 km²; a fronte della grande estensione territoriale, i contributi presi in considerazione in termini di agenti inquinanti (in particolare il fosforo) sono quelli veicolati al lago prevalentemente attraverso il dilavamento dei suoli agricoli, attraverso zone insediate, seppure in modo discontinuo, non servite da efficienti reti di collettamento e depurazione o comunque da zone antropizzate. Al contrario vaste superfici di territorio collinare e montano investito da bosco o incolto non producono carichi inquinanti valutabili sulla qualità delle acque del lago.

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

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

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

Confrontando gli usi emersi dalla interpretazione delle foto aeree dei voli AIMA 1996 e quelli che si possono desumere dalle carte IGM di circa venticinque anni precedenti, ci si rende conto che la pratica totalizzante

dei seminativi irrigui ha completamente cancellato ogni diversità colturale. Sono infatti del tutto scomparse, tranne minuscole particelle dal valore puramente testimoniale, le colture promiscue con vite e ulivo e quelle arboree che occupavano quasi tutta la porzione di territorio in questione.

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

Ad eccezione della Conca di Rieti quasi completamente coltivata a seminativi irrigui, le altre aree pianeggianti sono coltivate a seminativi asciutti

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

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

All'interno dell'area del bacino del lago di Piediluco i pascoli di grandi estensioni si trovano sui rilievi compresi tra le quote di 1300 e 1700 metri slm. I pascoli più estesi sono localizzati nella parte nord dell'area di studio, lungo tutta la dorsale montuosa che si estende dalla parte sud del territorio di Visso fino al nucleo urbano di S. Pellegrino, a sud-est di Norcia.

Al di là delle estensioni più consistenti, i pascoli sono diffusi in tutto il territorio del bacino, specie nelle aree dai rilievi più accentuati.

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

Il territorio in cui l'alternanza di appezzamenti a seminativi e appezzamenti a pascoli o prati pascolo è più consistente, dovuta anche ad una orografia più articolata, è quello di Cascia.

Accanto a quella sull'uso del suolo, l'indagine relativa alle caratteristiche dell'edificazione sviluppatasi all'interno del bacino ampliato del lago di Piediluco conferma quanto già emerso dall'indagine sugli usi agricoli.

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

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

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

6.2 Ricognizione sullo stato della depurazione e del collettamento sul territorio dei bacini afferenti al lago di Piediluco

Il bacino idrografico del lago ha un'estensione di circa 3200 kmq e interessa 56 comuni; tuttavia dall'indagine eseguita sono stati esclusi tutti i territori comunali situati a monte degli invasi artificiali di Postacciola (lago del Turano) e Santa Lucia (lago del Salto). L'area interessata dallo studio è di circa 2100 kmq e ricade nelle regioni Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo. In particolare l'area idrografica che incide sulla qualità delle acque del lago insiste nelle province di Macerata, Rieti, Terni, Perugia e L'Aquila e comprende 39 comuni (Tab. 4 dell'Allegato).

La ricognizione¹⁹ effettuata può essere suddivisa in quattro fasi:

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

Sulla base dell'indagine svolta si è riusciti a delineare uno scenario il più attendibile possibile.

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

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

La popolazione servita, espressa in abitanti equivalenti e suddivisa per singole regioni è riportata in tabella:

REGIONI	a.e. serviti da depuratori	a.e. serviti da fosse imhoff/settiche	a.e. serviti da pozzi neri	a.e. non trattati	a.e. totali
Marche	12.960	1.665	179	2.896	17.700
Umbria	18.869	12.990	200	5.035	37.094
Lazio	119.779	20.081	614	9.890	150.372
Abruzzo	0	775	0	0	775

Le indagini effettuate hanno messo in luce che la percentuale di a.e. serviti dagli impianti di depurazione è pari al 73.61%; e 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 funzionanti, al momento dell'indagine, 2 nelle Marche, 7 in Umbria e 25 nel Lazio (Graf. 2, 3, 4, 5, 6 dell'Allegato).

Le infrastrutture fognanti coprono circa l'86.4% dell'intero territorio esaminato ma da queste rilevazioni emerge chiaramente che la maggior parte delle dotazioni comunali consistono in fognature miste a cui è imputabile, nella maggioranza dei casi, il non corretto funzionamento degli impianti di depurazione.

Per quanto attiene il trattamento degli scarichi provenienti dalle attività civili e industriali, con esclusione di quelle ittigeniche, i risultati elaborati consentono di stimare un carico inquinante addotto al lago in termini di azoto e fosforo rispettivamente pari a 317.311 kg/anno di azoto e di 37.386 kg/anno di fosforo. Sommando a questi valori i carichi derivanti dagli allevamenti ittigenici (ARPA Umbria, Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trotticoltura in Valnerina, Rapporto finale, Dicembre 2002), il carico inquinante complessivamente addotto al lago è rispettivamente pari a 47.576 kg/anno di fosforo e 368.551 kg/anno di azoto.

Allo scopo di formulare proposte tecniche per il miglioramento degli impianti, sono stati verificati i seguenti fattori:

- l'esistenza e la natura (mista o separata) di fognature a servizio delle popolazioni residenti;
- la presenza e l'efficienza degli impianti di depurazione delle acque di scarico;
- la natura dei corpi recettori delle acque reflue.

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.

Dall'esame degli impianti di depurazione esistenti, in corso di progettazione e realizzazione nei comuni oggetto della ricerca, le proposte tecniche migliorative formulate sono di seguito indicate:

- per insediamenti abitativi di consistenza inferiore a 1000 a.e., è consigliata 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 (> 1000 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.

- se invece questa soluzione non è praticabile, e sono stati scelti singoli impianti biologici di depurazione a servizio di piccoli centri abitati, è necessario che ad essi venga assicurata una gestione corretta e continua.

Esistono inoltre sistemi di trattamento depurativo che utilizzano lo smaltimento dei reflui grezzi, precedentemente sottoposti a chiarificazione, sul terreno o negli strati sub-superficiali. Essi prevedono la preventiva separazione delle acque luride da quelle meteoriche e possono essere di tre tipologie:

- sistema a dispersione sul terreno per sub-irrigazione;
- sistema a dispersione sul terreno mediante pozzi assorbenti;
- sistemi a percolazione nel terreno mediante sub-irrigazione drenata.

Questi sistemi hanno avuto applicazione soprattutto nei casi di piccoli insediamenti abitativi isolati, temporanei o privi di collegamento fognario; tuttavia esistono alcuni motivi di perplessità relativamente alla loro effettiva efficienza, tanto che 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.

Per quanto riguarda l'adeguamento degli impianti di depurazione esistenti, che nella maggior parte dei casi 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 recettore finale.

6.3 Impatto ambientale degli impianti di trotticoltura della Valnerina

Negli ultimi 30 anni grazie alle caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche del territorio del bacino del fiume Nera, si sono qui insediati numerosi allevamenti ittici, soprattutto trotticoltura, che da forme di attività a conduzione familiare, si sono trasformate in vere e proprie aziende a carattere agricolo-industriale.

Lungo l'asta fluviale sono sorti 16 impianti: 4 nelle Marche e 12 nel territorio umbro; di questi 9 sono ubicati a monte della derivazione del canale del Medio Nera, tributario del lago di Piediluco.

Dai dati acquisiti nel corso degli anni, si è riscontrato un arricchimento in nutrienti nelle acque in uscita dagli impianti di trotticoltura, e per questo motivo le attività ittiogeniche svolte in Valnerina sono state individuate come concausa dei fenomeni di eutrofizzazione che interessano il lago di Piediluco²⁰.

Al fine di avere un quadro il più possibile attendibile sul fenomeno, ARPA ha effettuato il monitoraggio dell'impatto ambientale provocato dagli impianti di trotticoltura della Valnerina²¹ con l'obiettivo di valutare l'impatto esercitato dagli impianti di trotticoltura sugli ecosistemi acquatici, verificando l'effettivo carico inquinante da essi apportato al lago di Piediluco.

Per acquisire dati certi sull'entità del fenomeno, ARPA ha realizzato una rete di monitoraggio che ha permesso di reperire informazioni sulla qualità dei corpi idrici su cui insistono queste attività produttive. Tali informazioni hanno consentito di stimare il reale quantitativo di sostanze nutrienti (azoto e fosforo) liberate nell'ambiente e di sostanza organica prodotta, per poter risalire ai quantitativi di nutrienti scaricati nei corpi idrici recettori e al quantitativo di solidi sospesi da rimuovere.

I dati acquisiti durante la fase di monitoraggio, che ha avuto una durata pari a 18 mesi, ed i risultati ottenuti hanno consentito di creare una banca dati in grado di caratterizzare 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 hanno avuto inoltre lo scopo di individuare i possibili interventi e/o provvedimenti da adottare per mitigare l'impatto dovuto agli impianti di trotticoltura.

Dalle stime effettuate emerge che il carico inquinante proveniente dai soli impianti di trotticoltura è pari a 18,7 Kg/giorno per il fosforo e 112,4 Kg/giorno di azoto.

Correlando tali dati con quelli già in possesso dell'Agenzia relativamente alla stima del carico inquinante presente immediatamente prima della diramazione del canale del Medio Nera, ne consegue che l'apporto percentuale di fosforo dovuto alle sole trotticoltura è pari al 18%; quello di azoto invece è minore del 7%.

Tali dati indicano che, presi singolarmente, gli allevamenti non sono la principale causa di un livello di eutrofia elevato, ma il cospicuo numero di stabilimenti presenti, a volte ubicati a poca distanza l'uno dall'altro, genera un effetto sommatoria che potrebbe compromettere la capacità autodepurativa dei corpi idrici recettori.

Allo stesso tempo è stato riscontrato che in alcuni casi le acque in ingresso agli impianti di allevamento risultano già cariche di sostanze inquinanti. La loro presenza suggerisce allora che a determinare la

situazione esistente concorrano anche altri fenomeni: presenza di scarichi antropici isolati non collettati con la rete fognaria, allevamenti zootecnici di altra natura, fenomeni collegati al dilavamento dei terreni coltivati, etc.

Il quadro delineatosi propone quindi che per minimizzare gli impatti sugli ecosistemi acquatici (aste fluviali e spazio lacustre) in cui insistono anche le colture ittiche devono essere adottate azioni che agiscano a diversi livelli di intervento, e in particolare:

- per i fenomeni non riconducibili alle trofocolture (allevamenti di altro tipo, scarichi isolati, etc.) interventi di tipo strutturale (es. fognature, depuratori) e normativi tesi a disciplinare ad es. la pratica della fertirrigazione;
- per i fenomeni d'impatto che scaturiscono direttamente dalla presenza delle trofocolture, gli interventi si traducono in:
 - iniziative a livello nutrizionale, con l'utilizzo di mangime ad elevata digeribilità e contenuto di sostanze in grado di accrescere la ritenzione corporea riducendo al contempo la quantità di cataboliti azotati e fosforati escreti;
 - iniziative in ambito gestionale, con l'applicazione di protocolli di controllo tesi da un lato a ridurre gli sprechi di mangime, dall'altro a rendere più efficienti i sistemi di trattamento per la prevenzione e la cura di malattie;
 - interventi di tipo impiantistico, come la rimozione dei solidi sospesi, principalmente costituiti da escrementi e residui di mangime, con l'ausilio di filtri meccanici rotanti e/o decantatori.

7. VALUTAZIONE DEI CARICHI PRODOTTI E SVERSATI NEL BACINO DEL LAGO DI PIEDILUCO

Per stimare i carichi provenienti dai diversi comparti produttivi è stata adottata la metodologia che prende in considerazione le specifiche modalità di rilascio e trasferimento del fosforo legato alle particelle di suolo o disciolto nelle acque. A questo scopo è stata utilizzata l'articolazione del bacino del Tevere in 183 sottobacini elementari individuati dal Servizio idrografico nazionale, dei quali soltanto 25 compongono l'intera area del Piano stralcio per il lago di Piediluco (Tab.1 dell'Allegato).

Le acque di ciascun sottobacino sono drenate da un corso d'acqua o da un tratto di esso, anche appartenente al reticolo secondario o minore, che rappresenta pertanto un possibile veicolo di fosforo.

La stima del carico inquinante è stata calcolata nella sezione di chiusura di ciascuno dei 25 sottobacini e, per simulare il percorso dell'inquinante dalla sorgente fino al lago di Piediluco, inteso come corpo recettore finale, sono stati adottati opportuni coefficienti di abbattimento.

7.1 Modalità di trasporto del fosforo veicolato dalla rete idrica naturale e artificiale

Per seguire l'andamento del fosforo nelle reti idriche è stato ricostruito lo schema della circolazione idrica superficiale e delle derivazioni idroelettriche gestite dall'ENDESA nel bacino del Nera a monte del Canale medio Nera, (Fig. 4 dell'Allegato).

Il trasporto del fosforo da parte delle acque superficiali può avvenire con modalità differenti a seconda che si consideri:

- il fosforo sversato direttamente nella rete idrica (scarichi fognari, industriali, itticolture, etc.);
- il fosforo diffuso sui versanti, derivante prevalentemente dalle pratiche agricole (fertilizzazione).

Nel primo caso (scarichi puntuali) si tratta di fosforo che si muove in soluzione e viene veicolato dalle acque che alimentano durante tutto l'anno la portata del corso d'acqua (flusso di base), con regime molto stabile nella zona in studio.

In prima approssimazione si può assumere che questo quantitativo di P sia costante durante l'anno (benché la concentrazione del P anche con portata costante possa variare sensibilmente, ad esempio in funzione del numero di abitanti, che varia stagionalmente, o dell'attività degli impianti ittiogenici).

Nel secondo caso (scarichi diffusi) il fosforo si lega ai minerali argillosi che compongono i suoli e viene trasportato verso valle dalle acque di ruscellamento superficiale. Questo processo di trasporto avviene in modo impulsivo durante i periodi piovosi, pertanto il fosforo di provenienza agricola interessa la rete della circolazione in modo discontinuo.

In sintesi, la concentrazione di P in un campione di acque fluviali prelevato in periodi non influenzati dalle precipitazioni (nell'area in studio, ad alcuni giorni di distanza dalle ultime piogge) sarà da attribuirsi al fosforo derivante da scarichi puntuali nella rete idrica; viceversa un campionamento effettuato durante un periodo di piena sarà caratterizzato da un contenuto di P totale derivante anche dall'uso del suolo.

Per stimare l'effettivo apporto di fosforo che raggiunge il lago di Piediluco, è stata presa in considerazione l'autodepurazione naturale dei corsi d'acqua, funzione della lunghezza del percorso effettuato dall'inquinante per raggiungere il lago. Questo tentativo è stato utile per valutare i diversi apporti di fosforo totale provenienti da sottobacini ubicati a distanze variabili dal lago; a parità di carico infatti, sottobacini ubicati a distanze diverse esercitano sul lago pressioni diverse.

Prima verifica di assenza di possibili cause esterne di alterazione delle capacità di autodepurazione dei tratti fluviali scelti, si è quindi valutato, attraverso semplici analisi statistiche, il parametro di definizione della legge di decadimento della concentrazione del fosforo in funzione delle distanze, legge a cui si è data espressione matematica di tipo esponenziale:

$$C_f = C_i \cdot e^{-k \cdot d}$$

con:

C_i = concentrazione alla sezione iniziale del tratto;

C_f = concentrazione alla sezione finale del tratto;

k = parametro di decadimento posto pari a 10^{-6} m^{-1} ;

d = lunghezza del tratto espresso in m.

Per gli apporti che giungono al lago per mezzo del Velino invece, si è innanzitutto considerato che la portata del fiume entrante nel lago di Piediluco è pari a circa il 7,5 % della portata media annua (calcolata sulle serie storiche disponibili); quindi tale valore è stato adottato come coefficiente moltiplicativo degli apporti provenienti dal fiume Velino.

Definito l'abbattimento percentuale attraverso l'espressione:

$$\Delta\% = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 = \left(1 - \frac{C_f}{C_i}\right) \cdot 100 = (1 - e^{-k \cdot d}) \cdot 100$$

vengono riportati alcuni esempi di calcolo dell'abbattimento percentuale in funzione delle distanze:

Tab. 9: Esempi di calcolo dell'abbattimento percentuale in funzione della distanza

d (km)	$\Delta\%$
1	0.100
2	0.200
3	0.300
5	0.499
10	0.995
20	1.98
40	3.921
50	4.877
60	5.824

Per le fonti concentrate, il carico veicolato alla sezione di chiusura dei sottobacini è stato abbattuto utilizzando l'espressione di cui sopra.

IL carico che giunge al lago da ciascun sottobacino è il risultato del prodotto del carico alla chiusura per l'esponenziale negativo del coefficiente di decadimento, assunto pari a 10^{-6} della distanza in metri tra la chiusura del sottobacino e il lago per i sottobacini del Velino, e tra la chiusura del sottobacino e le opere di presa per i sottobacini che afferiscono al Canale Medio-Nera.

7.2 Carichi di fosforo dal comparto civile - industriale.

Al fine di pianificare una parte degli interventi necessari per il controllo dell'eutrofizzazione del lago, l'Autorità di Bacino del Tevere ha stimato la quantità di fosforo che, proveniente da fonti puntuali quali scarichi di tipo civile-industriale, veicolato nelle acque superficiali, raggiunge il lago. Anche gli scarichi civili-industriali infatti contribuiscono in larga misura all'evoluzione dello stato trofico del lago.

Per quanto riguarda la stima degli apporti provenienti dal comparto industriale, sono state considerate le acque reflue industriali provenienti da agglomerati industriali, convogliate in reti fognarie recapitanti in impianti di depurazione. Il dato utilizzato proviene dalle schede di rilevazione dell'ARPA Umbria relative agli impianti di depurazione, in cui è stato indicato dal gestore dell'impianto di depurazione il numero di abitanti equivalenti industriali trattati.

Gli apporti generati dal totale delle attività industriali incidenti sull'area del piano stralcio di Piediluco, seppure computati attraverso una procedura di calcolo suggerita dall'IRSA, basata sulla trasformazione del numero di addetti per tipologia industriale in abitanti equivalenti, e su un fattore di carico specifico per il fosforo, non sono stati considerati data l'approssimazione della stima, non verificabile attraverso una conoscenza dettagliata del territorio e l'analisi di situazioni locali.

Nei liquami grezzi di origine civile il fosforo è presente prevalentemente come ione ortofosfato, come fosfati condensati (polifosfati) e come fosforo organico. Sia il fosforo organico che i polifosfati sono rapidamente idrolizzabili a fosfati inorganici nei reattori di ossidazione biologica; di conseguenza, le uniche forme di fosforo organico o condensato che si trovano a valle di un trattamento biologico sono legate alla presenza di solidi sospesi, mentre gli ortofosfati sono praticamente l'unica forma in soluzione.

La possibilità di rimuovere il fosforo dalle acque di scarico sta nel fatto che questo elemento è presente in gran parte sotto forma di anioni che si combinano con cationi bi e trivalenti per dare fosfati insolubili. In pratica si utilizzano sali di ferro, di alluminio e di calcio che, esercitando un'azione flocculante, permettono di rimuovere una parte notevole di solidi sospesi a cui sono associate le altre forme di fosforo.

La metodologia generale che ha portato alla individuazione delle sorgenti e alla valutazione degli apporti inquinanti in termini di carico di fosforo si è articolata in tre fasi successive:

- nella prima fase, sempre individuando nel sottobacino l'unità elementare della pianificazione territoriale, si è proceduto alla stima del carico di fosforo generato considerando come sorgenti di generazione di tipo puntuale tutti gli scarichi gravitanti sui sottobacini stessi;
- nella seconda fase si è proceduto alla stima dei carichi effettivamente sversati nei corpi idrici recettori;
- infine si è provveduto alla valutazione dei carichi veicolati alla sezione di chiusura del sottobacino, in relazione all'efficienza autodepurativa del reticolo idrografico interessato.

La metodologia adottata ha consentito di seguire il percorso dell'inquinante, dalla sorgente generante fino al corpo idrico recettore, analizzando gli eventuali fattori di abbattimento.

L'esatta localizzazione geografica e la descrizione degli scarichi (tipologia di scarico, carico generato, tipologia di depurazione, recapito finale) sono state effettuate utilizzando i dati forniti dall'ARPA Umbria che ha realizzato, su incarico dell'Autorità di Bacino del Tevere, una ricognizione dello stato della depurazione e del collettamento nel bacino imbrifero del Lago di Piediluco.

Il lavoro svolto dall'ARPA Umbria ha restituito, per ciascuno dei comuni interessati, una fotografia dell'attuale presenza antropica, dell'efficienza del collettamento e della depurazione dei reflui ed ha indicato proposte tecniche migliorative degli impianti.

Ai fini della stima del carico di fosforo generato, il territorio di ogni sottobacino è stato considerato come la somma delle porzioni dei territori dei comuni in esso ricadenti. Per ogni sottobacino è stato costruito un database contenente le seguenti informazioni:

Tab. 10: Schema tipo delle informazioni ricavate sullo stato del collettamento e della depurazione

SOTTOBACINO	
TIPOLOGIA IMPIANTO DI SMALTIMENTO E/O TIPOLOGIA DI SCARICO	Depuratori Fosse di decantazione, fosse settiche, fosse imhoff Pozzi neri Scarichi a cielo aperto Scarichi su fossi, torrenti, fiumi Sub-irrigazione Scarico su solo
COMUNE	
FRAZIONE DEL COMUNE	
ABITANTI RESIDENTI	
ABITANTI SERVITI/ABITANTI NON SERVITI	Abitanti residenti Abitanti fluttuanti Abitanti equivalenti industriali
DISTANZA SCARICO - CHIUSURA DEL SOTTOBACINO	
DISTANZA SOTTOBACINO - LAGO	

Per ciascun sottobacino, per ciascuna porzione di comune che lo costituisce, sono state quindi predisposte tabelle di calcolo come quelle seguenti, che implementano ciascuna delle tre fasi in cui è articolata la metodologia adottata.

7.2.1 Stima del carico generato

Tab. 11: Schema della metodologia utilizzata per la stima del carico generato

COMUNE				
FRAZIONE	TIPOLOGIA DI DEPURAZIONE	ABITANTI SERVITI	PERDITE NELLA RETE	P GENERATO (Kg/anno)
	Depuratori Fosse di decantazione Fosse settiche Fosse imhoff Pozzi neri	Abitanti residenti + Abitanti fluttuanti + Abitanti eq. industriali	7%	(Abitanti serviti – perdite)*0,67
		ABITANTI NON SERVITI		(Abitanti non serviti) *0,67

Gli abitanti serviti sono stati calcolati sommando la popolazione residente e la popolazione fluttuante servite da fognatura in ciascuna frazione con gli abitanti equivalenti industriali serviti da fognature recapitanti in impianti di depurazione, sulla base dei dati forniti dall'ARPA Umbria, che ha anche indicato, quando disponibile, il dato relativo al numero o alla percentuale degli abitanti non collettati per ogni frazione.

Il valore di produzione di fosforo è stato assunto pari a 0,67 kg P/anno per abitante (IRSA 1990). Sono stati adottati per la popolazione fluttuante e per gli abitanti equivalenti industriali gli stessi valori di produzione di fosforo.

Si è considerato che in presenza di rete fognante il 7% del carico inquinante potenziale penetra nel suolo, mentre il 93% affluisce all'impianto di depurazione finale.

7.2.2 Stima del Carico Sversato

Per carico sversato si intende la quantità di fosforo che direttamente o indirettamente raggiunge il reticolo idrografico.

Nel caso in cui il carico generato come prima calcolato sia recapitato in impianto di smaltimento, per il calcolo del fosforo sversato nel reticolo, sempre in termini di kg/anno, è stata utilizzata la seguente procedura:

Tab. 12: Schema della metodologia utilizzata per la stima del carico sversato

ABBATTIMENTO DI P	P IN USCITA DALL' IMPIANTO	RECAPITO DELL' EFFLUENTE	P SVERSATO NEL RETICOLO IDROGRAFICO
Efficienza di rimozione	(P generato* efficienza di rimozione)	Fosso, torrente, fiume Sub-irrigazione Scarico a cielo aperto Scarico su suolo	(= P generato) (P in uscita dall' impianto* coeff. di asportazione)

La procedura risulta semplificata nel caso in cui il carico generato sia direttamente sversato nel reticolo idrografico, oppure sul terreno, come illustrato nella tabella che segue:

Tab.13: Schema della metodologia utilizzata per la stima del carico sversato direttamente nel reticolo idrografico

RECAPITO DELL' EFFLUENTE	P SVERSATO NEL RETICOLO IDROGRAFICO
Fosso, torrente, fiume	(=P generato)
Sub-irrigazione Scarico su suolo Scarico a cielo aperto	(P generato *coefficiente di asportazione)

Per determinare l'efficienza di rimozione del fosforo negli impianti sono stati utilizzati i seguenti valori :

- 10% per le fosse di decantazione, fosse settiche, fosse imhoff e pozzi neri ;
- 30% per i piccoli impianti di depurazione dotati di trattamento biologico;
- 40% per i grandi impianti di depurazione dotati di trattamento biologico;
- 80% per gli impianti di depurazione dotati di sistemi di defosfatazione.

In relazione alla tipologia del recapito finale degli effluenti il fosforo che raggiunge il reticolo è stato così calcolato:

- per gli scarichi su fiume, torrente o fosso il carico sversato è uguale al carico in uscita dall' impianto, o al carico generato in assenza di impianto;
- per gli scarichi sul suolo (sfiori di fosse imhoff, fosse settiche, fosse di decantazione, pozzi neri, scarichi diretti sul suolo) si sono considerate, per calcolare la quota di fosforo che dal terreno può raggiungere le acque superficiali, le caratteristiche di permeabilità del suolo di seguito riportate:

Tab. 14: Coefficiente di asportazione del fosforo da suolo alle acque superficiali

Permeabilità del suolo	Coefficiente di asportazione dal suolo alle acque superficiali (Fosforo)
Alta	0,75
Media	0,675
Bassa	0,6
Impermeabile	0,1

Si precisa che i suoli interessati dal presente studio sono caratterizzati da limitati strati di argilla in alcuni fondo valle, mentre la maggior parte presenta caratteristiche di permeabilità medio bassa.

7.2.3 Stima del Carico Veicolato

Per carico veicolato si intende il carico che raggiunge la sezione di chiusura del sottobacino.

Il carico totale veicolato alla sezione di chiusura è la somma dei carichi veicolati relativi a ciascuno scarico, calcolati utilizzando la procedura illustrata nella tabella seguente:

Tab. 15: Calcolo per la stima del carico veicolato

DISTANZA SVERSAMENTO/ CHIUSURA SOTTOBACINO	K DECADIMENTO	P CHIUSURA SOTTOBACINO (kg/anno)
	10^{-6}	$P \text{ sversato} * \exp (-K*d)$

Per ciascuno scarico dunque il quantitativo di fosforo veicolato alla chiusura del sottobacino è il risultato della moltiplicazione del carico sversato per una funzione esponenziale negativa del coefficiente di

decadimento dell'inquinante calcolato come descritto nel paragrafo 5.1, e della distanza tra il punto di sversamento e la chiusura del sottobacino, funzione che descrive la capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua che drenano il sottobacino.

In conclusione al quantitativo di fosforo così ottenuto è stato aggiunto quello relativo agli abitanti in case sparse.

Gli abitanti in case sparse in ciascun sottobacino sono stati stimati utilizzando l'informazione ISTAT '91 aggregata a livello comunale. Il trasferimento dei dati ISTAT '91 ai sottobacini è avvenuto utilizzando un semplice algoritmo: per comuni interamente ricadenti nei sottobacini il dato è stato integralmente riportato al sottobacino, per comuni parzialmente ricadenti nei sottobacini, il dato è stato attribuito al sottobacino secondo il rapporto esistente tra superficie del comune ricadente nel sottobacino e l'intera superficie comunale.

Per gli abitanti in case sparse si è ipotizzato che il 50% del carico generato raggiunga la chiusura del sottobacino.

La somma, alla chiusura del sottobacino, dei carichi di fosforo provenienti da abitanti equivalenti serviti, non serviti e dagli abitanti in case sparse fornisce il quantitativo di fosforo specifico prodotto da ciascun sottobacino.

L'effettivo carico di fosforo, prodotto dal comparto civile e industriale, che raggiunge il lago di Piediluco viene poi calcolato per ogni sottobacino, in relazione alla distanza dal lago, come spiegato nel paragrafo 6.1.

I risultati delle elaborazioni sono riportati nella tabella 16 dell'Allegato, che contiene sia i carichi di fosforo civile-industriale prodotti dai sottobacini, indipendentemente dalla posizione degli stessi rispetto al lago, sia i carichi effettivamente recapitati al lago di Piediluco, in relazione alla distanza dei sottobacini dal lago.

Per quanto riguarda il bacino del Nera, per distanza dal lago si intende la distanza tra la chiusura del sottobacino e ciascun punto di presa del Canale medio Nera.

Il carico stimato di fosforo che arriva dunque al lago di Piediluco risulta essere di 21,2 tonnellate/anno: di queste, la maggior parte, l'82%, proviene dal bacino del Nera, mentre le restanti, il 18%, provengono dal bacino del Velino. Il risultato, come emerge confrontando i carichi specifici prodotti da ciascun sottobacino e i carichi effettivamente recapitati nel bacino del Velino, risente fortemente dell'attuale regimazione della portata del fiume Velino a scopi idroelettrici.

Il Velino infatti, come noto, entra nel lago per 9 ore al giorno e con il 20% della sua portata. Ne consegue che i carichi in arrivo al lago sono ulteriormente ridotti di un coefficiente pari a 0,075.

Risultano dunque essere fortemente critici per carico da fosforo civile-industriale i sottobacini del Nera TEV-320-030 (bacino del Fiume Nera dal torrente Ussita al fiume Corno escluso) e il sottobacino TEV-320-40-30 (bacino del Fiume Corno fino al fiume Sordo incluso, bacino del fiume Sordo).

Per quanto riguarda il sottobacino TEV 320-030 risulta che il 73% del carico totale del sottobacino proviene da Visso: in questo comune infatti le acque reflue sono attualmente sottoposte esclusivamente a trattamenti di chiarificazione in fosse settiche o in fosse Imhoff e nel capoluogo è attualmente in funzione un grande impianto di depurazione biologico a servizio del mattatoio comunale. Inoltre il 16% del carico proviene da Preci, mentre Norcia contribuisce in minima parte poiché solo una parte del suo territorio ricade in questo sottobacino.

Nel sottobacino TEV 320-040-30, l'unico comune responsabile della produzione di fosforo è Norcia; su questa parte di territorio insiste infatti un grosso depuratore che è stato dimensionato per trattare i reflui prodotti da 19000 A.E., di cui una parte di origine industriale .

7.3 Carichi di fosforo da ittiocoltura

Le principali cause di impatto ambientale generato dagli impianti d'acquacoltura sono dovute all'alimentazione e al mantenimento delle condizioni igienico-sanitarie, come di seguito elencato:

- mangimi non consumati;
- prodotti del catabolismo degli animali;
- antibiotici, antiparassitari, batteriostatici;
- prodotti disinfettanti, biocidi, disincrostanti.

Gli effetti che le suddette cause generano possono essere così riassunti:

- azione tossica con meccanismi acuti;
- azione tossica con meccanismi cronici;

- domanda biologica di ossigeno;
- eutrofizzazione delle acque riceventi;
- intorbidamento e colorazione delle acque.

I principali elementi rilasciati nell'ambiente idrico in acquacoltura sono l'azoto ed il fosforo che, uniti ai solidi sospesi e al BOD, rappresentano le principali forme di impatto.

Nel presente contesto l'Autorità di Bacino del fiume Tevere ha focalizzato l'attenzione sul rilascio di fosforo dagli impianti di ittiocoltura.

Il fosforo viene escreto in forma solubile ed in forma particolata. La forma solubile, costituita da fosforo organico solubile e da ioni ortofosfato, è immediatamente disponibile per la crescita algale, mentre la forma particolata si accumula nei sedimenti e viene gradualmente rilasciata in forma solubile durante i processi biologici anaerobici.

Nelle normali condizioni di allevamento risulta da diversi studi che il pesce assimila circa il 21% del fosforo fornito con il mangime. Il resto del fosforo non assimilato dal pesce si ritrova nei sedimenti (feci e mangime non consumato) in ragione del 15%, e nel particolato sospeso per il 44%, mentre risulta disciolto in acqua il 20 %.

Il fosforo rilasciato in acqua determina un accrescimento fito e zooplanctonico.

Per stimare i carichi di fosforo provenienti dagli impianti di acquacoltura l'Autorità di Bacino ha proceduto, innanzitutto, ad effettuare un inventario degli impianti presenti, derivandolo dal Piano di settore "Troticoltura della Valnerina", approvato dalla Giunta Regionale dell'Umbria nel 1991, dalla carta di uso del suolo redatta per Piano stralcio del lago di Piediluco, dalla conoscenza diretta ed in ultimo da un'indagine specifica effettuata presso le Province e gli operatori del settore.

Sono poi state selezionate alcune caratteristiche strutturali e di produzione che permettessero di stimare il carico di fosforo proveniente da ogni singolo impianto di ittiocoltura presente nell'area. Tali caratteristiche sono state inserite in un apposito questionario con cui è stata effettuata l'indagine specifica per determinare la quantità di pesce allevato e le quantità di mangime impiegato da ciascun impianto.

Al fine di determinare il quantitativo di fosforo totale proveniente da ciascun impianto, in via cautelativa, anziché adottare i valori suddetti di consumo e perdite di fosforo, si è ipotizzato che il 50 % del fosforo fornito con il mangime venga perso in acqua, come indicato nel già citato Piano di settore "Troticoltura della Valnerina,,.

I carichi di fosforo apportati da ciascun impianto intensivo di trote sono stati stimati facendo delle opportune verifiche incrociate tra specchi d'acqua d'allevamento, quantità di mangimi utilizzati e capi allevati. I risultati delle elaborazioni sono visibili nelle tabelle 17, 18 e 19 riportate in allegato.

Gli allevamenti intensivi sono risultati 15, concentrati in 6 sottobacini del bacino del fiume Nera ed in due del bacino del fiume Velino.

Dalle elaborazioni effettuate sono emersi alcuni grandi apporti di fosforo ai corsi d'acqua dagli impianti di dimensioni maggiori, con carichi stimati che vanno dalle 3,6 alle 6 tonnellate/anno, ed un carico totale alla chiusura di 5 sottobacini (TEV-320-015, TEV-320-030, TEV-320-040-040, TEV-320-080-30, TEV-320-080-66) che risulta estremamente alto.

Per evidenziare l'effettivo contributo di apporto di fosforo al lago di Piediluco, i carichi potenziali sono stati leggermente diminuiti in funzione della distanza dal lago e fortemente abbattuti in considerazione dell'attuale regimazione delle acque del Velino che raggiungono il lago.

In tal modo, si evidenzia una criticità potenziale ed una effettiva di apporti di fosforo al lago dai diversi sottobacini.

7.4 Le criticità da carichi di fosforo da fonti diffuse

Per fonti inquinanti diffuse si intende, come è noto, tutte quelle fonti inquinanti a cui non è possibile attribuire un'unica localizzazione puntuale dell'inquinamento. In particolare, esse sono le superfici in cui si svolge l'attività agricola e silvicolturale, e le altre aree di uso del suolo dove avviene un dilavamento naturale. L'attività zootecnica intensiva si è ritenuta inclusa nell'attività agricola generale in qualità di fornitrice di fertilizzante organico per i terreni.

L'inquinamento da fosforo proveniente da fonti diffuse è attribuibile principalmente alla perdita di terreno dai suoli a causa dell'erosione, naturale o facilitata dagli usi antropici, ed in particolare di quella idrica. Il fosforo, infatti, risulta quasi esclusivamente, e fortemente, adsorbito alle particelle di suolo, mentre il fosforo riscontrabile in soluzione nel suolo si aggira intorno a 0,01 mg/l (Sequi, 1993). Da studi sperimentali condotti su aree agricole il quantitativo di fosforo perso in soluzione attraverso il ruscellamento è, comunque, inferiore ad 1 kg/ha anno ed il fosforo perso per percolazione può essere ritenuto nullo.

Nel tentativo di stimare anche per le fonti diffuse, così come per le fonti puntuali, un valore quantitativo dei carichi di fosforo che raggiungono il lago di Piediluco, l'Autorità di Bacino del fiume Tevere ha impostato la metodologia di calcolo descritta di seguito.

La gran parte della pianificazione e degli studi riguardanti l'inquinamento delle acque da fosforo attribuisce alle fonti diffuse un apporto di carichi di fosforo calcolato, per l'agricoltura, sugli apporti di fertilizzante in agricoltura e, per gli altri terreni, su coefficienti sperimentali, indipendentemente dal processo erosivo che avviene in quei particolari terreni.

L'approccio metodologico è stato quello di attribuire al terreno perso per erosione un quantitativo medio di fosforo, che può essere incrementato del 30% nei terreni agricoli per gli apporti annuali di fertilizzanti fosfatici.

Anche le tecniche di sistemazione e lavorazione dei terreni, nonché i metodi di distribuzione dei fertilizzanti influirebbero sui carichi di fosforo provenienti dall'agricoltura ma, non disponendo di tali informazioni, tali tecniche sono state considerate uguali su tutta l'area in esame.

Il fosforo che si può considerare perso in soluzione nelle acque di ruscellamento è meno del 4% del quantitativo perso per erosione. Il fosforo perso per ruscellamento nei terreni agricoli, quindi, può ritenersi incluso nelle approssimazioni delle stime effettuate sull'erosione.

Generalmente, il fosforo è contenuto nel suolo in misura dello 0,02 – 0,08 % del terreno in peso, con un valore medio dello 0,05 %. Tale contenuto tenderà ai valori massimi nei terreni dove si esplica l'attività agricola da molto tempo, per gli apporti di fertilizzanti fosfatici.

La relazione matematica utilizzata per la stima dei carichi di fosforo da fonti diffuse è la seguente:

Indicatore sintetico del fosforo da fonti diffuse = (Erostim x Pms) / (0,25 x I1 + 0,25 x I2 + 0,5 x I3)
dove:

Erostim = t/ha/anno di suolo che mediamente si erode, calcolato con la formula USLE;

Pms = contenuto medio di fosforo nel suolo, pari a 0,05 % del suolo in peso;

I1 = indice di fosforo inorganico applicato in agricoltura; (valori da 0,5 a 1);

I2 = Indice di fosforo organico proveniente dalle deiezioni animali; (valori da 0,5 a 1);

I3 = indice di aggravio da irrigazione; (valori da 0,5 a 1);

L'indice I1 varia in funzione dei quantitativi medi di fosforo, stimati dalla letteratura di settore, applicati alle tipologie di colture riscontrabili nella carta di uso del suolo (Piano Stralcio per la salvaguardia del lago di Piediluco, Tavole Cartografiche, Tavola 8a), come riportato nella tabella seguente.

Tab. 20: Variazione dell'indice I1 in funzione dei quantitativi di fosforo applicati alle diverse tipologie di colture

Cod Uso suolo	Categoria	Fosforo (Kg /ha anno)	I1 indice di P (min=1; max=0,5) *
PA	Pascoli, prati pascolo	18,6	0,77
SA	Seminativi asciutti	31,9	0,61
SI	Seminativi irrigui	34,7	0,58
CM	Colture promiscue	25,0	0,70
O	Colture orticole	41,0	0,50
U	Uliveti	21,8	0,73
V	Vigneti	22,0	0,73
CA	Colture arboree	22,7	0,72

* Per tutti gli altri usi del suolo l'indice è pari ad 1

L'indice I2 varia in funzione dei quantitativi medi di fertilizzante organico applicati alle tipologie di colture riscontrabili nella carta di uso del suolo.

Tali quantitativi sono stati stimati ipotizzando che tutto il carico di fosforo prodotto dall'attività zootecnica per ognuno dei 25 sottobacini dell'area del Piano Stralcio del lago di Piediluco, calcolato utilizzando i valori annui riscontrati in letteratura per le deiezioni animali, come da tabella seguente (IRSA, 1990), e il numero di capi rilevati dal censimento ISTAT 1991, sia interamente distribuito sui terreni agricoli dello stesso sottobacino:

Tab. 21: Carico di fosforo prodotto per categoria animale

Categoria animale	P (kg/capo x anno)
bovini	7,4
suini	3,8
ovini	0,8
caprini	0,8
equini	8,7
pollame	0,17

In particolare, le deiezioni provenienti da ovini e caprini sono state considerate come distribuite sui pascoli e prati pascolo, mentre quelle provenienti dalle altre specie zootecniche sono state considerate applicabili agli altri usi agricoli dei suoli (Tabella 22 dell'Allegato).

L'indice I3 è stato preso in considerazione per quelle colture agricole irrigabili, attribuendo l'aggravio in base alle necessità di acqua per irrigazione ed alle tecniche generalmente utilizzate per ogni specifica tipologia.

Tab.23: Variazione dell'indice I3 in funzione della coltura agricola irrigabile

Codice uso suolo	I3 Indice di aggravante da Irrigazione (min=1; max=0,5) *
SI	0,50
O	0,50
V	0,80
CA	0,70

* Per tutti gli altri usi del suolo l'indice è pari ad 1

Si è cercato, quindi, di stimare il fosforo che si perde da ogni ettaro di terreno correlandolo con la quantità di terreno che viene eroso e con le varie pratiche agricole adottate, attribuendo come massimo, a parità di erosione stimata, un quantitativo di fosforo perdibile da una coltura agricola irrigua che riceva sia concimazioni inorganiche che organiche, corrispondente al doppio del fosforo perdibile dai terreni non agricoli.

L'elaborazione dei dati attraverso procedure GIS è stata fatta suddividendo l'area in esame in celle di un ettaro ciascuna. Tale elaborazione ha fornito una carta dei potenziali carichi di fosforo (in t/ha anno) provenienti da fonti diffuse. In questo modo è stata determinata una quantità di suolo stimata che contiene una quantità di fosforo anch'essa stimata che, erodendosi dai versanti, potrebbe raggiungere il reticolo delle acque superficiali e raggiungere il lago di Piediluco.

Per stimare la quantità annua di fosforo che raggiunge i corsi d'acqua si è fatto riferimento a quanto riportato in letteratura (IRSA, 1990), dove si stima che circa il 3% del fosforo applicato in agricoltura si ritrova annualmente nei corsi d'acqua. Tale coefficiente, infatti, è stato ritenuto idoneo anche per stimare il quantitativo di fosforo che, calcolato prevalentemente in base all'erosione effettiva stimata, raggiunge i corsi d'acqua.

Fa eccezione il bacino del fiume Sordo che ha caratteristiche geomorfologiche peculiari. In tale bacino il rapporto tra le aree pianeggianti e le aree montane è nettamente superiore rispetto agli altri bacini e le rocce che vi affiorano presentano una permeabilità elevata. Per questo motivo la maggior parte delle precipitazioni viene assorbita senza dare origine a fenomeni di ruscellamento diffuso. E' noto che il fiume Sordo non risente delle forti precipitazioni. I dati di portata registrati dalla Regione Umbria, infatti, non evidenziano picchi caratteristici di eventi di piena conseguenti a forti precipitazioni: le portate rimangono pressoché costanti senza variazioni apprezzabili rispetto alla portata ordinaria.

Da quanto sopra, si è ritenuto opportuno, in via cautelativa, dimezzare (1,5%) per tale bacino il coefficiente di trasporto del materiale eroso, e quindi del fosforo di origine diffusa, ai corsi d'acqua.

Con le premesse sopra riportate l'Autorità di Bacino ha stimato un rilascio di fosforo totale dalle fonti diffuse (superfici in cui si svolge l'attività agricola e silvicolturale e altre aree di uso del suolo dove avviene un dilavamento naturale) pari a circa **53 tonnellate**; la maggior parte del carico proviene da alcuni sottobacini dei fiumi Nera e Corno (TEV-320-030, TEV-320-040-010, TEV-320-040-26) con apporti di circa 8-9 tonnellate di fosforo totale ciascuno. A tal proposito si consulti la tabella24 dell'Allegato.

Successivamente alla stima del carico di fosforo totale al lago di Piediluco proveniente dalle fonti diffuse, si è focalizzata l'attenzione sui settori componenti che in qualche modo potessero essere responsabilizzati al fine di ridurre tali apporti: il settore agro-zootecnico e quello della silvicoltura.

La tabella 25 dell'Allegato, evidenzia che per il settore agro-zootecnico i maggiori apporti di fosforo al Lago si hanno da alcuni sottobacini dei fiumi Nera e Corno (TEV-320-030, TEV-320-040-010, TEV-320-040-20, TEV-320-040-26), con apporti di circa 3-5 tonnellate di fosforo totale per ciascun sottobacino. Quantità sostenute vengono rilasciate anche dal sottobacino TEV-320-080-66, ma per motivi di regimazione idraulica delle portate del fiume Velino attualmente gran parte non vengono scaricate nel Lago ma restano nel fiume. Infine, nell'ultima colonna della tabella sono riportate le densità di carico per sottobacino che indicano la stima del grado di inefficienza medio, nei riguardi del fosforo, nella conduzione dei terreni agricoli.

Il settore della silvicoltura è stato preso in considerazione per evidenziare eventuali situazioni in cui il controllo dell'erosione idrica dei suoli fosse insufficiente ed in tal caso migliorabile ai fini dell'assetto idrogeologico e di riduzione degli apporti di fosforo al lago di Piediluco.

Nella tabella 26 dell'Allegato, che presenta i carichi di fosforo da fonti boschive, vengono evidenziate delle criticità per sottobacino determinate dall'erosione idrica stimata che raggiunge i corsi d'acqua e, quindi, dai relativi carichi di fosforo che accompagnano le particelle di suolo fino al lago. Nell'ultima colonna vengono indicate le densità di carico di fosforo, ottenute dividendo il fosforo totale apportato al lago da ogni singolo sottobacino per la superficie forestale ricadente nello stesso. In tal modo si evidenzia un grado di inefficienza della gestione dei terreni forestali che ricadono in alcuni sottobacini e che quindi potranno essere oggetto di sistemazioni idraulico forestali.

Una volta considerati i valori sopra esposti in termini relativi e, quindi, averli trattati qualitativamente, il dato quantitativo che è stato stimato per renderlo confrontabile con quello di altri comparti (civile, industriale, ittiocoltura) necessita di alcuni chiarimenti.

Innanzitutto, bisogna considerare che il fosforo proveniente dalle fonti diffuse viene trasportato e recapitato al lago quasi esclusivamente legato alle particelle di suolo, e non come per altri comparti dove la maggior parte del fosforo rilasciato è in soluzione, e che da questo si separa difficilmente ed in tempi molto lunghi. Inoltre, anche in un bacino idrografico dove è presente un'agricoltura sostenibile ed una silvicoltura sostenibile, si avranno apporti di fosforo apparentemente elevati che devono essere considerati però come apporti naturali, intesi come apporti provenienti da un territorio antropizzato che non interferiscono negativamente con le risorse naturali ma che anzi sono fondamentali per il mantenimento degli ecosistemi di cui l'uomo e le sue attività fanno parte.

Gran parte dei quantitativi stimati provenienti da fonti diffuse rientrano in questo contesto (quasi la totalità degli apporti da fonti boschive e, si stimano, circa 18 tonnellate come massimo per le fonti agro-zootecniche).

7.5 Studio modellistico dei processi eutrofico-distrofici del lago di Piediluco

Accanto ai carichi di fosforo proveniente dall'esterno (fonti diffuse e concentrate), nel bilancio dei nutrienti del lago intervengono i carichi interni, attraverso processi di rilascio dei nutrienti stessi dai sedimenti del fondo.

Per effettuare una stima attendibile anche dei carichi interni è stato redatto uno studio²² sui campi idrodinamici e sulle dinamiche eutrofico-distrofiche del lago di Piediluco, con l'ulteriore obiettivo di individuare, a partire dalle condizioni di trofia, le possibili strategie di riduzione del livello trofico del lago.

A tal fine è stato sviluppato un sistema di modelli di calcolo in grado di fornire una quantificazione sia dei campi idrodinamici e di turbolenza, prodotti da differenti condizioni meteo-climatiche e dei differenti regimi delle immissioni al lago, sia dei campi di concentrazione, nella colonna d'acqua e nei sedimenti, dei parametri chimici, fisici e biologici caratterizzanti la descrizione dei processi eutrofici e distrofici.

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

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

In particolare, ai fini della caratterizzazione del comportamento trofico del lago, sono state individuate schematicamente tre zone (Fig.1 dell'Allegato).

- una zona più prossima alle immissioni, laddove è presente un forte idrodinamismo generato dai flussi del canale Medio-Nera in ingresso al lago e da quelli del fiume Velino alternatamente entranti e uscenti dal lago;

- una zona relativa ai bracci meridionali del lago, più distanti dalle immissioni, e caratterizzata da un idrodinamismo più modesto sia per quanto riguarda le componenti medie di velocità che quelle di agitazione turbolenta;
- una zona centrale del lago con caratteristiche idrodinamiche intermedie a quelle elencate in precedenza.

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

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

Gli elevati valori di concentrazione di biomassa algale, che si producono in questa regione del lago nel periodo estivo, sono dovuti sia ai carichi esterni di fosforo sia ai carichi interni presenti nei sedimenti come fosforo adsorbito; l'effetto dei carichi interni, nella produzione di biomassa algale, è particolarmente significativo; in tale zona infatti si determinano i massimi valori dei flussi di fosforo dai sedimenti.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Il modello eutrofico-distrofico consente la determinazione dei campi di concentrazione dei parametri chimici, fisici e biologici significativi nella descrizione dei fenomeni eutrofici e nelle crisi di anossia ed è basato sulla risoluzione numerica, sulla colonna d'acqua e nei sedimenti, delle equazioni di bilancio di massa per

ciascuna specie, nelle quali compaiono i termini relativi ai processi di sedimentazione, scomparsa, trasformazione e comparsa.

Nella colonna d'acqua, in particolare, è stato simulato il comportamento delle seguenti specie:

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

Nei sedimenti è stato simulato il comportamento delle seguenti specie:

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

Tali simulazioni sono state fatte allo scopo di quantificare gli effetti sul livello trofico del lago prodotti da:

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

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

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

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

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

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

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

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

I risultati prodotti dalle simulazioni hanno evidenziato che:

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

Nel lago di Piediluco lo stato di trofia è determinato principalmente dalle immissioni di fosforo dal canale Medio-Nera, prodotti dalle fonti puntuali e diffuse di inquinamento che insistono sul bacino del fiume Nera. Risultano infatti trascurabili gli apporti di fosforo prodotti dagli scarichi urbani del paese di Piediluco, o alle fonti diffuse che insistono sul bacino imbrifero del lago.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'intervento di carattere emergenziale che appare più efficace sulla base dello studio effettuato risulta essere quello relativo alla bonifica dei sedimenti nell'area centrale della regione meridionale del lago (Bracci di Cornello Capolozza), poiché dovrebbe produrre un sensibile miglioramento delle condizioni trofiche del braccio meridionale del lago e significativi effetti nel prevenire le condizioni di innesco delle anossie estive.

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

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

A fronte dei risultati prodotti dallo studio del Prof. Gallerano, la Provincia di Terni ha autorizzato l'intervento sperimentale di bonifica dei sedimenti.

Lo sfangamento è stato condotto negli anni 1999-2000, ed ha interessato un'area di 44.000 m², (pari al 3% della superficie del lago), ed ubicata appena prima della biforcazione dei bracci Capolozza e Cornello.

I risultati del monitoraggio effettuato a seguito dell'intervento sperimentale di rimozione dello strato più superficiale dei sedimenti (20 cm) non sono ancora oggi disponibili.

8. DAL QUADRO AMBIENTALE RISULTANTE ALLE PROPOSTE DI INTERVENTO

L'accelerazione del naturale processo di eutrofizzazione del lago di Piediluco è iniziata con la modifica del bacino naturale e con l'instaurarsi di un idrodinamismo assai complesso risultante dall'impiego del lago come bacino di accumulo per la produzione di energia elettrica.

Le modificazioni conseguenti al mutato regime di ricarica del lago e le diverse provenienze e caratteristiche delle acque che alimentano l'invaso, descritte nei capitoli precedenti, hanno comportato i principali problemi per i quali il bacino attualmente soffre:

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

Il fosforo presente nelle acque del lago è da attribuire agli apporti veicolati dalle acque del Canale Medio Nera (che raccolgono quelle del fiume Nera e dei suoi affluenti) e del fiume Velino, e la sua presenza può indurre, in concorso con fattori meteorologici ed idrodinamici, la possibilità di crisi distrofiche.

L'instabilità delle sponde del lago è da attribuire alle manovre idrauliche, seppure di minore ampiezza rispetto al passato, ed alle scadenti qualità meccaniche dei terreni presenti nei pressi delle sponde pianeggianti, per lo più costituiti da riporti delle più svariate origini sovrastanti depositi lacustri più antichi.

L'obiettivo primario che gli strumenti di pianificazione territoriale devono perseguire consiste nel recupero e nella tutela dei caratteri di naturalità dell'ecosistema lacustre. Tale obiettivo si raggiunge tramite obiettivi specifici, che si esplicano in azioni ed interventi mirati.

A questo scopo l'Autorità di Bacino del Tevere ha redatto, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della legge 183/1989, il Piano stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco, che rappresenta lo strumento tecnico-normativo per contenere e progressivamente ridurre i fenomeni eutrofici che caratterizzano il lago di Piediluco.

Il Piano di tutela delle Acque interagendo con il piano stralcio, persegue obiettivi coerenti con quelli già descritti nell'atto di pianificazione di bacino e ne condivide i criteri e le strategie di intervento.

Il Piano di tutela delle Acque dovrà necessariamente interagire con il Piano stralcio, perseguendo obiettivi coerenti con quelli già descritti nell'atto di pianificazione di bacino, condividendone i criteri e le strategie di intervento, e sottostando alle discipline e ai vincoli già presenti nel piano stralcio e nei piani di tutela di altre regioni che possono esercitare un'influenza diretta sul Piano di Tutela delle Acque.

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

I principali obiettivi del Piano Stralcio sono:

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

Ponendo in relazione tali obiettivi con quelli previsti dal Piano di Tutela delle Acque, si ottiene un quadro come quello riportato in allegato (tab. 27, in Allegato).

Le azioni correttive che il Piano propone si dividono in strutturali e non-strutturali; quelle strutturali riguardano:

- d) Il completamento delle infrastrutture di collettamento e depurazione delle acque reflue dei centri abitati delle province di Rieti, Perugia, Terni e Macerata, che scaricano nel sistema Nera-Velino;
- e) la rimozione mirata dei sedimenti dal fondo di alcune zone del lago tramite specifica tecnica di aspirazione;
- f) il potenziamento del sistema di depurazione degli allevamenti ittici.

Le azioni non-strutturali sono:

- c) la definizione di una fascia di rispetto intorno al lago e lungo le rive dei principali corsi d'acqua per il trattenimento degli inquinanti di origine agricola;
- d) le discipline di indirizzo e regolamentazione delle varie attività potenzialmente impattanti.

Dal punto di vista spaziale le azioni del piano agiscono su differenti porzioni dell'area oggetto di studio.

Vi sono disposizioni generali che sono valide per tutta l'area del piano e che sono volte alla diminuzione degli impatti delle attività antropiche che comportano produzione e rilascio di fosforo nei bacini tra cui

- Fasce di rispetto dei corsi d'acqua con funzioni di filtro delle attività agricole;
- Disposizioni per il controllo dell'erosione e trasporto solido;
- Disposizioni per la gestione degli effluenti di allevamento;
- Disposizioni per la depurazione dei reflui di centri e nuclei con a.e. >10.000;
- Divieto di nuovi impianti ittiogenici e regolamentazione degli esistenti.

Vi sono inoltre delle disposizioni specifiche valide per i cosiddetti ambiti critici; tali ambiti sono caratterizzati da elevate produzioni di fosforo provenienti da agro - zootecnia e reflui civili – industriali e hanno necessità di particolari attenzioni in fase di pianificazione.

Nel quadro di sintesi riportato in allegato (tab. 28, in Allegato) è possibile mettere in evidenza le relazioni esistenti tra i criteri e le strategie del Piano stralcio del lago di Piediluco e le misure del Piano di Tutela delle Acque.

Il raggiungimento degli obiettivi previsti dal piano stralcio implica la disciplina delle attività mediante indirizzi di salvaguardia, prescrizioni ed indirizzi di sviluppo e gestione rivolti alle amministrazioni (Art. 1 NTA); questo compito è demandato alle Norme Tecniche Attuative del piano stralcio, cui si rimanda per una consultazione di dettaglio.

Gli interventi proposti, come già descritto, sono di tipo strutturale e non strutturale. Il piano divide le zone interessate (Il bacino idrografico naturale del lago, il bacino del fiume Nera a monte del canale Medio Nera ed il bacino del fiume Velino chiuso alla confluenza col lago di Piediluco, escluso il bacino a monte delle dighe sui fiumi Salto e Turano, Art. 2 NTA) in ambiti:

Ambito A: lo specchio lacustre, le sponde e la fascia circumlacuale (Art. 15 NTA)

Ambito B: il bacino naturale del lago (Art. 16 NTA)

Ambito C: criticità dal comparto civile – industriale (Art. 17 NTA)

Ambito D: criticità dal comparto agro-zootecnico (Art. 18 NTA)

I confini dei vari ambiti sono definiti negli articoli delle Norme Tecniche di Attuazione unitamente ad alcune prescrizioni specifiche per ciascun ambito.

L'area interessata è definita quale "Area Sensibile" (Art. 4 NTA). Gli Articoli 6-9 contengono prescrizioni volte a diminuire gli afflussi di fosforo al lago provenienti da più fonti, a contenere i fenomeni di dissesto esistenti ed ad impedire l'instaurarsi di nuovi.

L'Art. 6 in particolare si occupa delle fasce di rispetto lungo i corsi d'acqua dell'area in oggetto ponendosi come fine quello di istituire una barriera fisica ed una prima depurazione naturale per gli apporti inquinanti; l'Art. 7 predispone misure che impediscano il dilavamento dei suoli e il conseguente trasporto di materiale solido contaminante ai corpi idrici; l'Art. 8 fissa dei limiti ai quali i reflui di varia natura devono sottostare; l'Art. 9 tratta i possibili dilavamenti originati dai movimenti di terra.

Gli articoli 10-13 contengono disposizioni tendenti a diminuire gli afflussi di fosforo al lago con particolare attenzione alle attività agricole-zootecniche.

In particolare l'Art. 10 prevede disposizioni generali di orientamento della pratica agricola alle Regioni comprese nell'area interessata; l'Art. 11 detta regole di pratica agricola alle quali attenersi; l'Art. 12 si occupa dei reflui provenienti dagli allevamenti e l'Art. 13 offre ulteriori indicazioni sulla gestione dei reflui da aziende agricole ed agro-alimentari.

L'Art. 14 dispone norme per gli impianti di ittiocoltura; gli articoli 15-18 trattano norme specifiche applicate per gli ambiti di criticità in precedenza definiti, e l'Art. 19 infine fissa i termini del monitoraggio allo scopo di verificare l'efficacia delle azioni intraprese nel piano.

NOTE

- ¹A. Verri e C.F. Parona: "Studi geologici sulle conche di Terni e Rieti.", Roma 1883
- ²E. Duprè Theseider : "Il Lago Velino: Saggio storico-geografico.", Rieti 1939
- ³ARPA Umbria, Rilievo batimetrico del lago di Piediluco, Rapporto finale, 2001
- ⁴Enel-DCO, Indagine per la valorizzazione ambientale del lago di Piediluco, Rapporto finale 1989
- ⁵M. Mearelli, Università degli Studi di Perugia, Dip. Di Biologia Animale ed Ecologia, Monitoraggio ambientale del lago di Piediluco, "Termica, ossigeno disciolto, macroinvertebrati, fauna ittica", 1999
- ⁶ARPA Umbria, "Il lago di Piediluco: analisi e metodi di tutela", Quaderni ARPA Umbria, 2003
- ⁷ENEL-DCO, Indagini per la valorizzazione del lago di Piediluco, Rapporto finale, 1989
- ⁸G.Riccardi, Il lago di Piediluco e il suo bacino, Mem.Soc.Geogr.Ital.,22,115-195,1982
- ⁹Paganelli A., Spatocco S., Studio sul ciclo annuale del fitoplancton del Lago di Piediluco. Giorn. Bot. Ital., 70, 355-397, 1963
- ¹⁰Enel –DCO, Indagine per la valorizzazione ambientale del lago di Piediluco, Rapporto finale 1989
- ¹¹ENEL, Servizi specialistici e laboratori, "Monitoraggio del lago di Piediluco", Rapporto finale 1997
- ¹²Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia dell'Università degli Studi di Perugia: nell'ambito del programma finalizzato "Caratterizzazione e monitoraggio ambientale del lago di Piediluco", finanziato dalla Provincia di Terni
- ¹³Morozzi G., De Bartolomeo A., Fabiani R., Manenti R., Rosignoli P., Sebastiani B., Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Biochimiche e Biotecnologie Molecolari, Sezione di Scienze Igienistiche ed Ambientali, "Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei sedimenti del lago di Piediluco", Relazione finale, 2000
- ¹⁴M. Mearelli, Università degli Studi di Perugia, Dip. Di Biologia Animale ed Ecologia, Monitoraggio ambientale del lago di Piediluco, "Termica, ossigeno disciolto, macroinvertebrati, fauna ittica", 1999
- ¹⁵Prof. M.I. Taticchi , Dott.ssa P. Pandolfi, Dott. A. Ludovisi, Dott.ssa A. C. Elia – Università degli Studi di Perugia, Dip. di Biologia Animale ed Ecologia, Monitoraggio ambientale del lago di Piediluco: Zooplancton, bioindicatori bentonici, Relazione finale, 1999
- ¹⁶R. Venanzoni, E. Rampiconi, Università degli Studi di Perugia, Dip. Di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali
- ¹⁷Nella fase progettuale della redazione del Piano Stralcio del lago di Piediluco, l'Autorità di Bacino del fiume Tevere ha promosso degli studi inediti che hanno consentito la definizione delle azioni di pianificazione e programmazione delle risorse acqua e suolo.
Tra questi si riporta una breve descrizione dello studio condotto sul tema:"Il sistema insediativo e gli usi dei suoli agricoli"
- ¹⁸Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Piano Stralcio per la salvaguardia dl lago di Piediluco, tavole cartografiche, Tav. 8 a
- ¹⁹Il 13/02/2001 l'Autorità di Bacino del fiume Tevere ha incaricato ARPA Umbria dello svolgimento della ricognizione dello stato dei sistemi di raccolta, collettamento e depurazione degli scarichi puntuali presenti nel bacino drenante del lago di Piediluco, ARPA Umbria, "Ricognizione sullo stato della depurazione e del collettamento sul territorio dei bacini afferenti al lago di Piediluco, Rapporto finale, 2002
- ²⁰Il Ministero dell'Ambiente, con decreto 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 ha quindi ammesso a finanziamento il

progetto *“Risanamento del lago di Piediluco. Monitoraggio degli impianti di trotilcoltura in Valnerina”*, individuando l'ARPA Umbria quale soggetto attuatore.

²¹ARPA Umbria, Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trotilcoltura in Valnerina, Rapporto finale, Dicembre 2002

²²Nel 1998 l'Autorità di Bacino del fiume Tevere, nell'ambito delle attività propedeutiche alla redazione del Piano Stralcio per la Salvaguardia del lago di Piediluco, ha dato incaricato al gruppo di lavoro del Prof. Gallerano, docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza di Roma, di redigere uno studio sui campi idrodinamici e sulle dinamiche eutrofico-distrofiche del lago di Piediluco., (Relazione finale, 1999)

9. BIBLIOGRAFIA

Mearelli M.: Cenni storici e stazioni di raccolta. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 601-606

Mearelli M., Tiberi O.: Caratteristiche fisiografiche e dati fisico-chimici. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 607-634

Cenci G., Morozzi G., Mossone M.: Caratterizzazione batteriologica e chimica. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 635-650

Mearelli M.: Eutrofizzazione. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 651-661

Mearelli M.: Evoluzione ambientale. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 663-669

Mantilacci L.: Il fitoplancton. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 671-683

Taticchi M.I.: Lo zooplancton. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 685-696

Di Giovanni M.V., Goretti E.: Il benthos. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 697-713

Di Giovanni M.V., Goretti E.: Il carico biologico. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 715-728

Giovinazzo G.: La pesca e l'accrescimento di *Perca fluviatilis*. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 729-740

Gianotti F.S.: considerazioni conclusive. Monografia - "Contributi alla conoscenza del lago di Piediluco" Riv.Idrobiol. , 27, 2-3, 1988 p. 741-750

Enel-DCO: Indagine per la valorizzazione ambientale del lago di Piediluco. Rapporto finale 1989

Enel - Servizi specialistici e laboratori : Lago di Piediluco Indagine per la verifica del tasso di rilascio dei nutrienti da parte del sedimento. Rapporto finale 1997

USL Conca Ternana : Piediluco 1987-1990: contributi per la conoscenza. USL Terni 1991

Di Giovanni M.V., Mearelli M., Tiberi O.: Il lago di Piediluco: macrobentos e situazione ambientale. S.IT.E. Atti , 5, 1984

Mantilacci L.: Il fitoplancton del Lago di Piediluco (Umbria, Italia): analisi multivariata dei popolamenti e definizione di un indice globale della qualità dell'acqua. Riv.Idrobiol. , 20, 2, 1981a p. 535-551

Mantilacci L.: Dinamica della popolazione fitoplanctonica del Lago di Piediluco (Umbria, Italia). Riv.Idrobiol. , 20, 3, 1981b p. 561-671

Moretti G.P., Cianficconi F., Tucciarelli F.: Primo bilancio sulla composizione e distribuzione dei Tricoteri nel Lago di Piediluco. Boll. Zool., 45, 229, 1978

Moretti G.P., Cianficconi F., Corallini Sorcetti C., Gattaponi P., Tucciarelli F.: Varietà e ricchezza di esponenti neritici nel Lago di Piediluco (Umbria, Terni). Alimentazione e grado di Parassitismo della fauna ittica. Boll. Soc. Ital. Biol. Sper. , 54, 1288-1294, 1979

Moretti G.P., Cianficconi F., Tucciarelli F.: Ripartizione dei Tricoteri nel sistema idrico del lago di Piediluco e nella Cascata delle Marmore (Umbria, Terni). Studi Trentini di Scienze Naturali, 58, Acta Biologica , 315-373, 1981

Paganelli A., Spatocco S.: Studio sul ciclo annuale del fitoplancton del Lago di Piediluco. Giorn. Bot. Ital., 70, 355-397, 1963

Relazione geologica tecnica : Impianto di Monte S. Angelo. Lago di Piediluco. In Capozza F.: Servizio geologico minerario del Centro Nazionale studi e progetti della Direzione delle costruzioni dell'ENEL, 1966

Riccardi G.: Il Lago di Piediluco ed il suo bacino. Mem.Soc.Geogr.Ital., 22, 115-195, 1982

Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Piano Stralcio per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della Legge 183/1989 ed adottato con delibera dell'Autorità di Bacino del 25 Febbraio 2003, n.102.

ARPA Umbria, Rilievo batimetrico del Lago di Piediluco

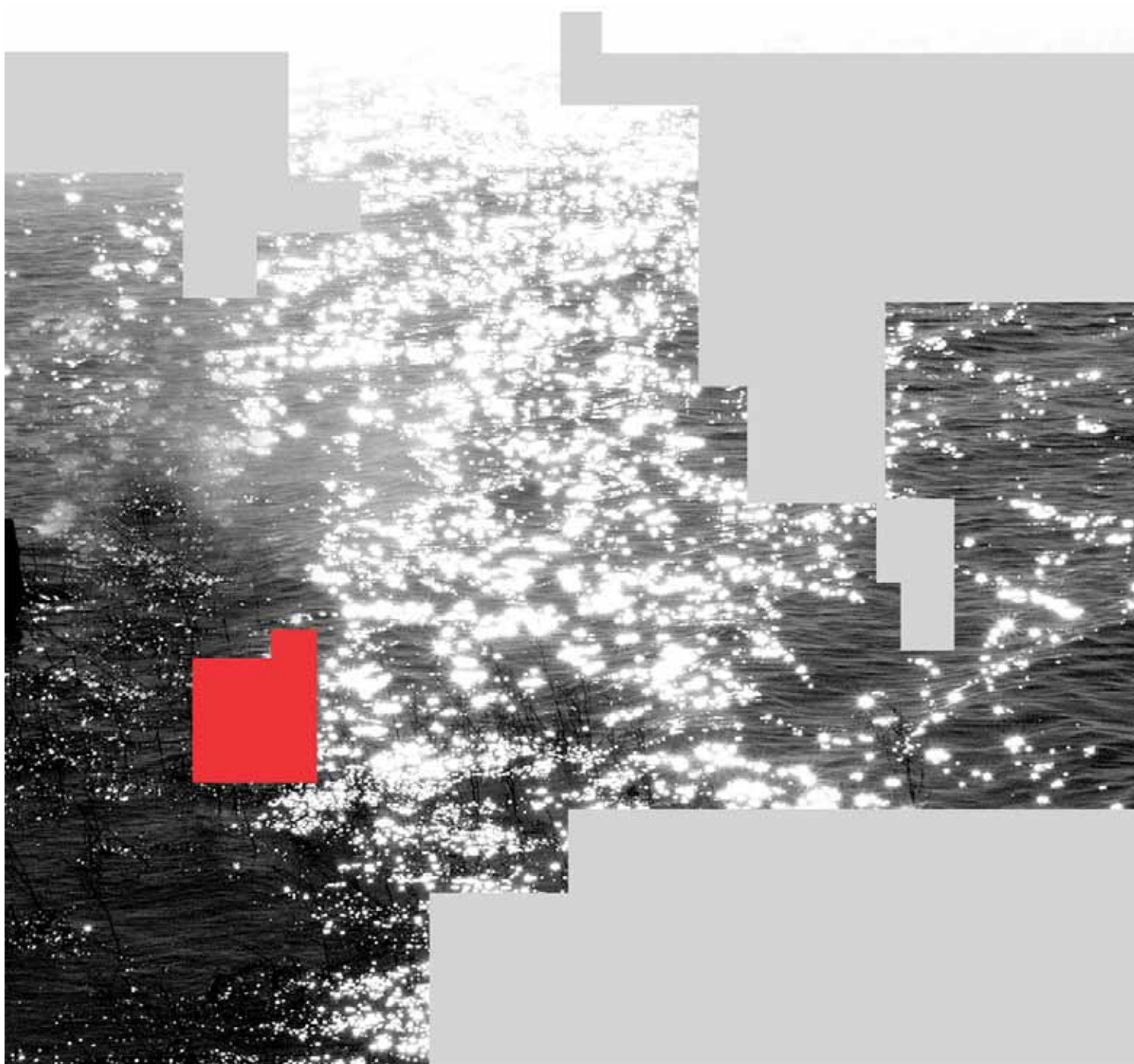
ARPA Umbria, Ricognizione sullo stato del collettamento e della depurazione del bacino imbrifero del Lago di Piediluco

ARPA Umbria Monitoraggio dell'impatto ambientale degli impianti di trocicoltura della Valnerina

ARPA Umbria, Monitoraggio del canale del Medio Nera



Monografia / 15: Allegato 1



Redazione

Dott.ssa Valentina
Stufara
Ing. Andrea Sconocchia

Contributi

Validazione

Dott.ssa Filippina
Fiaschetti

Verifica

Dott. Giancarlo Marchetti
Dott. Angiolo Martinelli
Dott. Adriano Rossi
Dott. Adriano Zavatti

*Versione:
Luglio 2005*

Fig. 1: Lago di Piediluco, con indicazione delle reti di monitoraggio per lo stato ambientale e la balneazione.
(Fonte: ARPA Umbria)

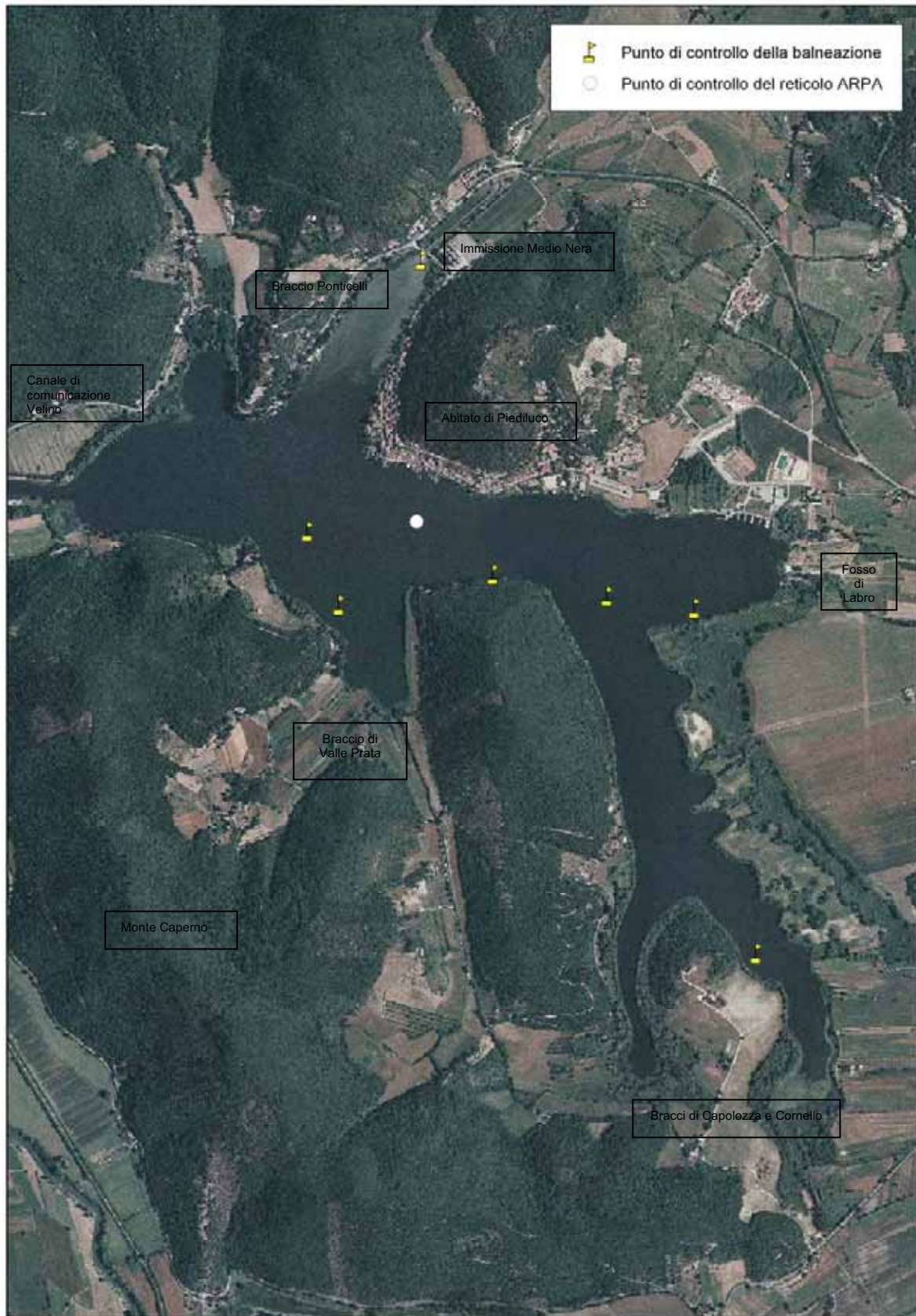


Fig. 2: L'antico Lago pliocenico Tiberino che comunicava con il lago della conca di Rieti attraverso la Forca di Arrone, mediante un braccio. (Fonte: G. Bergli: Le acque pubbliche, gli acquedotti di derivazione e le utilizzazioni idrauliche del territorio di Terni)

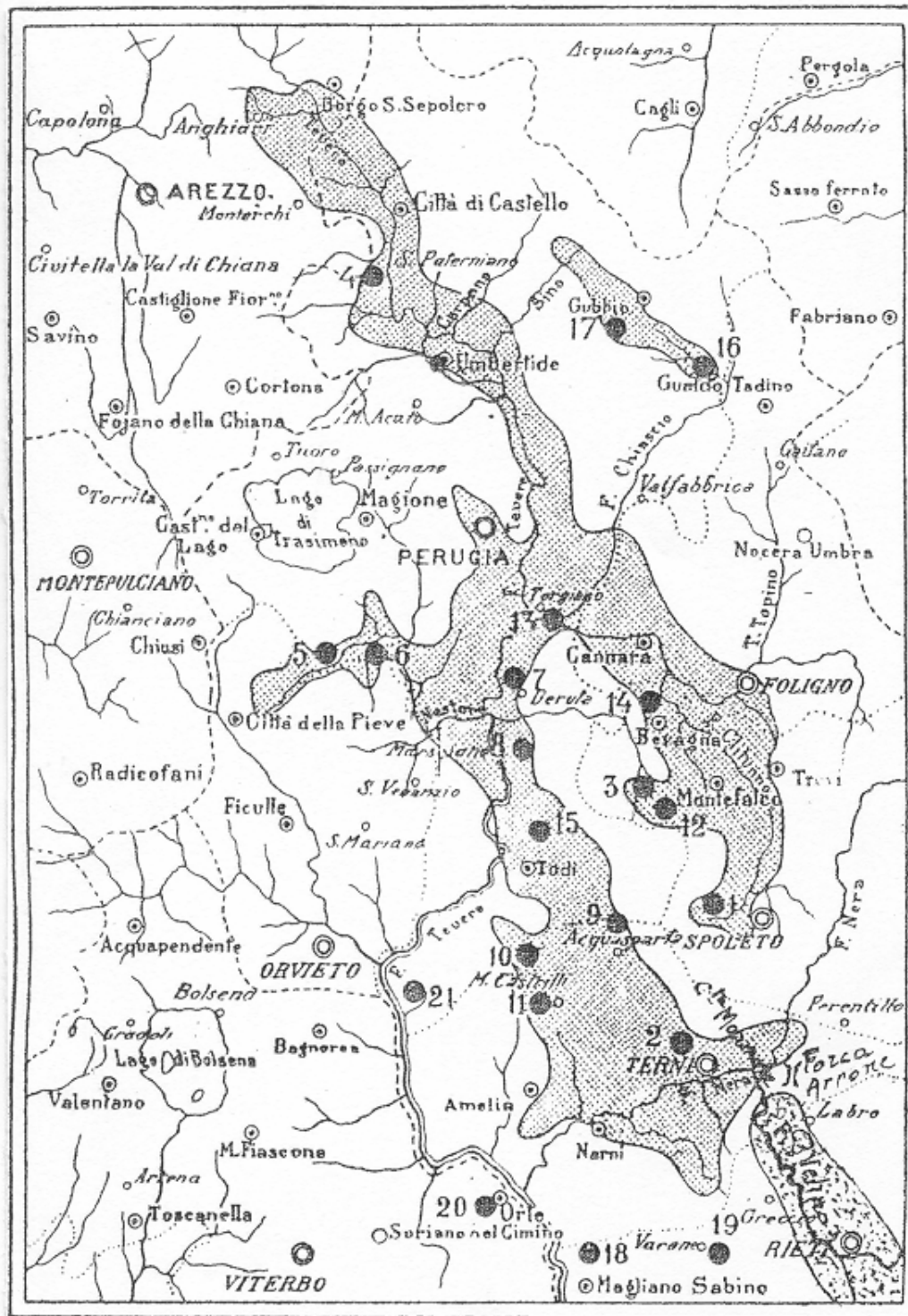


Fig.3: Il bacino idrografico naturale ed ampliato del Lago di Piediluco, con indicazione del reticolo di controllo ARPA ai fini della classificazione di qualità. (Fonte: ARPA Umbria)

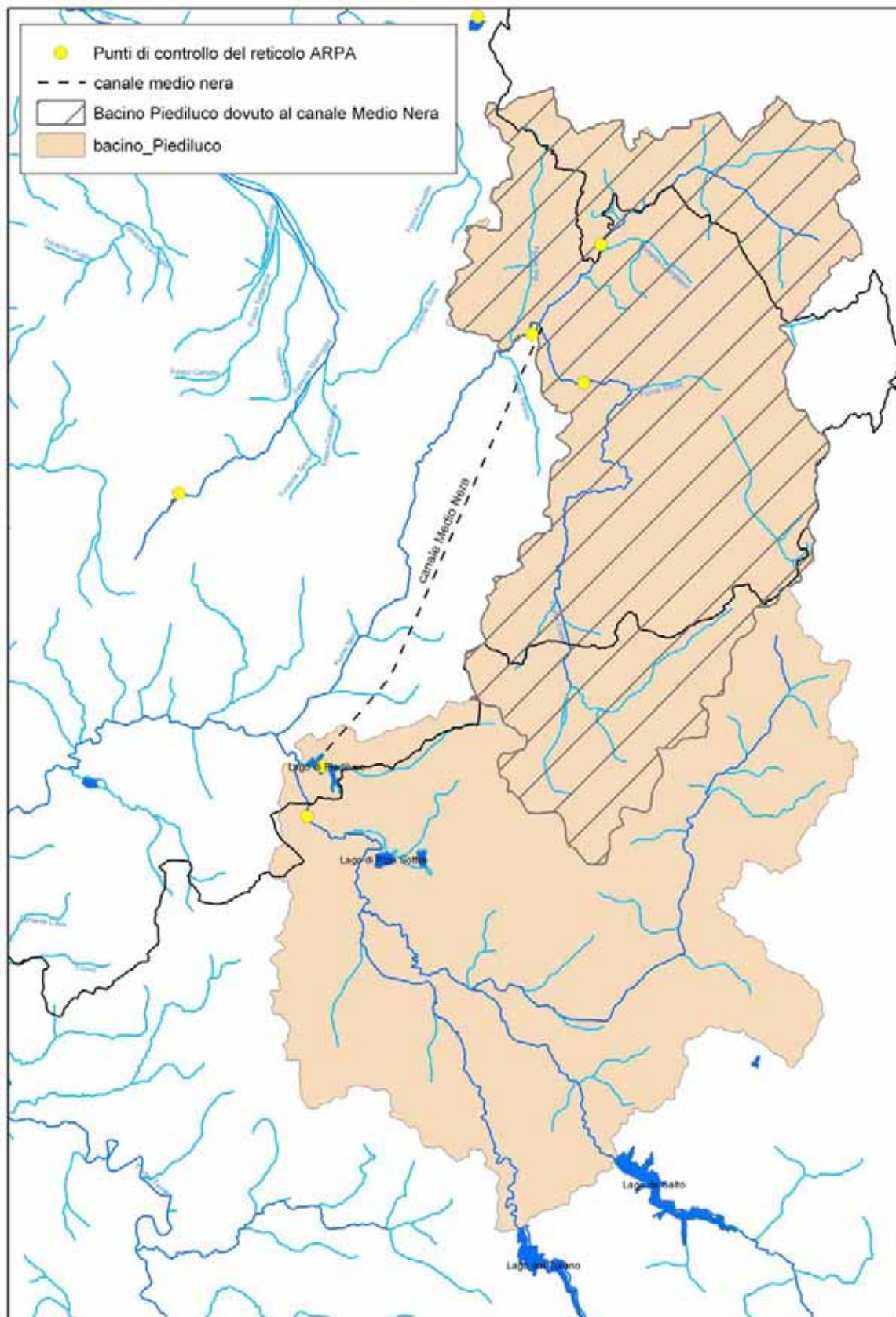
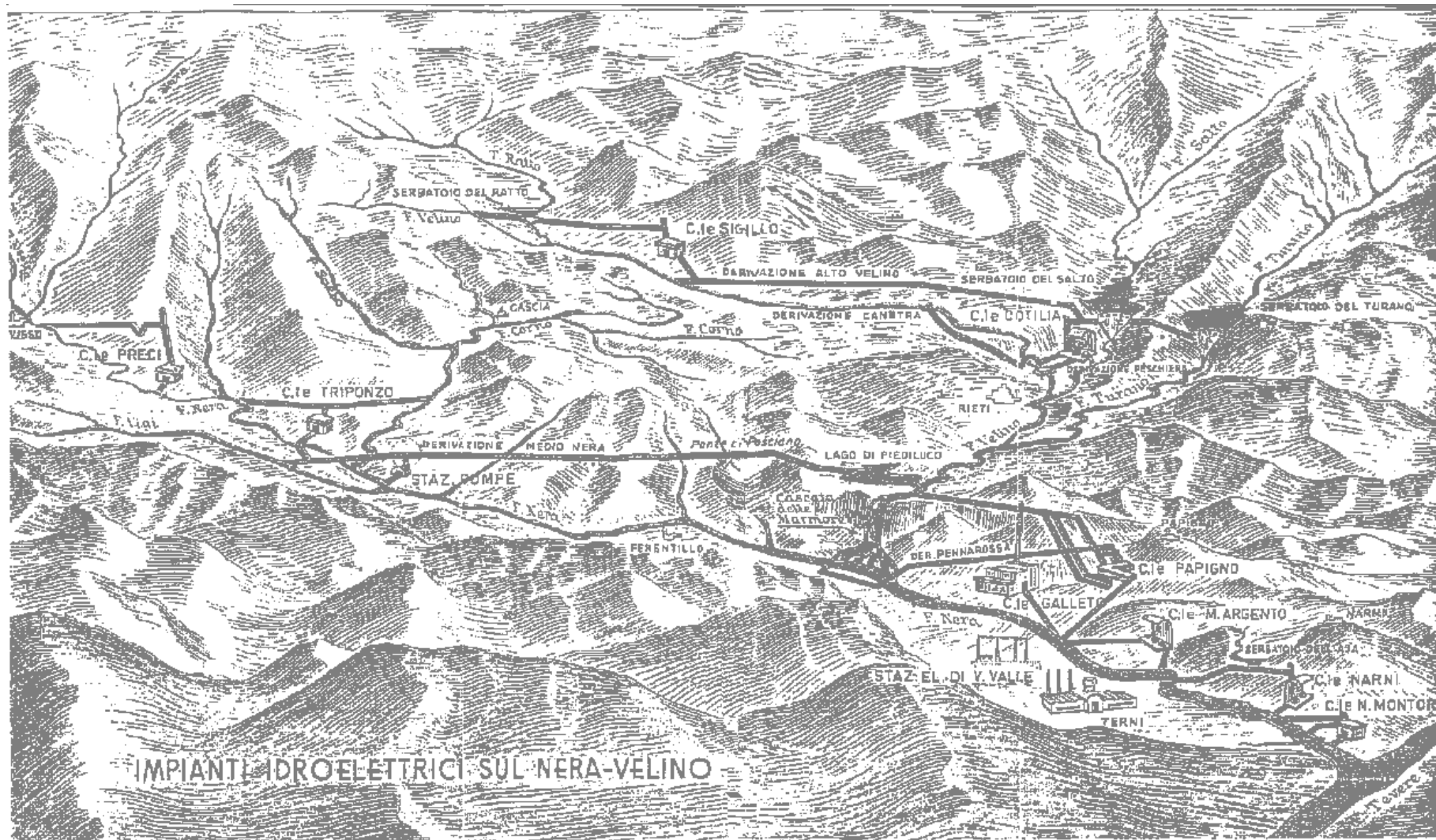


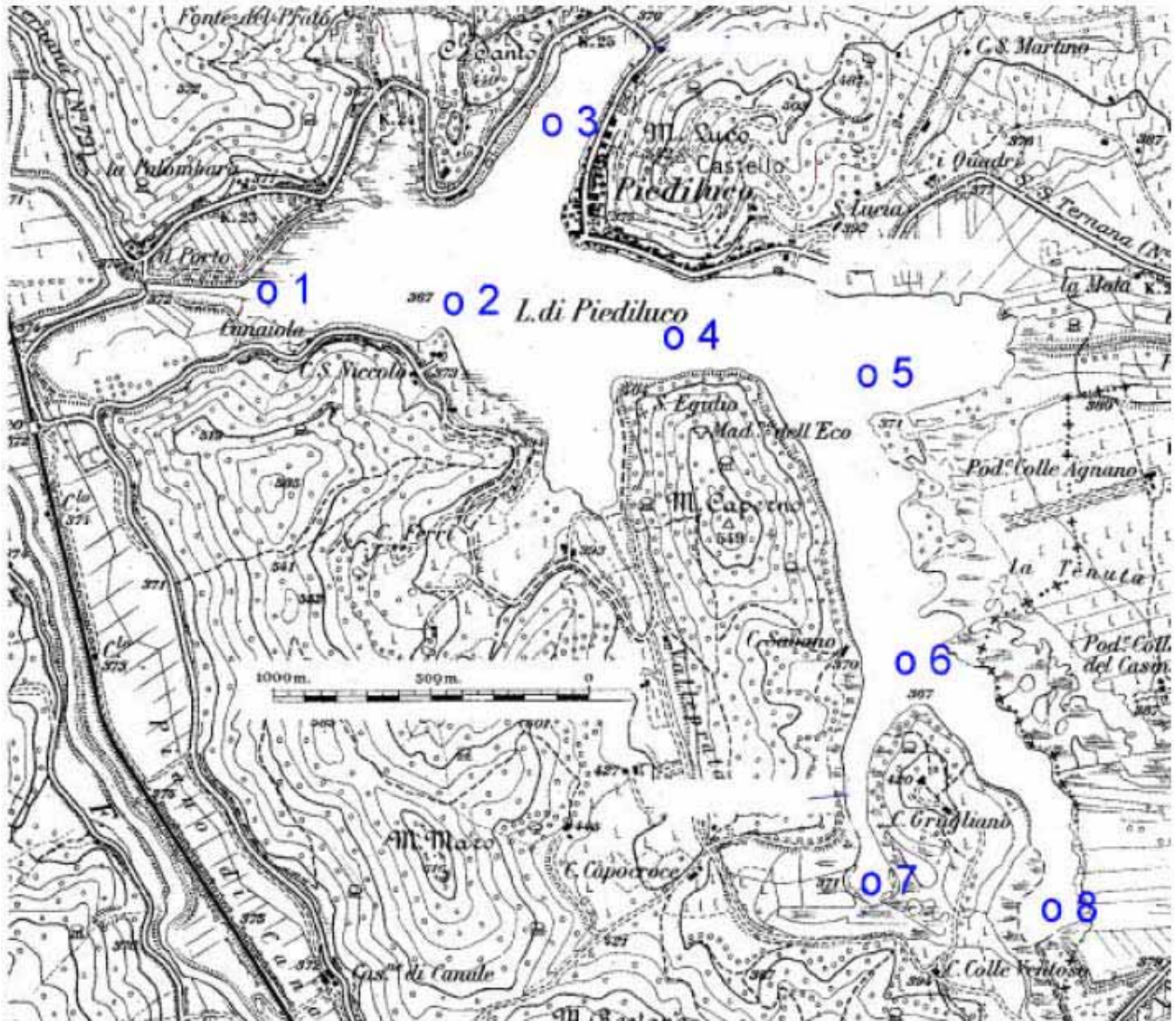
Fig.4: .Schema delle derivazioni idrauliche costruite a fini idroelettrici dall'Enel in Valnerina (Fonte: ENEL)



Tab.1: Sottobacini individuati dal Servizio idrografico Naz.le ricadenti nel bacino imbrifero del Lago di Piediluco. (Fonte: Autorità di Bacino del Tevere, Piano Stralcio del Lago di Piediluco)

BACINO DEL FIUME NERA		
N.	Sottobacino	Descrizione
1	TEV-320-015	Fiume Nera dalle origini alla stazione idrometrica di Visso;
2	TEV-320-020	Fiume Nera da Visso al Torrente Ussita incluso (Bacino del Torrente Ussita);
3	TEV-320-030	Fiume Nera dal Torrente Ussita al Fiume Corno escluso.
4	TEV-320-040-10	Fiume Corno (Fosso della Molitta) dalle origini fino alla confluenza con il Fosso Tascino;
5	TEV-320-040-20	Fiume Corno dalla confluenza con il Fosso Tascino escluso fino al Ponte delle Ferriere,
6	TEV-320-040-26	Fiume Corno dal Ponte delle Ferriere alla confluenza con il Fiume Sordo escluso;
7	TEV-320-040-30	Fiume Corno fino al Fiume Sordo incluso (bacino del Fiume Sordo);
8	TEV-320-040-40	Fiume Corno dalla confluenza col Fiume Sordo escluso fino alla confluenza con il Fiume Nera;
9	TEV-320-050	Fiume Nera dalla confluenza con il Fiume Corno escluso fino a quella con il Fosso Tascino incluso.
BACINO DEL FIUME VELINO		
N.	Sottobacino	Descrizione
1	TEV-320-80-05	Fiume Velino dalle sorgenti alla stazione idrometrica di Posta;
2	TEV-320-80-06	Fiume Velino dalla stazione idrometrica di Posta alla confluenza col Fiume Ratto escluso;
3	TEV-320-80-10	Fiume Velino al Fiume Ratto incluso (bacino del Fiume Ratto);
4	TEV-320-80-20	Fiume Velino dalla confluenza con il Fiume Ratto escluso fino al ponte della ferrovia L'Aquila - Terni;
5	TEV-320-80-25	Fiume Velino dal ponte della ferrovia L'Aquila - Terni alla stazione di Antrodoco;
6	TEV-320-80-30	Fiume Velino dalla stazione di Antrodoco alla confluenza con il Fiume Salto escluso;
7	TEV-320-80-40-50	Fiume Salto dalla diga di Santa Lucia alla confluenza con il Fiume Velino;
8	TEV-320-80-45	Fiume Velino dalla confluenza con il Fiume Salto fino a Ponte Nuovo di Rieti;
9	TEV-320-80-50	Fiume Velino da Ponte Nuovo di Rieti fino alla confluenza con il Fiume Turano escluso;
10	TEV-320-80-60-30	Fiume Turano dalla diga di Posticciola al ponte di Rocca Sinibalda;
11	TEV-320-80-60-40	Fiume Turano dal ponte di Rocca Sinibalda fino al Ponte Turano della Via Quinzia;
12	TEV-320-80-60-50	Fiume Turano dal Ponte Turano della Via Quinzia fino alla confluenza col Fiume Velino;
13	TEV-320-80-65	Fiume Velino dalla confluenza col Fiume Turano fino alla stazione idrometrica di Terria;
14	TEV-320-80-66	Fiume Velino dalla stazione idrometrica di Terria alla confluenza con l'emissario del lago di Ripasottile (Canale di Santa Susanna) incluso, compresi il lago di Ripasottile ed il Lago Lungo o di Cantalice;
15	TEV-320-80-67	Fiume Velino dalla confluenza con l'emissario del lago di Ripasottile (Canale di Santa Susanna) escluso a quella con l'emissario del Lago di Piediluco escluso;
16	TEV-320-80-69	Fiume Velino all'emissario del Lago di Piediluco incluso (Bacino del Lago di Piediluco).

Fig. 5: Stazioni di prelievo indagine ENEL '93-'96 e Università degli Studi di Perugia (Prof.ssa Mantilacci) '98-'99. (Fonte: Università degli Studi di Perugia)



LEGENDA:

- Staz. 1:** situata a circa metà del canale che collega il fiume Velino al lago
- Staz. 2:** situata sul settore lacustre, immediatamente fuori del fiume Velino
- Staz. 3:** ubicata allo sbocco del canale artificiale che immette le acque del Medio Nera al lago
- Staz. 4-5:** corrispondenti al settore centrale più profondo dello specchio lacustre
- Staz. 6:** situata nel settore Sud-Est, in corrispondenza della biforcazione dei bracci Cornello e Capolozza
- Staz. 7-8:** rispettivamente ubicate nei bracci di Capolozza e Cornello, nel settore del lago caratterizzato da acque poco profonde.

Fig. 6: Stazioni di prelievo per il monitoraggio chimico-fisico e biologico, anni 1998-2000 . (Fonte: ARPA Umbria)

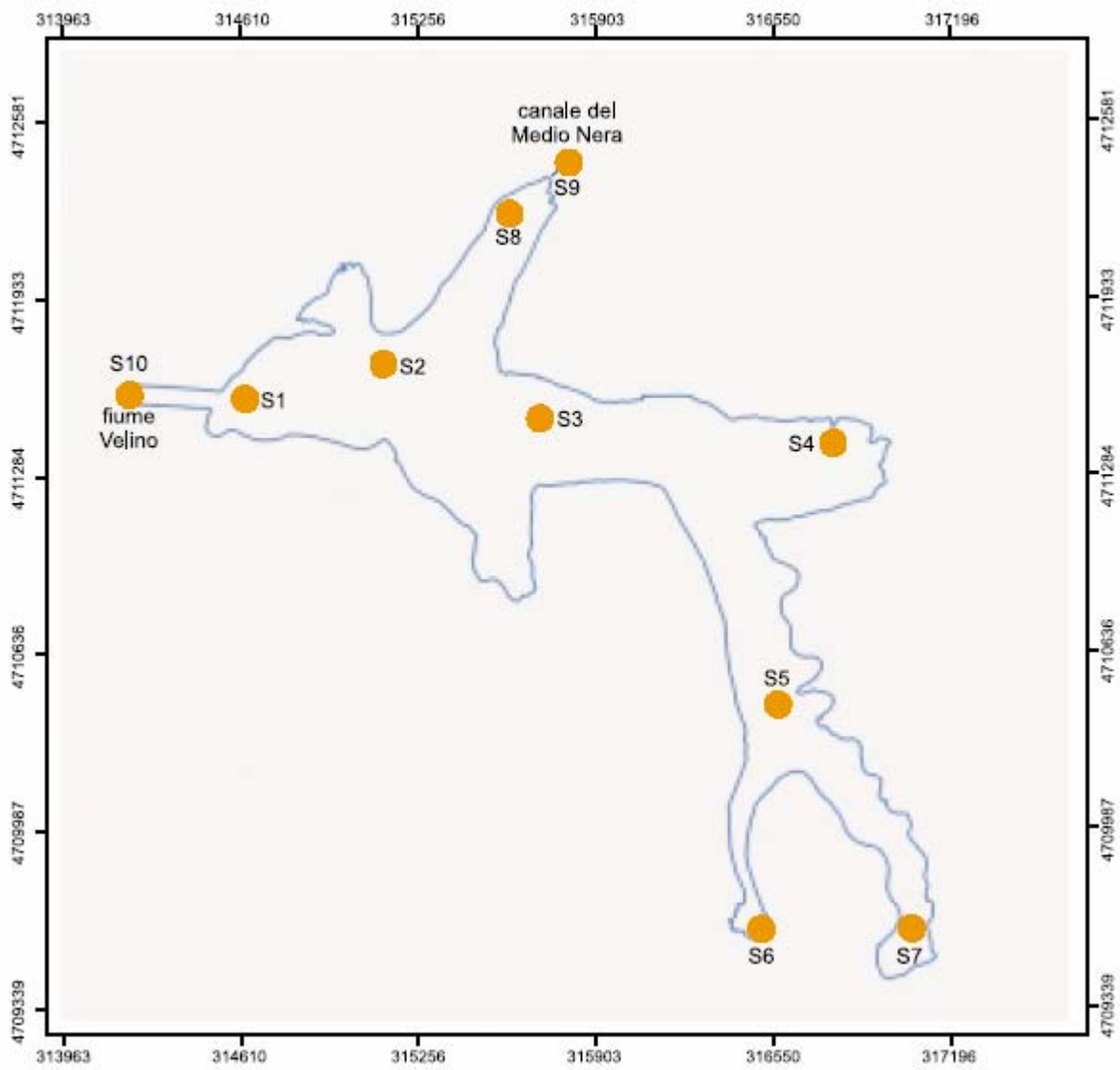
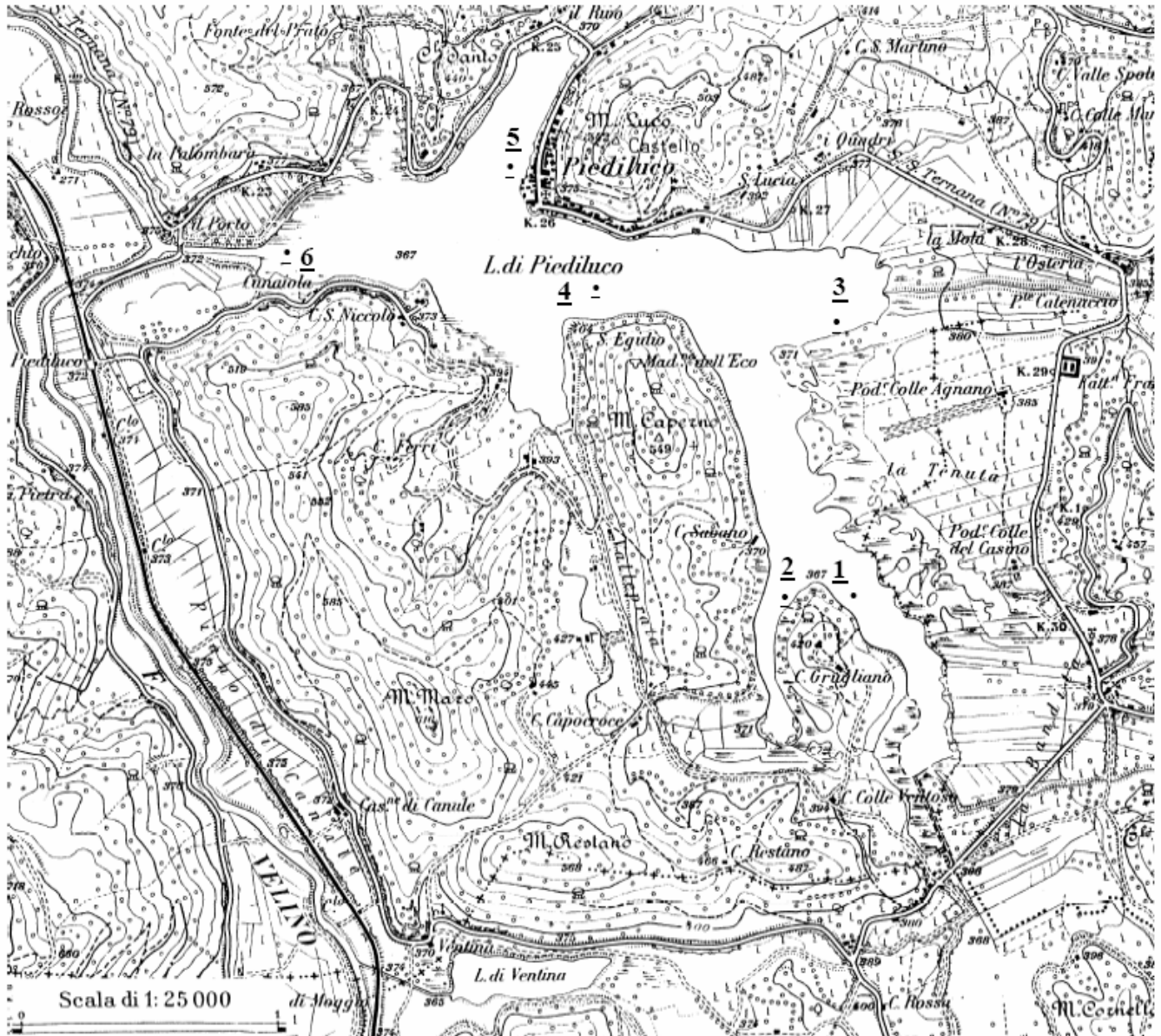


Fig. 7: Lago di Piediluco. Punti di prelievo dei sedimenti per l'indagine '99-'00 del Prof. Morozzi (Fonte: Università degli Studi di Perugia)



Tab. 3: Risultati dell'analisi, per i parametri riportati, dei sedimenti del lago di Piediluco, relativi alle stazioni di campionamento 1,2,3,4,5,6, nei periodi primaverile (P) e autunnale (A). Indagine '99-'00 Prof. Morozzi (Fonte: Università degli Studi di Perugia)

<u>Stazione di campionamento</u>	1		2		3		4		5		6	
<u>Stagione</u>	<u>P</u>	<u>A</u>	<u>P</u>	<u>A</u>	<u>P</u>	<u>A</u>	<u>P</u>	<u>A</u>	<u>P</u>	<u>A</u>	<u>P</u>	<u>A</u>
<u>Profondità (m)</u>	<u>8,5</u>	<u>7,5</u>	<u>6,0</u>	<u>5,5</u>	<u>9,0</u>	<u>7,5</u>	<u>18,5</u>	<u>19,0</u>	<u>14,5</u>	<u>15,0</u>	<u>5,0</u>	<u>5,0</u>
<u>Altezza sedimento (cm)</u>	<u>21</u>	<u>17,0</u>	<u>21</u>	<u>26,0</u>	<u>15</u>	<u>33,0</u>	<u>27</u>	<u>36,0</u>	<u>21</u>	<u>26,0</u>	<u>11</u>	<u>15,0</u>
<u>Sedimento esaminato (cm)</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
<u>T (°C)</u>	<u>12,2</u>	<u>11,8</u>	<u>11,9</u>	<u>12,8</u>	<u>10,5</u>	<u>11,6</u>	<u>11,3</u>	<u>12,0</u>	<u>12,4</u>	<u>12,0</u>	<u>11,6</u>	<u>11,2</u>
<u>AVS (S) (g/Kg)</u>	<u>0,296</u>	<u>0,014</u>	<u>0,088</u>	<u>0,084</u>	<u>0,074</u>	<u>0,073</u>	<u>0,417</u>	<u>0,281</u>	<u>1,202</u>	<u>0,566</u>	<u>1,409</u>	<u>1,228</u>
<u>Umidità (%)</u>	<u>46,5</u>	<u>35,3</u>	<u>43,3</u>	<u>51,2</u>	<u>53,9</u>	<u>42,2</u>	<u>57,6</u>	<u>48,4</u>	<u>58,8</u>	<u>37,3</u>	<u>62,0</u>	<u>26,9</u>
<u>Residuo secco (g/Kg)</u>	<u>534</u>	<u>647</u>	<u>566</u>	<u>488</u>	<u>461</u>	<u>578</u>	<u>424</u>	<u>516</u>	<u>411</u>	<u>627</u>	<u>380</u>	<u>731</u>
<u>TOC (g/Kg)</u>	<u>25,8</u>	<u>93,6</u>	<u>28,1</u>	<u>96,7</u>	<u>26,0</u>	<u>134,6</u>	<u>37,9</u>	<u>97,7</u>	<u>51,1</u>	<u>99,9</u>	<u>23,7</u>	<u>124,6</u>
<u>IC 950 °C (g/Kg)</u>	<u>249</u>	<u>374</u>	<u>227</u>	<u>378</u>	<u>397</u>	<u>368</u>	<u>347</u>	<u>245</u>	<u>316</u>	<u>249</u>	<u>237</u>	<u>156</u>
<u>LAS (mg/Kg)</u>	<u>4,7</u>	<u>4,7</u>	<u>10,7</u>	<u>8,7</u>	<u>6,2</u>	<u>7,0</u>	<u>9,2</u>	<u>17,5</u>	<u>10,2</u>	<u>9,3</u>	<u>7,2</u>	<u>6,3</u>
<u>FOSFATI (PO₄³⁻) (mg/Kg)</u>	<u>957</u>	<u>1182</u>	<u>782</u>	<u>963</u>	<u>855</u>	<u>1145</u>	<u>2131</u>	<u>2586</u>	<u>2461</u>	<u>2698</u>	<u>1210</u>	<u>1434</u>
<u>IPA (µg/Kg)</u>	<u>98,53</u>	<u>95,82</u>	<u>45,15</u>	<u>55,98</u>	<u>82,06</u>	<u>53,25</u>	<u>96,15</u>	<u>77,25</u>	<u>173,88</u>	<u>88,95</u>	<u>302,23</u>	<u>165,62</u>
<u>TRIAZINICI (µg/Kg)</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>
<u>CLORURATI (µg/Kg)</u>	<u>0,11</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>0,62</u>	<u>assenti</u>	<u>0,98</u>	<u>assenti</u>
<u>PCB (µg/Kg)</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>assenti</u>	<u>7,70</u>	<u>assenti</u>
<u>Cu ppm</u>	<u>30,8</u>	<u>22,7</u>	<u>22,7</u>	<u>16,4</u>	<u>14,4</u>	<u>16,1</u>	<u>66,7</u>	<u>51,1</u>	<u>59,8</u>	<u>37,8</u>	<u>42,8</u>	<u>39,1</u>
<u>Pb ppm</u>	<u>11,3</u>	<u>10,9</u>	<u>15,5</u>	<u>16,8</u>	<u>22,4</u>	<u>14,7</u>	<u>41,6</u>	<u>33,8</u>	<u>39,4</u>	<u>28,1</u>	<u>60,8</u>	<u>43,4</u>
<u>Cd ppm</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,04</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,08</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,06</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,07</u>	<u>0,04</u>	<u>0,10</u>	<u>0,06</u>
<u>Cr ppm</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,04</u>	<u>0,05</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,05</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,08</u>	<u>0,05</u>
<u>Ni ppm</u>	<u>0,04</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>< 0,03</u>	<u>0,18</u>	<u>0,07</u>	<u>1,38</u>	<u>0,87</u>	<u>1,17</u>	<u>0,84</u>	<u>1,43</u>	<u>0,97</u>

Fig. 8a: Profilo ricostruito degli AVS, TOC, LAS, IPA nelle diverse stazioni di prelievo primaverili. (Fonte: Università degli Studi di Perugia)

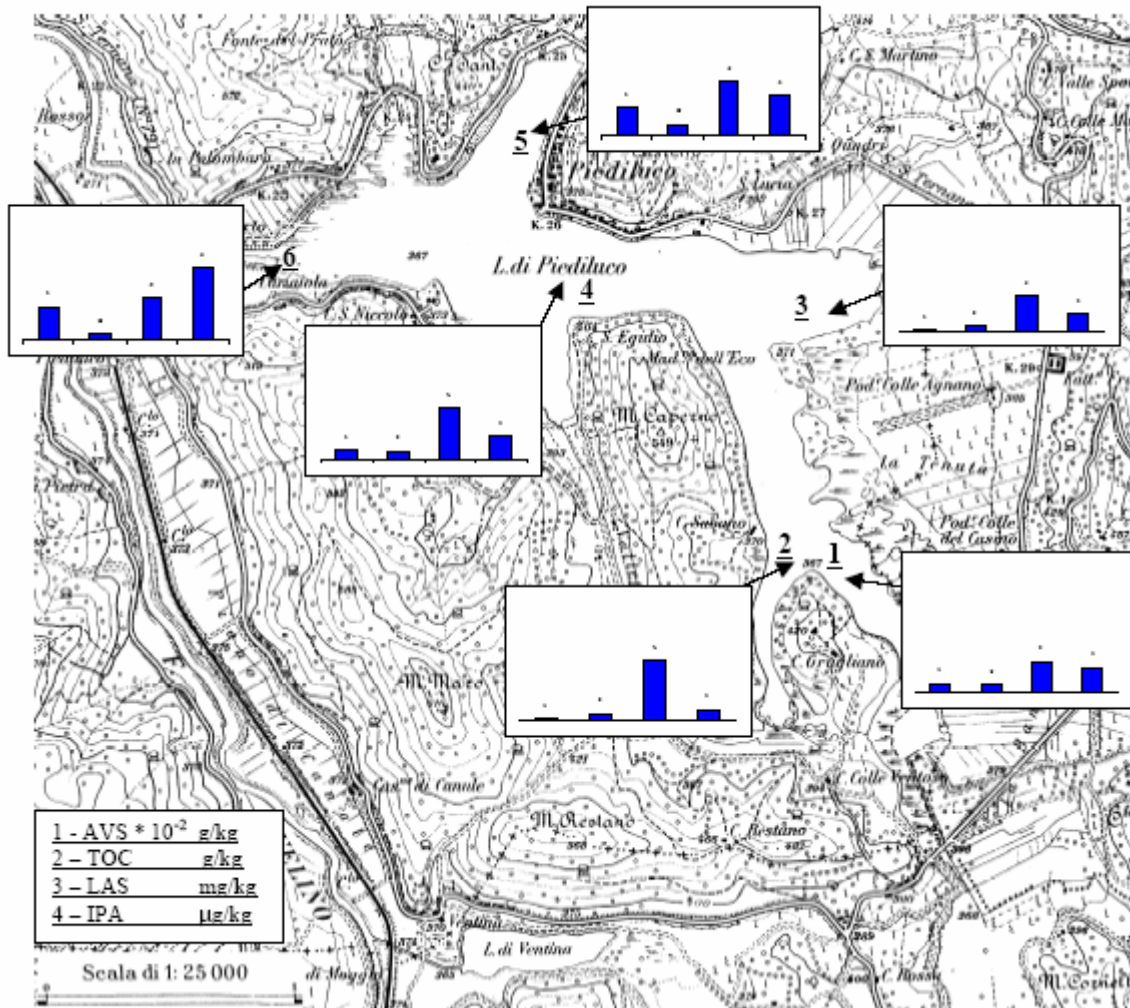
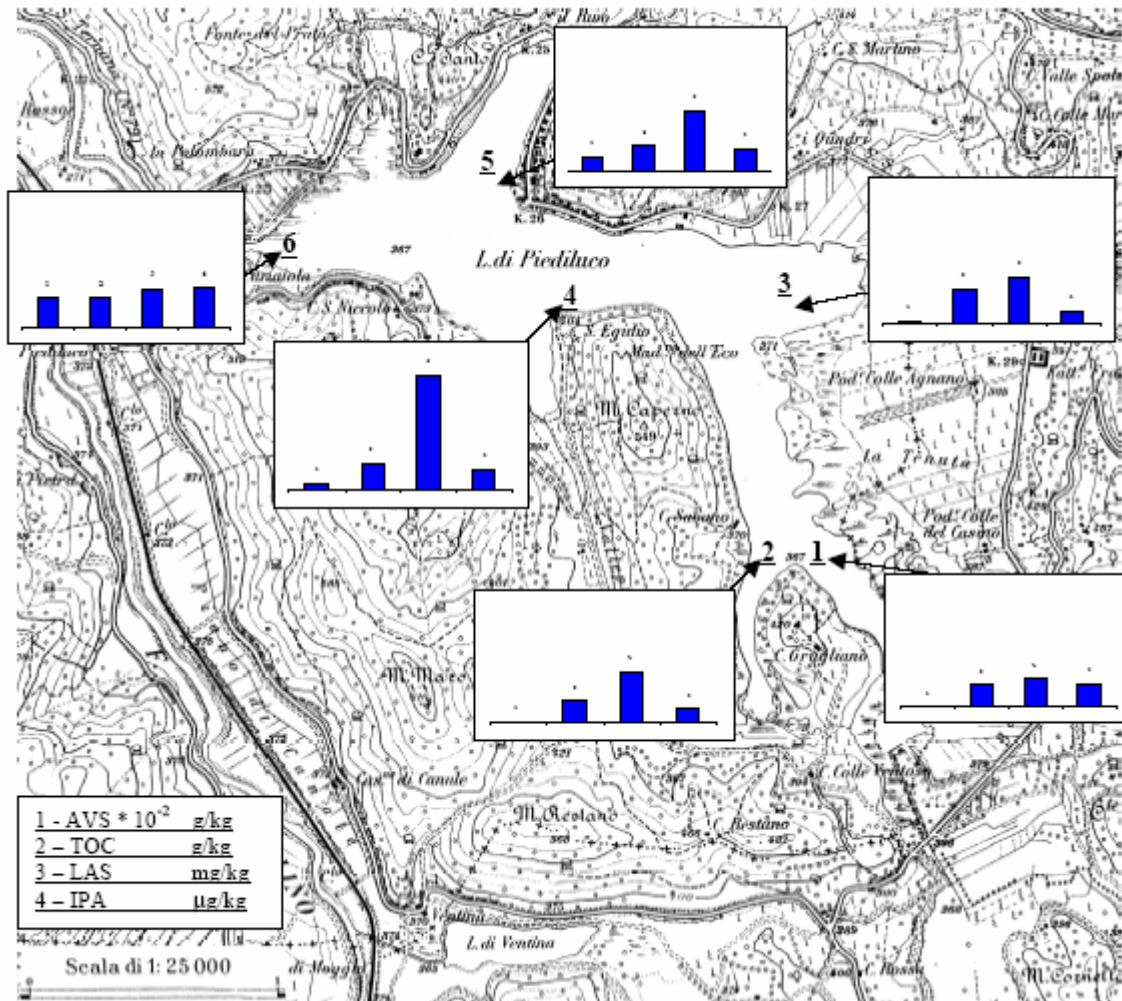


Fig. 8b: Profilo ricostruito degli AVS, TOC, LAS, IPA nelle diverse stazioni di prelievo autunnale. (Fonte: Università degli Studi di Perugia)



Tab. 4: Comuni ricadenti nel bacino idrografico del lago di Piediluco. (Fonte: ARPA Umbria)

N.	COMUNE	PROVINCIA	SUPERFICIE COMUNE [km ²]	SUPERFICIE COMPRESA NEL PIANO [km ²]
1	CASCIA	PG	180,460	177,354
2	CERRETO DI SPOLETO	PG	74,648	44,805
3	FOLIGNO	PG	264,295	11,327
4	MONTELEONE DI SPOLETO	PG	62,060	55,284
5	NORCIA	PG	274,963	211,110
6	POGGIODOMO	PG	40,021	40,021
7	PRECI	PG	81,862	81,862
8	SELLANO	PG	85,694	85,694
9	TERNI	TR	212,154	21,423
10	ANTRODOCO	RI	63,761	62,724
11	ASCREA	RI	7,208	5,247
12	BELMONTE IN SABINA	RI	23,600	23,600
13	BORBONA	RI	47,849	41,998
14	BORGOVELINO	RI	18,317	18,317
15	CANTALICE	RI	37,555	37,555
16	CASTEL SANT'ANGELO	RI	31,206	31,206
17	CITTADUCALE	RI	71,103	71,103
18	CITTAREALE	RI	59,535	59,535
19	COLLI SUL VELINO	RI	12,736	12,736
20	CONCERVIANO	RI	21,345	21,345
21	CONTIGLIANO	RI	53,382	53,165
22	GRECCIO	RI	17,828	17,165
23	LABRO	RI	11,727	11,727
24	LEONESSA	RI	203,628	203,562
25	LONGONE SABINO	RI	34,264	34,264
26	MICIGLIANO	RI	36,710	36,710
27	MORRO REATINO	RI	15,708	15,708
28	PETRELLA SALTO	RI	102,701	41,383
29	POGGIO BUSTONE	RI	22,342	22,342
30	POSTA	RI	65,872	65,872
31	RIETI	RI	206,187	204,472
32	RIVODUTRI	RI	26,745	26,745
33	TORRICELLA IN SABINA	RI	25,743	8,008
34	ROCCA SINIBALDA	RI	49,461	22,539
35	CASTEL S.ANGELO sul NERA	MC	70,509	48,623
36	SERRAVALLE DI CHIANTI	MC	95,810	14,666
37	USSITA	MC	55,165	46,723
38	VISSO	MC	100,191	81,253
39	MONTEREALE	AQ	104,169	31,532
	TOTALE		2968,514	2100,705

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

Il Comune di Amatrice, coinvolto nella ricognizione, ha dichiarato che i propri scarichi non interessano il bacino del lago di Piediluco, perché recapitanti nel fiume Tronto.

Grafico 2: Stato generale della depurazione (Fonte: ARPA Umbria)

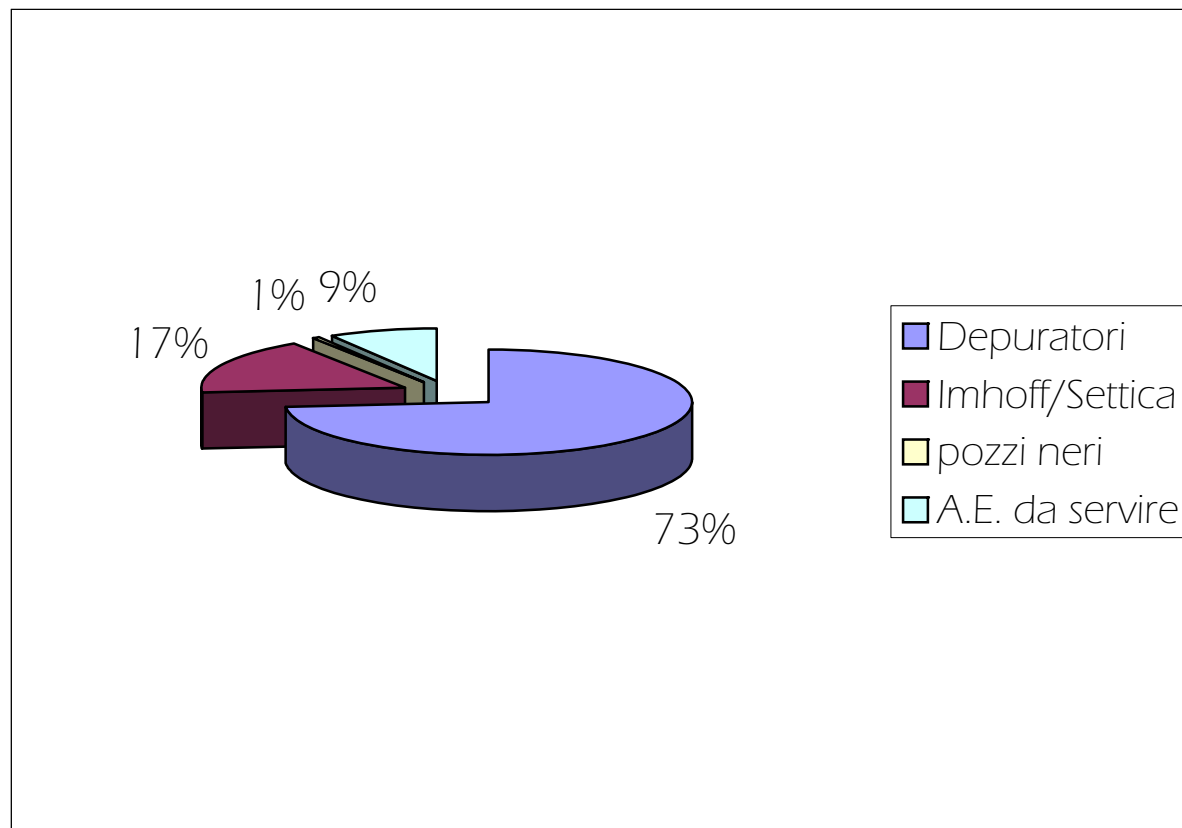


Grafico 3: Stato della depurazione nelle Marche

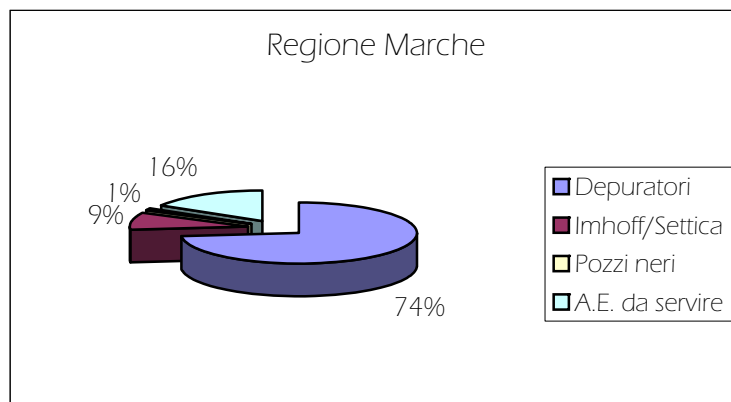


Grafico 4: Stato della depurazione in Abruzzo

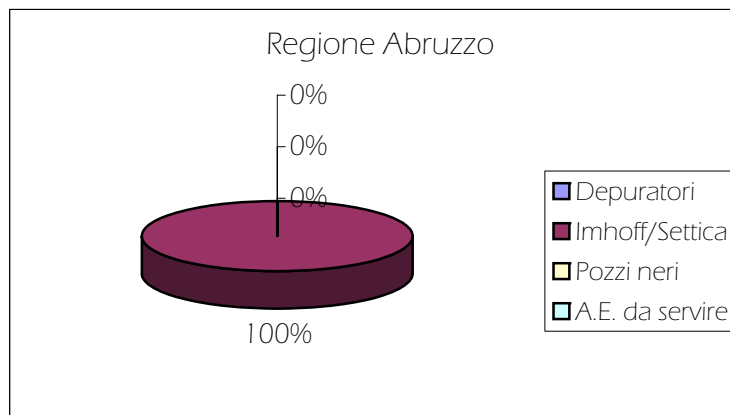


Grafico 5: Stato della depurazione in Umbria

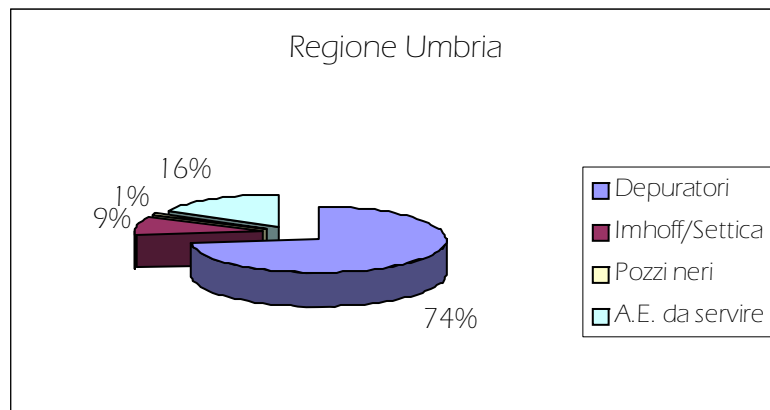
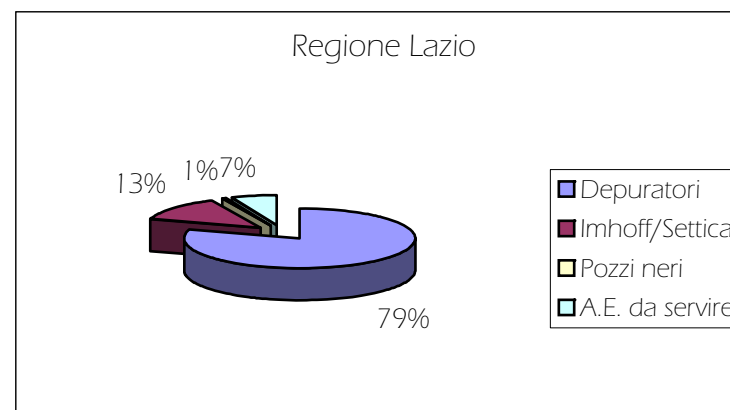


Grafico 6: Stato della depurazione nel Lazio



Tab. 5: Classificazione dello stato ambientale del lago di Piediluco (Fonte: ARPA Umbria)

CODICE STAZIONE	BACINO	ANNO	PUNTO DI PRELIEVO	Trasparenza	Clorofilla "a"	Ossigeno disciolto - Min	Ossigeno disciolto - val sup.	Ossigeno disciolto	Fosforo totale - Max
				m.	µg/l	%sat	%sat	%sat	µg/l
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2001	Pidiluco Centro lago	0,1	13,0	71,3	89,1		210,00
			Punteggio	5	4	2	1	2	5
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2002	Pidiluco Centro lago	0,5	23,0	73,1	79,3		90,00
			Punteggio	5	4	2	2	2	4
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2003	Pidiluco Centro lago	0,3	0,0	0,0	0,0		31,00
			Punteggio	5	1	5	5	5	3
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2004	Pidiluco Centro lago	0,6	2,0	93,8	95,2		90,00
			Punteggio	5	1	1	1	1	4
CODICE STAZIONE	BACINO	ANNO	PUNTO DI PRELIEVO	Fosforo totale - val sup. µg/l	Fosforo totale µg/l	Somma	S.E.L.	S.A.L.	Parametro di classificazione
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2001	Pidiluco Centro lago	40,00					
			Punteggio	3	4	15	Classe 4	Scadente	TRASPARENZA
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2002	Pidiluco Centro lago	30,00					
			Punteggio	3	4	15	Classe 4	Scadente	TRASPARENZA
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2003	Pidiluco Centro lago	0,00					
			Punteggio	1	2	13	Classe 4	Scadente	TRASPARENZA
2269-2270-2271	PIEDILUCO	2004	Pidiluco Centro lago	10,00					
			Punteggio	2	3	10	Classe 3	Sufficiente	OSSIGENO

Tab.6: Classificazione dello stato ambientale del lago di Piediluco --Applicazione della tabella 11 All. 1 al D. Lgs. 152/99 (Fonte: ARPA Umbria)

CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2000	S.A.L. 2000
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	Tutti	Classe 4	SCADENTE
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2001	S.A.L. 2001
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA FOSFORO	Classe 4	SCADENTE
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2002	S.A.L. 2002
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	FOSFORO	Classe 5	PESSIMO
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2003	S.A.L. 2003
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA FOSFORO	Classe 5	PESSIMO

Tab. 7: Classificazione dello stato ambientale del lago di Piediluco - Applicazione delle tabelle 11a, 11b, 11c, 11d dell'All.1 al D. Lgs. 152/99 (Fonte ARPA Umbria)

CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2001	S.A.L. 2001
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA	Classe 4	SCADENTE
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2002	S.A.L. 2002
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA	Classe 4	SCADENTE
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2003	S.A.L. 2003
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA	Classe 3	SUFFICIENTE
CODICE STAZIONE	BACINO	PUNTO DI PRELIEVO	Parametro di classificazione	S.E.L. 2004	S.A.L. 2004
2269-2270-2271	PIEDILUCO	Centro lago	TRASPARENZA	Classe 3	Sufficiente

Schema 1: Rete di monitoraggio per la balneazione - Lago di Piediluco



Tab. 22: Produzione di fosforo per tipologie colturali, suddivise nei 25 sottobacini in cui ricade il bacino imbrifero del lago di Piediluco (Fonte: Autorità di Bacino del Tevere)

SOTTOBACINI	P (kg/anno/ha) su	P (Kg/anno/ha) su	I2 Indice di P (min=1; max=0,5)	
	PRATO PASCOLO	V+U+CA+CM+SI+SA+O	PRATO PASCOLO	V+U+CA+CM+SI+SA+O
TEV-320-015	2,29	39,70	0,95	0,88
TEV-320-020	0,31	100,36	0,99	0,70
TEV-320-030	1,43	73,14	0,97	0,78
TEV-320-040-10	0,93	7,66	0,98	0,98
TEV-320-040-20	3,50	5,50	0,93	0,98
TEV-320-040-26	1,51	8,78	0,97	0,97
TEV-320-040-30	2,20	5,60	0,96	0,98
TEV-320-040-40	2,77	169,85	0,94	0,50
TEV-320-050	1,29	13,02	0,97	0,96
TEV-320-080-05	1,25	13,34	0,97	0,96
TEV-320-080-06	0,99	24,16	0,98	0,93
TEV-320-080-10	1,82	14,62	0,96	0,96
TEV-320-080-20	1,17	11,83	0,98	0,97
TEV-320-080-25	24,51	4,94	0,50	0,99
TEV-320-080-30	3,84	6,09	0,92	0,98
TEV-320-080-40-50	2,37	10,10	0,95	0,97
TEV-320-080-45	1,33	27,35	0,97	0,92
TEV-320-080-50	8,14	4,14	0,83	0,99
TEV-320-080-60-30	3,80	31,25	0,92	0,91
TEV-320-080-60-40	3,76	12,84	0,92	0,96
TEV-320-080-60-50	2,85	10,10	0,94	0,97
TEV-320-080-65	-	5,11	1,00	0,98
TEV-320-080-66	2,93	4,59	0,94	0,99
TEV-320-080-67	3,34	6,85	0,93	0,98
TEV-320-080-69	2,19	20,94	0,96	0,94

Tabella 24: Carichi di fosforo dal totale delle fonti diffuse (Fonte: Autorità di Bacino del Tevere)

CARICHI DI FOSFORO DAL TOTALE DELLE FONTI DIFFUSE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento	fosforo alla chiusura bacini (3%)	coeff. abbattimento nel percorso al Lago	coeff. di abbattimento dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso
	kg/anno	kg/anno			kg/anno
TEV-320-015	56.100	1.683	1,00	1,000	1.683
TEV-320-020	109.228	3.277	1,00	1,000	3.277
TEV-320-030	314.100	9.423	1,00	1,000	9.423
TEV-320-040-10	283.000	8.490	0,94	1,000	7.995
TEV-320-040-20	189.800	5.694	0,96	1,000	5.447
TEV-320-040-26	268.200	8.046	0,99	1,000	7.979
TEV-320-040-30**	183.600	2.754	0,99	1,000	2.731
TEV-320-040-40	41.300	1.239	1,00	1,000	1.239
TEV-320-050	180.900	5.427	1,00	1,000	5.427
TEV-320-080-05	112.400	3.372	0,90	0,075	228
TEV-320-080-06	8.500	255	0,90	0,075	17
TEV-320-080-10	41.700	1.251	0,90	0,075	84
TEV-320-080-20	156.700	4.701	0,92	0,075	325
TEV-320-080-25	2.435	73	0,92	0,075	5
TEV-320-080-30	93.300	2.799	0,95	0,075	200
TEV-320-080-40-50	97.700	2.931	0,95	0,075	210
TEV-320-080-45	63.900	1.917	0,96	0,075	138
TEV-320-080-50	45.700	1.371	0,98	0,075	100
TEV-320-080-60-30	32.226	967	0,94	0,075	68
TEV-320-080-60-40	126.500	3.795	0,96	0,075	273
TEV-320-080-60-50	137.700	4.131	0,98	0,075	302
TEV-320-080-65	40	1	0,98	0,075	0
TEV-320-080-66	254.800	7.644	0,99	0,075	568
TEV-320-080-67	83.700	2.511	1,00	0,075	188
TEV-320-080-69	174.600	5.238	1,00	1,000	5.238
	3.058.129	88.990			53.145

**A causa di caratteristiche idrologiche e morfologiche il coefficiente di trasporto (seconda colonna) è ridotto da 3% ad 1,5%.

Tabella 25: Carichi di fosforo da fonti agro-zootecniche (Fonte: Autorità di Bacino del Tevere)

CARICHI DI FOSFORO DA FONTI AGRO-ZOOTECNICHE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento kg/anno	fosforo alla chiusura bacini (3%) kg/anno	Superfici agricole (ha)	Densità di carico di fosforo * (chiusura sottobac.)	Coef. abbattimento nel percorso al Lago	Coef. di abbattimento dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso kg/anno	Classi	Densità di carico di fosforo in funzione del lago
TEV-320-015	17.220	517	1.406	0,37	1,00	1,000	517	C	0,37
TEV-320-020	48.500	1.455	1.585	0,92	1,00	1,000	1.455	C	0,92
TEV-320-030	152.700	4.581	5.511	0,83	1,00	1,000	4.581	A	0,83
TEV-320-040-10	166.800	5.004	6.144	0,81	0,94	1,000	4.712	A	0,77
TEV-320-040-20	106.400	3.192	3.207	1,00	0,96	1,000	3.054	A	0,95
TEV-320-040-26	129.200	3.876	4.137	0,94	0,99	1,000	3.844	A	0,93
TEV-320-040-30**	128.600	1.929	5.554	0,35	0,99	1,000	1.913	B	0,34
TEV-320-040-40	11.700	351	603	0,58	1,00	1,000	351	C	0,58
TEV-320-050	82.600	2.478	3.267	0,76	1,00	1,000	2.478	B	0,76
TEV-320-080-05	53.690	1.611	2.743	0,59	0,90	0,075	109	D	0,04
TEV-320-080-06	3.000	90	492	0,18	0,90	0,075	6	D	0,01
TEV-320-080-10	21.600	648	1.564	0,41	0,90	0,075	44	D	0,03
TEV-320-080-20	67.000	2.010	3.929	0,51	0,92	0,075	139	D	0,04
TEV-320-080-25	400	12	15	0,78	0,92	0,075	1	D	0,05
TEV-320-080-30	46.300	1.389	1.817	0,76	0,95	0,075	99	D	0,05
TEV-320-080-40-50	37.100	1.113	1.993	0,56	0,95	0,075	80	D	0,04
TEV-320-080-45	23.500	705	1.307	0,54	0,96	0,075	51	D	0,04
TEV-320-080-50	32.200	966	1.814	0,53	0,98	0,075	71	D	0,04
TEV-320-080-60-30	12.600	378	345	1,09	0,94	0,075	27	D	0,08
TEV-320-080-60-40	42.700	1.281	1.401	0,91	0,96	0,075	92	D	0,07
TEV-320-080-60-50	64.100	1.923	2.430	0,79	0,98	0,075	141	D	0,06
TEV-320-080-65	20	1	3	0,21	0,98	0,075	0	D	0,02
TEV-320-080-66	134.800	4.044	5.557	0,73	0,99	0,075	300	C	0,05
TEV-320-080-67	42.200	1.266	1.586	0,80	1,00	0,075	95	D	0,06
TEV-320-080-69	44.700	1.341	1.493	0,90	1,00	1,000	1.341	C	0,90
Totali / indicatori	1.452.410	42.160	59.903	0,70			25.498		0,43

*Densità di carico di fosforo massima sostenibile = 0,3 (corrispondente ad un'erosione stimata di 10 t/ha anno)

**A causa di caratteristiche idrologiche e morfologiche il coefficiente di trasporto (seconda colonna) è ridotto da 3% ad 1,5%.

media	1.019,92
deviazione standard	1.521,68

Classe	N° Sottobacini	Tipologia di Classe
A	4	Carico molto alto
B	2	Carico alto
C	5	Carico medio
D	14	Carico basso
Totale	25	

Tabella 26: Carichi di fosforo da fonti boschive (Fonte: Autorità di Bacino del Tevere)

CARICHI DI FOSFORO DA FONTI BOSCHIVE

SOTTOBACINO	fosforo in movimento kg/anno	fosforo alla chiusura bacini (3%) kg/anno	Superfici bosco (ha)	Densità di carico di fosforo * (chiusura sottobac.)	abbattimento o nel percorso al	abbattimento dato dalle portate	fosforo nel lago di Piediluco in funzione del percorso kg/anno	Classi	Densità di carico di fosforo in funzione del lago
TEV-320-015	18.300	549	4.564	0,12	1,00	1,000	549	C	0,12
TEV-320-020	21.200	636	2.882	0,22	1,00	1,000	636	C	0,22
TEV-320-030	83.000	2.490	14.028	0,18	1,00	1,000	2.490	A	0,18
TEV-320-040-10	50.000	1.500	12.280	0,12	0,94	1,000	1.413	A	0,12
TEV-320-040-20	38.000	1.140	6.628	0,17	0,96	1,000	1.091	B	0,16
TEV-320-040-26	82.000	2.460	10.750	0,23	0,99	1,000	2.440	A	0,23
TEV-320-040-30**	33.000	495	8.186	0,06	0,99	1,000	491	C	0,06
TEV-320-040-40	19.000	285	3.493	0,08	1,00	1,000	285	C	0,08
TEV-320-050	54.000	1.620	7.376	0,22	1,00	1,000	1.620	A	0,22
TEV-320-080-05	25.200	756	6.826	0,11	0,90	0,075	51	D	0,01
TEV-320-080-06	2.000	60	1.025	0,06	0,90	0,075	4	D	0,00
TEV-320-080-10	8.400	252	3.269	0,08	0,90	0,075	17	D	0,01
TEV-320-080-20	58.300	1.749	11.561	0,15	0,92	0,075	121	D	0,01
TEV-320-080-25	200	6	103	0,06	0,92	0,075	0	D	0,00
TEV-320-080-30	21.000	630	6.777	0,09	0,95	0,075	45	D	0,01
TEV-320-080-40-50	26.000	780	8.420	0,09	0,95	0,075	56	D	0,01
TEV-320-080-45	12.000	360	5.041	0,07	0,96	0,075	26	D	0,01
TEV-320-080-50	3.000	90	496	0,18	0,98	0,075	7	D	0,01
TEV-320-080-60-30	9.450	284	2.177	0,13	0,94	0,075	20	D	0,01
TEV-320-080-60-40	33.000	990	6.964	0,14	0,96	0,075	71	D	0,01
TEV-320-080-60-50	33.000	990	7.075	0,14	0,98	0,075	72	D	0,01
TEV-320-080-65	5	0	3	0,04	0,98	0,075	0	D	0,00
TEV-320-080-66	29.000	870	4.890	0,18	0,99	0,075	65	D	0,01
TEV-320-080-67	18.000	540	4.136	0,13	1,00	0,075	41	D	0,01
TEV-320-080-69	38.000	1.140	5.714	0,20	1,00	1,000	1.140	B	0,20

Tabella 17: carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano Stralcio nel territorio della regione UMBRIA (Fonte: AB Tevere)

N.	Tipo allevamento	di Comune	Superficie sommersa (mq)	Stima dei capi allevati in base al mangime (peso medio annuo in quintali)	Stima dei capi allevati in base al volume d'acqua (peso medio annuo in quintali)	stima mangime necessario (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	avannotteria trota	Norcia	1.281	167	128	200	0,10
2	intensivo di trota	Preci	9.600	1.099	1.920	2.304	1,15
3	intensivo di trota con stoccaggio e lavorazione	Preci	17.200	2.006	3.440	4.128	2,06
4	intensivo di trota	Cerreto di Spoleto	4.950	797	990	1.188	0,59
5	avannotteria trota	Norcia	6.716	208	672	806	0,40
6	intensivo di trota	Norcia	28.864	6.667	7.216	8.659	4,33
7	intensivo di trota	Preci	3.500	294	700	840	0,42
8	intensivo di trota	Norcia	2.650	25	530	636	0,32
9	pesca sportiva (con due bacini di lagunaggio allo scarico)	Sellano	-	-	-	-	-
						TOTALE	9

Tabella18: Carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano Stralcio nel territorio della regione MARCHE (Fonte: AB Tevere)

N.	Tipo di allevamento	Comune	Superficie sommersa (mq)	Stima dei capi allevati (peso medio annuo in quintali)	stima mangime necessario (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	avannotteria trota (che fornisce gli altri impianti di proprietà)	Castel Sant'Angelo sul Nera	-	1.800	2.160	1,08
2	intensivo trota	Visso	30.000	6.000	7.200	3,60
3	intensivo trota	Visso	15.000	3.000	3.600	1,80
4	intensivo trota con stoccaggio e lavorazione	Visso	4.500	2.000	2.400	1,20
TOTALE					8	

Tabella 19: Carichi di fosforo da impianti di ittiocoltura ricadenti nell'area di Piano Stralcio nel territorio della regione Lazio (Fonte: AB Tevere).

N.	Tipo allevamento	Comune	Superficie sommersa (mq)	Capi allevati (peso medio annuo in quintali)	Consumo medio di mangime (quintali/anno)	FOSFORO da deiezioni e mangime non consumato (fosforo nel mangime 10 gr/Kg consumato per il 50%) (tonnellate/anno)
1	estensivo di trota e pesca turistica	Rivodutri	500	20	0	-
2	intensivo trota	Cittaducale	24.000	10.000	12.000	6,00
3	intensivo trota	Colli sul Velino	-	6.000	8.000	4,00
4	intensivo trota	Rivodutri	-	2.500	3.500	1,75
					TOTALE	12

Tab. 16: Carichi di fosforo prodotti dai sottobacini e carichi di fosforo effettivamente recapitati al lago

SOTTOBACINO	DISTANZA DAL LAGO (km)	P CIVILE-INDUSTRIALE PRODOTTO (KG/ANNO)	P CIVILE-INDUSTRIALE RECAPITATO AL LAGO (KG/ANNO)
TEV-320-015	0	991	991
TEV-320-020	0	994	994
TEV-320-030	0	5416	5416
TEV-320-040-10	35	624	602
TEV-320-040-20	26	810	789
TEV-320-040-26	5	1189	1183
TEV-320-040-30	7	6250	6207
TEV-320-040-40	0	353	353
TEV-320-050	0	870	870
TOTALE NERA		17496	17404
TEV-320-080-05	60	874	62
TEV-320-080-06	60	1	0
TEV-320-080-10	60	1502	106
TEV-320-080-20	47	1007	72
TEV-320-080-25	46	0	0
TEV-320-080-30	28	2800	204
TEV-320-080-40-50	28	1604	117
TEV-320-080-45	25	880	64
TEV-320-080-50	15	10248	757
TEV-320-080-60-30	36	611	44
TEV-320-080-60-40	25	2291	168
TEV-320-080-60-50	15	4710	348
TEV-320-080-65	15	0	0
TEV-320-080-66	6	4673	348
TEV-320-080-67	0	852	64
TEV-320-080-69	0	1450	1450
TOTALE BACINO		33502	3805
TOTALE		50998	21209

Tab. 27:Quadro di sintesi – Relazione tra gli obiettivi del Piano Stralcio Piediluco e del Piano di Tutela delle Acque (Fonte: ARPA Umbria)

	Obiettivi del Piano di Tutela delle Acque						
	Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	Risanamento dei corpi idrici inquinati	Miglioramento stato quantitativo e qualitativo delle acque	Protezione acque destinate a usi particolari	Uso sostenibile delle risorse con priorità alla destinazione potabile	Mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici e sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate	Tutela quali – quantitativa delle risorse idriche
Obiettivi del PS 3 Piediluco							
Miglioramento della qualità delle acque e mitigazione del rischio di crisi anossiche	X	X	X	X		X	X
Definizione di una sistemazione spondale							X
Istituzione di un sistema permanente di monitoraggio della qualità delle acque							X

Tab. 28: Quadro di sintesi – Relazioni tra criteri e strategie del Piano Stralcio Lago Piediluco e le Misure del PTA (Fonte: ARPA Umbria)

Criteri / Strategie del Piano	Misure del PTA ai sensi del D.Lgs.s 152/99					
	Misure per raggiungimento e mantenimento della qualità ambientale dei corpi idrici significativi (art 5)	Tutela e miglioramento qualità per le acque a specifica destinazione Titolo II Capo II (potabile, balneazione, pesci, molluschi)	Tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi Titolo III Capo I (aree sensibili, ZVN, ZV fitosanitari, aree salvaguardia acque destinate al consumo umano)	Tutela quantitativa della risorsa e risparmio idrico Titolo III capo II (bilancio idrico, risparmio e riutilizzo dell'acqua)	Tutela qualitativa: disciplina degli scarichi Titolo III Capo III (reti fognarie, scarichi e depurazione)	Ulteriori misure Titolo III Capo IV (autorizzazione acque reflue. Acquacoltura, util.agronomica, prima pioggia e lavaggio, dighe, aree di pertinenza)
Piano Stralcio Piediluco						
Completamento delle infrastrutture di collettamento e depurazione delle acque reflue (civili, industriali, agricolo-zootecniche) dei centri abitati delle province di Rieti, Perugia e Terni che scaricano nel sistema Nera-Velino					X	
Rimozione mirata dei sedimenti dal fondo di alcune zone del lago tramite specifica tecnica di aspirazione	X					X
Discipline di indirizzo e regolamentazione delle varie attività potenzialmente impattanti				X	X	X
Potenziamento del sistema di depurazione degli allevamenti ittici						X
Definizione di una fascia di rispetto intorno al lago e lungo le rive dei principali corsi d'acqua per il trattenimento degli inquinanti di origine agricola						X