



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Progetto di Monitoraggio dello stato degli Ecosistemi dell'area della Val d'Agri

Acque Superficiali

Marzo 2015

Relazione redatta con il contributo di tutto il personale tecnico e amministrativo del Centro di Ricerche ARPAB di Metaponto

Dott. Palma Achille

Dott.: Trabace Teresa, Accoto Grazia, Anzilotta Giuseppe, Bochicchio Dominga, Casamassima Michela, Marraudino Annunziata, Di Gennaro Spartaco.

Tecnici: Acito Eustachio, Baldassarre Piernicola, Barbalinardo Antonietta, Corrado Antonio, Di Crisci Carmine, Festa Giuseppe, Fortunato Mario Filippo, Loizzo Nicola, Longo Salvatore, Mastore Antonio, Nola Maria Vittoria, Pipino Domenico Alessandro, Santospirito Giuseppe,

Si ringrazia per la collaborazione

Basile Giovanna, Cifarelli Rosa Anna, D'andraia Fiorentino, Di Chio Angelo Raffaele, D'onofrio Olimpia, Fiore Angelo, La Vecchia Giovanna, Ferruzzi Walter, Guidotti Emanuele, Lauria Giuseppe Homs, Lupoli Giacinto, Rossetti Maria Antonietta, Tedesco Nicola

Si ringrazia tutto il personale tecnico e amministrativo del CRM per la tenacia con la quale hanno affrontato tutte le difficoltà incontrate .

INDICE

Premessa

1 L' AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALI

1.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

1.2 AREA DI INDAGINE

1.3 CLASSIFICAZIONE DELLO STATO DI QUALITA' DEI CORPI IDRICI

1.3.1 Elementi Biologici

1.3.2 Elementi Chimico-fisici

1.3.3 Elementi chimici

2 ELEMENTI CHIMICO-FISICI

2.1 FIUME AGRI E AFFLUENTI - CRITERI TECNICI PER LA CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

2.2 FIUME AGRI E AFFLUENTI - RISULTATI E DISCUSSIONE: CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

2.3 LAGO PERTUSILLO - CRITERI TECNICI PER LA CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

3 ELEMENTI BIOLOGICI

3.1 MACRINVERTEBRATI: STAR-ICMI

3.1.1 Il protocollo di campionamento dello Star-ICMi

3.1.2 Risultati e discussione macroinvertebrati Star ICMi

3.2 DIATOMEE: L'INTERCALIBRATION COMMON METRIC INDEX- ICMi

3.2.1 La metodica di campionamento

3.2.2 Risultati e discussione diatomee (ICMi)

3.3 LE MACROFITE ACQUATICHE: IBMR

3.3.1 Applicazione dell'indice macrofitico IBMR

3.3.2 Risultati e discussione

3.3.3 Conclusioni IBMR

3.4 L'INDICE DI FUNZIONALITA' FLUVIALE: IFF

3.4.1 Risultati e discussione IFF

3.5 ELEMENTI BIOLOGICI PERTUSILLO

3.5.1 DIGA DEL PERTUSILLO - STUDIO DEL FITOPLANCTON

3.5.2 DIGA DEL PERTUSILLO – CIANOBATTERI

3.5.3 DIGA DEL PERTUSILLO - RICERCA DI TOSSINE ALGALI

3.5.3.1 Saggio ELISA per la ricerca delle Microcistine

3.5.3.2 Saggio ELISA per la ricerca delle Anatosine

4 ANALISI MICROBIOLOGICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE

4.1 FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI - ANALISI MICROBIOLOGICHE ACQUE

4.2 FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI – SAGGI ECOTOSSICOLOGICI ACQUE

4.2.1 Test di tossicità acuta a 24h con *Daphnia magna*

4.2.2 Test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*

4.3 FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI – SAGGI ECOTOSSICOLOGICI SEDIMENTI

4.4 DIGA DEL PERTUSILLO - ANALISI MICROBIOLOGICHE ACQUE

4.5 DIGA DEL PERTUSILLO – SAGGI ECOTOSSICOLOGICI ACQUE

4.6 DIGA DEL PERTUSILLO - SAGGI ECOTOSSICOLOGICI SEDIMENTI

5. STATO CHIMICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

5.1 DISTRIBUZIONE DEI METALLI PESANTI NELLE ACQUE E NEI SEDIMENTI

5.1.1 Approccio metodologico alla valutazione della qualità ambientale dei sedimenti fluviali

5.2 STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI IDROCARBURI NELLE ACQUE E NEI SEDIMENTI FLUVIALI E LACUALI

5.2.1 Caratterizzazione (fingerprint) del petrolio

5.2.2 Primi risultati dell'applicazione del metodo analitico sviluppato

5.2.3 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi nelle acque

5.2.4 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi nei sedimenti

5.2.5 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi aromatici volatili nelle acque

5.2.6 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi aromatici volatili nei Sedimenti

5.3 STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEI POLICLOROBIFENILI (PCB) E DEI FITOFARMACI

5.3.1 Valutazione della distribuzione dei policlorobifenili (PCB) nelle acque superficiali

5.3.2 Valutazione della distribuzione dei fitofarmaci nelle acque superficiali

5.3.3 Valutazione della distribuzione dei PCB nei sedimenti

5.3.4 Valutazione della distribuzione dei fitofarmaci nei sedimenti

5.4 STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, DEI FENOLI, DELLE CLORO-ANILINE, DEI CLORO-NITRO-BENZENI, DEI FTALATI E DEI FITOFARMACI.

5.4.1 Idrocarburi policiclici aromatici

5.4.1.2 Clorofenoli e Alchilfenoli

5.4.1.3 Cloronitrobenzeni e Cloroaniline

5.4.1.4 Ftalati nelle acque e nei sedimenti fluviali e lacuali

5.4.1.5 Fitofarmaci

5.4.1.5.1 Valutazione della distribuzione della terbutilazina

6. CONCLUSIONI E SINTESI DEL PROGETTO

Premessa

Con Deliberazione n. 627 del 4 maggio 2011, l'Ufficio Compatibilità Ambientale, Dipartimento Ambiente, Territorio e Politiche della Sostenibilità della Regione Basilicata - recependo il parere favorevole espresso nella seduta del giorno 18 aprile 2011, ai sensi della L.R. 47/1998, dal Comitato Tecnico Regionale Ambiente (di seguito "CTRA"), relativamente al Progetto - ha deliberato di rilasciare ad eni *"il Giudizio favorevole di Compatibilità Ambientale e l'aggiornamento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale di cui alla DGR n. 313/2011 relativamente alla costruzione ed all'esercizio del Progetto di Ammodernamento e Miglioramento Performance Produttive del Centro Olio Val D'Agri, subordinatamente all'ottemperanza delle prescrizioni richiamate"* con prescrizioni. In particolare, nella Deliberazione, al punto 2, è prescritto che eni dovrà definire di concerto con A.R.P.A.B. un Progetto di Monitoraggio Ambientale per le diverse componenti ambientali oggetto di esame nello Studio d'Impatto Ambientale, (prevedendo il trasferimento a regime delle reti di monitoraggio in capo ad A.R.P.A.B) che comprenda, tra l'altro:

- stazioni di biomonitoraggio (bioindicatori e biosensori) per la verifica del livello di criticità ecologica derivante dall'eventuale contributo degli impianti dell'insediamento. Su questa parte del progetto il proponente dovrà acquisire il parere di un Istituto Scientifico o Ente qualificato nel settore;
- il monitoraggio dello stato degli ecosistemi (basato almeno sulle seguenti componenti ambientali e/o indicatori: microclima, suolo e sottosuolo, ambiente idrico superficiale e sotterraneo, morfologie naturaliformi, vegetazione con studio fitosociologico, flora lichenica, macrofauna, microteriofauna, carabidiofauna);
- la condivisione di tutti i dati rilevati nella fase di attuazione del progetto di monitoraggio anche con l'Osservatorio Ambientale di cui al Protocollo.

Il punto 9 della DGR sopra richiamata, è prescritto che *"Eni S.p.A. dovrà presentare all'Ufficio Compatibilità Ambientale, in tempo utile e prima della messa in esercizio della "Fase 2" il Progetto di Monitoraggio Ambientale richiamato nella prescrizione n.2 preventivamente approvato da A.R.P.A.B.....[...]."* Alla luce delle prescrizioni sopra riportate ed in ottemperanza alle stesse, eni, nell'ambito del Progetto di Monitoraggio Ambientale, ha

predisposto, in seguito ad incontri tecnici tenutisi con A.R.P.A.B. e a fronte di quanto condiviso, il Piano di Biomonitoraggio e il Piano di Monitoraggio degli Ecosistemi dell'area della Val d'Agri.

ENI con nota prot. n. 2291 del 19/12/2012 ha inviato ad A.R.P.A.B. i Piani per la condivisione finale delle specifiche tecniche in essi formulate.

A.R.P.A.B. ha approvato i Piani trasmessi con la nota di cui alla precedente premessa in data 21 dicembre 2012, tra cui il **Progetto di Monitoraggio dello stato degli Ecosistemi** nella porzione di territorio di circa 100 Km² circostante l'area del Centro Olio Val d'Agri individuato nel S.I.A.

Le attività previste nel suddetto Progetto sono state regolamentate da apposito Accordo stipulato tra ARPAB ed ENI a giugno 2013 e repertoriato con il n. 433 a luglio 2013 che definisce le componenti ambientali da sottoporre a controllo. Altresì l'Accordo sottoscritto disciplina l'esecuzione delle attività sulle diverse matrici ambientali oggetto di studio tra le quali si annovera *l'Ambiente Idrico Superficiale* oggetto della presente relazione tecnica.

Il Quadro Normativo di riferimento

Le normative italiane per la tutela ambientale sono risultate per diversi anni molto carenti rispetto alle normative internazionali (Volterra, 1996). In particolare, nel caso della tutela delle acque le leggi prevedevano solo il controllo delle concentrazioni di inquinanti nelle acque, senza verificarne l'impatto sulla qualità e sull'ecosistema ambientale. La situazione è radicalmente cambiata con il Decreto Legislativo 152/99 "Sulla tutela delle acque dall'inquinamento", modificato dal D.L. 258/2000, i quali recepiscono molte direttive comunitarie come la 271 e la 676 del 1991. Il D.L. 152/99 introduce una notevole razionalizzazione e semplificazione del quadro normativo e sposta l'attenzione dal controllo dei singoli scarichi, all'insieme degli eventi che determinano l'inquinamento ed il degrado dei corpi idrici. La legge si propone una tutela integrata di ciascun bacino idrografico, individua specifici obiettivi di qualità ambientale e predispone misure ed interventi di risanamento. Viene quindi introdotto il concetto di stato ecologico dei corpi idrici superficiali, ossia l'*"Espressione della complessità degli ecosistemi acquatici e della natura chimica e fisica delle acque e dei sedimenti, delle caratteristiche del flusso idrico, considerando comunque*

prioritario lo stato degli elementi biotici del sistema”, e l’obiettivo di qualità ambientale diventa l’intero ecosistema acquatico, valutando “lo stato dei corpi idrici in funzione della loro capacità di mantenere e supportare comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate, il più possibile vicine alla condizione naturale in cui non appaiono significative modificazioni dell’ecosistema prodotte dall’attività umana e in cui il sistema mantiene intatte le sue capacità di risposta e autodifesa dalle perturbazioni prodotte da tali attività grazie ai processi naturali di autodepurazione“. In questa ottica le componenti biotiche degli ecosistemi acquatiche hanno assunto un ruolo determinante nei processi di classificazione e monitoraggio dei corpi idrici significativi e nella pianificazione di misure ed interventi di risanamento.

Un ulteriore passo in avanti è stato compiuto con la Direttiva europea 2000/60, recepita parzialmente a livello nazionale con vari decreti emanati dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), quali il Decreto Legislativo n. 152/2006 contenente *“Norme in materie ambientali”* (Italia 2006), il Decreto Ministeriale n. 131/2008 *“Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici”* (Italia, 2008) e il Decreto Ministeriale 56/2009 *“Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l’identificazione delle condizioni di riferimento”* (Italia, 2009).

La **Direttiva Quadro per la tutela delle acque 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD)**, pubblicata nel dicembre 2000, ha come obiettivo di proteggere e migliorare gli Ecosistemi acquatici all’interno della Comunità Europea. In particolare, come riportato nell’Articolo 1, ha lo scopo di:

- ✓ proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate;
- ✓ prevenire l’ulteriore deterioramento;
- ✓ promuovere un utilizzo sostenibile dell’acqua basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- ✓ assicurare la progressiva riduzione dell’inquinamento delle acque sotterranee e prevenire il loro ulteriore inquinamento;
- ✓ contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Le novità apportate in campo ambientale sono soprattutto l'obiettivo ecologico e la gestione integrata del bacino fluviale: lo scopo non è più quello di tutelare il particolare uso dell'ambiente acquatico ma quello di proteggere e recuperare la funzione degli ecosistemi acquatici; la gestione dei corpi idrici (acque sotterranee, fiumi, canali, laghi, bacini artificiali, estuari) deve avvenire quindi in maniera integrata (Rapporti ISTISAN 12/33).

La valutazione dello stato ambientale deve essere basata soprattutto sull'analisi degli elementi biologici degli ecosistemi acquatici a diversi livelli trofici: fitobenthos e macrofite come produttori primari, macroinvertebrati e pesci come consumatori; i parametri chimico-fisici e idromorfologici saranno considerati a supporto di quelli biologici. L'obiettivo è quello di valutare l'analisi dell'alterazione di queste comunità rispetto all'atteso, quindi il grado di discostamento dalla comunità di riferimento (presente in condizioni vicine alla naturalità), tenendo presente che la distribuzione dei taxa cambia anche in funzione di variabili ambientali esterne, quali altitudine, temperatura, pH, velocità della corrente e durezza della matrice acquosa.

L'importanza data agli indicatori biologici ha determinato importanti modifiche ai metodi per la valutazione delle singole componenti biologiche; la direttiva non ne specifica le metodologie d'analisi e delega la loro definizione agli Stati Membri. L'individuazione di un sistema di valutazione unico a livello nazionale è fondamentale per la definizione dello Stato Ecologico, per questo gruppi di lavoro coordinati da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e costituiti dalle Agenzie Ambientali e dalle Istituzioni di Ricerca Nazionali hanno prodotto i protocolli e i metodi di campionamento per gli elementi di qualità biologica e chimico-fisici delle acque dolci superficiali, pubblicati sul sito www.isprambiente.it nel volume "Metodi Biologici per le Acque. Parte I" (Rapporti Istisan 09/19).

Per la definizione dello Stato Ecologico, che definisce gli effetti dell'attività umana sugli Ecosistemi Acquatici, è stato necessario individuare le condizioni di riferimento per ogni tipologia di corpo idrico significativo, come indicato nella linea guida europea *Guidance document n. 10 Typology, reference conditions and classificatino systems* (Comunità Europea, 2003), riportate nel D.M. 56/2009. Tali requisiti sono, nello specifico, comunità biologiche, condizioni idromorfologiche e chimico-fisiche che permettono di definire lo stato ecologico elevato. Attraverso il monitoraggio degli ambienti acquatici si determina lo stato di qualità ambientale, classificando il corpo idrico attraverso indicatori ambientali.

Lo stato ecologico secondo lo schema di classificazione previsto dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (Allegato V, 1.4.1) deve essere espresso come Rapporto di Qualità Ecologica, RQE, ossia come rapporto tra i valori ricavati dal monitoraggio e quelli attesi per i siti di riferimento, vale a dire il rapporto tra “*i parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale e quelli rilevabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo*”. Tale valore deve essere compreso tra 0 e 1:

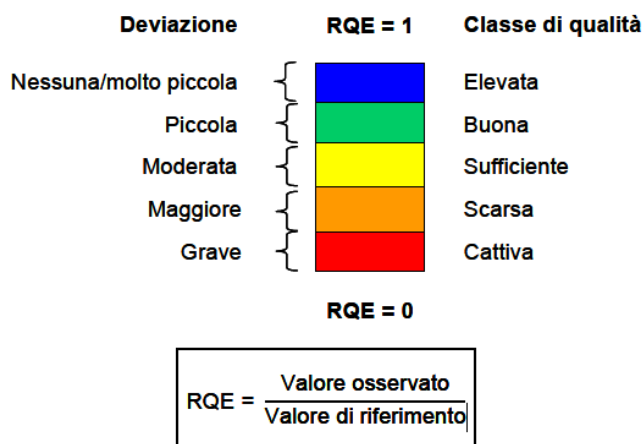


Figura 1. Schema di classificazione dello stato ecologico delle acque superficiali previsto dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE

Sempre secondo la linea guida europea CIS (*Common Implementation Strategy*) è stato organizzato un processo di Intecalibrazione con lo scopo di presentare e confrontare i dati del monitoraggio ambientale eseguito dagli Stati Membri e individuare delle Metriche Comuni di Intercalibrazione che rispettino i requisiti della WFD. L’Italia è stata suddivisa in tre regioni geografiche, Alpina, Centrale e Mediterranea e all’interno di ogni area i corpi idrici superficiali sono stati suddivisi in diverse tipologie secondo le tabelle seguenti (tabelle 1, 2 e 3):

Tabella 1. Tipologie fluviali dell'area geografica Alpina

Tipologia	Caratteristiche	Bacino	Altitudine (m) Geomorfologia	Alcalinità	Regime di portata
A-1	Piccolo, medio elevate altitudini e calcareo	10-1000 km ²	800-2500 m altitudine (del bacino). Massi e ciottoli	Alta ma non estremamente alta	Regime nivale
A-2	Piccolo, medio elevate altitudini e siliceo	10-1000 km ²	500-1000 m (massima altitudine del bacino 3000 m, media 1500 m). Massi	Non calcare, granito metamorfico), da media a bassa	Regime nivale glaciale

Tabella 2. Tipologie fluviali dell'area geografica Centrale

Tipologia	Caratteristiche	Bacino	Altitudine (m) Geomorfologia	Alcalinità (meq/L)
C-1	Di piccole dimensioni, di pianura, con sabbia silicea	10-100 km ²	Pianura, dominato da substrato sabbioso	< 0,4
C-2	Di piccole dimensioni, di pianura, con roccia silicea	10-100 km ²	Di pianura, dominanza di materiale roccioso, 3-8 m di larghezza (compresi gli argini)	< 0,4
C-3	Piccolo di media altitudine, siliceo	10-100 km ²	Media altitudine, roccia (granito)- substrato ghiaioso, 2-10 m di larghezza (compresi gli argini)	< 0,4
C-4	Medio di pianura, misto	100-1000 km ²	Di pianura, substrato da sabbioso a ghiaioso, 8-25 m di larghezza(compresi argini)	> 0,4
C-5	Largo di pianura, misto	1000-10000 km ²	Di pianura, zona a barbi, variazione in velocità, altezza massima nel bacino: 800 m, larghezza >25 m	> 0,4
C-6	Piccolo di pianura, calcareo	10-300 km ²	Di pianura, substrato ghiaioso (pietra calcarea),larghezza 3-10 m	> 2

Tabella 3. Tipologie fluviali dell'area geografica Mediterranea

Tipologia	Caratterizzazione del fiume	Bacino	Altitudine (m) Geomorfologia	Geologia del bacino	Regime di portata
M-1	Piccolo, media altitudine	10-100 km ²	200-800 m	Misto	Altamente stagionale
M-2	Medio, pianura	100-1000 km ²	< 600 m	Misto	Altamente stagionale
M-3	Grande, pianura	1000-10000 km ²	< 600 m	Misto	Altamente stagionale
M-4	Piccolo medio Montagne mediterranee	10-1000 km ²	400-1500 m	Misto non siliceo	Stagionale con elevato trasporto di sedimenti
M-5	Piccolo Mediterraneo, Temporaneo	10-100 km ²	< 300 m	Misto	Temporaneo

L'individuazione delle tipologie fluviali nazionali (D.M. 31/2008), necessaria per la classificazione dello stato ecologico, ha portato alla divisione del territorio italiano in 21 Idroecoregioni (HER, figura 2) (Italia, 2008. Dlg. N.131), ciascuna delle quali presenta caratteristiche chimico-fisiche e biologiche territoriali molto simili; inoltre per ogni idroecoregione in base a specifici parametri, sono stati individuati i Macrotipi fluviali, essenziali per la valutazione dello Stato Ecologico secondo la Direttiva quadro sulle acque 2000/60. L'assegnazione dei macrotipi e dei mesohabitat fluviali, necessaria per l'applicazione della Direttiva Quadro sulle Acque, viene riportata nel Decreto n.260 dell'8 novembre 2010, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 7 febbraio 2011.

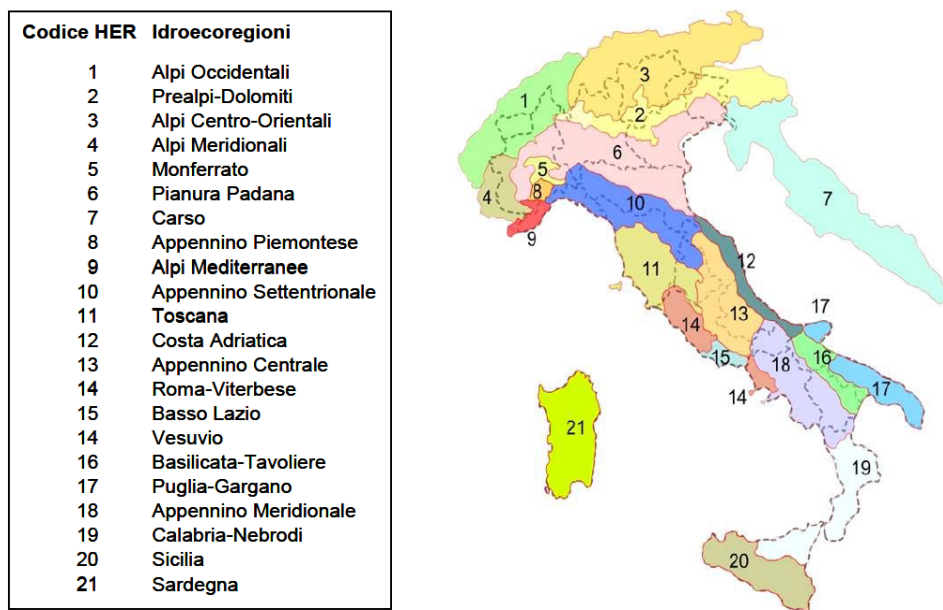


Figura 2. Idroecoregioni (HER) individuate sul territorio Italiano

1 L' AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

IL MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE IDRICA SUPERFICIALE È STATO CONDOTTO ATTRAVERSO LA VALUTAZIONE DEGLI ELEMENTI BIOLOGICI, IDROMORFOLOGICI E CHIMICO-FISICI PER CLASSIFICARE DELLO STATO ECOLOGICO DEI CORPI IDRICI DEL FIUME AGRI, DEL TORRENTE ALLI, CASALE, RIFREDDO E IL BACINO DEL PERTUSILLO.

1.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Il bacino del fiume Agri ha una superficie di 1686 kmq e presenta caratteri morfologici prevalentemente montuosi fino all'altezza della dorsale di Stigliano- Le Serre- Serra Corneta, per poi assumere morfologia da collinare a pianeggiante. Nel tratto montano del bacino si apre una depressione in tramontana, tra Marsico Nuovo e Grumento Nova, a quota superiore a 500 m s.l.m.. La quota media del bacino risulta essere di circa 650 m s.l.m., soltanto il 20 % del bacino presenta quota inferiore a 300 m. L'area pianeggiante di maggiore estensione è situata in prossimità della costa (Piana di Metaponto). Oltre alla piana costiera, altre aree pianeggianti sono presenti nel fondovalle del fiume Agri e nel fondovalle del Torrente Sauro in prossimità delle aste fluviale. I rilievi montuosi a quota maggiore sono localizzati nel settore occidentale del bacino in corrispondenza dello spartiacque. In sinistra idrografica le cime maggiori sono: Timpa d'Albano (1628), Monte Lama (1588), Serra Calvello (1567), Monte Calvelluzzo (1699), Monte Volturino (1835), Il Monte (1723), Monte Pilato (1580), Monte Caldarosa (1491). In destra idrografica le cime più elevate sono quelle dei rilievi di: M. Mareggio (1576 m), (Serra Giumenta (1518 m) Verro Croce (1672), Serra Croce (1692), Monte Raparo (1764) La Banneria (1703 , (Timpa Pomi d'agresti 1436). Il fiume Agri si origina dalle propaggini occidentali di Serra di Calvello, dove è localizzato il gruppo sorgivo di Capo d'Agri. Il corso d'acqua riceve i contributi di numerose sorgenti alimentate dalle strutture idrogeologiche carbonatiche e calcareo silicee presenti in destra e sinistra idrografica nel settore occidentale del bacino, a monte dell'invaso del Pertusillo. Grazie ai contributi sorgivi nel bacino superiore, il corso d'acqua è dotato di deflussi di magra di una certa entità, con portata di magra di circa 1 mc/s. Nella restante parte del bacino, costituita da terreni impermeabili, i contributi sorgivi al fiume Sinni sono scarsi. A valle

dell'invaso del Pertusillo il corso d'acqua riceve il contributo del torrente Armento e del Torrente Sauro in sinistra idrografica e quello del Fosso Racanello in destra idrografica, oltre che di numerosi fossi ed impluvi minori. La distribuzione delle portate dell'Agri nel corso dell'anno rispecchia l'andamento e la distribuzione delle precipitazioni nel bacino: alle siccità estive corrispondono magre molto accentuate soprattutto nelle sezioni inferiori, dove è minore l'influenza degli apporti sorgivi del bacino montano. L'alto Agri presenta tronco con pendenza media del 5 %, fino al ponte di Tarangelo, alla chiusura della piana di Tramutola. Dal punto di vista sedimentologico l'alveo è caratterizzato dalla presenza di depositi a granulometria grossolana (ghiaie e blocchi). Il secondo tronco dell'Agri (il medio Agri), compreso tra le sezioni di Tarangelo e Monticchio, è caratterizzato da pendenze maggiori, fra il 12 % e l'8 %. Nel terzo tronco dell'Agri, tra la sezione di Monticchio ed il mare, la pendenza media si riduce e la piana alluvionale del corso d'acqua si amplia notevolmente e finisce col fondersi con la pianura costiera. I suoi affluenti principali, quali i torrenti Sauro, Armento, Racanello, presentano alvei in genere occupati da depositi alluvionali di considerevole spessore, a granulometria prevalentemente grossolana, ed assumono il tipico aspetto di fiumare. Alla confluenza con l'Agri i torrenti Sauro, Armento, Ravanello, ed altri corsi d'acqua minori, sviluppano apparati di conoide, in genere a granulometria ghiaiosa, soggetti a fenomeni di erosione ad opera delle acque del fiume Agri. Quest'ultimo è pertanto caratterizzato da un trasporto solido molto elevato sia nel tronco medio che inferiore. Lungo il corso del fiume Agri sono presenti gli invasi di Marsico Nuovo e del Pertusillo (tronco alto) e quello di Gannano nel tronco inferiore. Il bacino del fiume Agri ha un'estensione complessiva di circa 1.723 kmq (comprensivi del sottobacino del Sauro, maggiore affluente in sinistra orografica), di cui 15 kmq in territorio campano. Il fiume nasce dalle sorgenti della Piana del Lago, tra Monte Maruggio e Monte Lama, a 1300 m s.l.m., e sfocia nel mare Jonio, nei pressi di Policoro, dopo un percorso complessivo di circa 127 km⁽¹⁾. Nell'Alta Val d'Agri (Figura) è possibile individuare un primo tratto montano del corso d'acqua, compreso tra la Piana del Lago e Marsico Nuovo, ed un secondo tratto vallivo, lungo il quale l'Agri scorre nella pianura di fondo valle fino alla diga del Pertusillo, con pendenze inferiori.

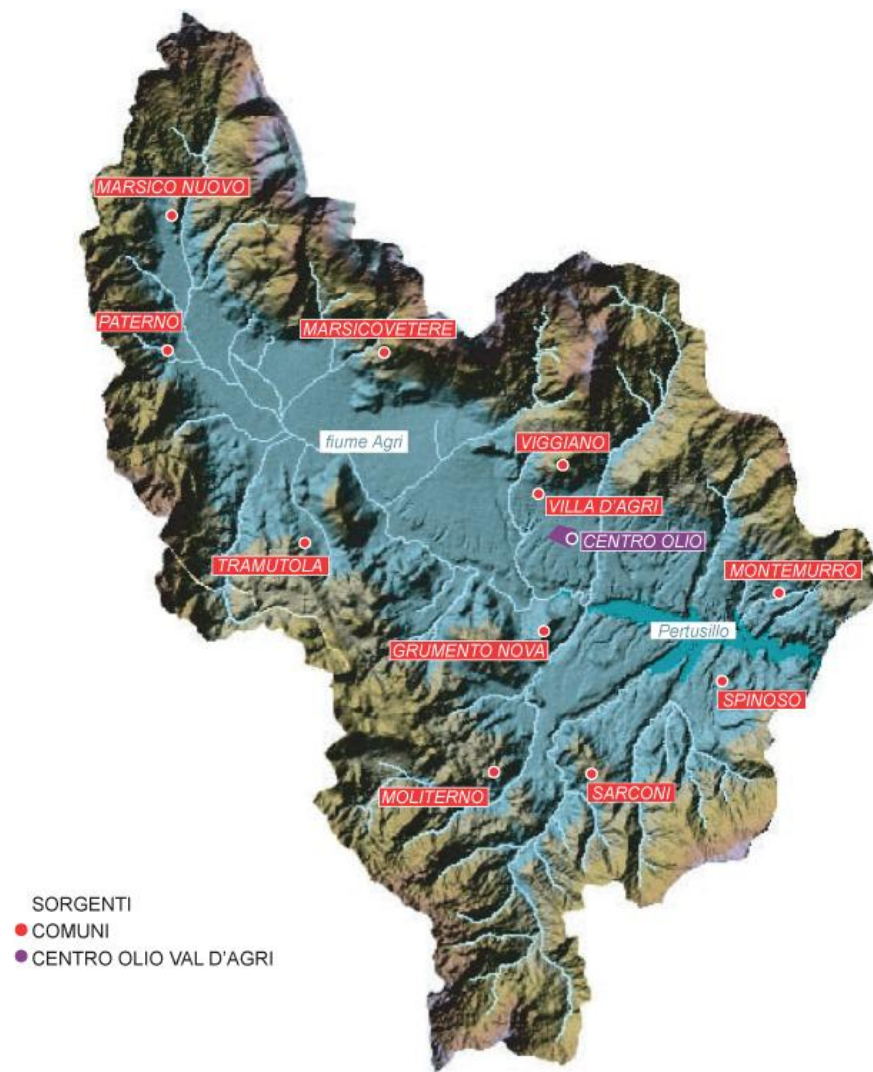


Figura 1 Bacino dell'Alta Val d'Agri.

Lo spartiacque tra il bacino dell'Alta Val d'Agri e quello del Tanagro (Vallo di Diano) è costituito dalla dorsale montuosa dei Monti della Maddalena, i cui rilievi principali sono la Serra Longa (m 1504 s.l.m.), il Montagnone (m 1480 s.l.m.) e il Monte Fontanalunga (m 1386 s.l.m.). Sul versante opposto, la Serra di Calvello (m 1567 s.l.m.), il Monte Calvelluzzo (m 1699 s.l.m.), il Monte Volturino (m 1835) e il Monte di Viggiano (m 1727 s.l.m.) fungono da spartiacque rispetto alla Val Camastra, tributaria in destra orografica del fiume Basento. Più a valle, la Serra di Montemurro (m 1299 s.l.m.) e il Monte dell'Agresto (m 1285 s.l.m.) costituiscono lo spartiacque tra il bacino dell'asta principale dell'Agri e il sottobacino del torrente Sauro. A sud, l'Alta Val d'Agri è delimitata dal versante settentrionale del massiccio del Sirino, che funge da spartiacque rispetto al bacino del fiume Noce e, quindi, anche tra bacino ionico e tirrenico. Infine, all'estremità nord-occidentale della valle, il rilievo di Castel di Lepre separa l'Alta Val d'Agri dalla valle del Pergola-Melandro, costituendo quindi anch'esso un importante spartiacque tra il bacino ionico e quello tirrenico. Nel bacino dell'Alta Val d'Agri i principali affluenti del fiume Agri sono il Cavolo, lo Sciaura, il Maglia e il Vella in destra orografica, il Molinara, l'Alli, il Casale-Grumentino ed il Rifreddo in sinistra orografica. Gli studi riportati nella presente relazione hanno interessato sia l'asta fluviale principale del Fiume Agri compreso il Lago del Pertusillo (con la presenza di n.13 stazioni di misura di cui n.6 sul lago del Pertusillo) e sia gli affluenti principali con la presenza di n.5 stazioni di misura ubicate rispettivamente sullo Sciaura, Casale, Alli, Rifreddo e Maglia. Il Torrente Sciaura ha inizio in località Santo Martino, nel comune di Moliterno, attraversa la piana di Sarconi e lambisce il rilievo collinare su cui sorge l'abitato di Grumento Nova, per confluire, infine, nell'Agri, in corrispondenza del punto in cui quest'ultimo si apre nel lago del Pertusillo. Il torrente Maglia costituisce l'affluente più gerarchizzato in destra orografica dell'Agri, ed è alimentato da numerose sorgenti e corsi d'acqua che hanno origine dal versante settentrionale del massiccio del Sirino. Dopo i Piani di Maglia, scorre incassato tra i versanti boscosi di Difesa Capuana e Coste dei Monaci, lambisce l'abitato di Sarconi e confluisce nel lago del Pertusillo in località Bosco di Maglie. Il torrente Alli è alimentato da una serie di sorgenti e corsi d'acqua che drenano il versante meridionale del Monte Pilato, quello orientale del Monte di Viggiano e quello occidentale del Monte S.Enoc. Il primo tratto si presenta come una profonda forra interessata dalla presenza di numerose cascatelle e salti d'acqua; a valle della Rupe del Corvo la valle inizia ad aprirsi e il torrente confluisce nel fiume Agri alla base del Monticello di Tramutola. Il torrente Casale nasce ai piedi del versante meridionale del Monte Caldarosa, effettua un'ampia curva attorno al Monte

Masana e continua a scorrere con andamento NE-SW tra il versante orientale del Monte S.Enoc e quello occidentale della Serra di Montemurro. A valle di Viggiano il corso d'acqua raggiunge la pianura di fondovalle e si dirige con andamento N-S verso il fiume Agri, in cui confluisce in corrispondenza del lago del Pertusillo. Il torrente Rifreddo nasce dalla Serra di Montemurro, drena il versante occidentale di Costa Molina e Serra del Mancuso e confluisce nel lago del Pertusillo in località Buttacarro. Gli unici due laghi permanenti dell'Alta Val d'Agri sono quelli artificiali di Marsico Nuovo e del Pertusillo. I corpi idrici oggetto di studio sono il Fiume Agri e relativi affluenti significativi (Fig. xxx - carta ubicazione stazioni di campionamento) e il bacino lacustre del Pertusillo. Seguendo l'approccio multidisciplinare proposto dal DM 260/2010 per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici, il progetto prevede la determinazione dello stato di qualità delle acque superficiali mediante la definizione degli elementi biologici, chimici e chimico-fisici. Il rilievo dei parametri, la determinazione degli indici di qualità biologici nonché il prelievo dei campioni di acqua e di sedimenti fluvio-lacustri sottoposti ad analisi di laboratorio, saranno eseguiti in corrispondenza di stazioni di monitoraggio ubicate lungo tratti fluviali prescelti localizzati nella parte medio alta del bacino del fiume Agri, a monte dell'invaso del Pertusillo, e in stazioni ubicate sul lago del Pertusillo. In ragione del metodo di campionamento per la classificazione dei Macroinvertebrati proposto sono state eseguite campagne di survey che hanno consentito di definire in modo puntuale il posizionamento delle stazioni di monitoraggio in cui sono stati successivamente effettuati i prelievi.

1.2 AREA DI INDAGINE

Tabella . Elenco stazioni di campionamento Acque e Sedimenti Fluviali

FIUME AGRI E AFFLUENTI			
DESCRIZIONE	CODICE STAZIONE	COORDINATE X_WGS84	COORDINATE Y_WGS84
Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	Va02	580638	4460032
Sorgente Rifreddo	Va03	582284	4463903
Confluenza Agri nel Pertusillo	Va04	576721	4460990
Confluenza Casale nel Pertusillo	Va05	577388	4461327
Sorgente Casale	Va06	577707	4465059
Canale depuratore zona industriale	Va07	575238	4461535
Confluenza Alli nell'Agri	Va08	569905	4465288
Sorgente Alli	Va09	575309	4467846
Agri Villa D'Agri	Va10	568636	4466285
Sorgente Agri	Va11	563450	4476706
F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	Va19	575289	4460908
Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	Va22	576748	4459740
Torrente Maglia a valle di Sarconi	Va23	577383	4456891

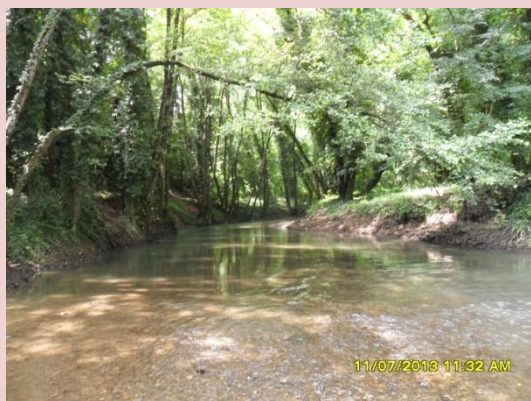
Foto stazioni di indagine fiume Agri e suoi affluenti



Va02 - Confluenza Rifreddo nel Pertusillo



Va03 - Sorgente Rifreddo



Va04 - Confluenza Agri nel Pertusillo



Va05 - Confluenza Casale nel Pertusillo



Va06 - Sorgente Casale



Va07 - Canale depuratore zona industriale



Va08 - Confluenza Alli nell'Agri



Va09 - Sorgente Alli



Va10 - Agri Villa D'Agri



Va11 - Sorgente Agri



Va19 - F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo



Va22 - Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova



Va23 - Torrente Maglia a valle di Sarconi

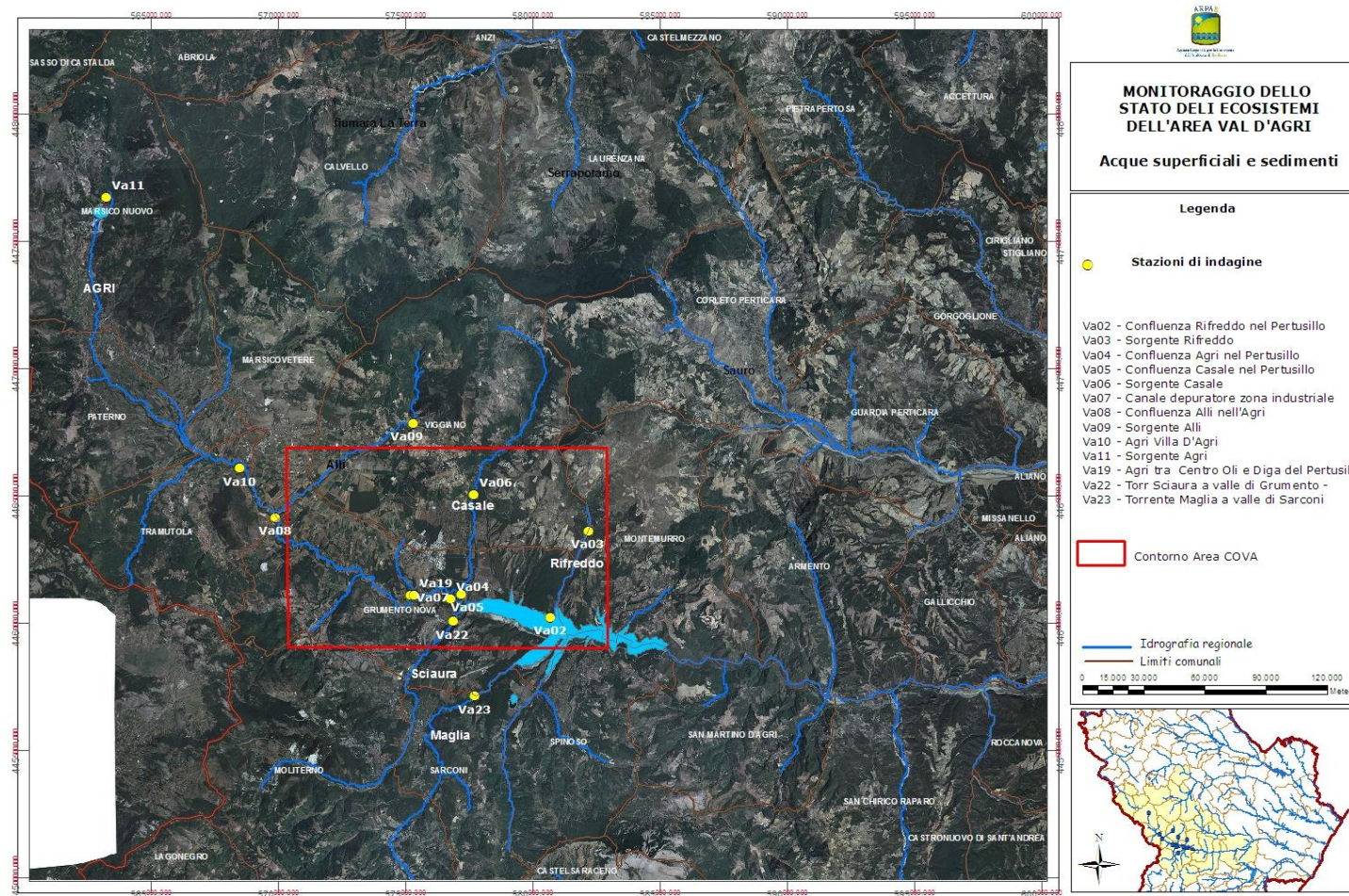


Figura : Ubicazione delle stazioni di indagine delle acque e sedimenti lacustri

Elenco stazioni di indagine Acque e Sedimenti lacustri

INVASO DEL PERTUSILLO			
DESCRIZIONE	CODICE STAZIONE	COORDINATE X_WGS84	COORDINATE Y_WGS84
Diga Pertusillo centro invaso	VL1	584947	4458979
Diga Pertusillo sbarramento	VL2	585223	4458928
Diga prossimità Spinoso	VL3	582238	4459233
Diga prossimità Grumento	VL4	577995	4460233
Diga prossimità Masseria Crisci	VL5	581119	4460233
Diga prossimità Montemurro	VL6	582757	4460246

Foto stazioni di indagine diga del Pertusillo



VL1 - Diga Pertusillo centro invaso



VL2 - Diga Pertusillo sbarramento



VL3- Diga prossimità Spinoso



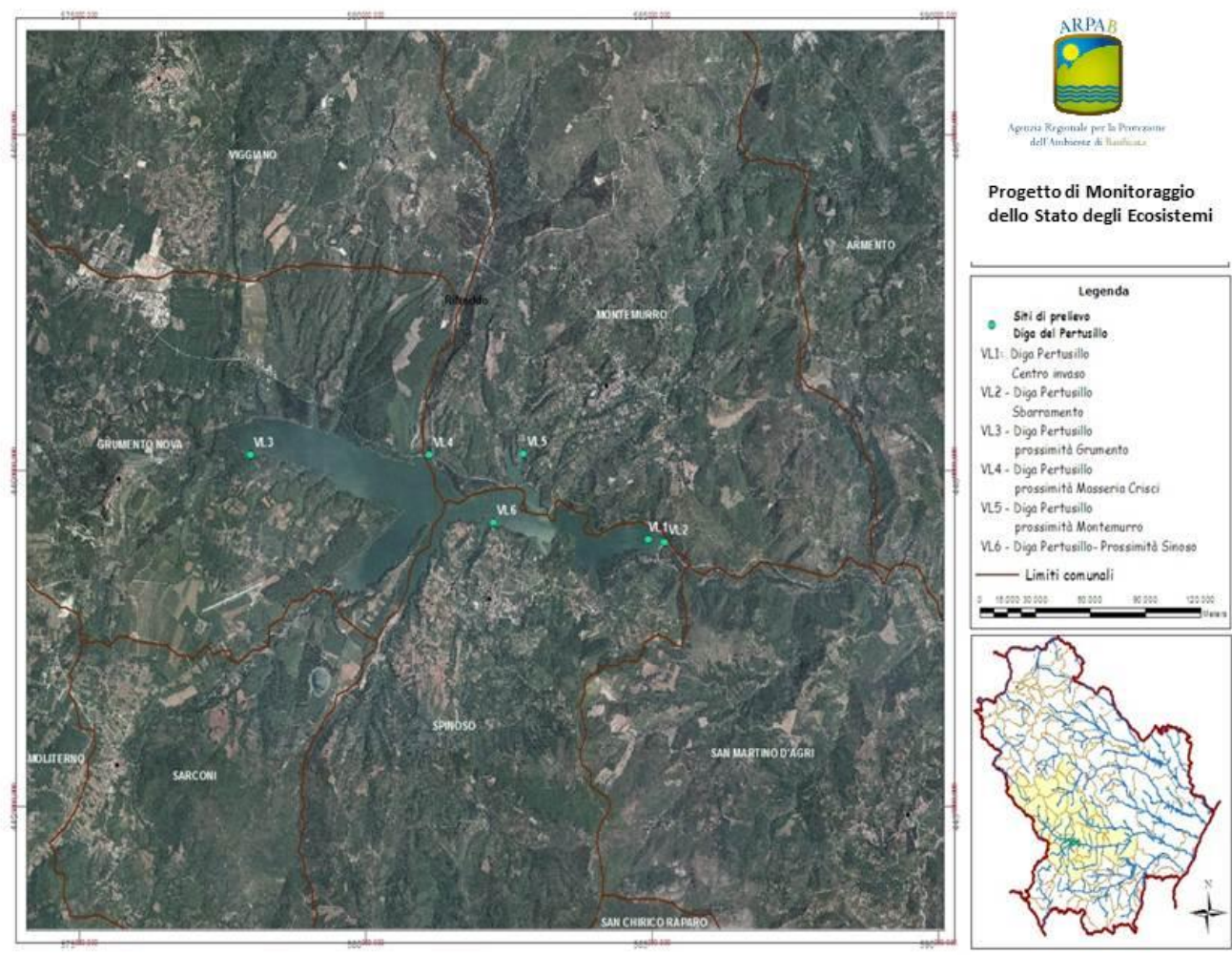
VL4 - Diga prossimità Grumento



VL5 - Diga prossimità Masseria Crisci



VL6 - Diga prossimità Montemurro



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente di Basilicata

Progetto di Monitoraggio dello Stato degli Ecosistemi

Legenda

- Siti di prelievo
- Diga del Pertusillo
- VL1- Diga Pertusillo Centro invaso
- VL2 - Diga Pertusillo Sbarramento
- VL3 - Diga Pertusillo prossimità Grumento
- VL4 - Diga Pertusillo prossimità Masseria Crisci
- VL5 - Diga Pertusillo prossimità Montemurro
- VL6 - Diga Pertusillo- Prossimità Sinoso

Limiti comunali



Tra luglio 2013 e agosto 2014 sono stati condotti campionamenti mensili di acque fluviali e lacuali in punti identificati nell'invaso del Pertusillo e sull'asta fluviale dell'Agri prima dell'immissione nella diga del Pertusillo. Inoltre sono stati campionati siti dell'affluenti dell'Agri (torrente Alli) e di torrenti che immettono acqua direttamente in diga (torrente Casale, Sciaura, Maglie e Rifreddo). Per il fiume Agri e gli affluenti più significativi sono state campionati siti denominati sorgenti (Agri, Alli, Casale e Rifreddo).

Nei sei siti di campionamento della diga del Pertusillo sono stati effettuati campionamenti a varie profondità: in particolare nei siti VL1 (centro vaso) e VL2 (sbarramento) sono state prelevati i campioni prevalentemente a 0.1 m, 3m e 5 m di profondità; mentre nei siti VL3 (prossimità Spinoso), VL4 (prossimità Grumento) VL5 (prossimità masseria Crisci) VL6 (prossimità Montemurro) sono state prelevati i campioni prevalentemente a 0.1 m ed 1m di profondità.

Come riportato in tabella 3; nel mese di novembre 2013 non è stato effettuato il campionamento dell'invaso.

I sedimenti dei siti fluviali sono stati campionati nei mesi di luglio, agosto, ottobre e dicembre 2013 e nei mesi di febbraio, aprile, giugno e agosto 2014.

I sedimenti dei siti dell'invaso del Pertusillo sono stati campionati nei mesi di luglio, agosto, settembre, ottobre e dicembre 2013 e nei mesi di febbraio, aprile, giugno e agosto 2014.

1.3 CLASSIFICAZIONE DELLO STATO DI QUALITA' DEI CORPI IDRICI

La definizione dello stato delle acque superficiali è stata condotta attraverso lo studio degli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico:

- elementi biologici
- elementi chimici e chimico-fisici
- inquinanti specifici

1.3.1 Elementi Biologici

La qualità biologica dei corpi idrici superficiali è stata definita secondo quanto previsto dal DM 260/2010.

Lo studio si è sviluppato in un arco temporale di mesi 14 attraverso la valutazione dei seguenti elementi biologici:

- Macrofite: attraverso la determinazione dell'indice macrofitico (IBMR) viene fornita un'analisi della composizione e dell'abbondanza della flora acquatica presente nel corpo idrico;
- Fitoplancton: in ambiente fluviale viene valutata la biomassa delle Diatomee attraverso il calcolo dell'indice Diatomico (ICMi), mentre in ambiente lacustre viene valutata la composizione e la biomassa del fitoplancton.
- Macroinvertebrati: la classificazione dei Macroinvertebrati si basa sul calcolo dell'Indice Multimetrico STAR di Intercalibrazione (STAR_ICMi).
- Parametri Microbiologici
- Indagini ecotossicologiche

La valutazione dell'ecotossicità delle acque superficiali e dei sedimenti campionati viene effettuata mediante l'esecuzione di saggi ecotossicologici sulle specie *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* e sulla fitotossicità.

1.3.2 Elementi Chimico-fisici

Con lo scopo di integrare le informazioni sulla qualità delle acque superficiali, a sostegno degli indici di qualità biologica, sono stati determinati, in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio, i macrodescrittori chimico-fisici che concorrono al calcolo del Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMeco).

Il LIMeco è un indice sintetico che descrive la qualità delle acque correnti per quanto riguarda i nutrienti e l'ossigenazione. I parametri considerati per la definizione del LIMeco sono: Ossigeno in % di saturazione (scostamento rispetto al 100%), Azoto ammoniacale, Azoto nitrico e Fosforo totale. L'indice LIMeco concorre insieme a STAR_ICMi, ICMi, IBMR, ISECI, SQA inquinanti specifici, alla definizione dello Stato Ecologico del Corpo Idrico Superficiale (CI).

Il punteggio di LIMeco da attribuire al punto di monitoraggio è dato dalla media dei singoli LIMeco dei vari campionamenti effettuati nell'arco dell'anno di monitoraggio. La classe di qualità del CI è attribuita sulla base del valore di LIMeco riferito all'anno per il monitoraggio di Sorveglianza o del LIMeco medio calcolato sul triennio per il monitoraggio Operativo; nel caso che il CI comprenda più punti di monitoraggio, viene considerata la media ponderata dei valori dell'indice in base alla relativa percentuale di rappresentatività.

1.3.3 Elementi chimici

Per la definizione dello stato chimico delle acque superficiali, del sedimento e del biota, il set analitico di riferimento è quello riportato nel DM 260/2010 che prevede, tra l'altro, i metalli pesanti, gli idrocarburi, i Composti Organici Aromatici, gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, i clorobenzeni, i PCB, gli IPA, i composti alifatici alogenati, ecc. Seguendo quindi l'approccio previsto dal D.M. 260/2010 che prevede standard di qualità ambientale per singolo parametro in termini di concentrazione media annua (SQA-MA) e concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

Per la definizione dello stato chimico delle acque superficiali, del sedimento e del biota, il set analitico proposto fa riferimento alle sostanze appartenenti all'elenco di priorità e alle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità riportate nella tabella 1/A e 1/B allegato 1 del DM 260/2010. Nelle tabelle vengono indicati gli standard di qualità ambientale per singolo parametro in termini di concentrazione media annua (SQA-MA) e concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

Per la definizione degli standard di qualità nei sedimenti fluvio-lacustri si fa riferimento alla tabella 2/A allegato 1 del DM 260/2010. La tabella riporta, in termini di

concentrazioni medie annue, i limiti analitici per i principali metalli, idrocarburi policiclici aromatici e pesticidi. Si valuterà l'opportunità di escludere dalle determinazioni le molecole dei pesticidi in quanto non riconducibili direttamente al processo produttivo del Centro Olio Val d'Agri.

Le determinazioni analitiche sono state estese anche alla ricerca di molecole target legate al ciclo estrattivo e al trattamento del petrolio. Il set integrativo di parametri da analizzare verrà stabilito sulla base di un approfondimento finalizzato all'individuazione delle molecole costituenti il greggio della Val d'Agri e sarà concordato ARPA Basilicata prima dell'inizio delle attività.

Relativamente all'invaso del Pertusillo, essendo lo stesso destinato alla produzione di acqua potabile vengono controllate anche le sostanze di cui alla tabella 2/B del DM 260/2010 riconducibili alle attività estrattive.

Le campagne di indagini sono state avviate a luglio 2013 e si sono concluse ad agosto 2014.

2 ELEMENTI CHIMICO-FISICI

2.1 FIUME AGRI E AFFLUENTI: CRITERI TECNICI PER LA CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

I parametri fisico-chimici da considerare per la definizione della classe di qualità dei corpi idrici fluviali sono i Nutrienti (quali l'N-NH₄, l' N-NO₃ e il Fosforo totale) e l'Ossigeno disciolto, espresso come % di saturazione; questi vengono integrati nel Livello di Inquinamento dei macrodescrittori (LIM_{eco}) per determinare lo Stato di qualità.

Il LIM_{eco} per ogni campionamento viene ottenuto dalla media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri, seguendo le soglie di concentrazione indicate nella tabella sottostante (tab. 4.1.2/a, D.M. n.260/2010), sulla base della concentrazione osservata.

Il punteggio LIM_{eco} da attribuire al sito rappresentativo del corpo idrico è ottenuto dalla media dei singoli LIM_{eco} calcolati dai diversi campionamenti svolti in un anno. Nel caso in cui in uno stesso corpo idrico ci siano più siti di rilevamento, il valore del LIM_{eco} viene calcolato come media ponderata, in base alla percentuale di corpo idrico rappresentata da ciascun sito, tra i valori di LIM_{eco} ottenuti per i vari siti.

Tab. 4.1.2/a - Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco

		Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
Parametro						
100-O ₂ % sat.		≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)	Soglie**	< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	>0,24
N-NO ₃ (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	>4,8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	>400

* Punteggio da attribuire al singolo parametro

** Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH₄, N-NO₃, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA.

Il valore medio di LIM_{eco} calcolato per il periodo di campionamento viene utilizzato per attribuire la classe di qualità al sito, secondo i limiti indicati nella tabella 4.1.2/b del D.Lgs. n.260/2010; come stabilito nella Direttiva 2000/60, nel caso in cui il valore LIM_{eco} del corpo idrico osservato dovesse risultare scarso o cattivo, lo stato ecologico dello stesso, risultate dagli elementi di qualità biologica, non deve essere declassato oltre la classe sufficiente.

Tab. 4.1.2/b - Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco

Stato	LIMeco
Elevato*	$\geq 0,66$
Buono	$\geq 0,50$
Sufficiente	$\geq 0,33$
Scarso	$\geq 0,17$
Cattivo	$< 0,17$

* Il limite tra lo stato elevato e lo stato buono è stato fissato pari al 10° percentile dei campioni ottenuti da siti di riferimento

Nella tabelle seguenti sono stati riportati i valori dei **Nutrienti** e dell'**Ossigeno Disciolto** misurati nei campionamenti effettuati durante l'anno d'indagine e i punteggi assegnati ai singoli parametri per il calcolo del **LIMeco**.

Per una migliore rappresentazione l'ordine dei siti d'indagine rispecchia la loro effettiva posizione lungo l'asta fluviale, da monte a valle, dalla sorgente del Fiume Agri (Va11) alla Confluenza del Rifreddo nella diga del Pertusillo (Va02).

2.2 FIUME AGRI E AFFLUENTI: RISULTATI E DISCUSSIONE: CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

FIUME AGRI

Va11 – Sorgente Agri

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va11	1	15/07/13	17	0,03	0,3	0,001
	2	05/08/13	16	0,04	0,5	0,001
	3	20/09/13	18	0,01	0,5	0,001
	4	25/10/13	15	0,01	0,2	32,2
	5	29/11/13	11	0,01	0,2	0,001
	6	19/12/13	5	0,01	0,5	0,001
	7	29/01/14	10	0,06	0,3	15
	8	18/02/14	6	0,02	0,3	4,5
	9	24/03/14	7	0,02	0,5	45,5
	10	11/04/14	6	0,04	0,4	17,9
	11	09/05/14	3	0,02	0,4	3,7
	12	13/06/14	11	0,02	0,5	3,3
	13	23/07/14	3	0,02	0,4	172
	14	02/09/14	15	0,02	0,6	150

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va11	1	15/07/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	2	05/08/13	0,50	0,5	1	1	0,75	Elevato
	3	20/09/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	4	25/10/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	5	29/11/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	6	19/12/13	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	7	29/01/14	1,00	0,5	1	1	0,88	Elevato
	8	18/02/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	9	24/03/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	10	11/04/14	1,00	0,5	1	1	0,88	Elevato
	11	09/05/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	12	13/06/14	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	13	23/07/14	1,00	1	1	0,25	0,81	Elevato
	14	02/09/14	0,50	1	1	0,25	0,69	Elevato

Il Fiume Agri ha mostrato alla sorgente, **Va11**, uno *stato di qualità elevato* in tutti i mesi di indagine.

Va10 – Agri Villa d’Agri

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µL/)
Va10	1	15/07/13	21	0,29	1,89	38
	2	05/08/13	20	0,45	5,04	40
	3	20/09/13	23	0,28	1,91	45
	4	25/10/13	24	0,19	0,01	79
	5	29/11/13	18	0,13	2,32	52
	6	19/12/13	11	0,19	2,41	57
	7	29/01/14	10	0,07	1,82	54
	8	18/02/14	7	0,18	1,66	58
	9	24/03/14	13	0,10	2,40	104
	10	11/04/14	8	0,18	1,55	133
	11	09/05/14	8	0,06	1,08	42
	12	13/06/14	13	0,19	1,53	69
	13	21/07/14	20	0,61	2,67	156
	14	29/08/14	29	0,23	2,95	199

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va10	1	15/07/13	0,25	0	0,25	1	0,38	Sufficiente
	2	05/08/13	0,50	0	0	1	0,38	Sufficiente
	3	20/09/13	0,25	0	0,25	1	0,38	Sufficiente
	4	25/10/13	0,25	0,125	1	0,5	0,47	Sufficiente
	5	29/11/13	0,50	0,125	0,25	0,5	0,34	Sufficiente
	6	19/12/13	0,50	0,125	0,25	0,5	0,34	Sufficiente
	7	29/01/14	1,00	0,25	0,25	0,5	0,50	Buono
	8	18/02/14	1,00	0,125	0,25	0,5	0,47	Sufficiente
	9	24/03/14	0,50	0,25	0,25	0,25	0,31	Scarso
	10	11/04/14	1,00	0,125	0,25	0,25	0,41	Sufficiente
	11	09/05/14	1,00	0,5	0,5	1	0,75	Elevato
	12	13/06/14	0,50	0,125	0,25	0,5	0,34	Sufficiente
	13	21/07/14	0,50	0	0,125	0,25	0,22	Scarso
	14	29/08/14	0,25	0,125	0,125	0,25	0,19	Scarso

Lo *stato di qualità* del Fiume Agri sotto Villa d’Agri (Va10) cambia nettamente rispetto alla sorgente Va11, peggiorando in **Sufficiente** in tutti i mesi fino a diventare **Scarso** negli ultimi due mesi di indagine. Il basso livello dei Macrodescrittori è dovuto, come si nota, soprattutto dal basso punteggio (0 - Livello 5 e 0,125 - Livello 4) attribuito all’azoto ammoniacale (N-NH4) e quello attribuito all’azoto nitrico (N-NO3) tra 0 e 0,25 (Livello5 e Livello 3

rispettivamente).Lo stato di qualità Buono di gennaio 2014 e l'Elevato di maggio 2014 è da attribuire al livello ottimale di Ossigeno Disciolto e Fosforo totale.

Va19 - F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va19	1	11/07/13	16	0,04	3,11	38
	2	01/08/13	9	0,05	4,74	31
	3	18/09/13	18	0,02	3,80	30
	4	24/10/13	12	0,01	0,01	59
	5	28/11/13	16	0,05	3,78	63
	6	18/12/13	9	0,06	0,06	40
	7	17/01/14	13	0,07	4,47	67
	8	17/02/14	7	0,08	3,21	40
	9	21/03/14	6	0,02	3,35	37
	10	09/04/14	9	0,10	2,86	43
	11	09/05/14	10	0,05	2,42	60
	12	17/06/14	12	0,10	3,81	77
	13	21/07/14	6	0,04	4,94	100
	14	29/08/14	8	0,06	5,27	104

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va19	1	11/07/13	0,50	0,5	0,125	1	0,53	Buono
	2	01/08/13	1,00	0,5	0,125	1	0,66	Elevato
	3	18/09/13	0,50	1	0,125	1	0,66	Elevato
	4	24/10/13	0,50	1	1	0,5	0,75	Elevato
	5	28/11/13	0,50	0,5	0,125	0,5	0,41	Sufficiente
	6	18/12/13	1,00	0,5	1	1	0,88	Elevato
	7	17/01/14	0,50	0,25	0,125	0,5	0,34	Sufficiente
	8	17/02/14	1,00	0,25	0,125	1	0,59	Buono
	9	21/03/14	1,00	1	0,125	1	0,78	Elevato
	10	09/04/14	1,00	0,25	0,125	1	0,59	Buono
	11	09/05/14	1,00	0,5	0,25	0,5	0,56	Buono
	12	17/06/14	0,50	0,25	0,125	0,5	0,34	Sufficiente
	13	21/07/14	1,00	0,5	0,5	0,5	0,63	Buono
	14	29/08/14	1,00	0,5	0,5	0,25	0,56	Buono

Il fiume **Agri nell'area compresa tra il Centro Olio e la Diga del Pertusillo (Va19)** ha mostrato uno Stato di qualità molto variabile nell'arco dell'anno di studio, rilevando a volte un cambiamento particolarmente evidente come nei mesi di novembre 2013, - dicembre 2013,- gennaio 2014, dove cambia da Sufficiente ad Elevato e di nuovo a Sufficiente. Il parametro che influisce sul peggioramento dello Stato di qualità sembra essere soprattutto l'azoto nitrico (N-NO3).

Va04 – Confluenza Agri nel Pertusillo

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O ₂ % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va04	1	11/07/13	6,90	0,44	3,4	25,00
	2	31/07/13	17,75	0,03	4,6	24,10
	3	16/09/13	14,46	0,02	3,6	23,20
	4	23/10/13	21,20	0,03	1,4	45,50
	5	27/11/13	17,13	0,03	4,3	49,10
	6	17/12/13	26,57	0,07	4,4	40,50
	7	17/01/14	15,36	0,08	4,6	80,00
	8	14/02/14	11,40	0,05	3,3	35,30
	9	20/03/14	3,76	0,01	3,5	33,00
	10	09/04/14	7,47	0,06	2,8	49,10
	11	07/05/14	11,25	0,03	2,3	46,60
	12	17/06/14	14,47	0,07	3,8	81,20
	13	18/07/14	15,08	0,03	4,57	71,30
	14	28/08/14	6,16	0,06	5,15	98,40

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O ₂ %]	Punteggio N-NH ₄ mg/l	Punteggi o N-NO ₃ mg/l	Punteggi o fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va04	1	11/07/13	1,00	0,00	0,125	1,00	0,53	Buono
	2	31/07/13	0,50	1,00	0,125	1,00	0,66	Elevato
	3	16/09/13	0,50	1,00	0,125	1,00	0,66	Elevato
	4	23/10/13	0,25	1,00	0,250	1,00	0,63	Buono
	5	27/11/13	0,50	1,00	0,125	1,00	0,66	Elevato
	6	17/12/13	0,25	0,25	0,125	1,00	0,41	Sufficiente
	7	17/01/14	0,50	0,25	0,125	0,50	0,34	Sufficiente
	8	14/02/14	0,50	0,50	0,125	1,00	0,53	Buono
	9	20/03/14	1,00	1,00	0,125	1,00	0,78	Elevato
	10	09/04/14	1,00	0,50	0,125	1,00	0,66	Elevato
	11	07/05/14	0,50	1,00	0,250	1,00	0,69	Elevato
	12	17/06/14	0,50	0,25	0,125	0,50	0,34	Sufficiente
	13	18/07/14	0,50	0,50	0,125	0,50	0,41	Sufficiente
	14	28/08/14	1,00	0,50	0,00	0,50	0,50	Buono

Alla **Confluenza del Fiume Agri nella Diga del Pertusillo (Va04)** lo Stato di qualità si è confermato variabile, passando dall'Elevato, al Buono al Sufficiente. Il parametro risultato peggiore è **l'azoto nitrico** con un punteggio pressoché costante di 0,125 (Livello 4); il peggioramento dello Stato di qualità da Elevato a Buono/Sufficiente è dovuto alla variazione **dell'Ossigeno disciolto e/o dell'azoto ammoniacale (N-NH₄)**.

TORRENTE ALLI**Va09 – Sorgente Allì**

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O ₂ % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va09	1	12/07/13	11,55	0,04	0,2	7,700
	2	05/08/13	15,95	0,02	0,6	2,500
	3	20/09/13	18,87	0,01	0,4	0,001
	4	25/10/13	19,03	0,01	0,6	58,700
	5	29/11/13	16,99	0,01	0,3	20,100
	6	19/12/13	9,83	0,09	0,1	9,200
	7	20/01/14	9,40	0,02	0,2	32,800
	8	18/02/14	7,02	0,04	0,4	14,800
	9	24/03/14	10,60	0,03	0,4	185,500
	10	11/04/14	7,35	0,02	0,3	15,600
	11	12/05/14	10,17	0,02	0,2	4,100
	12	16/06/14	11,41	0,02	0,5	5,100
	13	23/07/14	10,12	0,04	0,5	22,400
	14	02/09/14	12,79	0,03	0,6	18,300

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O ₂ %]	Punteggio N-NH ₄ mg/l	Punteggio N-NO ₃ mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va09	1	12/07/13	0,50	0,5	1	1	0,75	Elevato
	2	05/08/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	3	20/09/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	4	25/10/13	0,50	1	1	0,5	0,75	Elevato
	5	29/11/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	6	19/12/13	1,00	0,5	1	1	0,88	Elevato
	7	20/01/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	8	18/02/14	1,00	0,5	1	1	0,88	Elevato
	9	24/03/14	0,50	1	1	0,25	0,69	Elevato
	10	11/04/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	11	12/05/14	1,00	1	1	1	1,00	Elevato
	12	16/06/14	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	13	23/07/14	0,50	0,5	1	1	0,75	Elevato
	14	02/09/14	0,50	1	0,5	1	0,75	Elevato

Il torrente **Alli alla sorgente (V09)** ha mostrato uno stato di qualità Elevato in tutti i mesi di campionamento.

Va08 – Confluenza Alli nell’Agri

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va08	1	15/07/13	32,11	0,01	10,6	31,7
	2	31/07/13	36,41	0,05	28,4	32,1
	3	18/09/13	24,35	0,05	12,0	35,2
	4	23/10/13	28,20	0,01	11,9	143,3
	5	27/11/13	16,92	0,04	2,9	31,7
	6	19/12/13	12,77	0,16	7,4	74,5
	7	29/01/14	10,38	0,07	2,8	39,5
	8	14/02/14	6,75	0,15	2,4	31,2
	9	20/03/14	9,49	0,17	5,7	86,7
	10	09/04/14	7,27	0,13	2,2	46,4
	11	07/05/14	9,51	0,09	2,1	38,7
	12	13/06/14	13,52	0,09	12,4	65,8
	13	21/07/14	31,60	0,07	19,8	340,3
	14	28/08/14	27,64	0,08	25,6	337,7

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggi o N-NO3 mg/l	Punteggi o fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va08	1	15/07/13	0,25	1,000	0	1	0,56	Buono
	2	31/07/13	0,25	0,500	0	1	0,44	Sufficiente
	3	18/09/13	0,25	0,500	0	1	0,44	Sufficiente
	4	23/10/13	0,25	1,000	0	0,25	0,38	Sufficiente
	5	27/11/13	0,50	0,500	0,125	1	0,53	Buono
	6	19/12/13	0,50	0,125	0	0,5	0,28	Scarso
	7	29/01/14	1,00	0,250	0,125	1	0,59	Buono
	8	14/02/14	1,00	0,125	0,25	1	0,59	Buono
	9	20/03/14	1,00	0,125	0	0,5	0,41	Sufficiente
	10	09/04/14	1,00	0,125	0,25	1	0,59	Buono
	11	07/05/14	1,00	0,250	0,25	1	0,63	Buono
	12	13/06/14	0,50	0,250	0	0,5	0,31	Scarso
	13	21/07/14	0,250	0,250	0	0,125	0,16	cattivo
	14	28/08/14	0,250	0,250	0	0,125	0,16	cattivo

Il Torrente Alli, **Confluenza Alli** nell’Agri (Va08) ha mostrato un cambiamento repentino nel suo stato di qualità, passando dall’Elevato della sorgente al Buono – Sufficiente - Scarso cattivo alla confluenza nel Fiume Agri. Osservando l’assegnazione dei punteggi nella tabella sopra riportata, si nota come tutti i parametri variano molto nel corso dell’anno di campionamento ed in particolare il punteggio più basso è attribuibile all’**Azoto Nitrico (N-NO3)** che varia dallo 0 (Livello 5) a 0,125 (Livello 4) e 0,25 (Livello 3).

VA07 – CANALE DEPURATORE ZONA INDUSTRIALE

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va07	1	11/07/13	16,47	0,06	5,9	79,2
	2	01/08/13	10,04	0,03	7,3	54,1
	3	18/09/13	17,97	0,07	4,0	35
	4	24/10/13	29,93	0,02	1,8	44,6
	5	28/11/13	19,73	0,06	9,0	92,8
	6	18/12/13	17,23	0,14	9,5	61,4
	7	17/01/14	10,62	0,06	7,5	66
	8	17/02/14	16,92	0,10	7,6	64,1
	9	21/03/14	10,10	0,06	7,7	75,5
	10	10/04/14	9,97	0,11	8,8	74,5
	11	09/05/14	14,29	0,04	5,6	72,5
	12	17/06/14	11,39	0,03	8,6	69,8
	13	21/07/14	18,771	0,0339	6,47	180,7
	14	29/08/14	20,491	0,063	5,89	209

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggi o N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va07	1	11/07/13	0,50	0,500	0	0,5	0,38	Sufficiente
	2	01/08/13	1,00	1,000	0	0,5	0,63	Buono
	3	18/09/13	0,50	0,500	0,125	1	0,53	Buono
	4	24/10/13	0,25	1,000	0,25	1	0,63	Buono
	5	28/11/13	0,50	0,500	0	0,5	0,38	Sufficiente
	6	18/12/13	0,50	0,250	0	0,5	0,31	Scarso
	7	17/01/14	0,50	0,500	0	0,5	0,38	Sufficiente
	8	17/02/14	0,50	0,250	0	0,5	0,31	Scarso
	9	21/03/14	1,00	0,500	0	0,5	0,50	Buono
	10	10/04/14	1,00	0,250	0	0,5	0,44	Buono
	11	09/05/14	0,50	0,500	0	0,5	0,38	Buono
	12	17/06/14	0,50	1,000	0	0,5	0,50	Buono
	13	21/07/14	0,50	0,500	0	0,250	0,31	Scarso
	14	29/08/14	0,25	0,250	0	0,125	0,16	Cattivo

Lo stato di qualità del **Canale depuratore della zona industriale di Viggiano (Va07)** è risultato Buono nei mesi di agosto – settembre – ottobre 2013 e marzo – aprile – maggio – giugno 2014, Sufficiente nei mesi di luglio – novembre 2013 e Scarso nei mesi di dicembre 2013 e febbraio 201, luglio 2014, fino a cattivo nel mese di agosto 2014. Il basso stato di qualità è dovuto **all’azoto nitrico (N-NO3), all’azoto ammoniacale e all’ossigeno disciolto.**

TORRENTE CASALE

Va06 – Sorgente Casale

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µL)
Va06	1	12/07/13	18	0,05	0,10	0,001
	2	05/08/13	17	0,01	0,01	0,001
	3	18/09/13	16	0,01	0,01	0,001
	4	24/10/13	16	0,01	0,31	0,001
	5	28/11/13	11	0,01	0,41	65,7
	6	18/12/13	4	0,01	0,16	5,6
	7	20/01/14	11	0,06	0,41	149,5
	8	17/02/14	5	0,02	0,27	74,8
	9	21/03/14	6	0,01	0,09	17,4
	10	10/04/14	9	0,03	0,20	20
	11	12/05/14	9	0,00	0,20	53,3
	12	16/06/14	6	0,01	0,33	1,2
	13	23/07/14	8,97	0,0136	0,03	18,6
	14	02/09/14	9,04	0,0095	0,38	203,7

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va06	1	12/07/13	0,5	0,5	1	1	0,75	Elevato
	2	05/08/13	0,5	1	1	1	0,88	Elevato
	3	18/09/13	0,5	1	1	1	0,88	Elevato
	4	24/10/13	0,5	1	1	1	0,88	Elevato
	5	28/11/13	0,5	1	1	0,5	0,75	Elevato
	6	18/12/13	1	1	1	1	1,00	Elevato
	7	20/01/14	0,5	0,5	1	0,25	0,56	Elevato
	8	17/02/14	1	1	1	0,5	0,88	Elevato
	9	21/03/14	1	1	1	1	1,00	Elevato
	10	10/04/14	1	1	1	1	1,00	Elevato
	11	12/05/14	1	1	1	0,5	0,88	Elevato
	12	16/06/14	1	1	1	1	1,00	Elevato
	13	23/07/14	1	1	1	1	1,00	Elevato
	14	02/09/14	1	1	1	0,125	0,78	Elevato

Il Torrente Casale alla sorgente (Va06) ha evidenziato uno Stato di qualità Elevato.

Va05 – Confluenza Casale nel Pertusillo

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O ₂ % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Fosforo totale (µL/)
Va05	1	15/07/13	17,88	0,03	1,6	0,001
	2	01/08/13	8,91	0,01	7,0	2,500
	3	16/09/13	2,98	0,01	8,3	4,800
	4	24/10/13	6,50	0,01	14,4	0,001
	5	27/11/13	10,77	0,01	0,8	26,200
	6	17/12/13	4,97	0,02	1,4	34,700
	7	20/01/14	11,00	0,03	0,9	152,200
	8	14/02/14	6,57	0,03	0,7	90,400
	9	20/03/14	2,62	0,02	1,3	11,500
	10	10/04/14	2,41	0,02	0,6	11,400
	11	07/05/14	2,70	0,00	0,7	18,100
	12	13/06/14	12,49	0,02	2,5	4,700
	13	21/07/14	3,20	0,02	8,5	3,500
	14	29/08/14	14,28	0,02	12,4	2,800

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O ₂ %]	Punteggio N-NH ₄ mg/l	Punteggio N-NO ₃ mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va05	1	15/07/13	0,50	1,00	0,250	1,00	0,69	Elevato
	2	01/08/13	1,00	1,00	0,000	1,00	0,75	Elevato
	3	16/09/13	1,00	1,00	0,000	1,00	0,75	Elevato
	4	24/10/13	1,00	1,00	0,000	1,00	0,75	Elevato
	5	27/11/13	1,00	1,00	0,500	1,00	0,88	Elevato
	6	17/12/13	1,00	1,00	0,250	1,00	0,81	Elevato
	7	20/01/14	0,50	0,50	0,500	0,25	0,44	Sufficiente
	8	14/02/14	1,00	0,50	0,500	0,50	0,63	Buono
	9	20/03/14	1,00	1,00	0,250	1,00	0,81	Elevato
	10	10/04/14	1,00	1,00	1,000	1,00	1,00	Elevato
	11	07/05/14	1,00	1,00	0,500	1,00	0,88	Elevato
	12	13/06/14	0,50	1,00	0,125	1,00	0,66	Elevato
	13	21/07/14	1,00	1,00	0,000	1,00	0,75	Elevato
	14	29/08/14	0,50	1,00	0,000	1,00	0,63	Buono

Lo stato di qualità alla **confluenza del torrente Casale nella Diga del Pertusillo (Va05)** rispecchia perfettamente quello riscontrato alla sorgente, con uno stato sempre Elevato eccetto a gennaio e agosto 2014, risultato **Buono**; dovuto al fosforo totale e all'azoto nitrico.

TORRENTE RIFREDDO**Va03 – Sorgente Rifreddo**

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O ₂ % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va03	1	15/07/13	26,14	0,02	0,2	5,2
	2	01/08/13	14,76	0,04	0,2	4,5
	5	28/11/13	16,66	0,00	0,0	1
	6	18/12/13	5,73	0,01	0,1	0,001
	7	20/01/14	9,13	0,02	0,6	23,9
	8	17/02/14	5,02	0,02	0,2	7,2
	9	21/03/14	5,63	0,00	0,1	10
	10	10/04/14	8,69	0,03	0,3	0,001
	11	12/05/14	7,96	0,02	0,3	0,001
	12	16/06/14	4,99	0,02	0,3	4,1

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O ₂ %]	Punteggio N-NH ₄ mg/l	Punteggio N-NO ₃ mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va03	1	15/07/13	0,25	1,00	1,00	1,00	0,81	Elevato
	2	01/08/13	0,50	0,50	1,00	1,00	0,75	Elevato
	5	28/11/13	0,50	1,00	1,00	1,00	0,88	Elevato
	6	18/12/13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	7	20/01/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	8	17/02/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	9	21/03/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	10	10/04/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	11	12/05/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato
	12	16/06/14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Elevato

Il torrente Rifreddo alla sorgente (Va03) ha rilevato uno Stato di qualità Elevato in tutti i mesi di indagine.

VA02 – Confluenza rifreddo nel pertusillo

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µG/L)
Va02	5	28/11/13	15,31	0,00	0,12	5,000
	6	18/12/13	9,05	0,01	0,14	0,001
	7	20/01/14	14,88	0,04	0,49	60,500
	8	17/02/14	8,99	0,04	0,27	2,200
	9	21/03/14	10,53	0,00	0,14	13,200
	10	10/04/14	9,81	0,02	0,08	0,001
	11	12/05/14	13,60	0,01	0,48	2,600
	12	17/06/14	17,06	0,06	0,08	0,001

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va02	5	28/11/13	0,50	1,000	1	1	0,88	Elevato
	6	18/12/13	1,00	1,000	1	1	1,00	Elevato
	7	20/01/14	0,50	0,500	1	0,5	0,63	Buono
	8	17/02/14	1,00	0,500	1	1	0,88	Elevato
	9	21/03/14	1,00	1,000	1	1	1,00	Elevato
	10	10/04/14	1,00	1,000	1	1	1,00	Elevato
	11	12/05/14	0,50	1,000	1	1	0,88	Elevato
	12	17/06/14	0,50	0,500	1	1	0,75	Elevato

Lo stato di qualità della **confluenza del Rifreddo nel Pertusillo (Va02)** è risultato sempre Elevato, tranne nel mese di gennaio 2014, dell'Ossigeno disciolto, dell'azoto ammoniacale (N-NH4) e del fosforo totale.

VA22 - Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O ₂ % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Fosforo totale (µL/)
Va22	1	12/07/13	15,76	0,05	6,64	31
	2	31/07/13	9,98	0,03	4,18	30
	3	16/09/13	15,26	0,01	3,54	26
	4	23/10/13	14,38	0,01	0,01	15
	5	27/11/13	12,41	0,24	4,06	39
	6	17/12/13	4,39	0,16	0,05	30
	7	17/01/14	4,05	0,06	4,40	19
	8	14/02/14	5,82	0,12	4,07	31
	9	20/03/14	0,43	0,05	3,90	31
	10	09/04/14	3,73	0,03	3,79	17
	11	07/05/14	4,45	0,01	3,63	39
	12	17/06/14	5,97	0,02	3,93	45
	13	18/07/14	9,17	0,03	3,81	56
	14	28/08/14	0,99	0,06	4,43	42

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O ₂ %]	Punteggio N-NH ₄ mg/l	Punteggio N-NO ₃ mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va22	1	12/07/13	0,50	0,5	0	1	0,50	Buono
	2	31/07/13	1,00	1	0,125	1	0,78	Elevato
	3	16/09/13	0,50	1	0,125	1	0,66	Elevato
	4	23/10/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	5	27/11/13	0,50	0,125	0,125	1	0,44	Sufficiente
	6	17/12/13	1,00	0,125	1	1	0,78	Elevato
	7	17/01/14	1,00	0,5	0,125	1	0,66	Elevato
	8	14/02/14	1,00	0,25	0,125	1	0,59	Buono
	9	20/03/14	1,00	0,5	0,125	1	0,66	Elevato
	10	09/04/14	1,00	1	0,125	1	0,78	Elevato
	11	07/05/14	1,00	1	0,125	1	0,78	Elevato
	12	17/06/14	1,00	1	0,125	1	0,78	Elevato
	13	18/07/14	1,00	0,50	0,125	0,5	0,53	Buono
	14	28/08/14	1,00	0,50	0,125	1	0,66	Elevato

Il torrente Sciaura (Va22) ha manifestato uno Stato di qualità Elevato in tutti i mesi tranne nei mesi di luglio 2013, febbraio e luglio 2014, risultato Buono e nel mese di novembre 2013, risultato Sufficiente. Lo Stato di qualità Buono è dovuto all'azoto nitrico, mentre lo Stato di qualità Sufficiente all'azoto nitrico e ammoniacale.

VA23 - Torrente Maglia a Valle di Sarconi

cod. sito	Campionamento	data prelievo	100 - O2 % sat (espresso in valore assoluto)	N-NH4 (mg/L)	N-NO3 (mg/L)	Fosforo totale (µg/L)
Va23	1	12/07/13	12	0,04	0,6	0,001
	2	31/07/13	11	0,01	0,7	0,001
	3	16/09/13	17	0,01	0,6	0,001
	4	23/10/13	17	0,01	0,4	0,001
	5	27/11/13	12	0,01	1,4	10,200
	6	17/12/13	8	0,02	1,3	1,000
	7	17/01/14	7	0,04	1,0	4,800
	8	14/02/14	7	0,04	1,6	12,700
	9	20/03/14	3	0,02	0,9	8,500
	10	09/04/14	5	0,02	1,1	3,500
	11	07/05/14	7	0,02	0,8	6,800
	12	16/06/14	4	0,01	0,8	11,200
	13	18/07/14	10	0,02	0,8	3,700
	14	28/08/14	5	0,02	0,9	7,400

Codice sito	Campionamento	data prelievo	Punteggio [100-O2%]	Punteggio N-NH4 mg/l	Punteggio N-NO3 mg/l	Punteggio fosforo totale (µg/l)	LIMeco	Stato di Qualità
Va23	1	12/07/13	0,50	0,5	1	1	0,75	Elevato
	2	31/07/13	0,50	1	0,5	1	0,75	Elevato
	3	16/09/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	4	23/10/13	0,50	1	1	1	0,88	Elevato
	5	27/11/13	0,50	1	0,25	1	0,69	Elevato
	6	17/12/13	1,00	1	0,25	1	0,81	Elevato
	7	17/01/14	1,00	0,5	0,5	1	0,75	Elevato
	8	14/02/14	1,00	0,5	0,25	1	0,69	Elevato
	9	20/03/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato
	10	09/04/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato
	11	07/05/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato
	12	16/06/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato
	13	18/07/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato
	14	28/08/14	1,00	1	0,5	1	0,88	Elevato

Il torrente Maglia (Va23) ha mostrato uno Stato di qualità Elevato in tutti mesi di indagine.

Nella tabella sottostante sono stati elaborati in un singolo descrittore, il **Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMeco)** mediato su un periodo di 14 mesi.

Nel complesso è stato evidenziato un peggioramento rispetto alla sorgente, dello stato di qualità nel tratto del Fiume Agri da sotto Villa d'Agri alla confluenza nel Pertusillo.

Lo stato sufficiente è stato determinato nelle stazioni di indagine **Va10 (Agri sotto Villa d’Agri)** e **Va08 (confluenza Allì nell’Agri)** e nel fosso naturale denominato **Va07 (canale depuratore area industriale)**.

Corpo Idrico	Stazioni	LIMeco	STATO DI QUALITA'
FIUME AGRI	VA11	0,88	Elevato
	VA10	0,39	Sufficiente
	VA19	0,59	Buono
	VA04	0,56	Buono
torrente ALLI	VA09	0,85	Elevato
	VA08	0,43	Sufficiente
Canale depuratore area industriale	VA07	0,42	Sufficiente
torrente CASALE	VA06	0,87	Elevato
	VA05	0,63	Elevato
Torrente RIFREDDO	VA02	0,88	Elevato
	VA03	0,94	Elevato
Torrente MAGLIA a valle di Sarconi	Va23	0,82	Elevato
Torrente SCIAURA a valle di Grumento	Va22	0,68	Elevato

2.3 LAGO PERTUSILLO - CRITERI TECNICI PER LA CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DEGLI ELEMENTI DI QUALITÀ FISICO-CHIMICA A SOSTEGNO

L'LTLecco è un indice sintetico che descrive il livello trofico delle acque lacustri.

Ai fini della classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici lacustri gli elementi chimico-fisici a sostegno del biologico da utilizzare sono i seguenti:

- fosforo totale
- trasparenza
- ossigeno ipolimnico

La procedura prevede l'assegnazione di un punteggio per fosforo totale, trasparenza e ossigeno ipolimnico, misurati in situ, sulla base delle tabelle 4.2.2/a, 4.2.2/b, 4.2.2/c del D.M. 260/2010.

Il fosforo totale è riferito alla concentrazione media, ottenuta come media ponderata rispetto all'altezza degli strati, nel periodo di piena circolazione. La trasparenza, ottenuta come media dei valori riscontrati nell'arco dell'anno e la concentrazione dell'ossigeno ipolimnico (% di saturazione) ottenuta come media ponderata rispetto all'altezza degli strati, alla fine del periodo di stratificazione. A ciascun parametro viene assegnato un punteggio, secondo i criteri indicati nelle specifiche tabelle del D.M. 260/2010.

L'indice LTLecco può variare in tre classi: *Elevato*, *Buono* o *Sufficiente*. L'indicatore contribuisce al giudizio della qualità complessiva delle caratteristiche ecologiche e della presenza di sostanze chimiche pericolose per gli ecosistemi acquatici.

Gli obiettivi ambientali di riferimento sono quelli della Direttiva 2000/60/CE e del D.Lgs. 152/2006, che prevedono per tutti i corpi lacustri significativi il raggiungimento entro il 2015 dell'obiettivo di qualità ambientale corrispondente almeno allo stato "buono".

La somma dei punteggi attribuiti ai singoli parametri costituisce il punteggio da attribuire all'indice LTLecco, utile per l'assegnazione della classe di qualità secondo i limiti riportati nella seguente tabella.

Limiti di classe in termini di LTLeco

Limiti di classe	Classificazione stato
15	Elevato
12 - 14	Buono
< 12	Sufficiente

In particolare la classificazione dello stato trofico nelle acque lacustri del Pertusillo è stata attribuita sulla stazione VL1 e sulla stazione VL2, i risultati ottenuti sono stati riassunti nella tabella seguente:

Stazione di indagine	Fosforo totale (µg/l)	Livello di fosforo	Trasparenza (m)	Livello di trasparenza	Ossigeno %	Livello di ossigeno	LTL-eco	Stato di qualità trofico
	media ponderata	punteggio	media annuale	punteggio	media ponderata	punteggio		
VL1	28,9	3	3	3	21	3	9	SUFFICIENTE
VL2	28,3	3	3	3	13	3	9	

Il livello trofico del lago Pertusillo per lo stato ecologico nel periodo indagato è risultato sufficiente.

Ossigeno Disciolto, Fosforo totale e azoto totale

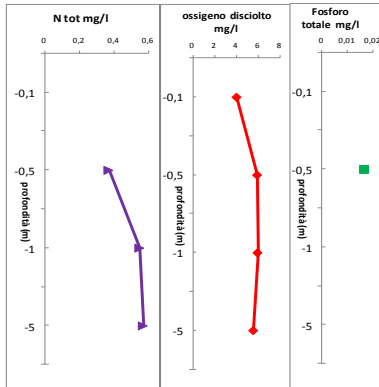
Il pH nel lago dipende da vari processi biologici che avvengono naturalmente nel comparto idrico attraverso reazioni acido-base, reazioni di scambio ionico e di ossido-riduzione. Le

reazioni di ossidazione, vale a dire nitrificazione, ossidazione dei solfati, ecc., tendono ad acidificare il sistema, mentre la solubilizzazione e lo scambio ionico nelle rocce e nel suolo (dilavamento) e le reazioni di riduzione (denitrificazione, ecc.), consumano i protoni aggiungendo riserva alcalina alle acque. La sintesi, la respirazione e il consumo di sostanza organica avvengono attraverso reazioni di ossido-riduzione: durante la fotosintesi le alghe, utilizzando la luce come fonte di energia, producono **ossigeno** e convertono in sostanza organica l'anidride carbonica, l'acqua e nutrienti quali l'**azoto** e il **fosforo**, determinando un pH basico a causa della reazione di riduzione del carbonio inorganico (fotosintesi); la respirazione e/o la mineralizzazione aerobica della sostanza organica rilasciano CO₂ determinando una diminuzione del pH. Se avviene un eccessivo consumo dell'ossigeno, come avviene nell'ipolimnio di laghi eutrofi, la demolizione della sostanza organica prosegue in ambiente anaerobico, definendo livelli di potenziali redox sempre più bassi (Rapporti Istisan 04/32).

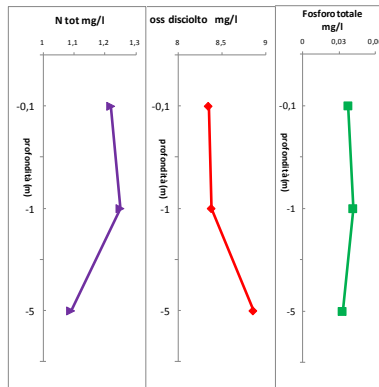
Nei grafici sottostanti sono stati confrontati i risultati ottenuti dalla determinazione dell'Ossigeno disciolto, dell'azoto totale e del fosforo totale nei vari siti di campionamento sulla Diga del Pertusillo

Nei grafici seguenti sono state riportate le distribuzioni lungo la colonna d'acqua di Ntotale , fosforo totale e ossigeno disciolto nelle stazioni di indagini VL1 e VL2 rispettivamente centro e sbarramento dell'invaso del Pertusillo.

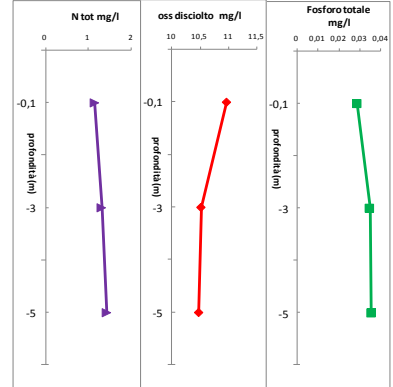
v1 -Settembre 2013



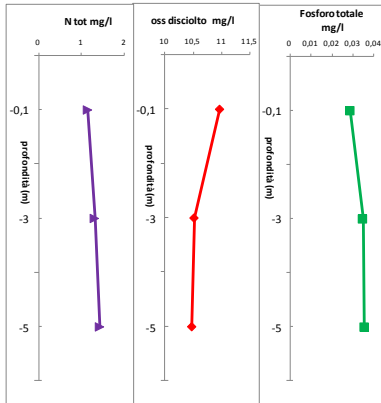
v1 – Dicembre 2013



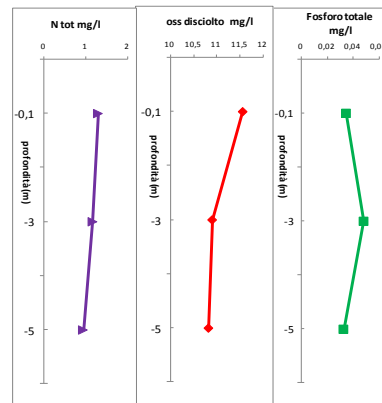
v1 – Gennaio 2014



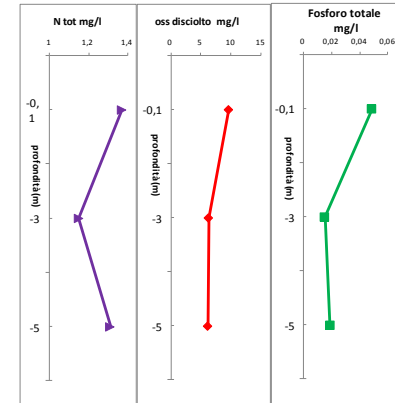
v1 –Febbraio 2014



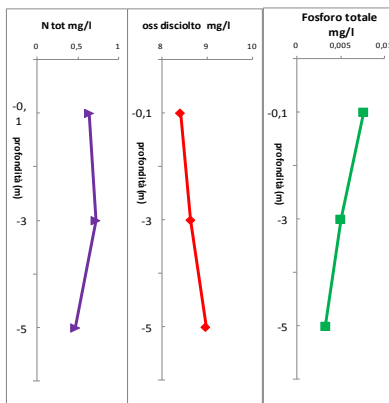
v1 – Marzo 2014



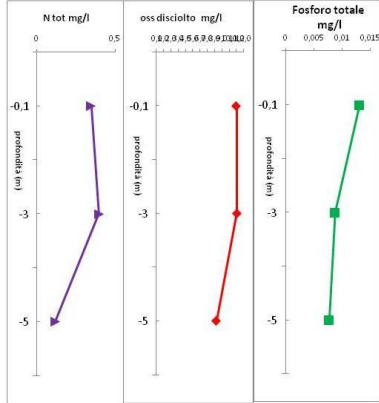
v1 – Aprile 2014



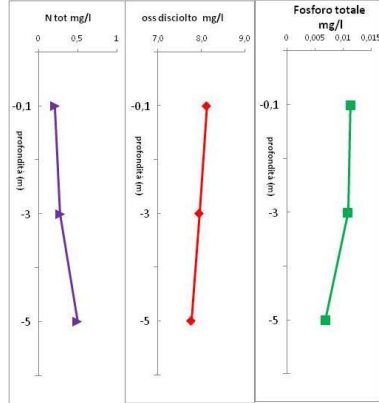
v1 –Maggio 2014



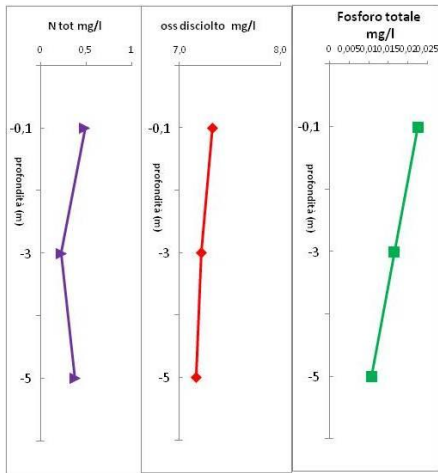
v1 giugno 2014



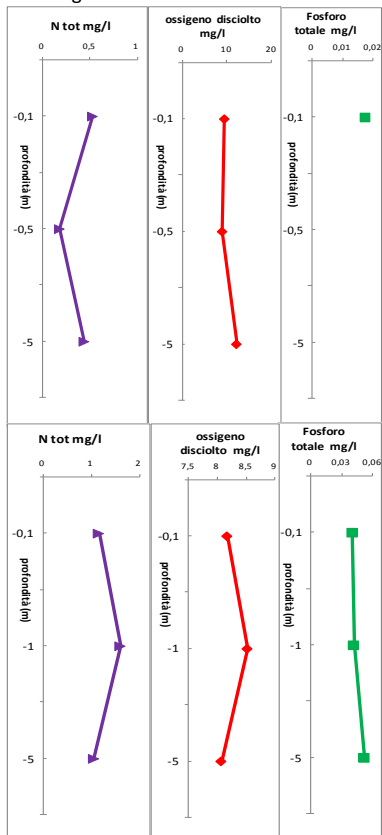
v1 luglio 2014



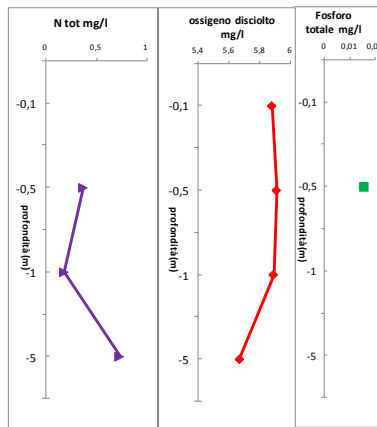
v1 agosto 2014



v12 –Luglio 2013

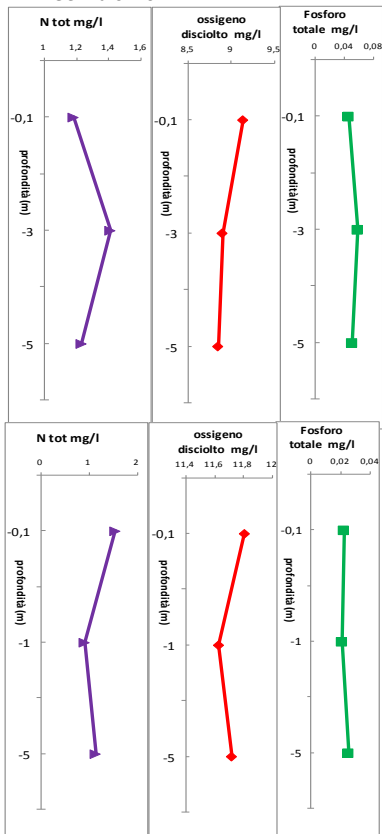


v12 –Settembre 2013

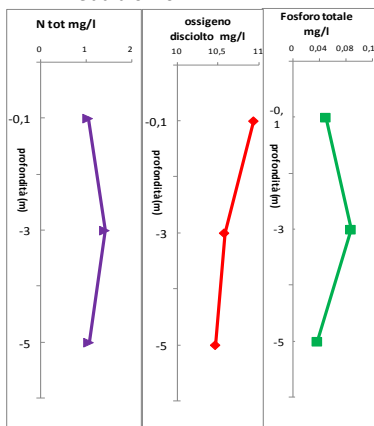


v12 –Dicembre 2103

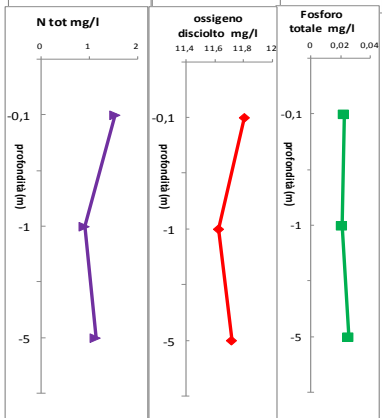
vi2 –Gennaio 2014



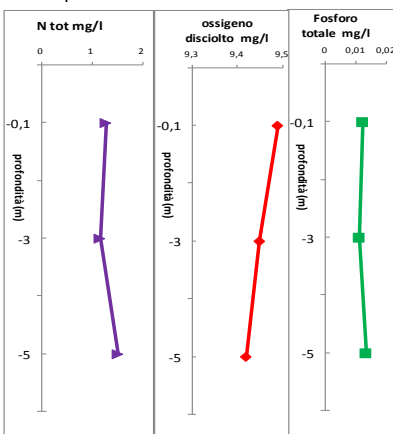
vi2 –Febbraio 2014



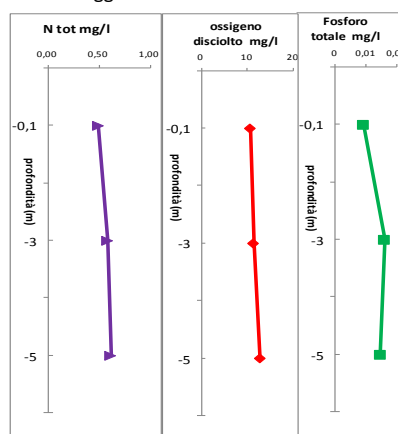
vi2 –Marzo 2014



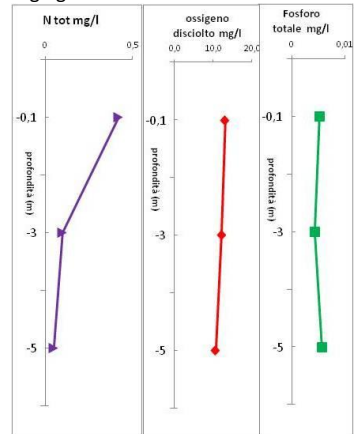
vi2 –Aprile 2014

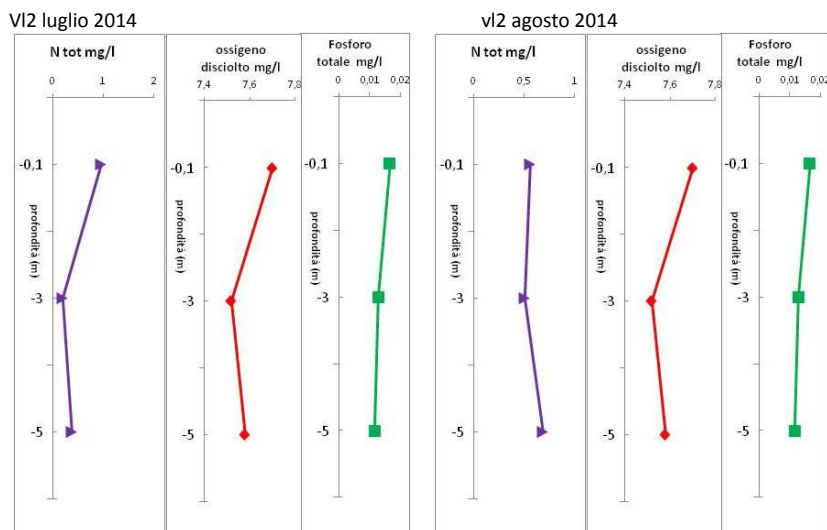


vi2 –Maggio 2014



vi2 giugno 2014





Nelle figure sottostanti sono stati riportati i valori del fosforo totale e dei fosfati rilevati in superficie (profondità -0,1 m) in tutte le stazioni di indagine. I valori del fosforo totale (Ptot) sono risultati più elevati nella stagione invernale e nella stagione estiva.

I valori dei fosfati (PO4) nel complesso hanno mostrato lo stesso andamento dei valori del Ptot,

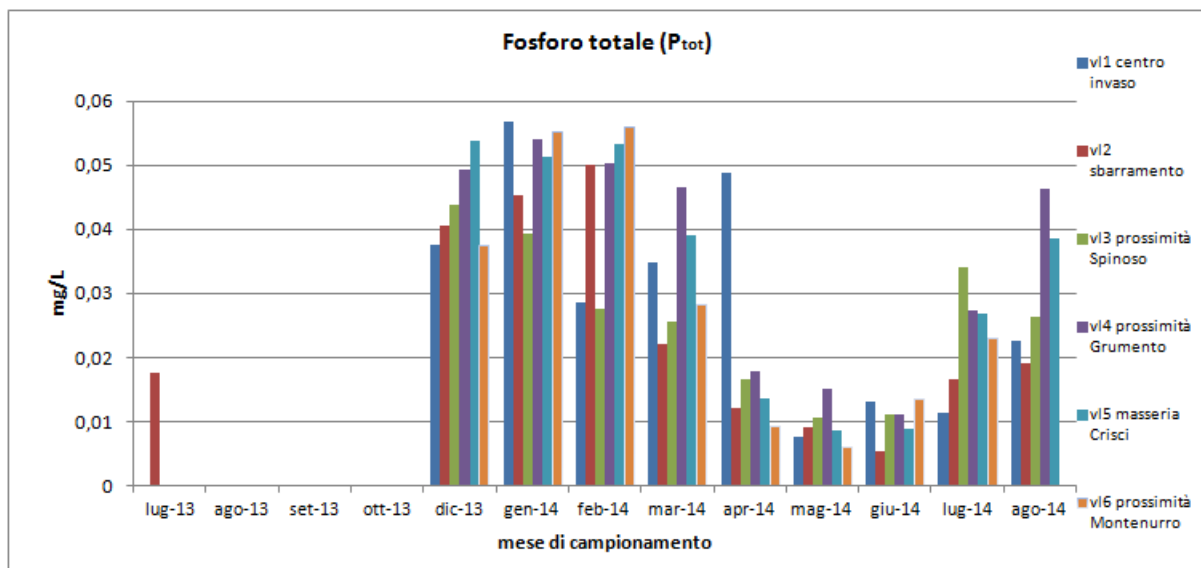


Figura 2.1.1 . Valori del fosforo totale nei campioni prelevati in superficie (profondità 0,1 m)

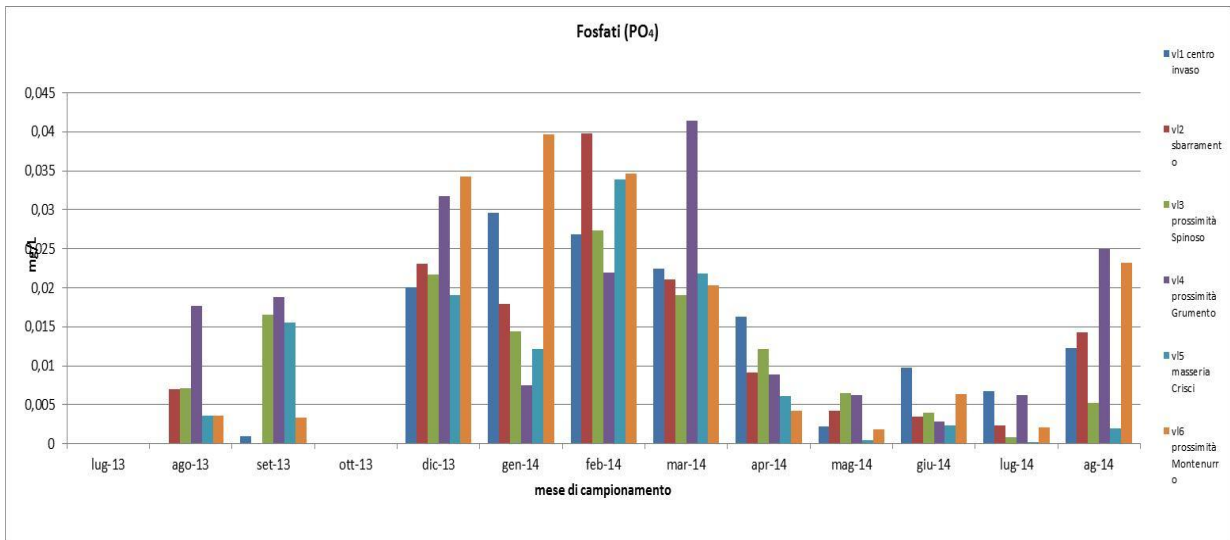


Figura 2.1.2 . Valori dei fosfati nei campioni prelevati in superficie (profondità 0,1 m)

3 ELEMENTI BIOLOGICI

Classificazione dello Stato ecologico sulla base degli elementi chimico-fisici

Lo Stato Ecologico dei corpi idrici superficiali viene classificato, come previsto dal D.M. 260/2010 - *“Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’art.75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”* , sulla base della valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) e degli elementi chimico-fisici a sostegno (Par. A.4.1.2).

Macrotipi fluviali

L’assegnazione dei Macrotipi fluviali ai siti del progetto Val d’Agri, necessaria per il calcolo degli elementi biologici è stata effettuata confrontando la codifica del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale (PIANO DI GESTIONE ACQUE - (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09, D.L. 194/09) Allegato n. 3 REGIONE BASILICATA Tipizzazione ed Individuazione dei corpi idrici superficiali (ai sensi del D.M. n. 131 del 16 giugno 2008)) e l’Elenco dei tipi fluviali presenti in Italia meridionale e inclusi nel sistema MacrOper , riportato nelle tabelle 3a e 3b del Decreto n.260 dell’8 novembre 2010.

Nella tabella sottostante (tab. 6) sono stati riportati i punti di campionamento individuati per il progetto di Monitoraggio dello Stato degli Ecosistemi in Val d’Agri (**colonna verde**) in associazione alla tabella della Tipizzazione fluviale del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale (**colonna blu**) e all’ Elenco dei tipi fluviali presenti in Italia meridionale e inclusi nel sistema MacrOper e riportati nel Decreto n.260 (**colonna arancione**), (in modo da assegnare ad ogni sito di campionamento il Macrotipo fluviale (M1, M2, ecc..) e il Mesohabitat (P = pool, R = Riffle, G = Generico). Inoltre nella tabella 3b accanto al mesohabitat riportato nella stessa, è stato aggiunto il mesohabitat riportato nel Software di calcolo per lo Star ICMi *“Icmeasy”* (BUFFAGNI A. & ERBA S., 2007) (**carattere viola**).

Tipizzazione fluviale Distretto Idrografico Appennino Meridionale		Decreto n.260 dell'8 novembre 2010			Siti di campionamento Progetto val d'Agri
		Tabella 3a. Elenco dei tipi fluviali presenti in Italia meridionale e inclusi nel sistema MacrOper		Tabella 3b. Valori di riferimento per le metriche componenti e per lo STAR_ICMi nei tipi fluviali dell'Italia meridionale inclusi nel sistema MacrOper	
TIPO	CARATTERISTICHE	CARATTERISTICHE	Macrotipo Codice tipo	Mesohabitat Tabella 3 Mesohabitat Icmeasy	
18E08N	Corso d'acqua temporaneo, effimero (Ef), non confinato lateralmente (08), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N).	S_157 18BA 18 Appennino Meridionale <10 km Effimeri 18EF M5	M5	Non presente	Va05 - Va06
			18EF	PR (Icmeasy)	Va03 - Va02 Va08 -Va09 - Va07
18Sr01N	Corso d'acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), distanza dalla sorgente inferiore a 5 km (01), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N).	S_43 18BA 18 Appennino Meridionale <10 km 18SR6 M1 Fiumi con componente macrofittica poco rappresentata	M1	GPR	Va11- Sorgente Agri
			18SR6	GPR(Icmeasy)	
18Sr02N	Corso d'acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), distanza dalla sorgente compresa tra 5 e 25 km (02), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N).	S_43 18BA 18 Appennino Meridionale <10 km 18SR6 M1 Fiumi con componente macrofittica poco rappresentata	M1	GPR	Va10 - Fiume Agri
			18SR6	GPR(Icmeasy)	Va22 Torr. Sciaura Va23 Torr. Maglia
18Ss03D	Corso d'acqua perenne, alimentato dalle acque di deflusso superficiale (Ss), distanza dalla sorgente compresa tra 25 e 75 km (03), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte debole (D).	S_52 18BA 18 Appennino Meridionale 25 - 75 km - medio 18SS3 M4	M4	R	Va19 - Va04 Fiume Agri
			18SS3	PR(Icmeasy)	

Tabella 3.1- Confronto tra la tipizzazione Dist. Idr. Appenn. Mer. , il D.M. 260 e i siti di campionamento del Progetto Val d'Agri

Fiume Agri

Sito Va11 – Sorgente Agri



Fig. 3.2 Va11

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va11 – sorgente Agri, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell'Appe. Merid., **18Sr01N**, vale a dire *Corso d'acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), con distanza dalla sorgente inferiore a 5 km (01), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N)*. Nelle tabelle 3a e 3b il codice 18Sr1 non viene associato a nessuna area regionale dell'idroecoregione 18, per questo nella tabella di confronto il sito Va11 è stato

associato al macrotipo 18Sr6 (area 18BA) della tabella 3a e 3b del D.M. n.260, *Fiumi con componente macrofitica poco rappresentata, con distanza dalla sorgente <10 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Pool o Riffle o Generico.*

Sito Va10 – Agri Villa D’Agri



Fig. 3.3 Va10

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va10 – Agri Villa D’Agri, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell’App. Merid., **18Sr02N**, vale a dire *Corso d’acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), con distanza dalla sorgente compresa tra 5 e 25 km (02), appartenente all’idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N).* Nelle tabelle 3a e 3b il codice 18Sr2 non viene associato a nessuna area regionale dell’idroecoregione 18, per questo nella tabella di confronto il sito Va10 è stato associato al macrotipo 18Sr6 (area 18BA) della tabella 3a e 3b del D.M. n.260, *Fiumi con componente macrofitica poco rappresentata, con distanza dalla sorgente <10 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Pool o Riffle o Generico.*

Sito Va19 – F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo



Fig. 3.4 Va19

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va19, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell'Appe. Merid., **18Ss03D**, vale a dire *Corso d'acqua perenne, alimentato dalle acque di deflusso superficiale (Ss), con distanza dalla sorgente compresa tra 25 e 75 km (03), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte debole (D)*. Nelle tabelle 3a e 3b del D.M. n.260 il codice 18SS3 corrisponde a *Fiume medio con distanza dalla sorgente tra 25 e 75 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Riffle*.

Sito Va04 – Confluenza Agri nel Pertusillo



Fig. 3.5 Va04

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va04, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell'Appe. Merid., **18Ss03D**, vale a dire *Corso d'acqua perenne, alimentato dalle acque di deflusso superficiale (Ss), con distanza dalla sorgente compresa tra 25 e 75 km (03), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte debole (D)*. Nelle tabelle 3a e 3b del D.M. n.260 il codice 18SS3 corrisponde a *Fiume medio con distanza dalla sorgente tra 25 e 75 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Riffle*.

Torrente Alli

Il Torrente Alli non viene riportato sulla cartina di tipizzazione del Distr. Idro. dell'Appe. Merid (Tav. 13.1 - PIANO DI GESTIONE ACQUE - (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09, D.L. 194/09), di conseguenza è stato considerato simile, dal punto di vista idrologico, al torrente Casale e associato al codice di riconoscimento **18EF08N**.

Sito Va09 – Sorgente Alli e Sito Va08 – Confluenza Alli nell’Agri



Fig. 3.6 Va09 a sx e Va08 a dx

Al tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va09 – sorgente Alli e Va08 – confluenza Alli nell’Agri, è stato assegnato d’ufficio come **Codice di riconoscimento, 18Ef08N**, vale a dire *Corso d’acqua temporaneo, effimero (Ef), non confinato lateralmente (08), appartenente all’idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N)*. Nelle tabelle 3a e 3b del D.M. n.260 il codice 18EF corrisponde a *Effimero con macrotipo M5*. Per il mesohabitat può essere utilizzata l’indicazione del Softwar Icmasy che riporta il campionamento per i corpo idrici con macrotipo M5 in *pool* o in *riffle*.

Torrente Casale

Sito Va06 – Sorgente Casale e Sito Va05 – Confluenza Casale nel Pertusillo



Fig. 3.7 Va06 a sx e Va05 a dx

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento **Va06 – sorgente Casale** e **Va05 – confluenza Casale in Diga**, hanno come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell’Ape. Merid., **18Ef08N**, vale a dire *Corso d’acqua temporaneo, effimero (Ef), non confinato lateralmente (08), appartenente all’idroecoregione 18, con influenza del bacino di*

monte non applicabile (N). Nelle tabelle 3a e 3b del D.M. n.260 il codice 18EF corrisponde a *Effimero con macrotipo M5*. Il mesohabitat non viene riportato, non essendoci dati disponibili; in questo caso può essere utilizzata l'indicazione del Software Icmasy che riporta il campionamento per i corpo idrici con macrotipo M5 in *pool* o in *riffle*.

Torrente Rifreddo

Il Torrente Rifreddo non viene riportato sulla cartina di tipizzazione del Distr. Idro. dell'App. Merid (Tav. 13.1 - PIANO DI GESTIONE ACQUE - (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09, D.L. 194/09), di conseguenza è stato considerato simile, dal punto di vista idrologico, al torrente Casale e associato al codice di riconoscimento **18EF08N**.

Sito Va03 – Sorgente Rifreddo e Sito Va02 – Confluenza Rifreddo nel Pertusillo



Fig. 3.8 Va03 a sx e Va02 a dx

Al tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va03 – sorgente Rifreddo e Va02 – confluenza Rifreddo nel Pertusillo, è stato assegnato d'ufficio come **Codice di riconoscimento, 18Ef08N**, vale a dire *Corso d'acqua temporaneo, effimero (Ef), non confinato lateralmente (08), appartenente all'idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N)*. Nelle tabelle 3a e 3b del D.M. n.260 il codice 18EF corrisponde a *Effimero con macrotipo M5*. Per il mesohabitat può essere utilizzata l'indicazione del Software Icmasy che riporta il campionamento per i corpo idrici con macrotipo M5 in *pool* o in *riffle*.

Torrente Maglia

Va23 - Torrente Maglia a valle di Sarconi



Fig. 3.9 Va23

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va23 – Torrente Maglia a valle di Sarconi, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell’Appe. Merid., **18Sr02N**, vale a dire *Corso d’acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), distanza dalla sorgente compresa tra 5 e 25 km (02), appartenente all’idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N)*. Nelle tabelle 3a e 3b il codice 18Sr2 non viene associato a nessuna area regionale dell’idroecoregione 18, per questo nella tabella di confronto il sito Va23 è stato associato al macrotipo 18Sr6 (area 18BA) della tabella 3a e 3b del D.M. n.260, *Fiumi con componente macrofittica poco rappresentata, con distanza dalla sorgente <10 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Pool o Riffle o Generico*.

Torrente Sciaura

Va22 - Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova



Fig. 3.10 Va22

Il tratto fluviale interessato dal punto di campionamento Va22 – Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova, ha come **Codice di riconoscimento**, assegnato dal Distr. Idro. dell’Appe. Merid., **18Sr02N**, vale a dire *Corso d’acqua perenne, alimentato da sorgenti (Sr), distanza dalla sorgente compresa tra 5 e 25 km (02), appartenente all’idroecoregione 18, con influenza del bacino di monte non applicabile (N)*. Nelle tabelle 3a e 3b il codice 18Sr2 non

viene associato a nessuna area regionale dell'idroecoregione 18, per questo nella tabella di confronto il sito Va23 è stato associato al macrotipo 18Sr6 (area 18BA) della tabella 3a e 3b del D.M. n.260, *Fiumi con componente macrofitica poco rappresentata, con distanza dalla sorgente <10 km, con macrotipo M1 e mesohabitat in Pool o Riffle o Generico*. Nelle tabelle sottostanti sono indicati gli elementi biologici applicati nelle stazioni di indagini del fiume Agri, dei suoi affluenti e del lago di Pietra del Pertusillo:

ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA fiumi e affluenti
MACROFITE
DIATOMEE
MACROINVERTEBRATI

ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA INVASO DEL PERTUSILLO
FITOPLANCTON
DIATOMEE
MACROINVERTEBRATI
MACROFITE

3.1 MACRINVERTEBRATI: LO STAR-ICMI

Lo Star – ICMi è un indice per la valutazione della qualità dei corpi idrici superficiali che prevede la raccolta quantitativa di organismi bentonici all'interno dei vari habitat acquatici; tale sistema multihabitat proporzionale rappresenta un metodo di raccolta dei macroinvertebrati acquatici ed elaborazione dei dati che rispecchia le richieste della Direttiva Quadro sulle Acque (WFD). La procedura utilizzata, frutto dell'esperienza svolta in diversi paesi europei ed extra-europei, prevede un campionamento diversificato in funzione dell'obiettivo per il quale viene effettuato e in relazione al tipo fluviale o all'Idro-Ecoregione di appartenenza.

Questo metodo, basandosi su quello multihabitat originariamente proposto dagli Stati Uniti con il "Rapid Bioassessment Protocol" (protocolli rapidi di valutazione biologica) (Barbour et al., 1999), è stato testato durante il progetto europeo AQEM (www.aqem.de; Buffagni et al., 2001; Hering et al., 2004c) individuando una procedura completa per la valutazione della qualità ecologica dei corsi d'acqua (Notiziario dei metodi analitici, marzo 2007).

Successivamente il procedimento adottato nel progetto AQEM, è stato ripetuto nel progetto STAR (www.eu-star.at), coinvolgendo 22 partner da 14 paesi europei (Furse et al., 2006), prevedendo al suo interno una procedura multihabitat, in collaborazione con il Comité Européen de Normalisation (CEN), per individuare e definire degli standard metodologici da adottare per gli invertebrati fluviali.

In particolare la Direttiva Quadro (WFD) prevede tre diversi tipi di monitoraggio:

1. Il monitoraggio di sorveglianza, i cui principali obiettivi sono l'integrazione della valutazione dell'impatto, la progettazione del monitoraggio, la caratterizzazione dal punto di vista ecologico dei siti riferimento e la valutazione delle variazioni a lungo termine e delle fonti diffuse d'inquinamento antropico. Questo tipo di monitoraggio ha lo scopo di valutare tutti gli elementi di qualità biologica, idromorfologica e fisico-chimica ad un elevato grado di dettaglio.
2. Il monitoraggio operativo viene pianificato sulla base dei risultati del monitoraggio di sorveglianza. Lo scopo principale è quello di stabilire lo stato dei corpi idrici che sono a rischio di non raggiungere lo stato ambientale prefissato (i.e. stato ecologico buono).

3. Il monitoraggio investigativo ha come obiettivo quello di identificare le possibili cause degli impatti osservati sulle comunità biologiche per poter individuare eventuali azioni di recupero.

Per l'applicazione dello Star-ICMi è necessario definire quale tipo di monitoraggio si debba effettuare e conoscere a quale IdroEcoregione (HER) e tipo fluviale secondo la WFD il sito da campionare appartenga.

3.1.1 Il protocollo di campionamento dello Star-ICMi

Il periodo di campionamento dipende dalla tipologia fluviale: in molti fiumi italiani, le stagioni migliori per il campionamento sono l'inverno (febbraio - marzo), la tarda primavera (maggio) e la tarda estate (settembre). Tuttavia in alcuni tipi fluviali il campione raccolto in diverse stagioni porta a risultati simili, per cui in questi casi non è richiesta una particolare modulazione del campionamento, pur procedendo in regime di magra e di morbida.

Il campionamento deve essere evitato:

- durante o subito dopo eventi di piena (si consiglia di attendere almeno due settimane per consentire la completa ricolonizzazione dei substrati);
- durante o subito dopo periodi di secca estrema (si consiglia di attendere almeno quattro settimane);
- impedimenti nella stima dell'estensione relativa degli habitat, a causa di fattori ambientali (ad esempio in caso di elevata torbidità); se il campionamento dovesse essere comunque svolto, deve essere segnalato sulla Scheda di campo.

Il campionamento dei macroinvertebrati richiede la valutazione della struttura in habitat a vari livelli :

- ✓ La prima analisi porta al riconoscimento della sequenza 'riffle/pool' (raschi/pozze);
- ✓ Successivamente devono essere riconosciuti e quantificati i microhabitat presenti nel sito;
- ✓ Infine devono essere indicati il numero e il posizionamento delle varie unità di campionamento.

Riconoscimento della sequenza riffle/pool

Il riconoscimento della sequenza riffle/pool è necessario per individuare l'area fluviale nella quale dovrà essere raccolto il campione. Nella tabella sottostante viene riportata la

corrispondenza tra Idro-Ecoregioni e l'area in cui effettuare preferenzialmente il campionamento, vale a dire nelle pozze (P= *pool*), nei raschi (R=*riffle*) o in entrambi (G = *generico*).

Cod_HER	Idro-Ecoregione	Tot superficie campionamento (m ²)	Riffle/Pool/Generico
1	Alpi Occidentali	1	Riffle/G
2	Prealpi Dolomiti	1	Riffle/G
3	Alpi Centro-Orientali	1	Riffle/G
4	Alpi Meridionali	1	Riffle/G
5	Monferrato	0.5	G
6	Pianura Padana	0.5	G
7	Carso	1	G
8	Appennino Piemontese	1	Pool/G
9	Alpi Mediterranee	1	Riffle/G
10	Appennino Settentrionale	1	Pool/G
11	Toscana	0.5	Pool
12	Costa Adriatica	0.5	Pool/G
13	Appennino Centrale	0.5	Pool/G
14	Roma_Viterbese	0.5	Pool/G
15	Basso Lazio	0.5	Pool
14	Vesuvio	0.5	Pool/G
16	Basilicata_Tavoliere	0.5	Pool
17	Puglia_Gargano	0.5	Pool
18	Appennino Meridionale	0.5	Pool/G
19	Calabria_Nebrodi	0.5	Pool/G
20	Sicilia	0.5	Pool
21	Sardegna	0.5	Pool

Tab.3.1.1 .1Corrispondenza tra Idro-Ecoregioni e superficie di campionamento (Notiziario IRSA,03/2007)

La scelta dell'area da campionare dipende dalla HER e dal tipo fluviale individuato; le sequenze riffle/pool vengono riconosciute per le caratteristiche di turbolenza, profondità e granulometria del substrato: l'area di pool mostra minor turbolenza e substrato a granulometria più fine; l'area di riffle è caratterizzata da una minore profondità e da una turbolenza più elevata.

Nel Notiziario IRSA sono stati riportati degli esempi di sequenze riffle/pool, che possono aiutare nel riconoscimento su campo:



Fig.3.1.1.1 Esempio di sequenza riffle/pool nel fiume Trebbia (Notiziario IRSA, 03/2007)

In alcuni casi il riconoscimento della sequenza riffle/pool è molto difficile, come nei torrenti montani in area alpina dove è presente un mosaico di substrati e flussi irregolarmente distribuiti, a causa della elevata pendenza naturale che li caratterizza; oppure nei piccoli fiumi di pianura caratterizzati da scarse variazioni di portata e da un substrato uniforme



Fig.3.1.1.2 Esempi di siti con tratto uniforme in area alpina e area di pianura (Notiziario IRSA, 03/2007)

Stima della composizione in microhabitat e allocazione delle unità di campionamento

Una volta selezionata l'ideale area fluviale adatta alla raccolta dei macroinvertebrati acquatici, si procede ad un'analisi della struttura in habitat del sito, compilando la "scheda rilevamento microhabitat" (Figura 14), riportata nell'allegato A del *Protocollo di Campionamento dei Macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili* (ISPRA, 2008. Metodi Analitici per Acque. Parte I). Il numero totale di unità da campionare è 10 (Monitoraggio Operativo) e ogni habitat viene registrato con la percentuale di occorrenza del 10%, per cui la somma di tutti gli habitat registrati (minerali e biotici) sarà 100%.

SCHEDA RILEVAMENTO MICROHABITAT
Fiumi guadabili

FIUME		SITO	
Data	200	Operatore	
Fondo del fiume visibile <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no			
Strumento <input type="checkbox"/> surber <input type="checkbox"/> retino altro:			
Area totale campionata <input type="checkbox"/> 0.5 m ²			
Altri protocolli biologici <input type="checkbox"/> Diatomee <input type="checkbox"/> Macrofite <input type="checkbox"/> Pesci			
Indagini di supporto <input type="checkbox"/> macrodescrittori <input type="checkbox"/> Idromorfologia altro:			
Parametri chimico-fisic ² : O ₂ <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> T °C <input type="checkbox"/> Conduttività (µS/cm ²) <input type="checkbox"/>			

COD		%	n° R	COD		%	n° R
IGR	Igropetrico strato d'acqua su rocce spesso ricoperto da muschi			AL	macro-micro alghe alghe verdi visibili macroscopicamente		
MGL	megalithal pietre e massi che superano i 40 cm (asse intermedia)			SO	macrofite sommerse inclusi muschi e Characeae		
MAC	macrolithal pietre comprese tra 20 e 40 cm			EM	macrofite emergenti (Typha, Carex, Phragmites)		
MES	mesolithal pietre tra 6 e 20 cm			TP	parti vive di piante terrestri radici fluttanti di vegetazione riparia		
MIC	microlithal ciottoli tra 2 e 6 cm			XY	xylal (legno) legno morto, rami, radici		
GHI	ghiaia (tra 2 mm e 2 cm)			CP	CPOM depositi di materiale organico grossolano		
SAB	sabbia (tra 6µ e 2 mm)			FP	FPOM depositi di materiale organico fine		
ARG	argilla (minore di 6µ)			BA	film batterici, funghi e sapropel		
ART	artificiale						

² Le misure di pH e conduttività possono essere eseguite in laboratorio.

Fig.3.1.1.3 Scheda rilevamento microhabitat

Il riconoscimento dei microhabitat deve avvenire sulla base della lista riportata nel Manuale ISPRA, 2008. Metodi Analitici per Acque. Parte I (tabella 8); nella parte alta della tabella vengono elencati gli habitat minerali, mentre nella parte bassa sono elencati gli habitat biotici.

	Microhabitat	Codice	Descrizione
MICROHABITAT MINERALI	Limo/Argilla < 6 μ	ARG	Substrati limosi, anche con importante componente organica, e/o substrati argillosi composti da materiale di granulometria molto fine che rende le particelle che lo compongono adesive, compattando il sedimento che arriva talvolta a formare una superficie solida.
	Sabbia 6 μ -2 mm	SAB	Sabbia fine e grossolana
	Ghiaia 0.2-2 cm	GHI	Ghiaia e sabbia grossolana (con predominanza di ghiaia)
	Microlithal ¹ 2-6 cm	MIC	Pietre piccole
	Mesolithal ¹ 6-20 cm	MES	Pietre di medie dimensioni
	Macrolithal ¹ 20-40 cm	MAC	Pietre grossolane della dimensione massima di un pallone da rugby
	Megalithal ¹ > 40 cm	MGL	Pietre di grosse dimensioni, massi, substrati rocciosi di cui viene campionata solo la superficie
	Artificiale (e.g. cemento)	ART	Cemento e tutti i substrati immessi artificialmente nel fiume
Igropetrico	IGR	Sottile strato d'acqua su substrato solido generalmente ricoperto di muschi	
¹ (le dimensioni indicate si riferiscono all'asse intermedio)			
MICROHABITAT BIOTICI	Alghe	AL	Principalmente alghe filamentose; anche Diatomee o altre alghe in grado di formare spessi feltri perifitici
	Macrofite sommerse	SO	Macrofite acquatiche sommerse. Sono da includere nella categoria anche muschi, Characeae, etc.
	Macrofite emergenti	EM	Macrofite emergenti radicate in alveo (e.g. <i>Thypha</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>)
	Parti vive di piante terrestri (TP)	TP	Radici fluitanti di vegetazione riparia (e.g. radici di ontani)
	Xylal (legno)	XY	Materiale legnoso grossolano e.g. rami, legno morto, radici (diametro almeno pari a 10 cm)
	CPOM	CP	Deposito di materiale organico particellato grossolano (foglie, rametti)
	FPOM	FP	Deposito di materiale organico particellato fine
	Film batterici	BA	Funghi e sapropel (e.g. <i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptomitus</i>), solfobatteri (e.g. <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothrix</i>)

Tab.3.1.1.2. Lista dei principali microhabitat rinvenibili nei fiumi italiani.

Gli habitat minerali vengono classificati in base alle dimensioni del substrato, quindi alla loro granulometria. Per il riconoscimento dei diversi microhabitat minerali e biotici possono essere utilizzati gli esempi riportati sul Notiziario IRSA del 2008 alle pagine 33-39, Figure HM1....HM18 e HB19.....HB34.

Strumentazione ed attrezzatura

Di seguito viene riportato l'elenco della strumentazione e dell'attrezzatura necessaria per il campionamento e per l'analisi di laboratorio, in riferimento al Manuale ISPRA " *Metodi biologici per le acque. Parte I.*"

- Dispositivi di protezione individuale;
 - stivali;
 - contenitore in plastica da circa 50 ml per campione;
 - vaschetta in plastica;
 - pennarello indelebile, matita e biro;
 - cartella di supporto con schede;
 - macchina fotografica digitale;
 - acqua distillata;
 - borsa frigo per campioni.
- pinzette;
- lente (200 mm \varnothing);
- tavolini;
- sedie;
- secchi;
- provette falcon;
- piastre Petri. Fissativi
- Alcool 75 – 80%.
- Rete Surber (telaio di dimensioni 0.22 x 0.23 m circa per un'area di 0.05 m² o di 0.32 x 0.32 m circa per un'area di 0.1 m². La rete ha una maglia di 500 μ m. È consigliato un barattolo di raccolta sul fondo della rete)
- Retino immanicato (dimensioni analoghe a quanto descritto per la rete Surber)

IN CAMPO

- microscopio ottico;
- microscopio stereoscopico;
- pinzette;
- piastre Petri;
- vetrini portaoggetti;
- vetrini coprioggetto;
- guide di identificazione e iconografie adatte all'habitat considerato.

IN LABORATORIO

La rete surber deve essere utilizzata negli habitat non molto profondi (< 0,5 m e preferibilmente a campionario non completamente sommerso) e a corrente scarsa, mentre

il retino immanicato deve essere utilizzato negli habitat con profondità maggiori di 0,5 m e a corrente media.

Le modalità di campionamento

Prima di procedere al campionamento dei macroinvertebrati è necessario individuare le varie tipologie di microhabitat presenti nell'area per scegliere quelli da campionare, tenendo presente che la superficie da campionare è predeterminata in base al tipo fluviale e all'idroecoregione (HER) di appartenenza. Il campionamento deve essere effettuato su una superficie complessiva di 1 m² o 0.5 m², in base alle indicazioni riportate in tabella 15, attraverso la raccolta di 10 unità per il monitoraggio operativo. Per gli altri tipi di monitoraggio è in generale prevista la raccolta di 10+4 repliche. L'unità di campionamento (*replica*) è rappresentata da una singola area di superficie di 0.05 o 0.1 m². La raccolta degli invertebrati deve essere realizzata in pool, in riffle o in generico, in funzione dell'Idroecoregione di appartenenza.

Il campionamento deve essere effettuato da valle a monte rispetto all'area indagata, in modo da non disturbare gli habitat prima del campionamento. Questo prevede l'utilizzo della rete Surber, posizionata controcorrente e ben aderente al fondo. Nel caso di campionamento a profondità superiori a 0,5 m è consentito l'utilizzo del retino immanicato, posizionato in verticale e in opposizione alla corrente, a valle dei piedi dell'operatore. In entrambi i casi il campione viene raccolto smuovendo il substrato localizzato a monte della rete.

La scelta e la quantificazione dei microhabitat deve essere riportata nell'apposita scheda di campo

Campionamento in Megalithal (roccia e grossi massi)

La superficie del megalithal deve essere raschiata in diverse posizioni (sulla parte anteriore e sui lati dell'eventuale masso), spostando se necessario la rete sulla superficie del megalithal, in modo da rispettare comunque la superficie da campionare.

Campionamento in Macrolithal e mesolithal (pietre e ciottoli)

Il campionamento deve avvenire smuovendo il substrato in superficie per rimuovere gli organismi più superficiali e spostando le pietre e pulendole a fondo per favorire il distacco degli organismi sessili, fino ad una profondità di circa 10-15 cm.

Campionamento in Microlithal e substrati a granulometria fine (piccole pietre, ghiaia, sabbia)

Nel caso della presenza di questa tipologia di habitat, è necessario muovere il substrato fino a una profondità di 5-10 cm nell’area delimitata a monte del posizionamento della rete stessa, evitando che grandi quantità di substrato fine entrino nella rete. In caso di corrente molto scarsa è necessario smuovere il substrato e canalizzare il flusso con le mani.

Campionamento in Xylal - Parti vive di piante terrestri – TP (radichette sommerse alla base della sponda) – CPOM (detrito fogliare) - Macrofite (emergenti e sommerse)

Dopo avere posizionato il substrato da campionare all’interno della rete, avendo cura di non lasciare spazi vuoti, si procede a scuoterlo vigorosamente, ripulendolo dagli animali.

Alcuni campioni di macrofite/radici/foglie possono essere portati in laboratorio per un’ispezione più accurata che consenta la cattura dei taxa che non vengono facilmente rimossi dal semplice lavaggio.

Identificazione e calcolo dello Star-ICMi

Una volta completato il campionamento, gli organismi vengono conservati in alcool al 70% per l’identificazione in laboratorio, utilizzando le guide sistematiche già in uso per l’IBE (Tachet et al., 1984; Campaioli et al., 1994; Ghetti, 1997; Guide del C.N.R, 1978-1983).

In tabella 9 è stato riportato il livello minimo di identificazione tassonomica richiesto nel calcolo dello STAR-ICMi (*Metodi biologici per le acque. Parte I. Roma: 2008*):

Gruppi faunistici	Livelli di determinazione tassonomica per definire le “Unità Sistematiche”
Plecotteri	genere
Efemerotteri	genere
Tricotteri	famiglia
Coleotteri	famiglia
Odonati	genere
Ditteri	famiglia
Eterotteri	famiglia
Crostacei	famiglia
Gasteropodi	famiglia
Bivalvi	famiglia
Tricladi	genere
Irudinei	genere
Oligocheti	famiglia

Tab.3.1.1.4. Livello tassonomico richiesto dal calcolo dello Star-ICMi.



Epeorus alpicola- Ephemerottero

Limnephilidae

Isoperla - Plecottero

Fig.3.1.1.4 Esempi di macroinvertebrati classificati per il calcolo dello Star-ICMi

Lo STAR-ICMi viene calcolato attraverso il software ICMeasy (BUFFAGNI A. & BELFIORE C., 2007. ICMeasy 1.2); questo utilizza dei file di input in formato txt per calcolare la metrica richiesta, sulla base delle famiglie di invertebrati rinvenute in un sito fluviale e sulla classificazione di qualità dei campioni. Nei file di output sono riportati i valori dell'indice e una sintesi dell'informazione relativa ai dati analizzati. Di seguito vengono riportati due esempi di file output (Figure seguenti) ottenuti dal Software ICMeasy per il calcolo dello Star.ICMi.

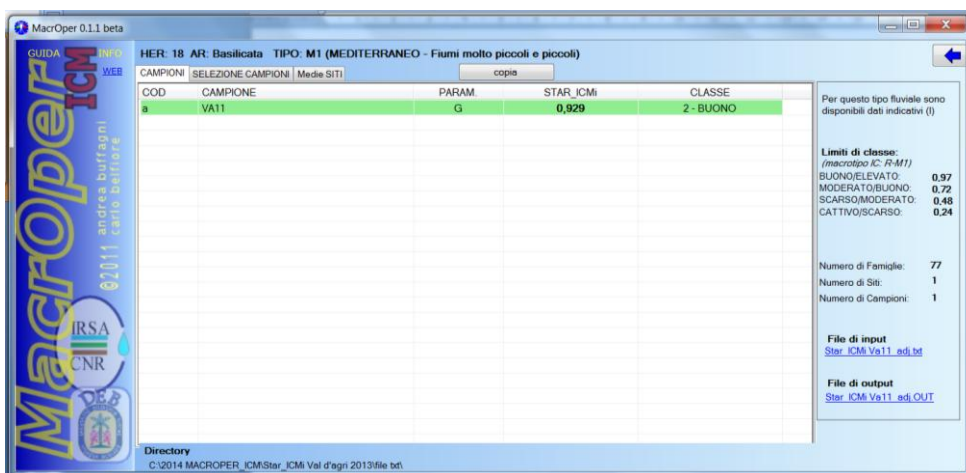


Fig.3.1.1.5 File di output del Software ICMeasy del sito Va11 – campionamento ottobre 2013.

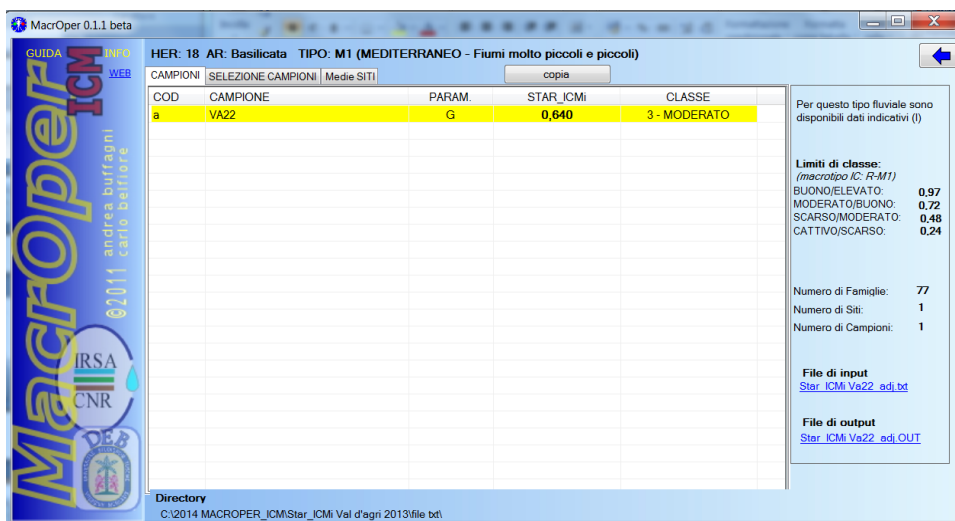


Fig.3.1.1.6 File di output del Software ICMeasy del sito Va22 – campionamento ottobre 2013.

3.1.2 Risultati e discussione macroinvertebrati Star ICMi

Le campagne di rilevamento sulle quali è stato applicato lo Star-ICMi sono tre, periodo autunnale, in quello primaverile e in quello estivo. Nella tabella sottostante ad ogni sito corrisponde il valore della metrica calcolato, la classe e lo stato ecologico, con relativo colore di riferimento.

La valutazione dello Star_ICMi nell’area della Val d’Agri ha rilevato che è presente lungo l’asta fluviale dell’Agri, a monte della Diga del Pertusillo, uno stato ecologico Buono (II Classe) alla sorgente (Va11) e a monte dell’immissione in diga (Va04); tale situazione peggiora in Mediocre (III Classe) nella parte intermedia del tratto fluviale nelle stazioni Va10 (Agri Villa D’Agri) e Va19 (F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo). Nel Torrente Casale e nel Torrente Alli è stato rilevato un forte peggioramento dello stato ecologico, passando da Elevato (I Classe) alla sorgente (Va09) a Moderato (III Classe) alla confluenza in Agri (Va08). Infine nel Torrente Maglia e nel Canale depuratore (Va07) è stata rilevata una II Classe (Buono) e nel Torrente Sciaura una III Classe (Moderato).

Stazione	Star_ICMi	Classe	Stato	
		RQE	ecologico	
Fiume Agri	Va11	0,929	II	Buono
	Va10	0,572	III	Moderato
	Va19	0,628	III	Moderato
	Va04	0,751	II	Buono
Torrente Casale	Va06	0,993	I	Elevato
	Va05	0,495	III	Moderato
Canale dep.	Va07	0,735	II	Buono
Torrente Alli	Va09	0,984	I	Elevato
	Va08	0,525	III	Moderato
Torrente Sciaura	Va22	0,640	III	Moderato
Torrente Maglia	Va23	0,829	II	Buono

Campionamento: ottobre 2013

Tab.3.1.2.1 Ottobre 2013

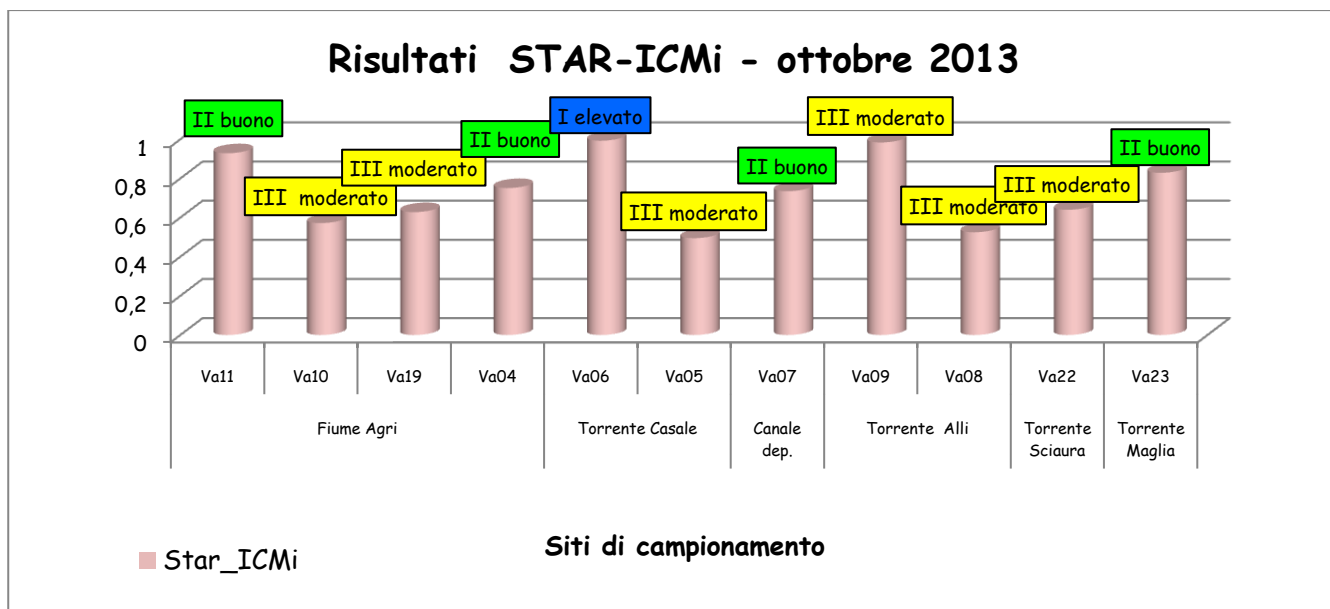


Grafico 3.1.2.1 Risultati Ottobre 2013

Con il campionamento del mese di marzo 2014 è stato registrato un peggioramento dello stato ecologico rispetto al campionamento di ottobre 2013 nel sito Va04 (confluenza Agri nel

Pertusillo), da Buono (II Classe) a Moderato (III Classe) e un lieve miglioramento nel sito del Torrente Sciaura, da Mediocre (III Classe) a Buono (II Classe). Il Torrente Rifreddo, non campionato ad ottobre 2013, è risultato in entrambi i siti (Va03 e Va02) in uno stato ecologico Buono (II Classe).

		Stazione	Star_ICMi	Classe RQE	Stato ecologico
Campionamento: marzo 2014	Fiume Agri	Va11	0,957	II	Buono
		Va10	0,706	III	Moderato
		Va19	0,680	III	Moderato
		Va04	0,693	III	Moderato
	Torrente Casale	Va06	1,048	I	Elevato
		Va05	0,864	II	Buono
	Canale dep.	Va07	0.761	II	Buono
	Torrente Alli	Va09	1,041	I	Elevato
		Va08	0,933	II	Buono
	Torrente Rifreddo	Va03	0,911	II	Buono
		Va02	0,857	II	Buono
	Torrente Sciaura	Va22	0,810	II	Buono
	Torrente Maglia	Va23	0,899	II	Buono

Tab.3.1.2.2 Marzo 2014

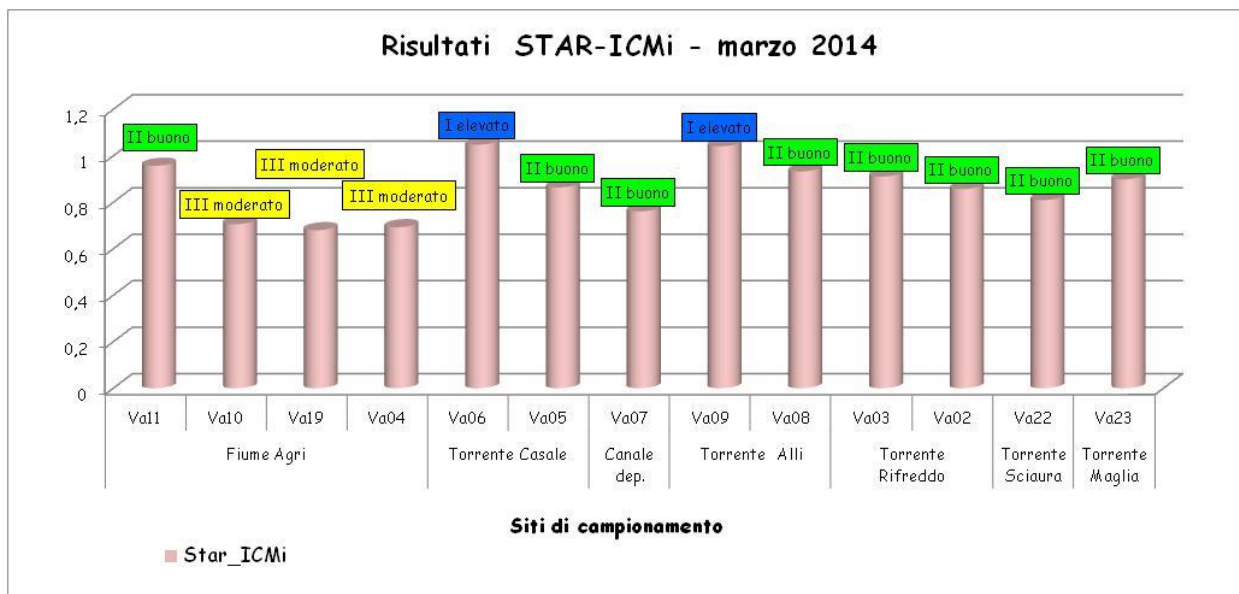


Grafico 3.1.2.2 Risultati

Nel periodo estivo il Fiume Agri è risultato avere uno Stato Ecologico Buono solo alla sorgente (Va11), nei siti a monte della diga del Pertusillo (Va10 – Agri sotto Villa d’Agri, Va19 - F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo e Va04 - confluenza Agri nel Pertusillo) è risultato sempre Mediocre. La stessa situazione è stata rilevata nel Torrente Casale, con un giudizio Buono alla sorgente (Va06) e Mediocre alla confluenza in Agri (Va05). Il canale depuratore (Va07), il Torrente Alli (Va09 e V08) e il Torrente Maglia hanno rilevato un giudizio Buono, mentre il Torrente Sciaura Mediocre.

Stazione		Star_ICMi	Classe RQE	Stato ecologico
Fiume Agri	Va11	0,866	II	Buono
	Va10	0,673	III	Moderato
	Va19	0,648	III	Moderato
	Va04	0,642	III	Moderato
Torrente Casale	Va06	0,928	II	Buono
	Va05	0,658	III	Moderato
Canale dep.	Va07	0,856	II	Buono
Torrente Alli	Va09	0,941	II	Buono
	Va08	0,928	II	Buono
Torrente Rifreddo	Va03			
	Va02			
Torrente Sciaura	Va22	0,668	III	Moderato
Torrente Maglia	Va23	0,810	II	Buono

Campionamento: giugno 2014

Tab. 3.1.2.3 Marzo 2014

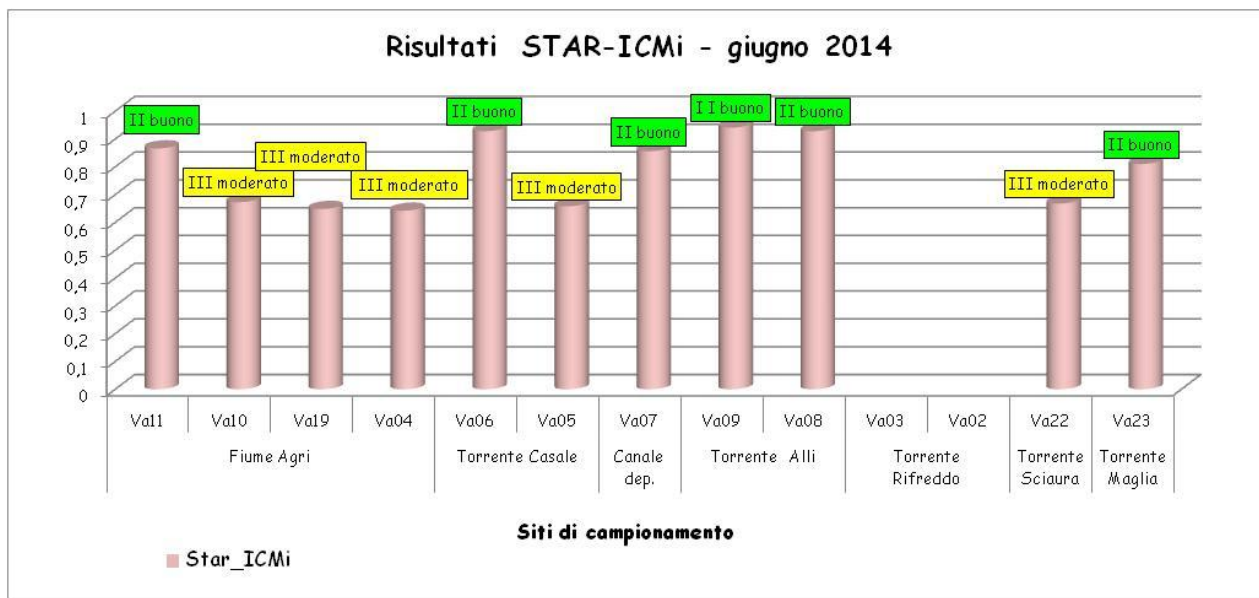


Grafico 3.1.2.3 Risultati giugno 2014

Dal confronto delle classi di stato ecologico risultate nei tre campionamenti e riportate nel grafico sottostante, è stato evidenziato un miglioramento nel sito Va04 (confluenza Agri nel

Pertusillo) da moderato - III a buono – II e un peggioramento da buono - II a moderato – III nei siti Va05 (confluenza Casale nel Pertusillo), Va08 (Confluenza Allì nell’Agri) e Va22 (Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova).

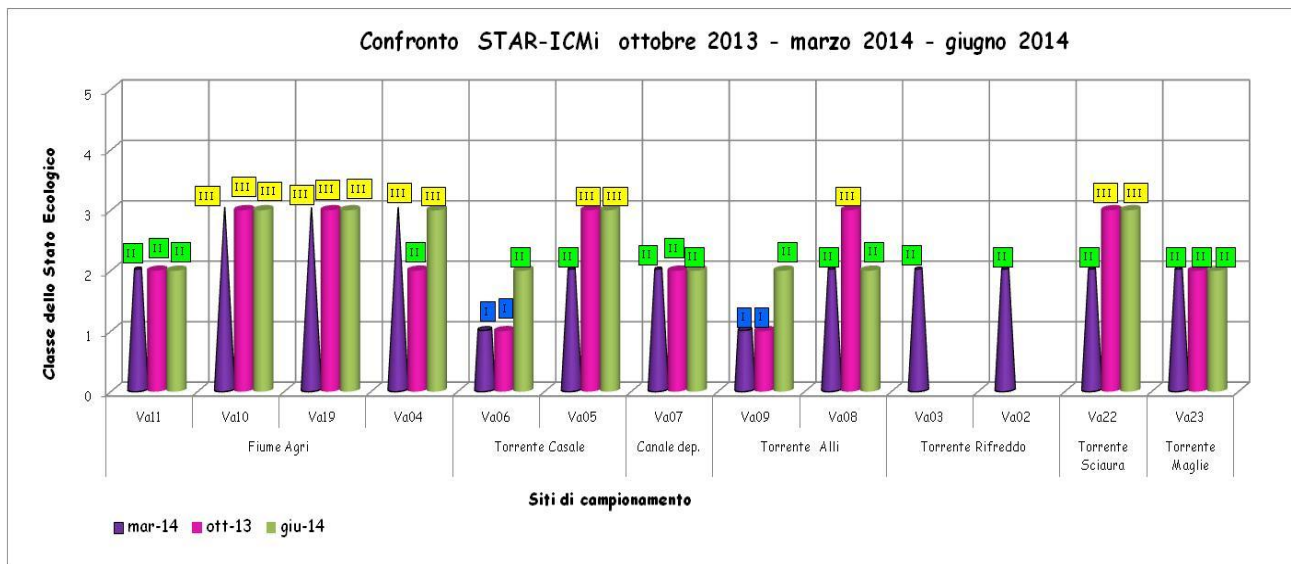


Grafico 3.1.2.4 Confronto

Nella tabella sottostante è stata riportata la media dei valori dello STAR_ICMi e della classe RQE, calcolati con il Software ICMeasy, relativamente ai tre campionamenti effettuati nei mesi di ottobre 2013, marzo e giugno 2014; per quanto riguarda il Torrente Rifreddo non è stata possibile calcolarla poiché è stato effettuato un singolo campionamento a marzo 2014.

Media mesi di ottobre '13, marzo '14 - giugno '14	Stazione	Star_ICMi	Classe RQE	Stato ecologico	
	Fiume Agri	Va11	0,918	2	Buono
		Va10	0,650	3	Moderato
		Va19	0,652	3	Moderato
		Va04	0,686	3	Moderato
	Torrente Casale	Va06	0,997	1	Elevato
		Va05	0,669	3	Moderato
	Canale dep.	Va07	0,784	2	Buono
	Torrente Alli	Va09	0,992	1	Elevato
		Va08	0,796	2	Buono
	Torrente Rifreddo	Va03			
		Va02			
	Torrente Sciaura	Va22	0,706	3	Moderato
	Torrente Maglia	Va23	0,846	2	Buono

Tab. 3.1.2.4 Calcolo delle medie

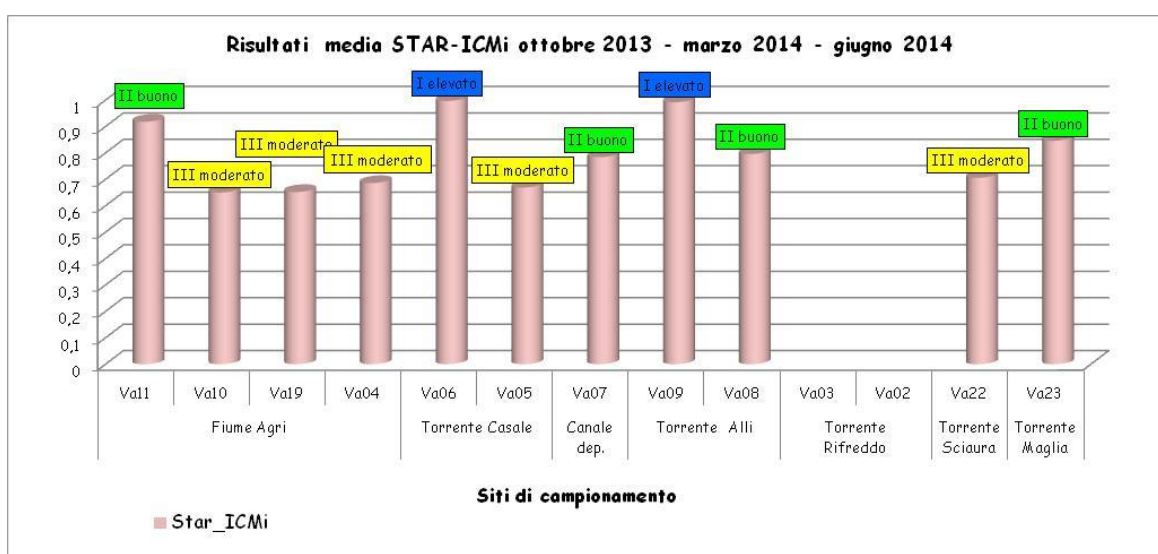


Grafico 3.1.2.5 Risultati

Nel complesso, l'applicazione dello Star-ICMi ha evidenziato in tutti i siti indagati, una deviazione dalle condizioni di riferimento piccola/moderata, eccetto nei siti Va09 (torrente Alli) e Va06 (torrente Casale), prossimi alle sorgenti, che è risultata nulla/molto piccola.

3.2 DIATOMEE: L'INTERCALIBRATION COMMON METRIC INDEX - ICMi

L'*Intercalibration Common Metric Index* (ICMi) è stato messo a punto durante il confronto del GIG dell'area geografica Centrale/Baltica per valutare i risultati ottenuti dai diversi metodi utilizzati dagli Stati Membri; successivamente è stato scelto per gli Esercizi di Intercalibrazione dei GIG Alpino e Mediterraneo.

L'ICMi è un indice multi metrico composto dall'Indice Trofico TI (Rott *et al.*, 1999) e dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti IPS (CEMAGREF, 1982); entrambi gli indici prevedono l'identificazione a livello di specie, ad ognuna delle quali viene attribuito un valore di sensibilità (affinità/tolleranza) all'inquinamento e un valore di affidabilità come indicatore (Rapporti Istisan, 09/19). Il calcolo dell'IPS considera la sensibilità delle specie all'inquinamento organico e di conseguenza è indicativo di alti livelli di trofia. Il calcolo del TI tiene conto della sensibilità delle specie all'inquinamento trofico, e questo è altamente correlato con bassi livelli di trofia e di inquinamento organico; inoltre risulta sensibile al carico di nutrienti di origine naturale (Kelly *et al.*, 2007).

Il calcolo dell'ICMi è dato dalla media aritmetica degli RQE dei due indici IPS e TI.

$$ICMi = \frac{(RQE_{IPS} + RQE_{TI})}{2}$$

L' RQE dei due Indici si ottiene calcolando il rapporto del valore osservato e quello di riferimento:

$$RQE_{IPS} = \frac{Valore_{osservato}}{Valore_{riferimento}}$$

$$RQE_{TI} = \frac{(4 - Valore_{osservato})}{(4 - Valore_{riferimento})}$$

Per l'indice trofico TI, deve essere aggiunta la conversione riportata nella formula (dove 4 è il valore massimo che può raggiungere il TI), essendo un valore che aumenta al crescere del livello di inquinamento. I valori degli indici, intesi come valore osservato, vengono calcolati attraverso la formula di Zelinka e Marvan (1961):

$$IPS_5 = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot I_j \cdot S_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot I_j} \qquad TI = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot G_j \cdot TW_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot G_j}$$

I valori dei coefficienti delle singole specie sono stati riportati nell' Appendice del Rapporto Istisan 09/19. I valori di "S" variano da 5 (per una specie molto sensibile) a 1 (per una specie tollerante). I valori di affidabilità come indicatore "I" variano da 1 (indicatore sufficiente) a 3 (indicatore ottimo). I valori di "TW", variano da 1 (per una specie sensibile) a 4 (per una specie tollerante) con il crescere della tolleranza delle specie al carico di nutrienti, i valori di "G", della affidabilità della specie come indicatore variano da 1(indicatore sufficiente) a 5 (indicatore ottimo).

L'indice IPS_5 deve successivamente essere convertito in classe 20 tramite la seguente formula:

$$IPS = (4,75x - 3,75)$$

dove $x = IPS_5$

In tabella 4 del Rapporto Istisan 09/19 sono stati riportati i valori degli indici IPS e TI relativi alle condizioni di riferimento da utilizzare nel calcolo degli RQE. Tali "valori di riferimento" (valore atteso) provengono dai siti di riferimento appartenenti al database delle diatomee utilizzato per il Processo di Intercalibrazione (Tabella 13).

Macrotipo fluviale	Valore di riferimento	
	IPS	TI
A1	18,4	1,7
A2	19,6	1,2
C	16,7	2,4
M1	17,15	1,2
M2	14,8	2,8
M3	16,8	2,8
M4	17,8	1,7
M5	16,9	2,0

Tab.3.2.1 Valori di riferimento degli indici per i diversi tipi fluviali (Rapporti Istisan 09/19)

In tabella 5 dello stessa pubblicazione sono stati riportati i valori dei limiti delle classi degli RQE ottenuti dal calcolo dell'ICMi, intesi come il valore più basso della classe superiore.

Macrotipi	E/B	B/S	S/S	S/C
A1	0,87	0,70	0,60	0,30
A2	0,85	0,64	0,54	0,27
C	0,84	0,65	0,55	0,26
M1-M2-M3-M4	0,80	0,61	0,51	0,25
M5	0,88	0,65	0,55	0,26

Tab.3.2.2 Limiti di classe per gli stati Elevato e Buono (E/B), Buono e Sufficiente (B/S), Sufficiente e Scarso (S/S) e Scarso e Cattivo (S/C) per i diversi macrotipi fluviali (Rapporti Istisan 09/19)

La strategia di Campionamento dell'ICMi

Premessa alle Bacillarioficee

La Diatomee sono alghe unicellulari (Figura 5), avvolte riunite in colonia, presentano dimensioni che variano da pochi micron ad oltre mezzo millimetro; sono organismi eucarioti autotrofi contenenti clorofilla *a* e altri pigmenti. La parete cellulare, l'elemento caratterizzante della classe, è fortemente impregnata da silice ed è costituita da due valve, ipoalva ed epivalva, le quali incastrate l'una nell'altra costituiscono il *frustulo*.

Le Diatomee considerate sono, quindi, quelle bentoniche, praticamente le uniche presenti nelle acque correnti; queste possono essere suddivise in base all'habitat occupato:

- ✓ Diatomee *epilitiche*, evidenziate da sottili patine verdi-brune su massi e ciottoli sommersi e decisamente prescelte per il monitoraggio fluviale;
- ✓ Diatomee *epifitiche*, presenti sulle macrofite acquatiche;
- ✓ Diatomee *epipeliche*, tipiche dei tratti a lento flusso, adagiate sul limo di fondo.

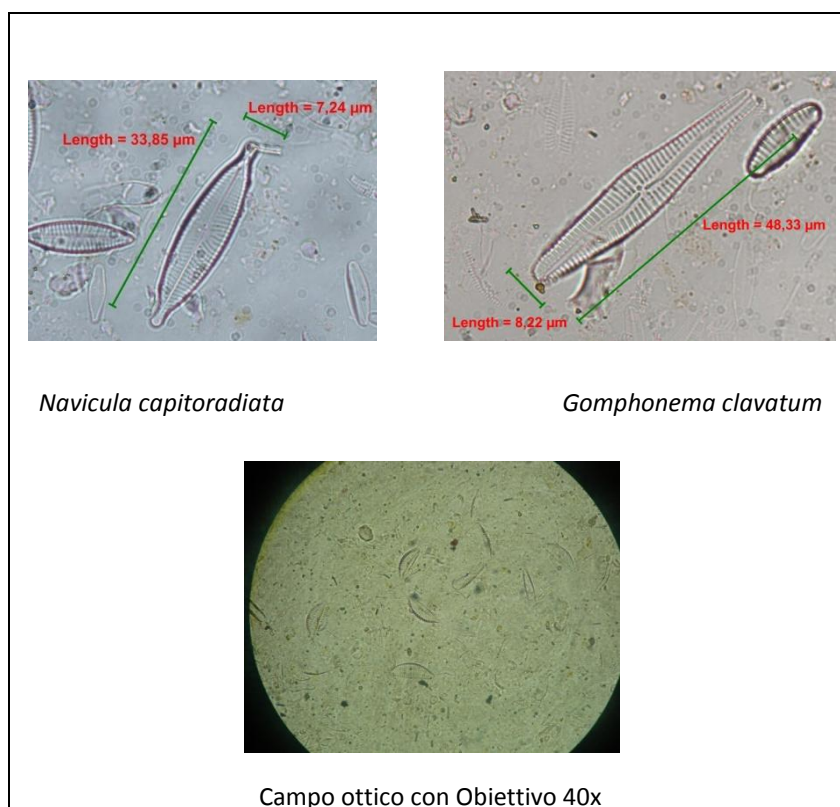


Fig.3.2.1 Esempi di diatomee osservate al Microscopio ottico Nikon – Eclipse ed elaborate con il Software NIS-Element

I corsi d’acqua sono popolati da una grande varietà di micro e macro alghe: *Cyanophyceae* o laghe azzurre, *Chrysophyceae* o alghe dorate, *Xanthophyceae* o alghe gialle, *Rhodophyceae* o laghe rosse, *Chlorophyceae*, *Zygothryx*, *Charophyceae* (tutte alghe verdi) e soprattutto *Bacillariophyceae* o Diatomee. Queste ultime si sono rivelate molto idonee al monitoraggio delle acque correnti, sia per la loro grande sensibilità nei confronti dei fattori eutrofizzanti e inquinanti dei corsi d’acqua, sia perché possiedono i requisiti ecologici e sistematici dei bioindicatori d’eccellenza (Dell’Uomo, 2004):

- ✓ sono presenti in tutti i corsi d'acqua ed in tutti gli ambienti fluviali;
- ✓ sono presenti durante tutto l'anno;
- ✓ sono sensibili alle variazioni dei parametri chimico-fisici della matrice ambientale;
- ✓ sono completamente sommerse, bentoniche e facile da campionare;
- ✓ sono molto note le caratteristiche sistematiche ed ecologiche;
- ✓ hanno un breve tempo di resilienza: la comunità diatomica danneggiata presenta un'elevata capacità di ripresa, cessato il fattore di disturbo.

3.2.1 La metodica di campionamento

Il monitoraggio delle acque superficiali tramite le diatomee è stata una metodica largamente utilizzata in quasi tutti i paesi d'Europa, con le rispettive varianti nazionali; un esempio sono l'IBD, l'"*Indice Biologique Diatomées*" (Prigiel J. & Coste M., 2000) in Francia e il DI-CH, "*Diatomées Indice Suisse*" (OFEV, 2007), in Svizzera. L'indice Diatomico utilizzato nei fiumi italiani era l'Indice Diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione o **EPI-D (Eutrophication/Pollution Index – Diatom based)** (Dell'Uomo 1996, 1999), elaborato a seguito di ricerche sulle comunità algali dei corsi d'acqua dell'Appennino centrale e relativi confronti ad ambienti lotici alpini ed appennini meridionali (Dell'Uomo, 1981, 1986; Dell'Uomo e Masi, 1986, 1988; Dell'Uomo, 1991, 1992; Dell'Uomo e Tantucci, 1996; Grandoni e Dell'Uomo, 1996; Dell'Uomo e Grandoni, 1997; Dell'Uomo et al., 1999; Torrisi e Dell'Uomo, 2001a, 2001b, 2001c, 2003; Dell'Uomo, 2003). A seguito di tali ricerche è stato prodotto un manuale basato sulla metodica EPI-D (Dell'Uomo, 2004), dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente per i servizi tecnici – Centro Tematico Nazionale "Acque Interne e Marino Costiere", convertita dal 2008 in ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

La metodica di campionamento dell'ICMi è stata riportata, praticamente inalterata rispetto a quella individuata per l'EPI-D, in "Manuali e Linee Guida APAT- 2007 – Metodi biologici per le acque. Parte I " nel capitolo "*Protocollo di Campionamento e Analisi delle Diatomee Bentoniche dei corsi d'acqua*".

Il lavoro in campo

I periodi e il numero dei campionamenti possono variare nel corso dell'anno, in funzione degli obiettivi dal progetto di ricerca e in base alle tipologie fluviali; i momenti migliori sono quelli in cui si ha il massimo sviluppo delle diatomee in termini di copertura e biodiversità, in condizioni di elevata luminosità e moderata temperatura dell'acqua, ossia nei mesi di maggio-giugno (periodo di morbida) e settembre-ottobre (periodo di magra). Nel caso di forti temporali che possono determinare eventi di piena è necessario aspettare tre o quattro settimane per effettuare un nuovo campionamento, a causa del rimaneggiamento che può subire il substrato litico. Per finalità specifiche si possono realizzare, con gli specifici accorgimenti, più campionamenti nell'arco dell'anno poiché le comunità di diatomee sono sempre presenti e la loro ricchezza in specie risulta in equilibrio con le condizioni ambientali.

La scelta delle stazioni da monitorare dipende ovviamente dalle finalità dell'indagine; i siti da evitare sono :

- ✓ quelli prossimi alla foce dei fiumi, per evitare la contaminazione dell'acqua salata con l'acqua dolce causata dalla penetrazione del cuneo salino;
- ✓ quelli completamente ombreggiati dalla vegetazione spondale o collocati sotto i ponti; essendo organismi autotrofi le diatomee necessitano di un'adeguata luminosità.

Il campionamento delle diatomee (APAT, 2007) può essere effettuato su substrati litici, su substrati vegetali o substrati melmosi (in particolare in zone di riffle); le diatomee più utili allo scopo e da preferire sono quelle epilitiche. I substrati litici, quali massi, pietre e ciottoli, devono essere completamente sommersi ed esposti alla luce e non devono aver subito recenti rotolamenti, perdendo gran parte della comunità diatomica. Il prelievo viene eseguito raschiando a più riprese la superficie litica con una lama (Figura 7); la superficie totale da raschiare è compresa tra 100 cm² e 500 cm², su almeno quattro – cinque supporti (Figura 6) che devono essere dislocati lungo tutto il transetto scelto (almeno 10 m) per essere rappresentativi della stazione indagata; sono da evitare immissioni puntiformi e microambienti, come le pozze e le anse di ristagno. Qualora non fosse possibile campionare su massi, il prelievo può essere effettuato su supporti artificiali duri, come le pareti verticali di ponti e sponde cementificate. Qualunque sia il substrato campionato deve essere dichiarato e omogeneo per una stessa stazione.

Il campione prelevato viene fissato *in situ* in etanolo al 70 % ed etichettato adeguatamente.



Fig.3.2.1.1 Scelta delle superfici litiche da campionare

Il lavoro in laboratorio

La sistematica delle Diatomee si basa sull'osservazione del frustulo siliceo, per questo è necessario distruggere la sostanza organica mediante degli ossidanti e fissare il campione in un vetrino (Figura 8) con una resina ad alto indice di rifrazione (i.r.), il Naphrax (i.r. = 1,74). La silice ha un indice di rifrazione molto simile a quello dell'acqua e senza questo accorgimento non verrebbero evidenziate le ornamentazioni presenti sul frustulo, importanti caratteristiche tassonomiche (Figure 10-11). Il vetrino viene osservato al Microscopio ottico con obiettivo ad immersione a 1000 ingrandimenti ed esaminato tramite il Software di analisi delle immagini NIS-Element BR, a disposizione presso i laboratori biologici dell'ARPAB - Centro di Ricerche di Metabonto (Figura 9). Una volta realizzata la lista delle specie, si procede alla stima della loro abbondanza, tramite il conteggio di almeno 400 individui, procedendo per strisciate orizzontali e avendo cura di non sovrapporre i campi. Vanno presi in considerazione frustuli interi, rotti purché riconoscibili e singole valve.

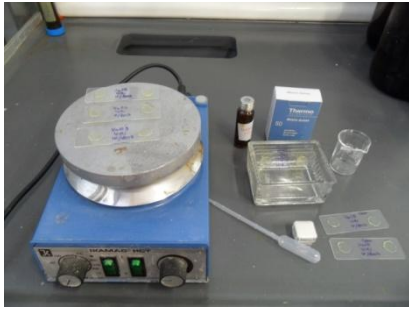


Fig.3.2.1.2 Preparazione dei vetrini permanenti



Microscopio Ottico Nikon Eclipse Ni



Fig.3.2.1.3 Osservazione dei vetrini permanenti al Microscopio ottico Nikon ad ingrandimento 100X

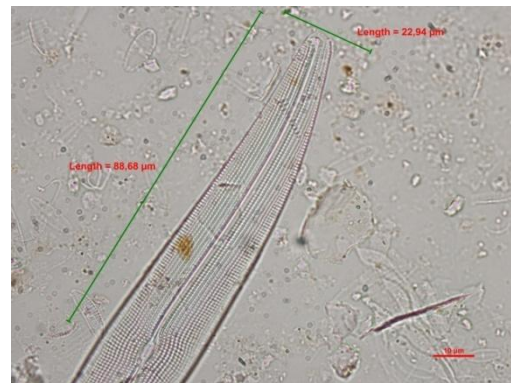


Fig.3.2.1.4 Valutazioni delle caratteristiche tassonomiche della specie *Gyrosigma attenuatum* tramite Software NIS-Element

La determinazione tassonomica viene fatta utilizzando i testi per l'identificazione indicati nel manuale APAT 2007 :

- ✓ Prygiel J. & Coste M, 2000. *Guide metodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées*
- ✓ Krammer K. & Lange Bertalot H., 1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000. *Bacillariophyceae*. Teil: Naviculaceae; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae; Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae; Achnantaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula und Gonphonema; and french translation of the keys. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1-5, Fischer, Stuttgart.

3.2.2 Risultati e discussione diatomee (ICMi)

Il campionamento delle diatomee bentoniche per il calcolo dell'ICMi è stato effettuato in tutti i siti indagati, ma in alcune stazioni il campione, dopo essere stato processato, è risultato nullo per assenza o insufficienza di diatomee all'analisi microscopica; nello specifico non è stato possibile calcolare l'ICMi per i due siti del Torrente Casale, Va06 (sorgente Casale) e Va05 (confluenza Casale in Agri), per la sorgente del Torrente Alli (Va09), per il Va10 (Agri Villa D'Agri) e per il Torrente Maglie (Va23 – a valle di Sarconi).

La valutazione dello stato ecologico attraverso l'ICMi è stata applicata a tre siti localizzati nel fiume Agri, il Va11 - sorgente Agri, il Va19 (F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo) e il Va04 (confluenza Agri nel Pertusillo) e a tre individuati nei torrenti Alli (Va08 – confluenza in Agri), Rifreddo (Va03 - sorgente) e Sciaura (Va22 – a valle di Grumento Nova). Nella tabella seguente sono stati riportati per ogni sito i valori di ICMi calcolati, la classe RQE e lo stato ecologico corrispondente. I giudizi sono stati ancora evidenziati con i colori di riferimento in base allo schema di classificazione della 2000/60/CE

Campionamento: luglio 2013	Stazione	ICMi	Classe RQE	Stato ecologico	
	Fiume Agri	Va11	1,04	I	Elevato
		Va19	0,71	II	Buono
		Va04	0,83	I	Elevato
	Torrente Alli	Va08	0,96	I	Elevato
	Torrente Rifreddo	Va03	1,17	I	Elevato
	Torrente Sciaura	Va22	0,90	I	Elevato

Tab. 3.2.1.1 Campionamento Luglio 2013

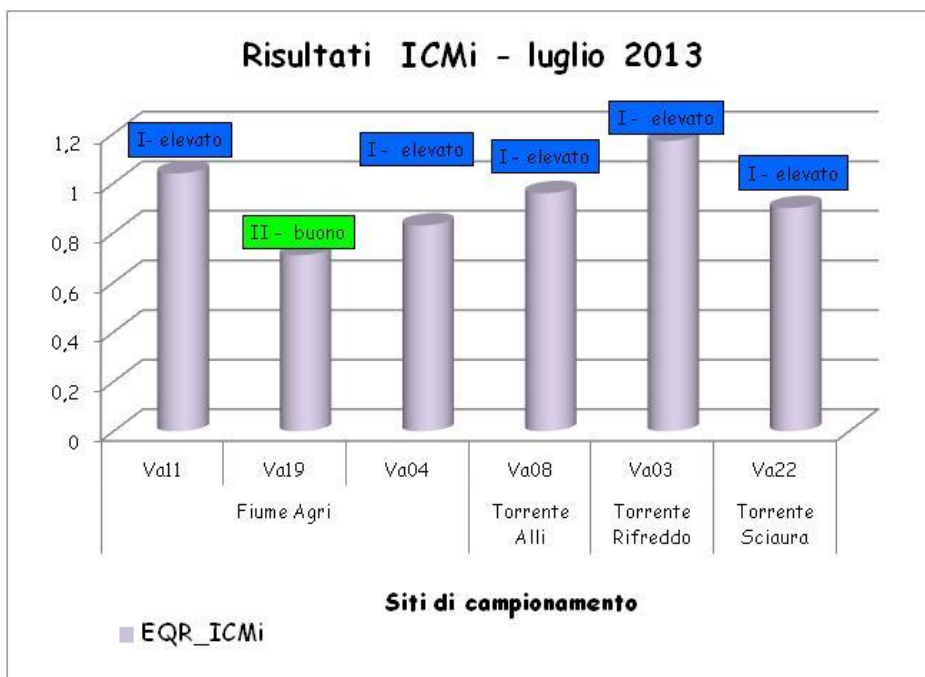


Grafico 3.2.1.1 Risultati Luglio 2013

Nelle stazioni indagate lo stato Ecologico è risultato sempre Elevato (I Classe) tranne in un caso dove è risultato Buono (II Classe), nel sito Va19. Il giudizio Elevato, ottenuto per la sorgente Alli (Va11), il Va19, il Va04, la confluenza nell’Agri del Torrente Alli (Va08), la sorgente del Torrente Rifreddo (Va03) e il Torrente Sciaura (Va22), indica che non è stata rilevata alcuna contaminazione organica o variazione di trofia delle acque, rilevabile al primo livello della catena trofica (produttori primari).

3.3 LE MACROFITE ACQUATICHE

Le macrofite acquatiche sono un gruppo definito su base ecologico-funzionale e comprendono i vegetali macroscopicamente visibili presenti negli ambienti acquatici, palustri e di greto che caratterizzano gli ambiti fluviali.

Questo raggruppamento è composto da angiosperme erbacee, pteridofite, briofite e da alghe filamentose.

Angiosperme erbacee

Le Angiosperme, chiamate anche Fanerogame, perché producono stami e pistilli, cioè organi visibili e specializzati per la riproduzione sessuale, sono considerate gli organismi vegetali più evoluti, in quanto capaci di colonizzare sia gli ambienti acquatici sia quelli terrestri, presentando tutti gli adattamenti possibili sia morfologici che biologici.

Le piante superiori prettamente acquatiche si distribuiscono in tre forme biologiche:

– *Idrofite*

Sono piante che vivono in acqua, e possono essere liberamente natanti alla superficie dell'acqua (generi Azolla, Lemna, Spirodela) oppure radicanti, e in tal caso completamente sommerse (generi Ceraphyllum, Nuphar) oppure con foglie natanti (*Potamogeton natans*, *Callitriche hamulata*).

– *Elofite*

Sono specie che radicano nel fango, hanno la parte inferiore sommersa, però le foglie superiori e i fiori sono al di sopra della superficie dell'acqua: si tratta di un piccolo gruppo (solo una decina di specie appartenenti ai generi Typha, Sparganium) che spesso viene incluso nelle geofite.

– *Geofite*

Queste, a rigore, sono piante terrestri, però tra le geofite rizomatose ne esistono parecchie di ambienti umidi (paludi, bordi di stagni, avvallamenti) che spesso si propagano fino agli ambienti francamente acquatici, pur mantenendo in generale un habitat spondicolo. Sono specie per lo più appartenenti al genere Glyceria della famiglia delle Graminaceae, e dei generi Carex e Cyperus della famiglia delle Ciperaceae).

Pteridofite

Le Pteridofite comprendono tutte le piante la cui diffusione è principalmente affidata a meiospore e che possiedono uno sporofito formato da veri tessuti (radici, fusti e foglie) che

contrariamente a quanto visto per le Briofite costituisce la generazione predominante. Per

questo motivo esse sono state anche chiamate Crittogame vascolari, cioè con “nozze nascoste”, per indicare che si tratta di piante prive di fiori come lo sono le Briofite e in generale tutte le

piante considerate “inferiori”. Tra queste le Pteridofite si distaccano nettamente per la differenziazione di veri tessuti, tra i quali quelli conduttori, o vascolari (Gerola, 1997).

Briofite

Le Briofite sono considerate le più semplici piante terrestri e sono comunemente note piante terrestri non vascolari poichè non posseggono tessuti conduttori ben differenziati.

Appartengono a questo gruppo i Muschi e le Epatiche.

Alghe

Nel loro insieme comprendono organismi di dimensioni e di organizzazione del corpo estremamente variabili che in comune presentano il fatto di *vivere in ambienti acquatici* o molto umidi; Fanno parte delle Macrofite solo quelle alghe in grado di risultare *macroscopicamente visibili*; queste mostrano un'enorme varietà di forme: ammassi globosi

spesso avvolti da mucillagine; filamenti semplici o ramificati di cellule cilindriche unite all'estremità; incrostazioni su rocce o su altre piante; ciuffi, matasse, cuscinetti di filamenti più complessi; ammassi verdi gelatinosi e molte altre (Rapporti ISTISAN 08/34).

Ecologia delle macrofite

L'esistenza delle cenosi a macrofite negli ambienti fluviali, il loro adattamento, è il risultato di tutti i fattori ambientali e della combinazione fra questi. I fattori ambientali possono essere schematizzati in fattori abiotici, fattori biotici e fattori antropici.

- **fattori abiotici:** luce, temperatura, dinamismo fluviale, regime ideologico, profondità, trasparenza, substrato, caratteristiche chimiche dell'acqua, sedimento, altitudine.
- **fattori biotici:** riproduzione, modalità di dispersione, relazioni interspecifiche, interazioni con la componente animale.
- **fattori antropici:** alterazioni della morfologia e caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, alterazione dell'integrità chimica delle acqua (eutrofizzazione, pesticidi, altri inquinanti), introduzione e diffusione di specie esotiche, sfalcio.

Non tutti i fattori ambientali influenzano positivamente la comunità macrofitica (Fig. 1)

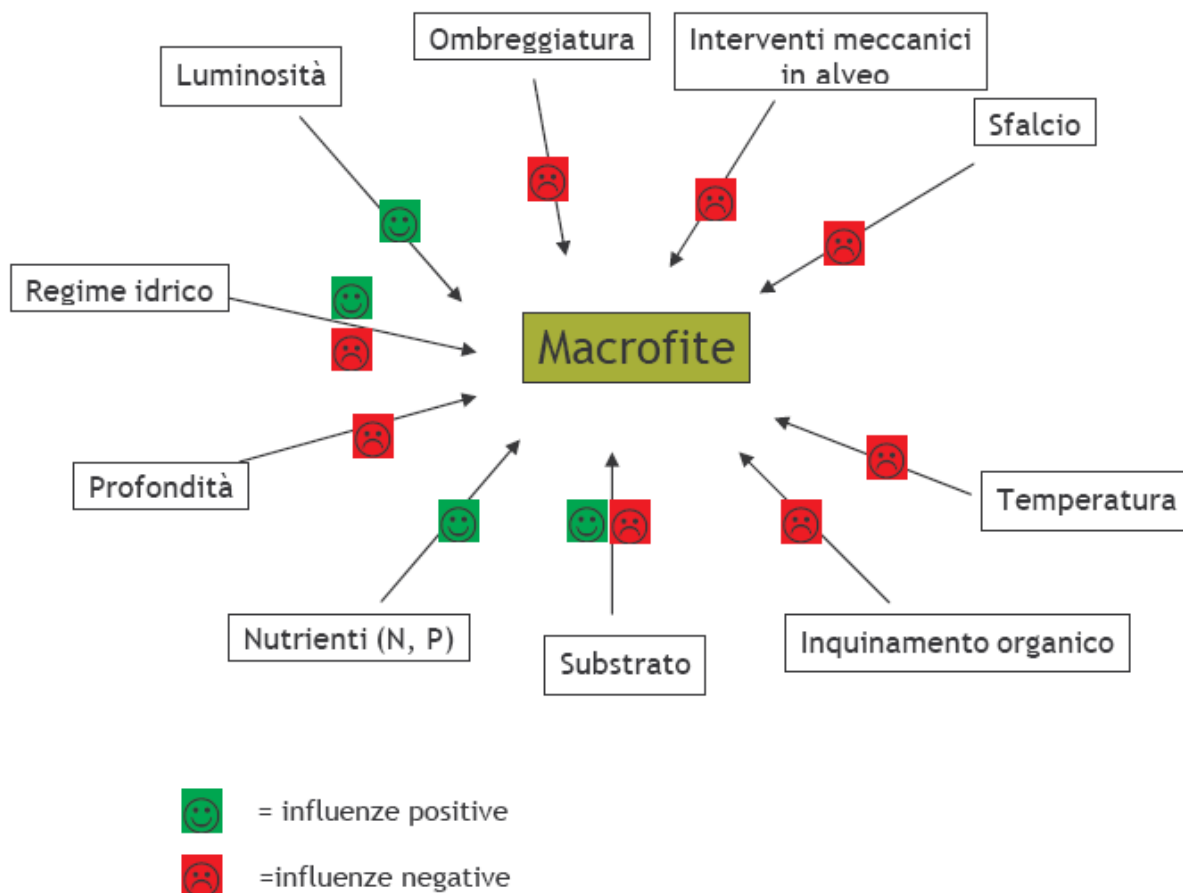


Fig. 3.3.1 Schematizzazione fattori ambientali (CENTRO TEMATICO ACQUA INTERNE E MARINO COSTIERE)

Macrofite come specie indicatrici

Le macrofite sono state ritenute importanti per determinare lo “stato ecologico” di fiumi e laghi in Europa (European Parliament, Directive 2000/60/CE).

le comunità di macrofite acquatiche costituiscono una fondamentale componente degli ecosistemi fluviali. Esse contribuiscono significativamente alla diversità fisica e biologica, alla struttura degli habitat e alla funzione ecologica di questi sistemi (Lacoul and Freedman, 2006). Le macrofite hanno importanti funzioni in questi sistemi, come creatrici di habitat. Una di queste funzioni, quella di produzione primaria, è convertire l’energia solare e anidride carbonica in materia organica, cibo e rifugio per la fauna acquatica (Fairchild et al.,1998).

Alcuni studi hanno evidenziato come le macrofite sommerse possano modificare sensibilmente le caratteristiche del flusso d'acqua in prossimità del fondo, con importanti ripercussioni sulle dinamiche di ritenzione del particolato sospeso e sulla distribuzione spaziale della fauna acquatica. Un recente studio condotto in Italia ha evidenziato l'importante ruolo che alcune macrofite assumono nella circolazione e nel rilascio di gas quali anidride carbonica e metano (Lineamenti di ecologia fluviale, 2009). Oltre ad essere importanti per la produzione di ossigeno, le macrofite fanno parte anche del ciclo dei nutrienti, controllandone la disponibilità nell'acqua (Lewis, 1995). Esse rivestono anche un ruolo ecologico importante nella costruzione della morfologia fluviale, nella omeostasi idraulica, come funzione tampone, cioè di filtro nei confronti di inquinamento diffuso, nella importante funzione di autodepurazione: comunità che fitodepurano nell'ambito degli habitat che le ospitano, (Minciardi, 2009).

Oltre al loro importante ruolo ecologico, l'uso delle macrofite come indicatrici della qualità delle acque correnti si basa sul fatto che alcune specie e gruppi di specie, peraltro indicatrici di specifiche tipologie di acque correnti, sono sensibili alle alterazioni dei corpi idrici e risentono in modo differente dell'impatto antropico.

Pertanto, l'analisi della comunità a macrofite fornisce, sulla base delle variazioni dei popolamenti macrofitici presenti, indicazioni complessive sulla qualità dell'acqua e sul livello di alterazione dei corpi idrici. Lo studio delle comunità macrofite permette quindi di poter fotografare una particolare situazione definita da molteplici caratteristiche qualitative di un corso d'acqua, anche da parametri fisici come il regime idrico o il grado di ombreggiatura, parametri che spesso sono altamente selettivi.

Gli impatti rilevabili utilizzando le macrofite come comunità indicatrici sono:

- eutrofizzazione
- alterazioni idromorfologiche
- acificazione
- presenza di metalli in traccia
- presenza di pesticidi

Gli indici basati sull'uso delle macrofite acquatiche danno indicazioni complessive sulla qualità dell'acqua e sul livello di alterazione dei corpi idrici sulla base dell'alterazione dei

popolamenti macrofitici presenti. Haury et al., nel 2000 confermarono la possibilità di utilizzare le macrofite per lo studio della qualità delle acqua in diversi fiumi o ecoregioni.

Tre sono i metodi attualmente utilizzati per valutare l'eutrofizzazione nelle acqua correnti: il Mean Trophic Rank (MTR, Dawson et al., 1999; Holmes et al., 1999), Trophic Index with Macrophytes (TIM, Schneider, 2000) e il Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR, AFNOR, 2003, Haury et al., 2006).

3.3.1 Applicazione dell'indice macrofitico IBMR

Siti indagati

Il progetto ha previsto indagini su 13 siti, **al fine di valutare le stazioni che per le loro caratteristiche biotiche ed abiotiche consentono di calcolare l'indice IBMR.** Le stazioni di monitoraggio indagate sono ubicate lungo tratti fluviali localizzati nella parte medio alta del bacino del fiume Agri, a monte dell'invaso del Pertusillo. Le stazioni denominate Va22 e va23 si trovano rispettivamente sul torrente Sciaura e Maglie. Nella Tabella seguente sono elencate le stazioni.

SITI	DESCRIZIONE	X_ED50	Y_ED50
Va02	Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	580703	4460223
Va03	Sorgente Rifreddo	582201	4463631
Va04	Confluenza Agri nel Pertusillo	576799	4460953
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	577222	4461143
Va06	Sorgente Casale	577701	4465064
Va07	Canale depuratore zona industriale	575239	4461092
Va08	Confluenza Alli nell'Agri	569899	4464155
Va09	Sorgente Alli	575313	4467846
Va10	Agri Villa D'Agri	568512	4466085
Va11	Sorgente Agri	563279	4476739
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	575362	4461095
Va22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	576885	4460070
Va23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	577757	4457133

Tab.3.3.1.1 Siti di indagine

Le stazioni sono rappresentative per il tratto omogeneo di corso d'acqua indagato e comprendono, per quanto possibile, tutte la facies idrologiche e biologiche presenti nel

tratto stesso. Le stazioni hanno uno sviluppo longitudinale da 50 a 100 m in funzione delle dimensioni del corso d'acqua e dei livelli di copertura delle macrofite presenti.

I rilievi sono stati condotti nel mese di ottobre 2013 e di giugno-luglio 2014.

Ogni stazione indagata è stata georeferenziata con GPS, fotografata e descritta in una "Scheda per il rilevamento delle macrofite nei corsi d'acqua". Ciascuna scheda contiene informazioni relativamente a: localizzazione della stazione, schematica rappresentazione della morfologia e delle formazioni vegetali presenti, disegno in pianta dell'alveo, dimensioni alveali, condizioni idriche dell'alveo al momento del rilievo, andamento della portata, velocità della corrente, altezza dell'acqua, ombreggiamento dell'alveo bagnato, trasparenza dell'acqua, fenomeni erosivi in atto, artificializzazione del corso d'acqua, copertura vegetale presente nel greto e nel corridoio fluviale, livello di antropizzazione del territorio circostante, elenco delle macrofite rilevate e relative coperture.

Per ogni stazione di campionamento sono state registrate informazioni circa la granulometria del tratto di alveo indagato.

Materiali e metodi

Campionamento

Nell'ambito della stazione è stata valutata la copertura complessiva della comunità a macrofite presente in acqua in termini di copertura percentuale della comunità rispetto alla superficie della stazione. Successivamente, percorrendo controcorrente l'intero sviluppo della stazione ed andando, "a zig zag", da un sponda all'altra, è stata rilevata la presenza di tutti i taxa presenti nella stazione effettuandone, nel contempo, la raccolta. Ripercorrendo la stazione in direzione opposta, si è verificata la corretta individuazione di tutti i taxa presenti e si sono attribuiti i valori di copertura percentuali ai diversi taxa.

I campioni di fanerogame, felci e della maggioranza delle briofite, non determinate in situ, sono stati raccolti e conservati in sacchetti di plastica, mentre i campioni di alghe sono stati posti all'interno di barattoli di plastica chiusi con controtappo riempiti con acqua di raccolta.

Le fanerogame ed i muschi sono stati fatti seccare tra fogli di giornale. Le epatiche e le alghe, sono state stabilizzate dentro i barattoli aggiungendo all'acqua di raccolta un volume di formalina tamponata fino a raggiungere una diluizione pari al 5% all'interno del barattolo stesso.

Per quel che riguarda le angiosperme è necessaria la determinazione a livello di specie, le pteridofite, e le briofite, mentre per le alghe la determinazione si ferma a livello di genere. A tale scopo sono state utilizzate chiavi analitiche specifiche per il riconoscimento dei vari gruppi tassonomici e dello stereoscopio ed invertomicroscopio per osservare alcuni particolari anatomici che vengono richiesti per la corretta identificazione delle specie.

In particolare per il riconoscimento delle alghe è stata utilizzata "The Freshwater Algal Flora of the British Isles", 2005 Oxford Press, per le fanerogame, "La flora d'Italia" Pignatti S. – 1982 Utet. Per un primo riconoscimento in campo è stata utilizzata anche la "Guida fotografica delle piante acquatiche e degli ambienti umidi", M. Le Foche, T. Notargiacomo, N. Casino, G. Pace, Arpa Lazio 2012.

Calcolo dell'indice

La qualità dell'acqua è stata valutata utilizzando l'indice francese IBMR , AFNOR 2003. Haury et al., 2006. Al fine del suo calcolo, considera 250 taxa indicatori a cui sono associati indici specifici di sensibilità (0-20) e un valore indicatore (1, 2, 3). I 250 taxa sono costituiti da: 43 taxa algali, 2 specie di licheni, 15 specie di epatiche, 37 di muschi e 120 di angiosperme. La formula per calcolare l'indice è la seguente:

$$IBMR = \sum E_i \cdot K_i \cdot CS_i / \sum E_i \cdot K_i$$

i = specie indicatrice;

CS = punteggio specifico di oligotrofia della singola specie (1-20)

E = coefficiente di stenoecia (1-3)

K = coefficiente di abbondanza (1-5)

Il suo valore è compreso fra 0 e 20 e formalizza la possibilità di classificare la stazione attribuendola ad un livello trofico. Il livello trofico decresce da “oligotrofo” a “ipertrofico” secondo lo schema sotto riportato (Fig.).

IBMR>14	trofia molto lieve
14≥IBMR>12	trofia lieve
12≥IBMR>10	trofia media
10≥IBMR>8	trofia elevata
IBMR≤8	trofia molto elevata

Fig.3.3.1.1 IBMR: scala dei 5 livelli di trofia

3.3.2 Risultati e discussione

Dai rilievi condotti nelle 13 stazioni, si è potuto osservare che non tutte le stazioni sono idonee al calcolo dell'indice IBMR, in quanto alcune caratteristiche dei siti, idromorfologiche, di ombreggiatura, ad esempio, non consentono la crescita di macrofite. Molti studi hanno mostrato che, infatti, parametri importanti per la crescita e lo sviluppo delle macrofite sono la luce, la temperatura, la profondità dell'acqua, la composizione del substrato, la velocità, il pH e la disponibilità dei nutrienti (Breugnot et al., 2008).

Applicazione dell' indice macrofitico IBMR

Segue una descrizione dei risultati ottenuti sulle diverse aste fluviali.

Fiume Agri, torrente Alli, torrente Casale, torrente Rifreddo:

Le stazioni situate lungo il corso del fiume Agri, rappresentano i siti di prelievo di campioni per lo studio degli inquinanti presenti nelle acque superficiali. Sono state indagate 10 stazioni sul fiume Agri e su i suoi principali affluenti (Tabella 4.2). Solo quattro stazioni sono risultate idonee per il calcolo dell'indice macrofitico IBMR.

SITI	DESCRIZIONE	Corpo idrico	Note
Va02	Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	Rifreddo	non idoneo
Va03	Sorgente Rifreddo	Rifreddo	non idoneo
Va04	Confluenza Agri nel Pertusillo	Agri	idoneo
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	Casale	idoneo
Va06	Sorgente Casale	Casale	non idoneo
Va07	Canale depuratore zona industriale	Canale	non idoneo
Va08	Confluenza Alli nell'Agri	Agri	idoneo
Va09	Sorgente Alli	Alli	idoneo
Va10	Agri Villa D'Agri	Agri	non idoneo
Va11	Sorgente Agri	Agri	non idoneo
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	Agri	non idoneo
Va22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	Sciaura	non idoneo
Va23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	Maglia	non idoneo

Tab. 3.3.1.2 Stazioni indagate

Va11 è la stazione situata nei pressi della sorgente Agri. L'ombreggiamento è pressochè totale e la velocità della corrente elevata che, nel periodo invernale, provoca fenomeni erosivi su entrambe le sponde (Fig.4.3).



Fig.3.3.1.2 Va11 Sorgente Agri

Va10 è la stazione che indica il tratto del fiume Agri nei pressi della città di Villa d’Agri. In ottobre in alveo è presente una sola specie di macrofita, *Berula erecta*, in bassa percentuale. La velocità della corrente è elevata: l’acqua non è trasparente e la profondità massima è di 150 cm. Come è possibile osservare dalle foto sono presenti fenomeni erosivi lungo le sponde (Figure seguenti).

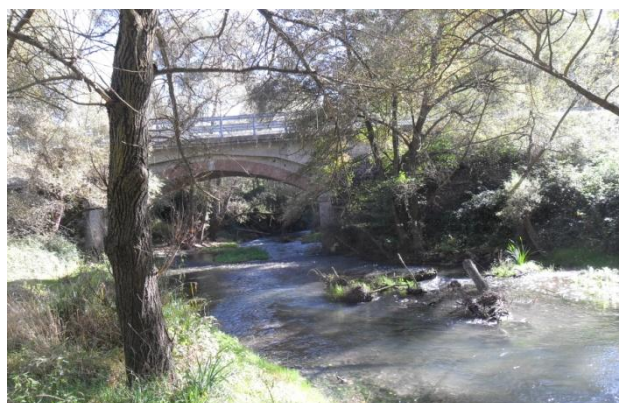


Fig. 3.3.1.3 Va10 Agri Villa d'Agri



Fig. 3.3.1.4 Va10: Velocità della corrente e fenomeni erosivi

La stazione situata in Va07, si trova su un canale di depurazione, sito nella zona industriale di Villa d'Agri. L'ombreggiamento quasi totale non permette la vita di organismi autotrofi.



Fig. 3.3.1.5 Va07 Canale di depurazione Villa d'Agri

Va19 è il tratto del fiume Agri compreso fra il Centro Oli e Diga del Pertusillo. Non vi è presenza significativa di macrofite acquatiche.

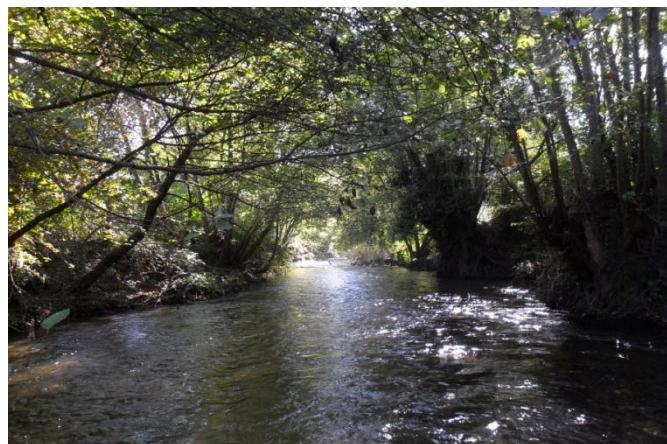


Fig. 3.3.1.6 Va19 Fiume Agri

Va06 è il codice della stazione che identifica il tratto del torrente Casale nei pressi della sua sorgente. Come si può notare dalle Figure che seguono, la percentuale di ombreggiamento del tratto considerato è pari al 90%; essendo una stazione vicino alla sorgente, la velocità della corrente è particolarmente elevata, tanto che sono evidenti i fenomeni erosivi su entrambe le sponde. Velocità elevate non permettono il radicamento delle fanerogame in alveo.



Fig. 3.3.1.7 Va06 Sorgente Torrente Casale

Va03 è la stazione vicina alla sorgente del torrente Rifreddo, le sue caratteristiche idromorfologiche non consentono la crescita di macrofite nel suo alveo.



Fig. 3.3.1.8 Va03 Sorgente Torrente Rifreddo

La stazione denominata Va02 rappresenta un tratto del torrente Rifreddo, che nei periodi di indagine non presentava vegetazione in alveo; non è quindi idonea come stazione per il calcolo dell'indice trofico IBMR.



Fig. 3.3.1.9 Va02 Torrente Rifreddo

La stazione Va22 è situata sul torrente Sciaura a valle di Grumento Nova. Non è stato possibile campionare macrofite acquatiche in alveo, tuttavia erano presenti esemplari di *Petasites hybridus*, *Ranunculus repens* e *Berula erecta* lungo le sponde.



Fig. 3.3.1.10 Va22 torrente Sciaura a valle di Grumento Nova

La stazione Va23 è situata sul torrente Maglia a valle di Sarconi. Non erano presenti macrofite in alveo.



Fig. 3.3.1.11 Va23 torrente Maglia a valle di Sarconi

Applicazione dell' Indice IBMR

Stazione Va04: confluenza Agri nella diga del Pertusillo, fiume Agri

La stazione denominata **Va04** è situata sulla confluenza del fiume Agri nella diga del Pertusillo (Figure seguenti). La profondità media dell'acqua in alveo è 100 cm, la massima 160 cm La velocità della corrente è stata valutata come media e laminare, l'ombreggiamento è del 75%, il substrato è costituito dal 20% di ciottoli, 65% di ghiaia e 15% di limo.



Fig. 3.3.1.12 Va04 Fiume Agri

La scarsità di vegetazione acquatica è dovuta al fatto alla scarsa presenza di luce.

I parametri abiotici sono tali da consentire la crescita di poche specie di macrofite acquatiche, in particolare sono stati rilevati esemplari di *Berula erecta*, in abbondanza maggiore, di *Apium nodiflorum*, di *Mentha aquatica* e di *Equisetum fluviatile*.

Il risultato del calcolo dell'indice IBMR, IBMR = 11,5 indica una trofia media nella stazione Va04 nell'anno 2013 e di 11,6 nell'anno 2014.

Stazione Va08: confluenza Alli in Agri, fiume Agri

La stazione denominata **Va08** è situata sulla confluenza del torrente Alli nel fiume Agri (Figura seguente). La profondità media dell'acqua in alveo è 40 cm, la massima 120 cm La velocità della corrente è stata valutata come media e laminare, l'ombreggiamento è del 15%,

il substrato è costituito dal 30% di ciottoli, 30% di ghiaia e 40% di limo. I parametri abiotici sono tali da consentire la crescita delle macrofite acquatiche: in questa stazione si è registrata la più alta biodiversità vegetale la cui composizione è descritta nel Grafico seguente.



Fig. 3.3.1.13 Va08 Confluenza Alli in Agri

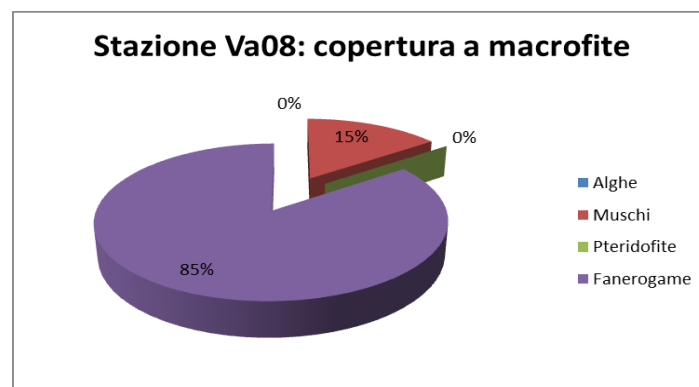
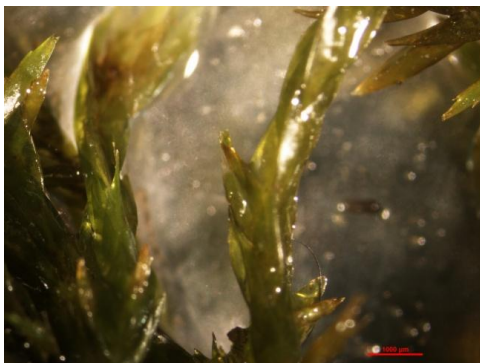


Grafico 3.3.2.1 Composizione macrofite in Va08 luglio 2014

La percentuale di alghe verdi registrata è stata inferiore all'1%. Tra i muschi è stata rilevata e classificata un'unica specie, *Fontinalis antipyretica*, il cui particolare fotografato allo stereoscopio è mostrato nella figura seguente.



Particolare di *Fontinalis antipyretica*

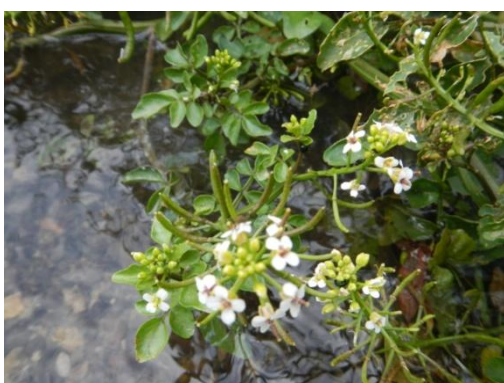
Le specie di fanerogame sono state riconosciute utilizzando “La flora d’Italia” Pignatti, 1982 UTET e la “Guida fotografica delle piante acquatiche e degli ambienti umidi”, M. Le Foche, T. Notargiacomo, N. Casino, G. Pace, Arpa Lazio 2012. Seguono le immagini di alcune fanerogame classificate:



Alisma lanceolatum



Groenlandia densa



Nasturtium officinale



Potamogetum crispus

Equisetum sp.



Ranunculus trichophyllus



Juncus sp.



Typha latifolia

Sono state censite e classificate altre specie di fanerogame (*Callitriche palustris*, *Carex pendula* e *Paspalum distichum* che non fanno parte della lista delle piante che ad oggi vengono utilizzate per il calcolo dell'indice macrofitico).

Il risultato del calcolo dell'indice IBMR, IBMR= 10,02 indica una media trofia nella stazione Va08 nell'anno 2013 e pari a 10,68 nell'anno 2014. Stazione Va05: confluenza Casale nella diga del Pertusillo, torrente Casale

La stazione denominata **Va05** è situata sulla confluenza del torrente Casale nella diga del Pertusillo.



Fig. 3.3.1.14 Va05 torrente Casale

La profondità media dell'acqua in alveo è 40 cm, la massima 60 cm La velocità della corrente è stata valutata come media e laminare, l'ombreggiamento è del 40%, il substrato è costituito dal 20% di ciottoli, 65% di ghiaia e 15% di limo. I parametri abiotici sono tali da consentire la crescita delle macrofite acquatiche (Grafico seguente).

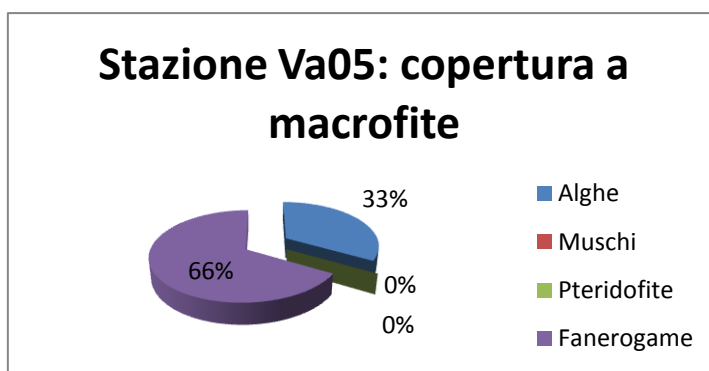
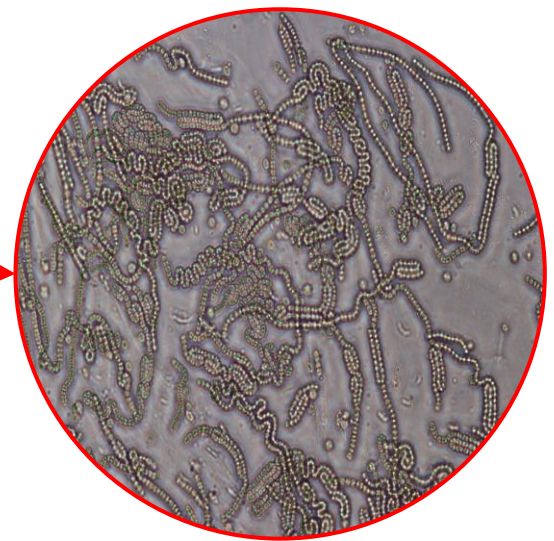


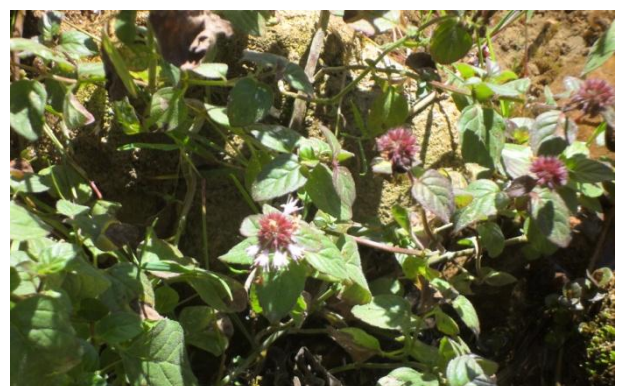
Grafico 3.3.2.2 Composizione macrofite in Va05

Tra le specie di Cianobatteri appartenenti alla lista IBMR, in questa stazione è stata censita la specie *Nostoc sp.*



Nostoc sp., e particolare

Tra le fanerogame sono state riconosciute le seguenti specie: *Mentha aquatica*, *Agrostis stolonifera*, *Apium nodiflorum*, *Typha latifolia* ed *Alisma lanceolatum*.



Mentha Aquatica (sx e dx)



Typha latifolia (sx) e *Alisma lanceolatum* (dx)

Il risultato del calcolo dell'indice IBMR, $IBMR = 10,35$ indica una elevata trofia nella stazione Va05 nel 2013 e $IBMR = 10,74$ nel 2014.

L'alveo è completamente ricoperto da alghe, da riconoscere necessariamente in laboratorio con l'ausilio di guide sistematiche, stereomicroscopio e microscopio. Su alcuni ciottoli è possibile osservare la presenza del cianobatterio *Nostoc sp.* e sporadica presenza di *Chara sp.*

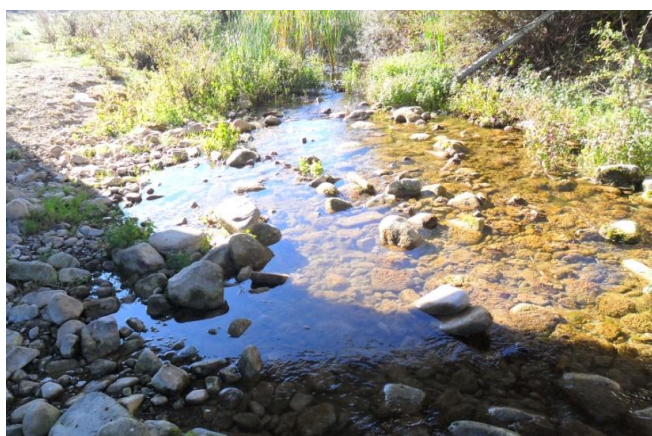


Fig. 3.3.1.15 Va05: presenza di alga in alveo

Stazione Va09: Sorgente Alli

La stazione denominata **Va09** è situata sul torrente Alli (Figura seguente). La profondità media dell'acqua in alveo è 20 cm, la massima 40 cm La velocità della corrente è stata valutata come media e laminare, l'ombreggiamento è del 50%, il substrato è costituito dal 30% di ciottoli, 20% di ghiaia e 80% di limo. I parametri abiotici sono tali da consentire la crescita delle macrofite acquatiche.



Fig. 3.3.1.16 Va09 Torrente Alli



Chara sp. (sx) e



Apium nodiflorum (dx)



Berula erecta

Abbiamo osservato la presenza di *Glyceria fluitans*, *Mentha aquatica*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lycopus europaeus*; *Berula erecta*, *Agrostis stolonifera* e *Apium nodiflorum* erano presenti con una copertura maggiore in entrambi i periodi di indagine.

Il risultato del calcolo dell'indice IBMR, IBMR = 11,53 indica una moderata trofia nella stazione Va09 nel 2013.

La lista floristica registrata nel 2014 non mostra variazione dei taxa. **Il risultato del calcolo dell'indice IBMR, IBMR = 12 indica una media trofia nella stazione Va09 nel 2014.**

Nella tabella che segue sono riportati i codici delle stazioni risultate idonee per il calcolo dell'indice trofico IBMR e i relativi giudizi.

IBMR>14	trofia molto lieve	
14≥IBMR>12	trofia lieve	
12≥IBMR>10	trofia media	Va08, Va04, Va05, Va09
10≥IBMR>8	trofia elevata	
IBMR≤8	trofia molto elevata	

Tab. 3.3.1.3 Risultati IBMR

Calcolo dell'RQE

L'attribuzione a una delle cinque classi di qualità per ogni sito in esame, propedeutica alla classificazione (stato cattivo, scarso, sufficiente, buono ed elevato) del corpo idrico di riferimento, si ottiene confrontando i risultati dell'IBMR con i valori di riferimento per il calcolo dell'RQE.

Nella tabelle seguenti sono riportati i valori di riferimento ed i limiti di classe previsti dal D.M. 260/2010 per i diversi macrotipi fluviali.

Tab. 3.3.1.4 Valori di riferimento per i diversi macrotipi fluviali Tabella All. DM 260/2010

Area geografica	Macrotypi	Valore di riferimento
Alpina	Aa	14,5
	Ab	14
Centrale	Ca	12,5
	Cb	11,5
	Cc	10,5
Mediterranea	Ma	12,5
	Mb	10,5
	Mc	10
	Md	10,5
	Me	10
	Mf	11,5
	Mg	11

Tab. 3.3.1.5 Limiti di classe, espressi in RQE per i diversi macrotypi fluviali Tabella All DM 260/2010

Area geografica	Limiti di Classe			
	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente	Sufficiente/Scarso	Scarso/Cattivo
Alpina	0,85	0,70	0,60	0,50
Centrale	0,90	0,80	0,65	0,50
Mediterranea	0,90	0,80	0,65	0,50

Valori e classi dell'RQE ottenuti dall'applicazione dell'Indice IBMR nei corpi idrici lucani indagati.

Cod. sito	Descrizione	Corpo idrico	RQE_IBMR 2013	RQE_IBMR 2014	Classe stato ecologico
Va04	Confluenza Agri nel Pertusillo	Agri	1,15	1,16	elevato
Va08	Confluenza Allì nell'Agri	Agri	0,92	0,98	elevato
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	Casale	0,83	0,86	buono
Va09	Sorgente Allì	Allì	0,92	0,96	elevato

Tab. 3.3.1.6 Valori e classi dell'RQE

3.3.3 Conclusioni

Le indagini condotte su 13 stazioni hanno evidenziato che solamente quattro di queste sono risultate idonee per il calcolo dell'Indice IBMR: due stazioni sul fiume Agri, una stazione sul torrente Casale, una sul fiume Alli. I risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza di un grado di trofia medio nelle stazioni indagate nei due periodi dell'anno.

Sarebbe interessante seguire negli anni a venire il trend delle dinamiche fito-ecologiche delle stazioni indagate.

E' necessario proseguire lo studio per la formulazione di un indice macrofitico italiano, in quanto la lista delle specie indicatrici dell'IBMR appartengono alla fascia fitoclimatica francese: questo costituisce un grande limite per l'applicazione dell'indice IBMR in Italia, in quanto molte specie, anche acquatiche, che crescono nei greti, non rientrano nella lista citata.

3.4 L' INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE I.F.F.

L'ecosistema acquatico è un complesso sistema dinamico, caratterizzato da elementi biologici, chimici e fisici che variano continuamente per cause naturali e/o antropiche; tale dinamicità lo rende particolarmente complesso nell'ambito dell'analisi ambientale. Nel manuale per il calcolo dell'Indice di Funzionalità Fluviale (APAT, 2007) il " ... sistema fluviale è stato descritto come

un processo di «caos deterministico»: sufficientemente caotico, in quanto non prevedibile, e, al tempo stesso, sufficientemente deterministico per il rispetto di precise leggi della natura."

Questo comporta che per la protezione e il miglioramento dello stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate è necessario una conoscenza approfondita delle caratteristiche biologiche e idromorfologiche dell'ecosistema fluviale:

- la dinamica dei fluidi, le geometrie degli alvei, lo sviluppo e i fattori strutturali del reticolo idrografico, le condizioni climatiche, il comportamento idrogeologico del bacino e in generale la complessa rete di relazioni chimiche che modificano le condizioni dell'ambiente acquatico, mutando continuamente gli equilibri chimici;
- le relazioni e i processi che si instaurano all'interno delle reti trofiche dell'ecosistema fluviale, in relazione soprattutto alla capacità di utilizzo e trasformazione dell'energia in entrata nel sistema e della materia organica disponibile (Fig. 3)

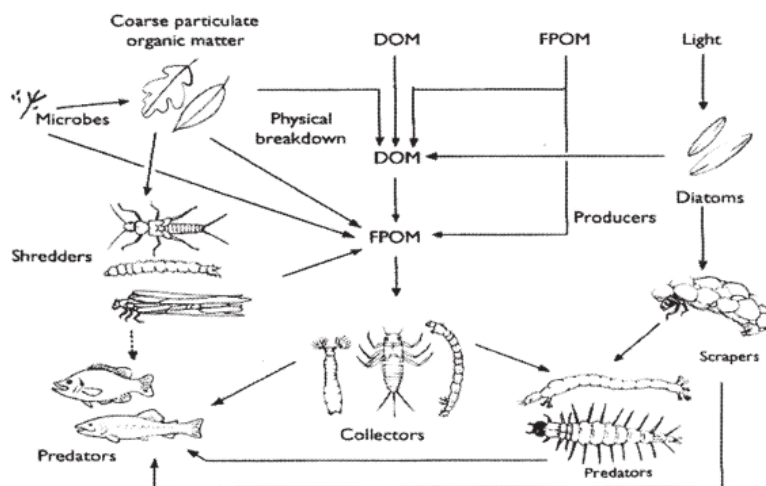


Fig. 3.4.1 Rappresentazione delle reti trofiche presenti in un corpo idrico superficiale (APAT, 2007)

Secondo il *River Continuum Concept*, considerando la sua complessità, un corpo idrico può essere studiato come una successione di ecosistemi che sfumano gradualmente l'uno

nell’altro, condizionati a loro volta dagli ecosistemi terrestri circostanti: dalla sorgente alla foce variano i parametri morfologici, idrodinamici, fisici e chimici e, in relazione ad essi, i popolamenti biologici.

Il continuum fluviale (Fig. 4) sottolinea la stretta relazione esistente tra le comunità biologiche e le condizioni geomorfologiche ed idrauliche del sistema fisico.

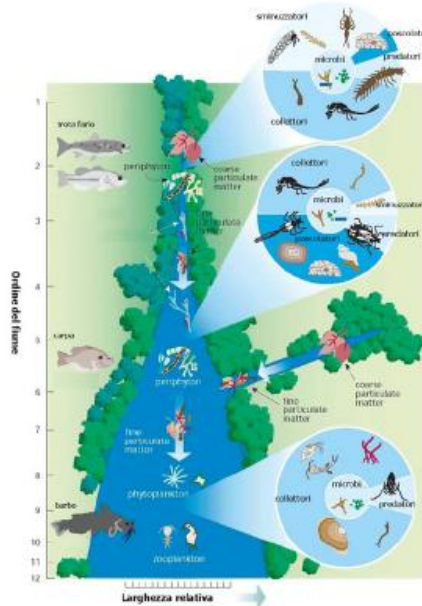


Fig.3.4.2 Relazioni proposte dal River Continuum Concept tra le dimensioni del corso d’acqua ed i gradualmente aggiustamenti nella struttura e nella funzione delle comunità lotiche. CPOM=CoarseParticulateOrganicMatter (materia organica particolata grossolana); FPOM=Fine ParticulateOrganicMatter (materia organica particolata sottile); (da Vannote et al., 1980, modif.).

La scelta di utilizzare come metodo di valutazione della qualità delle acque superficiali interne anche l’I.F.F. (APAT, 2007), in aggiunta agli Indici Metrici su riportati, è suggerita dall’esigenza di valutare l’ecosistema fluviale nel suo complesso, per acquisire informazioni sulla funzionalità, intesa come risultato delle interazioni tra fattori biotici e abiotici, che lo compongono. L’obiettivo è quello di rilevare, attraverso l’analisi di parametri morfologici, strutturali e biologici, il grado di allontanamento del sistema fluviale dalla sua condizione ottimale.

L’Indice di Funzionalità Fluviale prevede la definizione degli obiettivi e le indagini preliminari sull’area di studio. Gli obiettivi dell’indagine possono limitarsi al rilevamento dello stato di “salute” di un corso d’acqua o mirare direttamente all’individuazione di ambienti o tratti di corsi d’acqua ad elevata valenza ecologica, per approntare strumenti di salvaguardia o, viceversa, all’individuazione di tratti degradati per predisporre interventi di ripristino e

riqualificazione. La definizione dell'obiettivo d'indagine è importante soprattutto per definire la frequenza del rilevamento. L'indagine preliminare consiste in una accurata ricerca bibliografica ed in uno studio dell'area attraverso carte, foto aeree e l'acquisizione di informazioni e dati su morfologia ed uso del territorio e del bacino idrico, eventuali interventi antropici e dati di monitoraggio rilevati con metodi chimici, fisici, biologici e microbiologici.

SCHEDA INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Bacino:..... Corso d'acqua.....
 Località.....
 Codice.....
 tratto (m)..... larghezza alveo di morbida (m)..... quota (m) s.l.m.
 data scheda N°..... foto N°.....

	sponda	dx	sx
1) Stato del territorio circostante			
a) assenza di antropizzazione	25		25
b) compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20		20
c) culture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5		5
d) aree urbanizzate	1		1

2) Vegetazione presente nella fascia perfluviiale primaria			
a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	40		40
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25		25
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

2b) Vegetazione presente nella fascia perfluviiale secondaria			
a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20		20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10		10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviiale			
a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d) assenza di formazioni funzionali	1		1

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviiale			
a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo a robusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d) assoluta, nonolamenti vegetali radi	1		1

	sponda	dx	sx
5) Condizioni idriche			
a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida	20		
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico	10		
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte	5		
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica	1		

6) Efficienza di esondazione			
a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida	25		
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)	15		
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)	5		
d) tratti di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida	1		

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici			
a) alveo con massi e/ o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)	25		
b) massi e/ o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15		
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5		
d) alveo di sedimenti sabbiosi o saggomature artificiali lisce a corrente uniforme	1		

8) Erosione			
a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b) presente sui rettilinei e/ o modesta incisione verticale	15		15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/ o evidente incisione verticale	5		5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1

9) Sezione e trasversale			
a) alveo integro con alta diversità morfologica	20		
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica	15		
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica	5		
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla	1		

				<i>sponda</i>	<i>dx</i>	<i>sx</i>
10) Idoneità litica						
a) elevata			25			
b) buona o discreta			20			
c) poco sufficiente			5			
d) assente o scarsa			1			
11) Idromorfologia						
a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare			20			
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare			15			
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo			5			
d) elementi idromorfologici non distinguibili			1			
12) Componente vegetale in alveo bagnato						
a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti			15			
b) film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti			10			
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto			5			
d) perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti			1			
13) Detrito						
a) frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi			15			
b) frammenti vegetali fibrosi e polposi			10			
c) frammenti polposi			5			
d) detrito aneroibico			1			
14) Comunità macrobentonica						
a) ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale			20			
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso			10			
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento			5			
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento			1			
Punteggio totale						
Livello di funzionalità						

3.4.1 Risultati e discussioni I.F.F.

La scelta di utilizzare come metodo di valutazione della qualità delle acque del Fiume Agri anche l'I.F.F. (APAT 2007) è stata suggerita dall'esigenza di valutare l'ecosistema fluviale nel suo complesso, per acquisire informazioni sulla funzionalità, intesa come risultato delle interazioni tra fattori biotici e abiotici, che lo compongono. L'obiettivo è quello di rilevare, attraverso l'analisi di parametri morfologici, strutturali e biologici, il grado di allontanamento del sistema fluviale dalla sua condizione ottimale.

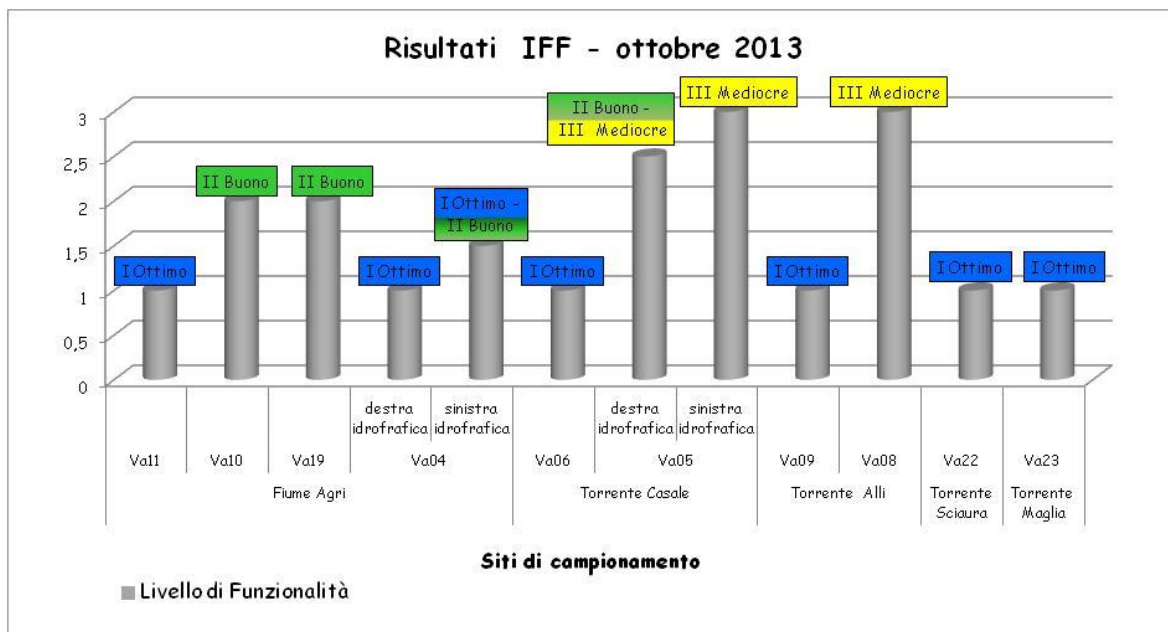
L'I.F.F. è stato redatto per poter essere utilizzato in qualunque ambiente d'acqua dolce purché corrente. Il metodo non può essere applicato negli habitat di transizione come le foci dei fiumi. A quote elevate si possono riscontrare valori bassi dell'I.F.F., poiché gli ecosistemi acquatici anche in condizioni indisturbate, generalmente sono oligotrofici.

Di seguito sono stati riportati in tabella i livelli di funzionalità con i relativi giudizi riscontrati nei siti sottoposti ad indagine con la metodica dell'IFF. Il grafico che ne segue evidenzia i risultati ottenuti; i colori che evidenziano i giudizi di funzionalità fanno riferimento alla

tabella 18 del manuale APAT IFF – 2007 (Tabella 18). In due casi specifici, nelle stazione Va04 (Fiume Agri) e Va05 (confluenza Torrente Casale in Agri) sono stati riportati due diversi giudizi di funzionalità per le due sponde, destra (dx) e sinistra (sx), essendo risultate idromorfologicamente differenti.

		Stazione	Livello di Funzionalità	Giudizio di Funzionalità
Rilevamento: ottobre 2013	Fiume Agri	Va11	I	Ottimo
		Va10	II	Buono
		Va19	II	Buono
		Va04	I (dx)	Ottimo
	I-II (sx)		Ottimobuono	
	Torrente Casale	Va06	I	Ottimo
		Va05	II-III (dx)	Buono-mediocre
			III (sx)	mediocre
	Canale depuratore	Va07	II-III	Buono-Mediocre
	Torrente Alli	Va09	I	Elevato
Torrente Sciaura	Va08	III	Mediocre	
	Va22	I	Ottimo	
Torrente Maglie	Va23	I	Ottimo	

Tab. 3.4.1.1 Ottobre 2013



VALORE DI IFF	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261 - 300	I	ottimo	Blu
251 - 260	I-II	ottimo-buono	Verde/Blu
201-250	II	buono	Verde
181 - 200	II-III	buono-mediocre	Verde/Giallo
121 - 180	III	mediocre	Giallo
101 - 120	III-IV	mediocre-scadente	Giallo/Arancio
61 - 100	IV	scadente	Arancio
51 - 60	IV-V	scadente-pessimo	Arancio/Rosso
14 - 50	V	pessimo	Rosso

Tab.3.4.1.2 Livelli e Giudizi di funzionalità relativi ai valori di IFF rilevati

Il giudizio di funzionalità nel tratto del Fiume Agri è risultato Ottimo (I Classe) con un'evidenza di peggioramento nella parte intermedia, nelle stazioni del Va10 e del Va19; il sito Va04 (confluenza Agri in diga) ha rilevato una leggera differenza tra le due sponde, con un giudizio Ottimo (I Classe) in destra idrografica e Ottimo-Buono (I-II Classe) in sinistra idrografica.

Il Torrente Casale ha mostrato un'Ottima funzionalità (I Classe) alla sorgente (Va06) e una Buona – Mediocre (II-III Classe) alla confluenza in Agri (Va05), con un peggioramento del giudizio maggiormente evidente in sinistra idrografica (Mediocre - III Classe).

Il Torrente Alli ha rilevato un' Ottima funzionalità alla sorgente – Va09 (I Classe) e un'evidente peggioramento alla confluenza in Agri – Va05 (Mediocre - III Classe).

Le due stazioni presenti nei Torrenti Sciaura e Maglie sono entrambe risultate con una Ottima Funzionalità Fluviale (I Classe).

Rilevamento: Marzo 2014	Stazione	Livello di Funzionalità	Giudizio di Funzionalità
	Torrente Rifreddo	Va03	II
Va02		II-III	Buono- Mediocre

Tab.3.4.1.3 Livelli e Giudizi di funzionalità relativi ai valori di IFF rilevati

L'I.F.F. sul Torrente Rifreddo è stato rilevato a Marzo 2014 poiché ad Ottobre 2013 era risultato ancora in secca. Il Giudizio di funzionalità è risultato Buono (II Classe) nel sito Va03 e Buono-Mediocre (II-III Classe) nel sito prossimo alla confluenza in diga, il Va02.

3.5 ELEMENTI BIOLOGICI PERTUSILLO

Tra gli elementi biologici è stata studiata la comunità fitoplanctonica del lago del Pertusillo.

Inoltre nel lago di Pietra del Pertusillo sono stati studiati, in collaborazione con ISS, i seguenti elementi biologici, così come previsto dall'Accordo di collaborazione ARPAB e Istituto Superiore di Sanità finalizzato al "Supporto tecnico Scientifico per la valutazione dello stato ecologico e patogeni emergenti negli ecosistemi acquatici"(si rimanda all'ALLEGATO 1 del presente documento la relazione tecnica intermedia):

- Comunità macrofittiche
- Comunità diatomiche
- Analisi microbiologiche di batteri e virus.

3.5.1 DIGA DEL PERTUSILLO - STUDIO DEL FITOPLANCTON

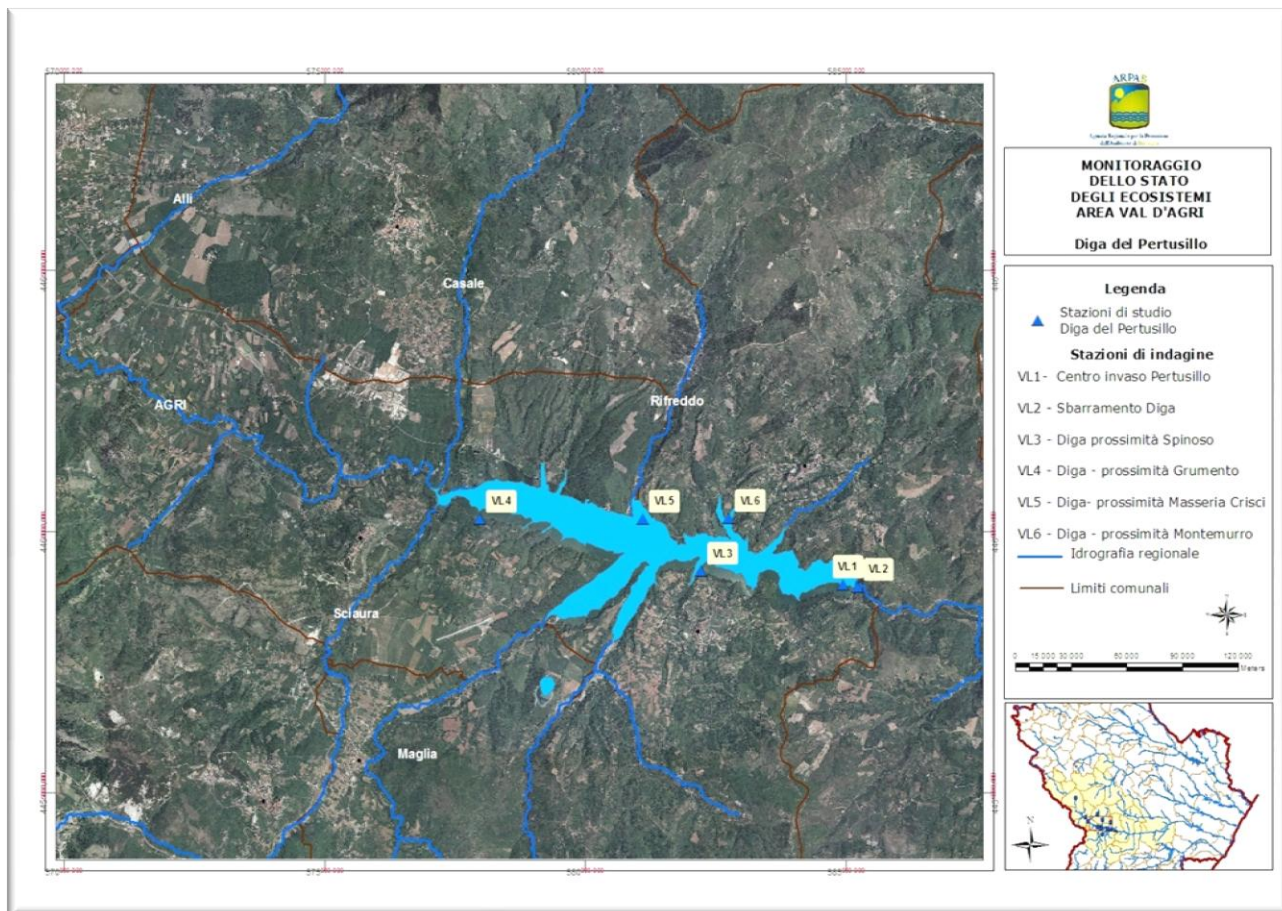


Fig 3.5.1.1 - Carta siti di indagine Diga del Pertusillo

Sui campioni di acqua della diga prelevati nei siti VL1 (centro diga), VL2 (sbarramento diga), VL3 (prossimità Spinoso), VL4 (prossimità Grumento), VL5 (prossimità Masseria Crisci) e VL6 (prossimità Montemurro), è stato effettuato uno studio quali-quantitativo del fitoplancton secondo il metodo di Utermohl (1958), con sedimentazione del campione in apposite camere di vetro ed osservazione diretta a microscopio ottico invertito Nikon ECLIPSE TE2000-U, con obiettivi 10x, 20x, 40x e 100x.

Il metodo permette l'osservazione di un campione inalterato, poiché il materiale particolato in esso contenuto è stato osservato direttamente dopo un solo passaggio di sedimentazione spontanea. Contestualmente è stato effettuato uno studio microscopico delle caratteristiche morfologiche degli individui presenti al fine di identificarne, attraverso specifiche chiavi sistematiche, le specie presenti oltre che il numero delle cellule algali per litro di campione.

L’analisi delle specie fitoplanctoniche è stata eseguita mensilmente alle profondità 0.1m – 1m – 3m – 5m a partire da luglio 2013 sino ad agosto 2014.

Si riporta in grafico solo l’andamento delle specie più abbondanti riscontrate alla profondità di 0.1 m e nell’allegato dei Risultati analitici - Liste specie del Fitoplancton,sono riportate le liste complete delle specie a tutte le profondità.

Si evidenzia che i dati riportati sono espressi in Numero di **cellule/Litro**.

Si può notare che nel mese di luglio 2013, in tutti i punti di studio delle diga, le specie più dominanti sono risultate le *Cyclotella* appartenenti al phylum delle Bacillariophyta, con valori massimi di 500.000 cell/L, i *Dinobryon* del phylum delle Chrysophyta, con valori prossimi alle 600.000 cell/L,e le *Ochromonas*, sempre Chrysophyceae che cominciano a comparire nel punto VL4 (prossimità Grumento), sponda sud della diga, con valori di 400.000 cellule/litro.

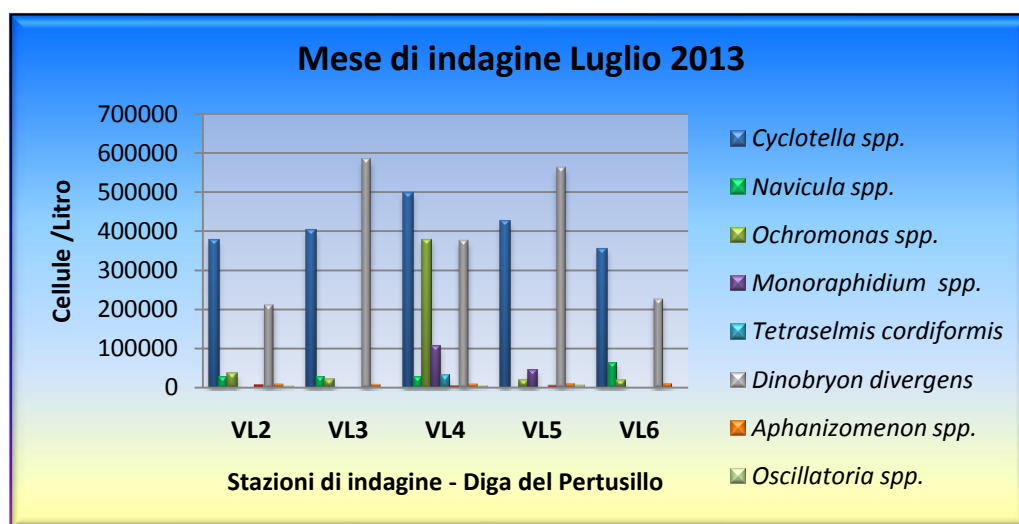


Grafico 3.5.1.2- Distribuzione specie algali mese di luglio 2013

Nel mese di agosto 2013, nel sito VL4 (prossimità Grumento)si osserva una netta dominanza di *Tetraselmis cordiformis* del phylum delle Prasinophyta, che supera il numero di 1.400.000 cell/L.

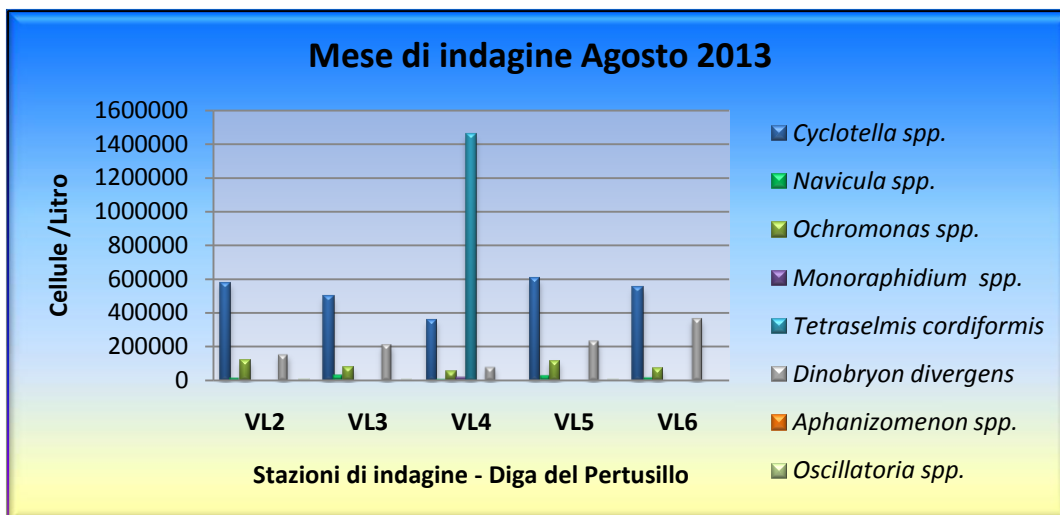


Grafico 3.5.1.3- Distribuzione specie algali mese di agosto 2013

Nel mese di settembre 2013 la dominanza di *Tetraselmis cordiformis* – Prasinophyta passa nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci), sponda nord, con un valore di 1.200.000 cell/L. La stessa specie domina anche in VL6 (prossimità Montemurro), sempre sponda nord della diga, con circa 800.000 cell/L, mentre in VL1 (centro lago), VL2 (Sbarramento) e VL4 (prossimità Grumento) domina il *Monoraphidium*, phylum delle Chrysophyceae.

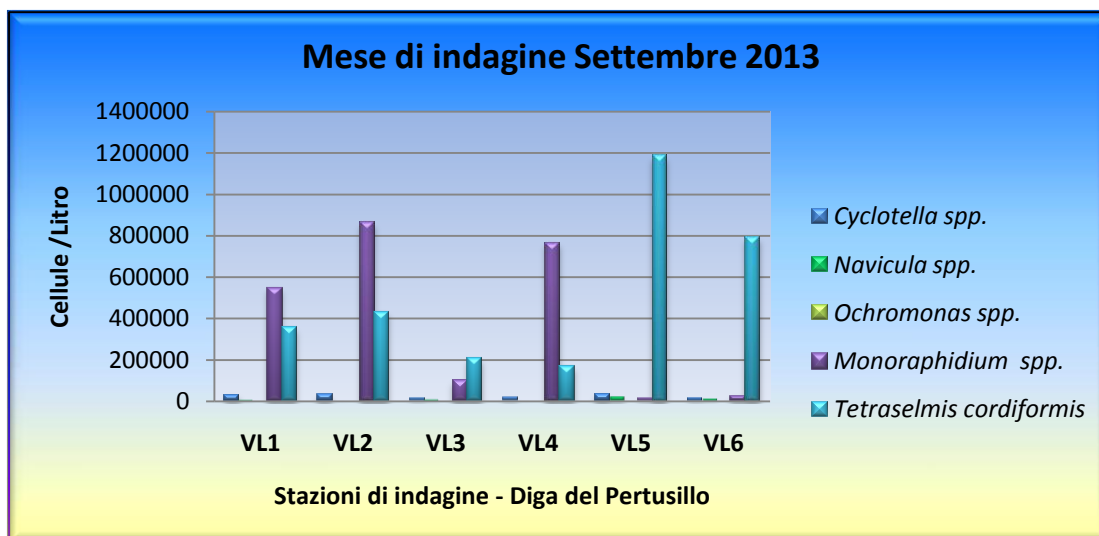


Grafico 3.5.1.4 - Distribuzione specie algali mese di settembre 2013

Nel mese di ottobre 2013 la dominanza di *Tetraselmis cordiformis* – Prasinophyta permane nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci), ma con un numero di cellule prossimo a 800.000

cell/L e in VL6 (prossimità Montemurro)il numero è già sceso a 350.000 cell/L. Il sito VL4 (prossimità Grumento)non è stato campionato nel mese di ottobre 2013.

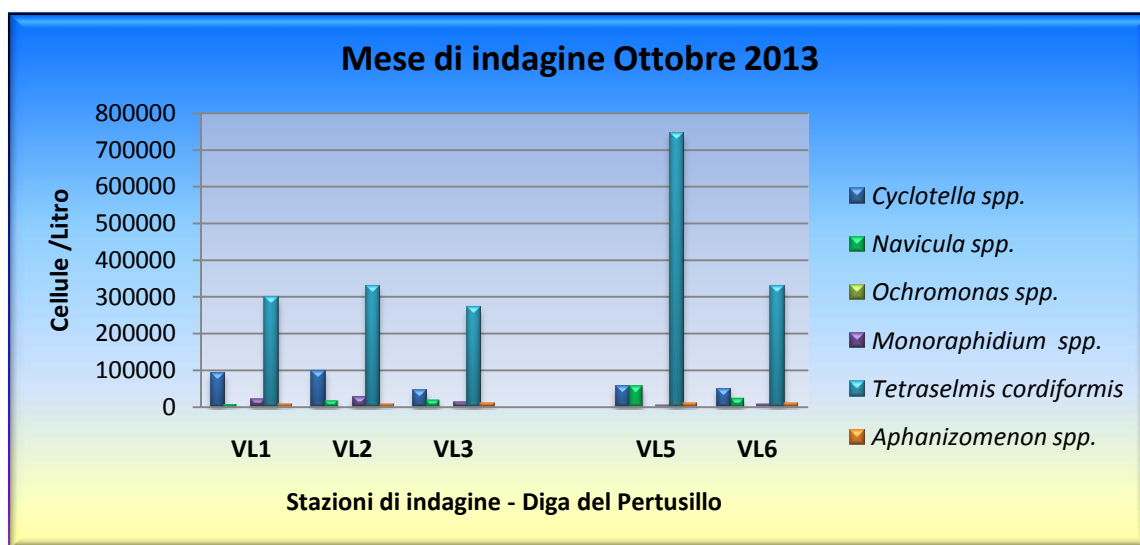


Grafico 3.5.1.5 - Distribuzione specie algali mese di ottobre 2013

Nel mese di dicembre 2013, la dominanza di *Tetraselmis cordiformis*– Prasinophyta può ritenersi completamente conclusa. Si può notare infatti, un nuovo aumento delle *Cyclotelle*– Bacillariophyta, che ridiventa dominante in quasi tutti i siti, ma con valori massimi di 130.000 cell/L nel sito VL3 (prossimità Spinoso).

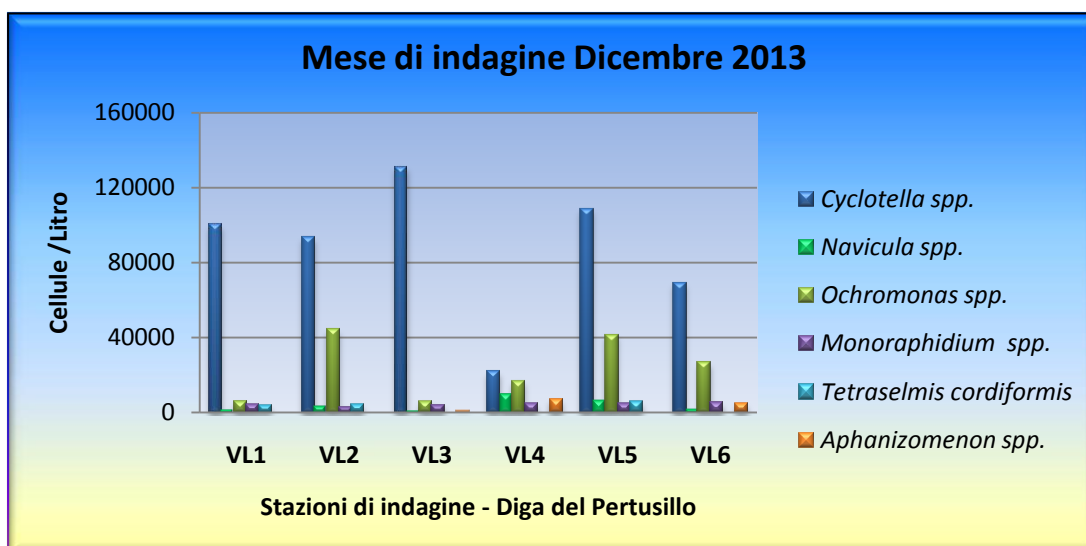


Grafico 3.5.1.6 - Distribuzione specie algali mese di dicembre 2013

Nei mesi di gennaio e febbraio 2014 è costante l'associazione *Cyclotella* spp. e *Navicula* spp. fra le Bacillariophyceae, e *Chroomonas* spp. fra le Cryptophyceae, ma con valori compresi tra le 50 e le 150 mila cell/L. Presenza anche di *Nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) più numerosa nei stazioni VL3 (prossimità Spinoso), VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (prossimità Masseria Crisci), ma con valori che non superano le 20 mila cell/L.

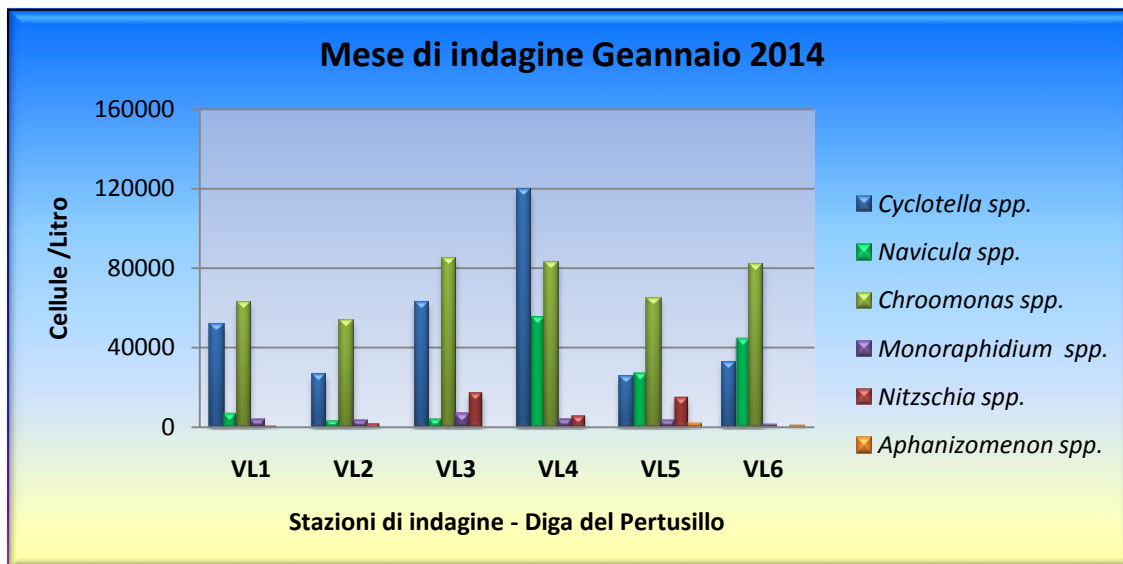


Grafico 3.5.1.7 - Distribuzione specie algali mese di gennaio 2014

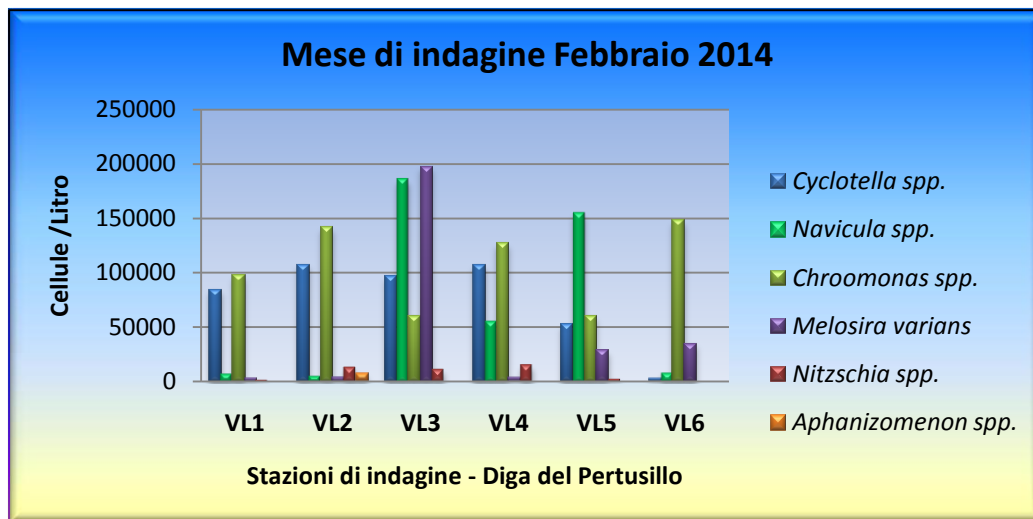


Grafico 3.5.1.8 - Distribuzione specie algali mese di febbraio 2014

Anche nel mese di marzo 2014, continua la suddetta associazione di Bacillariophyceae e Cryptophyceae alle quali si aggiungono le Crysophyceae con le *Mallomonas akrokomos* specie che, comunque, non destano particolare preoccupazione.

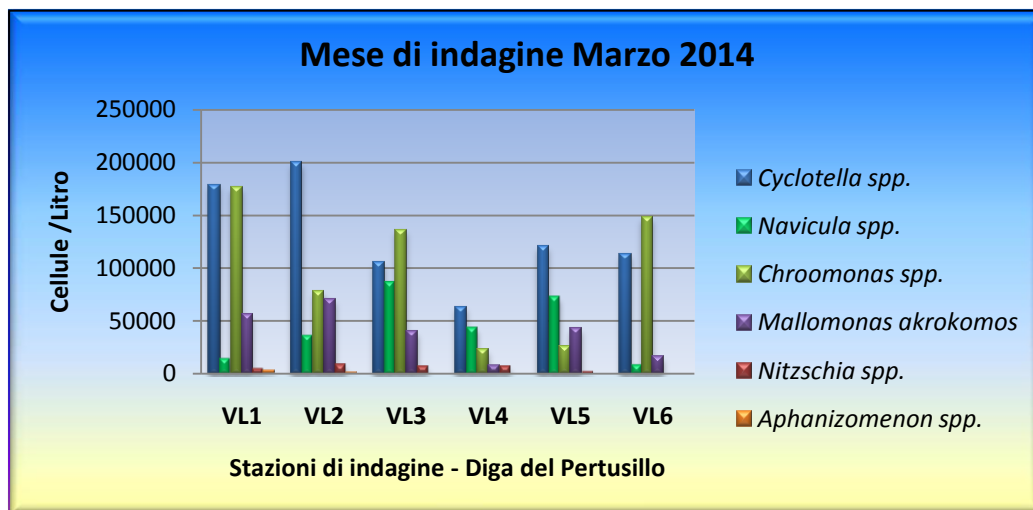


Grafico 3.5.1.9 - Distribuzione specie algali mese di marzo 2014

Nel mese di aprile 2014 cominciano ad essere più abbondanti alcune forme di Nostocales (Cyanophyceae) con la specie *Aphanizomenon spp.* ma ancora con valori prossimi alle 10.000 cell/L.

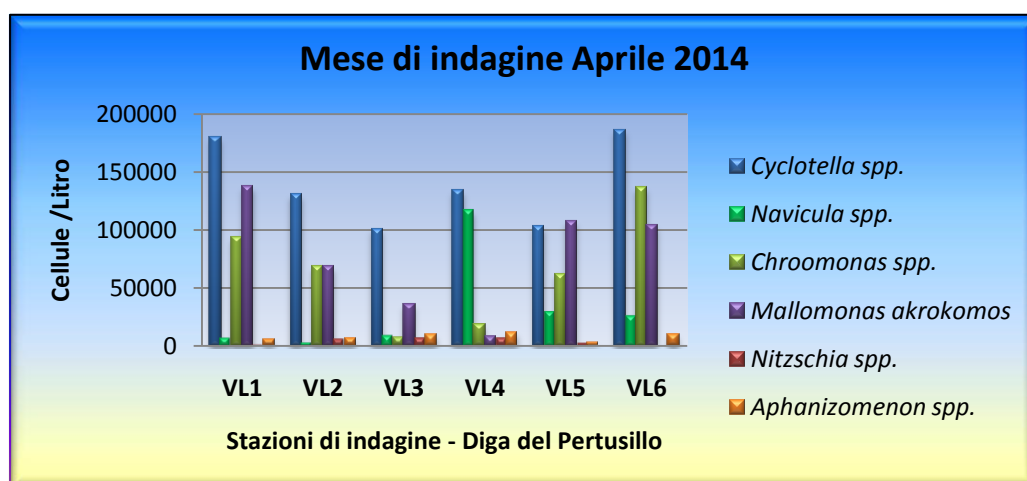


Grafico 3.5.1.10 - Distribuzione specie algali mese di aprile 2014

Nel successivo mese di maggio 2014, le Nostocales (Cyanophyceae) sono comprese tra le 30.000 e le 50.000 cell/L. I valori più elevati interessano la stazione VL5 (prossimità Masseria Crisci).

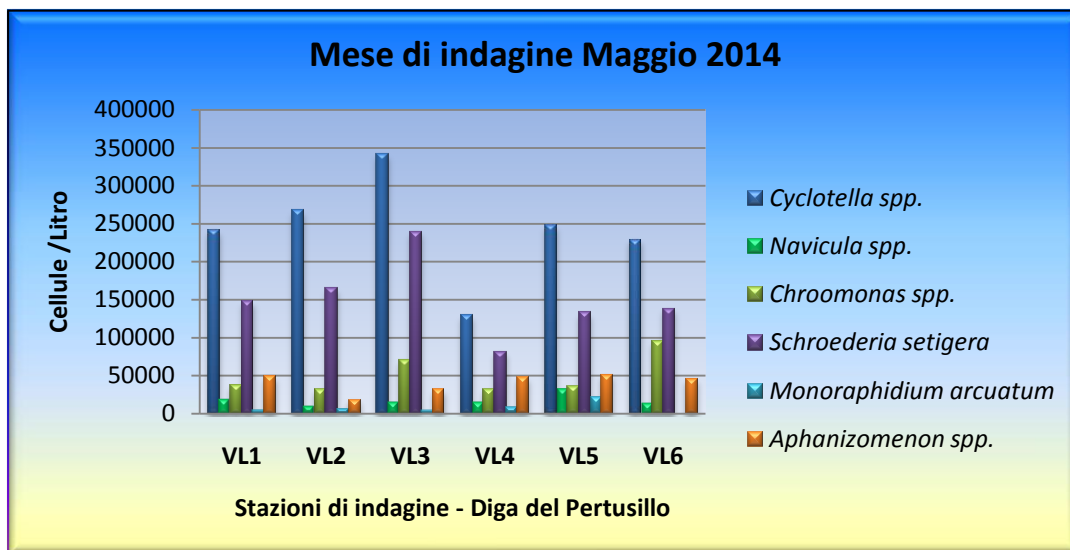


Grafico 3.5.1.11- Distribuzione specie algali mese di maggio 2014

La suddetta situazione permane anche nel mese di giugno 2014, quando, sempre a livello della stazione VL5 (prossimità Masseria Crisci), i valori di Nostocales raggiungono le 300.000 cell/L.

In questo stesso mese, in tutte le stazioni vi è una netta dominanza di *Dinobryon divergens* (Cyanophyceae) con valori che superano un milione di cell/L sia nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci) che nel sito VL6 (prossimità Montemurro).

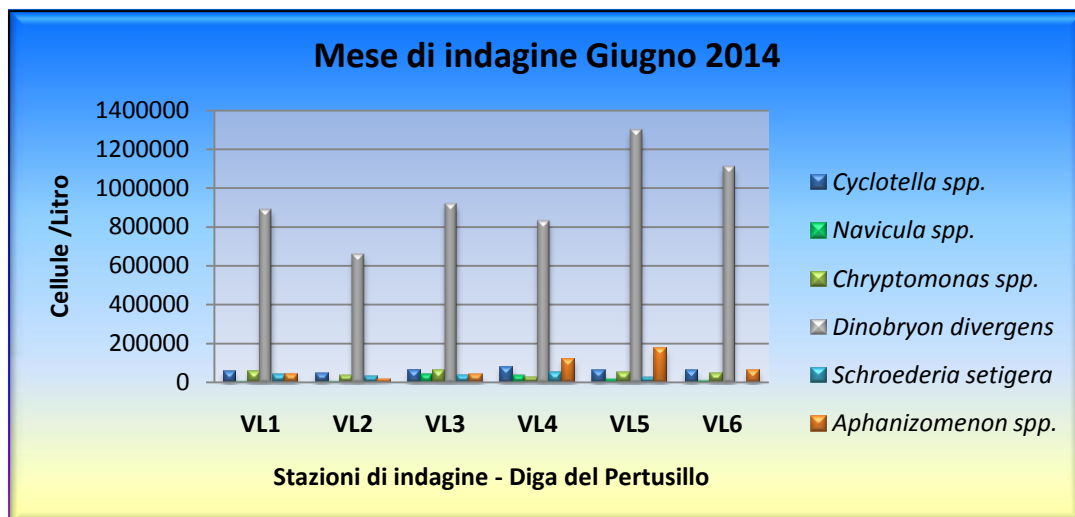


Grafico 3.5.1.12- Distribuzione specie algali mese di giugno 2014

Nel mese di luglio 2014 ritornano le Bacillariophyceae, con dominanza della specie *Nitzschia acicularis*, che supera le 800.000 cell/L nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci). Le Nostocales sono presenti con le specie *Aphanizomenon spp.* *Anabaena bergii* con valori compresi tra 10 e 30 mila cell/L. Sempre nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci), i valori più elevati.

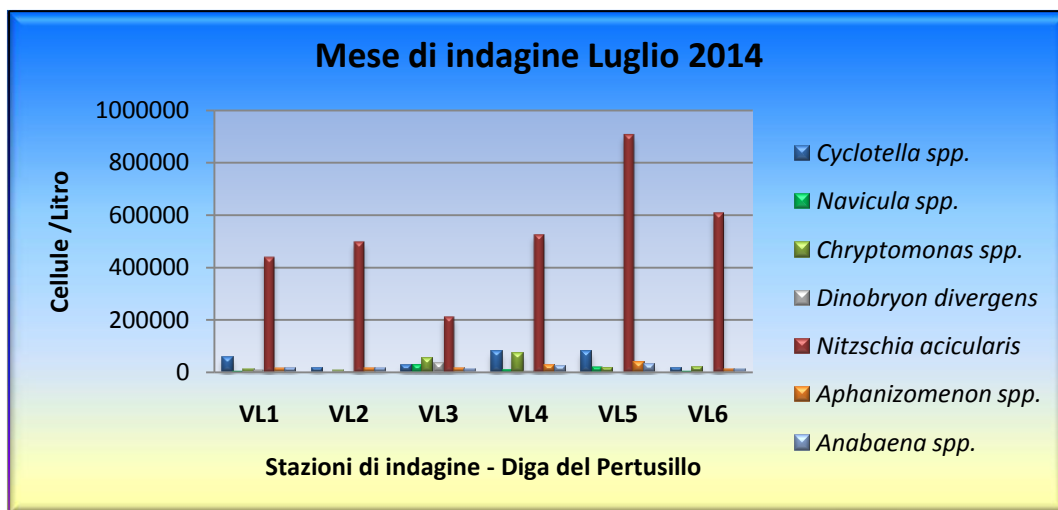


Grafico 3.5.1.13- Distribuzione specie algali mese di luglio 2014

Nel mese di agosto 2014 riprende la dominanza di *Tetraselmis cordiformis* – Prasinophyta in particolare nel sito VL4 (prossimità Grumento) con un numero di cellule prossimo alle

600.000 cell/L. Nello stesso sito comincia ad aumentare anche la concentrazione di *Aphanizomenon spp.*, che in questo mese raggiunge il valore di 400.000 cell/L.

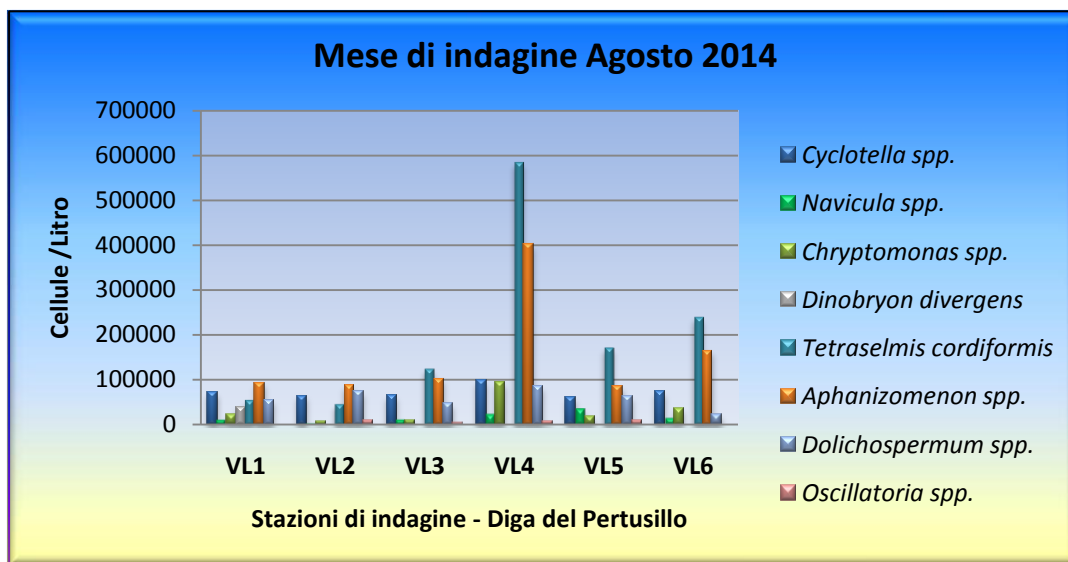


Grafico 3.5.1.14- Distribuzione specie algali mese di agosto 2014

Nel seguente grafico si riportano valori di Nitrati, Clorofilla e Fosfati riscontrati alla profondità di 0.1m nel periodo di indagine luglio 2013-agosto 2014. Si nota come i valori di clorofilla aumentano notevolmente nel periodo estivo, in particolare tra maggio ed agosto 2014, in relazione al già discusso aumento del numero di cellule algali.

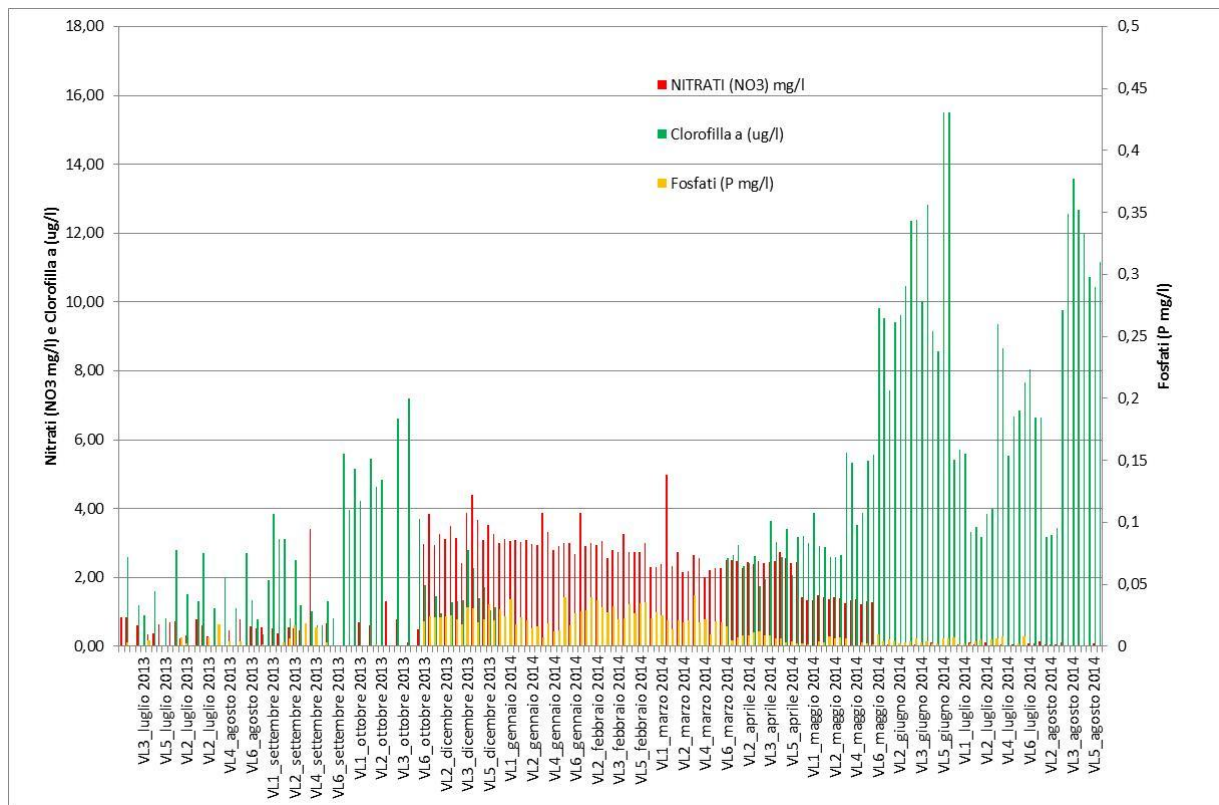


Grafico 3.5.1.15- Valori di Nitrati, Clorofilla e Fosfati riscontrati nel periodo di indagine luglio2013-agosto2014

Fig. 3.5.1.16 - Principali specie algali riscontrate nel Lago del Pertusillo



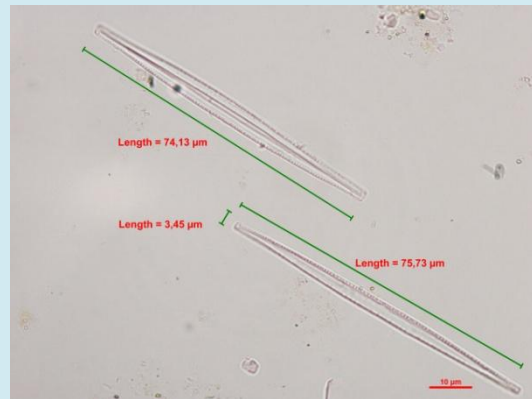
***Cyclotella* spp. (ingr 100x)**



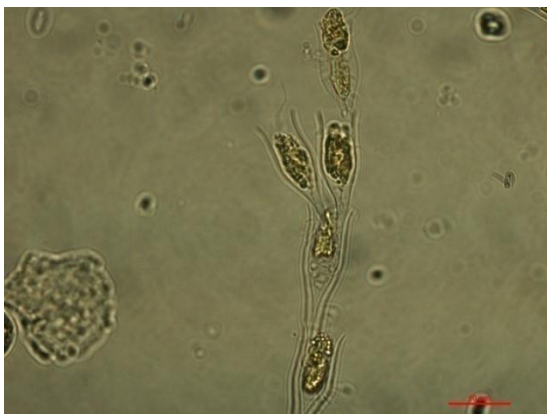
***Navicula* sp. (ingr 100x)**



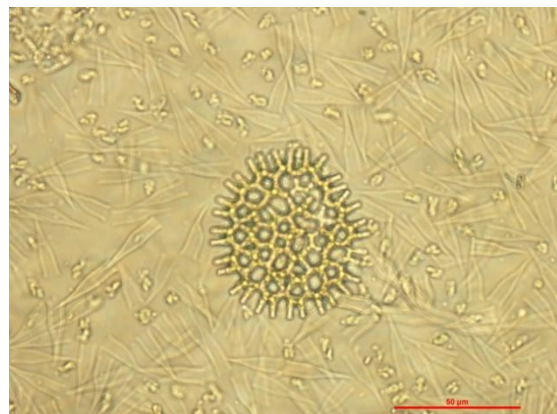
***Diatoma vulgaris*+*Navicula* sp. (ingr 100x)**



***Nitzschia linearis subtilis* (ingr 100x)**



***Dynobryon divergens* (ingr 40x)**



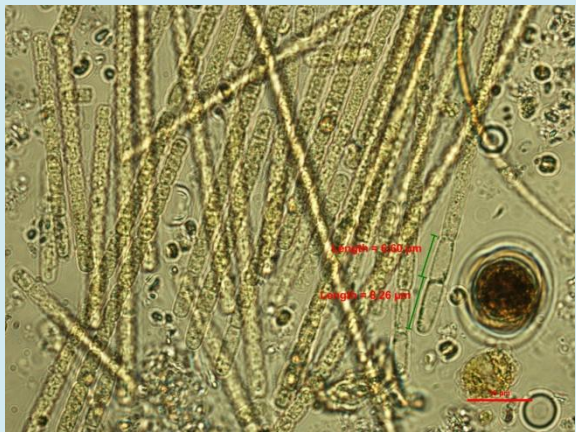
***Pedicellina duplex* in fioritura di
Dynobryon divergens (ingr 40x)**



Anabaena sp. (ingr 100x)



Dolichospermum sp. (ingr 100x)



Aphanizomenon spp. (ingr 100x)



Oscillatoria sp. (ingr 40x)

5.3.2 DIGA DEL PERTUSILLO - CIANOBATTERI

Particolare attenzione è stata posta per quei campioni di acqua della diga dove è stata riscontrata la presenza di alcune forme di Nostocales del phylum delle Cyanoprokaryota. Trattasi di Cianobatteri, ovvero un gruppo ubiquitario di procarioti in grado di fotosintetizzare, e che possono raggiungere densità elevate e formare fioriture e schiume, soprattutto nelle acque superficiali interne eutrofiche. Molte specie di cianobatteri producono, come metaboliti secondari, alcune cianotossine, che rappresentano un potenziale rischio per la salute dell'uomo. Il rischio di contaminazione da tossina delle acque risulta più elevato in condizioni di fioritura algale avanzata, quando si verifica una lisi cellulare e il rilascio di sostanze tossiche è più probabile, ma non si esclude la possibilità di presenza di sostanze tossiche anche in occasione di limitata produzione algale non determinabile macroscopicamente (Rapporto ISTISAN 08/6).

I cianobatteri producono almeno tre classi di tossine che sono state riconosciute nocive per la salute umana secondo gli effetti che causano; sono suddivise in neurotossine (saxitossine, anatoxine), epatotossine (microcistine), ed altre endotossine meno conosciute (cilindrospermopsina e glenodina).

Le microcistine sono eptapeptidi monociclici a basso peso molecolare, diversificati tra loro mediante due L-aminoacidi variabili (L-R1 e L-R2); sono state isolate in tutto il mondo 60 varianti diverse della prima tossina isolata microcistina-LR. Le microcistine agiscono come agenti inibitori degli enzimi proteinfosfatasi 1, 2 e 3, presenti in tutti gli organismi viventi provocando risvolti acuti (disgregazione delle membrane citoplasmatiche) e cronici (attivazione di oncogeni che innescano tumori gastro-intestinali ed epiteliali).

La famiglia delle anatoxine, appartenente al gruppo degli alcaloidi tossici, si divide in due gruppi: anatoxina-a, potente agente paralizzante neuromuscolare per depolarizzazione post sinaptica che si lega stabilmente al recettore nicotinico dell'acetilcolina, e anatoxina-a(s) che funziona come anticolinesterasi irreversibile. La presenza di anatoxina-a nelle acque, è spesso causa di morie ittiche, di anatidi e di mammiferi.

“Nell'**attuale normativa nazionale** ed europea non vengono attualmente indicati valori soglia per definire la qualità delle acque da destinare e destinate al consumo umano per quanto riguarda la densità per volume di cellule algali né valori limite per le tossine da esse

derivanti. Nel 2008, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (World Health Organization, WHO) ha definito un valore di linea guida provvisorio per l'acqua potabile per la microcistina-LR (MCLR) di 1,0 ug/L totale, da intendersi come tossina disciolta e contenuta all'interno delle cellule algali. **Il valore raccomandato dalla WHO per la microcistina (1,0 ug/L totale)** rappresenta, ad oggi, un riferimento fondamentale che si applica ai requisiti normativi che prevedono che le acque potabili o destinate al potabile, non debbano contenere sostanze in concentrazioni tali da rappresentare un rischio per la salute umana. Il valore di linea guida WHO per la microcistina consente di affermare che il consumo giornaliero per l'intero arco di vita di acqua potabile che contiene una concentrazione di 1,0ug/L di tale sostanza non rappresenta un rischio sanitario apprezzabile. Per l'anatossina, i dati tossicologici disponibili non sono sufficienti per calcolare una dose giornaliera tollerabile (TDI) per l'acqua potabile da cui estrapolare un valore di linea guida specifico (Rapporto ISTISAN 11/35).

Per quanto riguarda il monitoraggio, invece, vengono definiti tre diversi livelli di intervento:

“Livello di vigilanza: il numero di cellule per mL è compreso tra 500 e 2.000 cell/mL, (ovvero 500.000 e 2.000.000cell/L), si mantiene il programma di monitoraggio.

Livello di azione 1: il numero di cellule di cianobatteri supera le 2.000 cell/mL(ovvero 2.000.000cell/L) e tende ad aumentare....Se sono presenti specie che producono tossine a concentrazioni superiori a 15.000 cell/mL (ovvero 15.000.000 cell/L), si attiva la determinazione quantitativa della tossina nell'acqua grezza e si valuta se il trattamento cui l'acqua è sottoposta è adeguato.

Livello di azione 2: la concentrazione di cianobatteri supera le 100.000 cell/mL(ovvero 100.000.000 cell/L). Si è in presenza di fioritura algale con la possibilità di formare schiume sulla superficie del corpo idrico. Le condizioni che definiscono questo livello di azione sono indicative di un incremento significativo del rischio di effetti avversi per la salute derivanti dall'acqua grezza o da quella trattata in un impianto non adeguato....”. (Rapporto ISTISAN 11/35 Pt. 1).

Tabella 3.5.2.1 – Tratto da “Rapporto ISTISAN 08/6” (Enzo Funari, Simona Scardala ed Emanuela Testai)

Ordine		Tossina	Bibliografia
Chroococcales			
Genere	<i>Coelosphaerium</i>		
Specie	<i>C. kuetzingianum</i>	neurotossine, epatotossine	Fitch <i>et al.</i> , 1934
Genere	<i>Cyanobium</i>		
Specie	<i>C. bacillare</i> (<i>sin: Synechococcus bacillare</i>)	microcistine	Cronberg <i>et al.</i> , 2003
Genere	<i>Microcystis</i>		
Specie	<i>M. aeruginosa</i>	microcistine	Carmichael <i>et al.</i> , 1988
	<i>M. botrys</i>	microcistine	Henriksen <i>et al.</i> , 1996
	<i>M. viridis</i>	microcistine	Watanabe <i>et al.</i> , 1988
	<i>M. wesenbergii</i>	microcistine	Yasuno <i>et al.</i> , 1995
Genere	<i>Woronichinia</i>		
Specie	<i>W. naegeliana</i>	neurotossine, epatotossine	Berg <i>et al.</i> , 1986
Oscillatoriales			
Genere	<i>Limnothrix</i>		
Specie	<i>L. redekei</i>	microcistine	Gkelis <i>et al.</i> , 2001
Genere	<i>Lyngbya</i>		
Specie	<i>L. aerugineo-coerulea</i>	neurotossine, epatotossine	Teneva <i>et al.</i> , 2003
Specie	<i>L. wollei</i>	PSP	Carmichael <i>et al.</i> , 1988, 1997

Ordine	Tossina	Bibliografia
Oscillatoriales (continua)		
Genere	<i>Planktothrix</i>	
Specie	<i>P. agardhii</i> (sin: <i>Oscillatoria agardhii</i>)	microcistine, anatossine Sivonen <i>et al.</i> , 1989
	<i>P. rubescens</i> (sin: <i>Oscillatoria rubescens</i>)	Skulberg <i>et al.</i> , 1985
	<i>P. isothrix</i> (sin: <i>P. mougeotii</i> e <i>Oscillatoria agardhii</i> var. <i>isothrix</i>)	microcistine, anatossine Carmichael, 1988
	<i>P. planctonica</i> (sin: <i>Oscillatoria ornata</i> f. <i>planctonica</i>)	microcistine Nogueira <i>et al.</i> , 2001
Genere	<i>Phormidium</i>	
Specie	<i>P. formosum</i> (sin: <i>Oscillatoria formosa</i>)	microcistine, omoanatossina-a Skulberg <i>et al.</i> , 1992
Nostocales		
Genere	<i>Anabaena</i>	
Specie	<i>A. circinalis</i> (sin: <i>A. hassalii</i>)	anatossine, PSP Sivonen <i>et al.</i> , 1989 Humpage <i>et al.</i> , 1994
	<i>A. flos-aquae</i>	anatossine, microcistine Carmichael <i>et al.</i> , 1984
	<i>A. lemmermannii</i>	anatossina-a(s), saxitossina, microcistine Henriksen, 1996
	<i>A. planctonica</i>	anatossina-a Park <i>et al.</i> , 1993
	<i>A. spiroides</i>	anatossina-a Park <i>et al.</i> , 1993
Genere	<i>Anabaenopsis</i>	
Specie	<i>A. milleri</i>	anatossina Lanaras <i>et al.</i> , 1989
Genere	<i>Aphanizomenon</i>	
Specie	<i>A. gracile</i>	PSP Pereira <i>et al.</i> , 2004
	<i>A. flos-aquae</i>	anatossina Rapala <i>et al.</i> , 1993
	<i>A. ovalisporum</i>	cilindrospermopsina Banker <i>et al.</i> , 1997
Genere	<i>Cylindrospermopsis</i>	
Specie	<i>C. raciborskii</i>	cilindrospermopsina, saxitossina Hawkins <i>et al.</i> , 1985
Genere	<i>Nostoc</i> sp.	microcistine Beattie <i>et al.</i> , 1988
Stigonematales		
Genere	<i>Hapalosiphon</i>	
Specie	<i>H. hibernicus</i>	microcistine Prinsep <i>et al.</i> , 1992
	<i>H. fontinalis</i>	neurotossine, epatotossine Moore <i>et al.</i> , 1984
Genere	<i>Schizothrix</i>	
Specie	<i>S. calcicola</i>	dermatite da contatto Prinsep <i>et al.</i> , 1992
Genere	<i>Umezakia</i>	
Specie	<i>U. natans</i>	cilindrospermopsina Harada <i>et al.</i> , 1994

I grafici che seguono rappresentano i valori delle specie di Cianobatteri riscontrate nelle sei stazioni di indagine della Diga del Pertusillo durante il periodo di studio compreso tra luglio 2013 ed agosto 2014.

Si nota che, ad esclusione dei periodi prettamente invernali (novembre, dicembre, gennaio e febbraio), *Aphanizomenon* spp. (**Phylum:** Cyanobacteria, **Classe:** Cyanophyceae, **Sottoclasse:** Nostocophycideae, **Ordine:** Nostocales, **Famiglia:** Aphanizomenonaceae, **Genere:** Aphanizomenon - (A.Morren ex Bornet&Flahault, 1886-1888, Komàrek and Marès, Hydrobiologia, 2012) è presente in tutte le stazioni.

Nel periodo compreso tra luglio ed ottobre 2013 non supera le 10.000 cell/L (10 cell/ml), mentre è evidente un notevole aumento a partire da maggio-giugno 2014. Nella stazione VL5, infatti, la suddetta specie raggiunge valori di 160.000 cell/L (160 cell/mL) nel mese di giugno 2014.

Nel successivo mese di agosto si diffonde anche a livello delle altre stazioni con valori compresi tra le 80.000 e le 400.000 cell /L (80 e 400 cell/ml).

Il valore più elevato di 476.800 cell/L è stato riscontrato nella stazione VL4.

Nel mese di luglio 2014 sono presenti alcune forme di *Anabaena* spp. (**Phylum:** Cyanobacteria, **Classe:** Cyanophyceae, **Sottoclasse:** Nostocophycideae, **Ordine:** Nostocales, **Famiglia:** Nostocaceae, **Genere:** Anabaena - (Bory de Saint-Vincent ex Bornet&Flahault, 1886, Komàrek and Marès, Hydrobiologia, 2012), con valori compresi tra le 8.000 e le 30.000 cell/L (8 e 30 cell/ml).

I valori più elevati, ovvero, 24.000 e 29.000 cell/L (24 e 29 cell/ml) sono stati riscontrati rispettivamente nelle stazioni VL4 e VL5.

Nel mese di agosto, durante il quale, come si è detto, c'è stato un notevole aumento di Nostocales, oltre all'*Aphanizomenon* spp., in tutte le stazioni è stata riscontrata anche la presenza di *Dolichospermum* spp. (**Phylum:** Cyanobacteria, **Classe:** Cyanophyceae, **Sottoclasse:** Nostocophycideae, **Ordine:** Nostocales, **Famiglia:** Nostocaceae, **Genere:** Dolichospermum - (Ralfs ex Bornet&Flahault, - P.Wacklin, L.Hoffmann&J.Komárek, 2009).

I valori più elevati si sono avuti sempre a livello delle stazioni VL4 e VL5 (85.000 e 62.000 cell/L, ovvero 85 e 62 cell/ml).

Nel mese di agosto, sia 2013 che 2014, sono stati riscontrati anche alcuni individui di *Oscillatoria* spp. (**Phylum:** Cyanobacteria, **Classe:** Cyanophyceae,

Sottoclasse: Oscillatoriophyceidae, **Ordine:** Oscillatoriales, **Famiglia:** Oscillatoriaceae, **Genere:** Oscillatoria - (Vaucher ex Gomont, 1892), con valori compresi tra le 3.000 e le 10.000 cell/L (3 e 10 cell/ml).

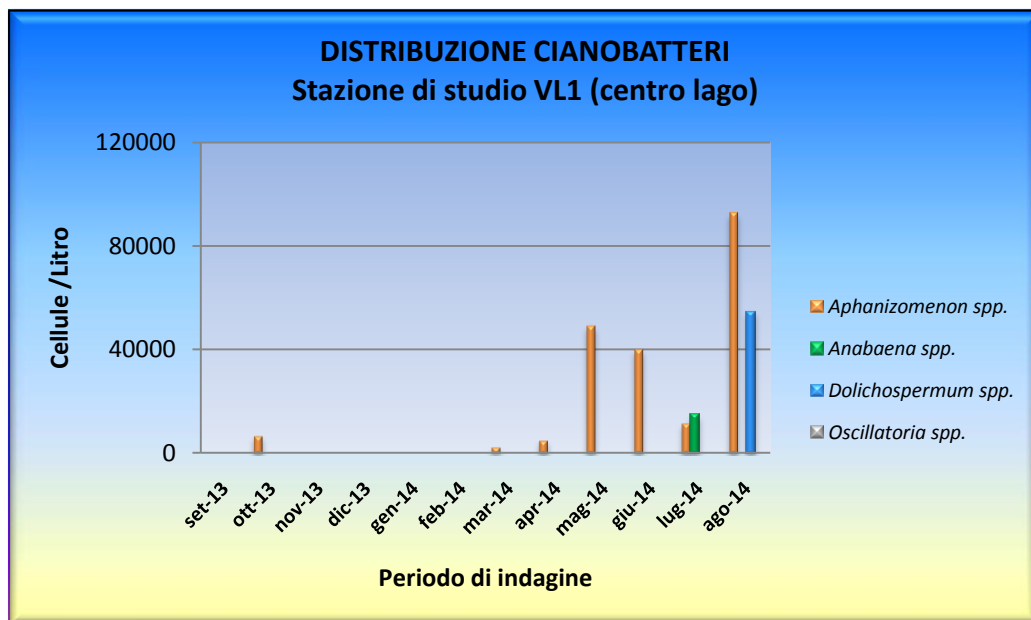


Grafico 3.5.2.2 - Distribuzione specie algali stazione VL1 (centro lago)

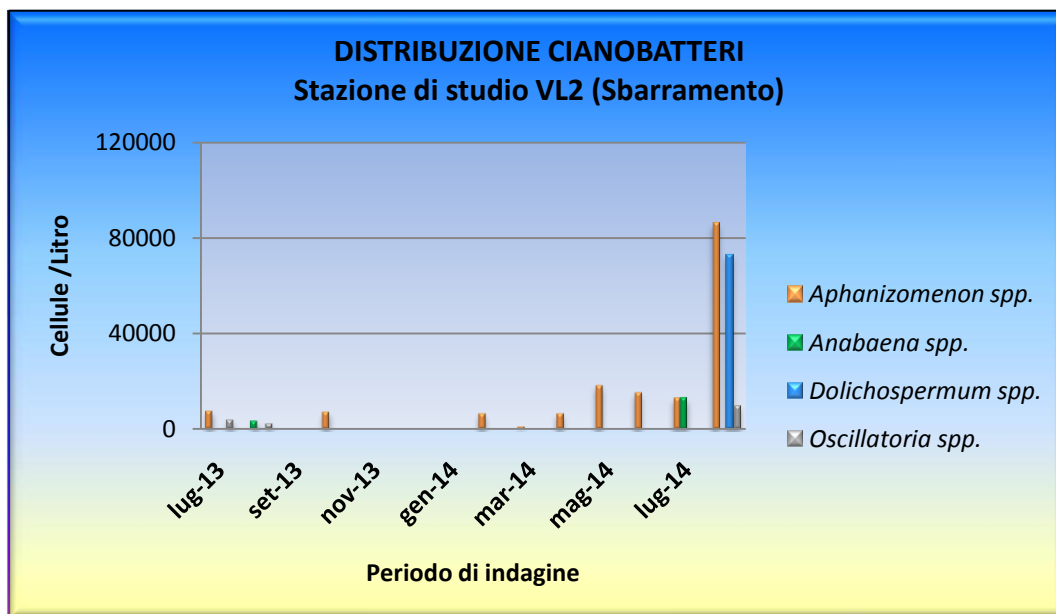


Grafico 3.5.2.3- Distribuzione specie algali stazione VL2 (sbarramento)



Grafico 3.5.2.4- Distribuzione specie algali stazione VL3 (Spinoso)

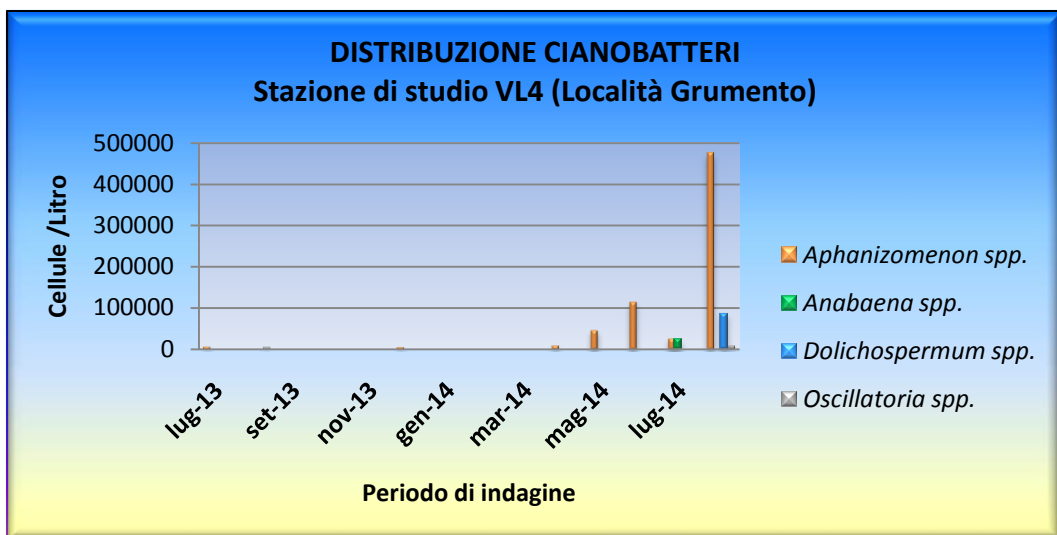


Grafico 3.5.2.5- Distribuzione specie algali stazione VL4 (Grumento)

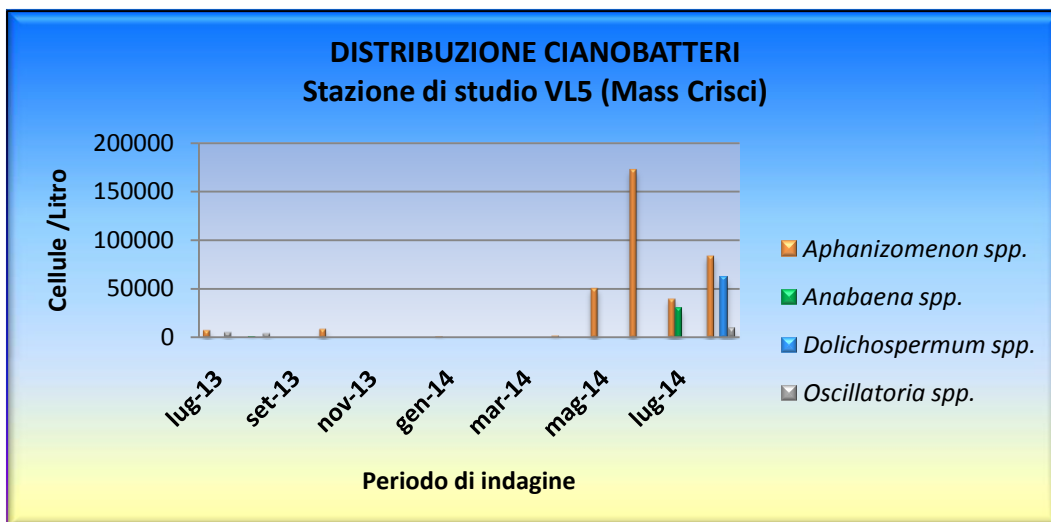


Grafico 3.5.2.6- Distribuzione specie algali stazione VL5 (Mass Crisci)

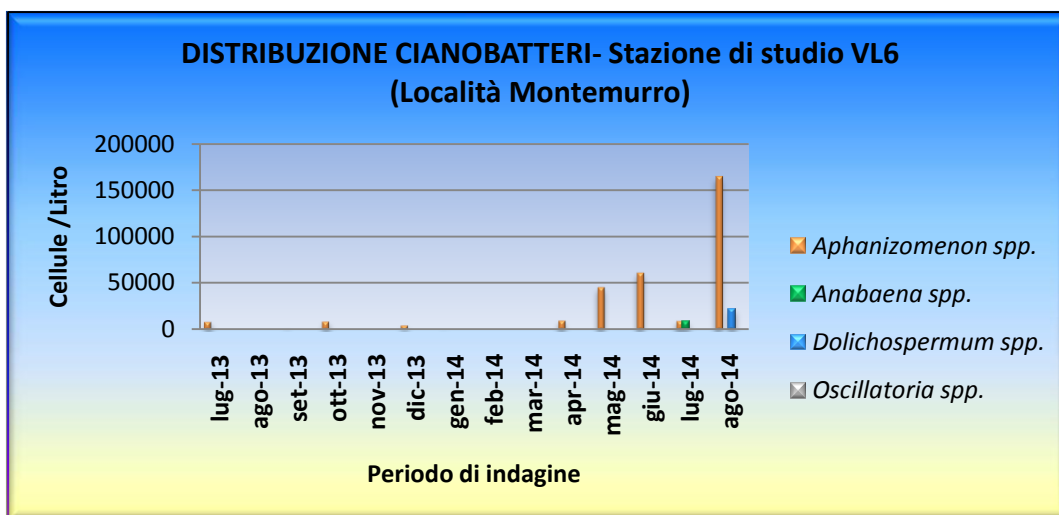


Grafico 3.5.2.7- Distribuzione specie algali stazione VL6 (Montemurro)

3.5.3 DIGA DEL PERTUSILLO - RICERCA DI TOSSINE ALGALI

3.5.3.1 Saggio ELISA per la ricerca delle Microcistine

Anche se il numero di cellule di cianobatteri riscontrate è stato sempre inferiore alle 500 cell/MI (500.000 cell/L) e tale da non rendere necessario nessun livello di azione, i campioni di acqua della diga sono stati comunque sottoposti al test per la ricerca di microcistine algali mediante saggio competitivo immunoenzimatico **EnviroGard Microcystins “7”Plate Kit**.

Trattasi di un saggio in cui un anticorpo specifico agisce in successione, prima intrappolando e poi rivelando la presenza dell'antigene bersaglio, mediante l'impiego di un enzima capace di produrre il viraggio di colore di un opportuno substrato; essendo un test competitivo, maggiore è la concentrazione dell'antigene bersaglio, minore è il numero di immunocomplessi rilevabile e l'intensità della colorazione è inversamente proporzionale alla concentrazione dell'analita.

La lettura è stata effettuata mediante uno spettrofotometro per micropiastra ELx808-BioTek ad una lunghezza d'onda di 450 nm.

Il test permette di rilevare la presenza delle seguenti microcistine: Microcystins-LR, Microcystins-RR, Microcystins-YR, NODLN (Nodularina).

Il limite di quantificazione è compreso nell'intervallo 0.1 ug/L – 1.6ug/L di tossina.

Sui campioni di acqua è stata eseguita prima una concentrazione ed una lisi cellulare così come previsto dal protocollo ISTISAN 03/32 e poi, gli estratti così ottenuti sono stati sottoposti al test EnviroGard Microcystins “7”Plate.

Per una maggiore scrupolosità il test è stato effettuato anche su campioni tal quale.

In tutti i campioni testati la concentrazione di micro cistine non ha mai superato il valore di 0.1 ug/L. Una lieve evidenza si è avuta nel mese di agosto 2014, quando, avendo osservato un aumento del numero di cellule di cianobatteri, soprattutto nella stazione VL4, il campione testato è stato concentrato, filtrando, in situ, un volume di acqua pari a 1000 litri.

Il concentrato così ottenuto è stato sottoposto ad estrazione come da protocollo ISTISAN 03/32.

L'estratto cellulare è stato sottoposto al test EnviroGard Microcystins "7"Plate, evidenziando una concentrazione di microcistine pari a 0.00163ug/L (valore misurato su un concentrato di 1000 litri di acqua)

3.5.3.2 Saggio ELISA per la ricerca delle Anatossine

I campioni di acqua della diga sono stati sottoposti anche al saggio per la ricerca di anatossine algali mediante **Anatoxin-a Receptor-BindingAssay** dell'**Abraxis**. Il test è un saggio di legame basato sull'affinità tra l'anatossina-a e i ricettori nicotinici nAChR. Anche in questo caso si sviluppa una reazione colorimetrica che viene valutata utilizzando un fotometro per micro piastre con lunghezza d'onda di 450 nm. e, maggiore è la concentrazione dell'antigene bersaglio, minore è il numero di immunocomplessi rilevabile e l'intensità della colorazione è inversamente proporzionale alla concentrazione dell'analita.

Il limite di quantificazione è compreso nell'intervallo 10ug/L–500ug/L di tossina.

Sui campioni di acqua è stata eseguita prima una concentrazione ed una lisi cellulare così come previsto dal protocollo ISTISAN 03/32 e poi, gli estratti così ottenuti sono stati sottoposti al test Anatoxin-a Receptor-BindingAssay.

Per una maggiore scrupolosità il test è stato effettuato anche su campioni tal quale prelevati alle diverse profondità.

In tutti i campioni testati la concentrazione di Anatossina-a è risultata inferiore a 10ug/L.

4. ANALISI MICROBIOLOGICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE

4.1. FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI – ANALISI MICROBIOLOGICHE ACQUE

Nelle acque superficiali del fiume Agri e dei suoi affluenti sono stati determinati i seguenti parametri microbiologici:

Coliformi totali - Metodo *APAT-CNR-IRSA 7010 C - Manuale 29 2003*

Escherichia coli - Metodo *APAT-CNR-IRSA 7030 C - Manuale 29 2003*

Coliformi fecali - Metodo *APAT-CNR-IRSA 7020 C - Manuale 29 2003*

Enterococchi- Metodo *APAT-CNR-IRSA 7040 C - Manuale 29 2003*

Salmonella spp. - Metodo *APAT-CNR-IRSA 7080 C - Manuale 29 2003*

I Coliformi totali sono batteri a forma di bastoncello, gramnegativi, sia aerobi che anaerobi e non sporigeni, appartengono alla famiglia delle Enterobatteriacee. Sono batteri ubiquitari e sono suddivisi in due categorie in base al genere: coliformi di origine fecale e coliformi di origine acquatica e tellurica.

L'Escherichia coli è un microrganismo in stretto rapporto con il tratto gastrointestinale dell'uomo e degli animali a sangue caldo, è indice di contaminazione fecale in atto, delle acque esaminate.

I Coliformi fecali appartengono alla famiglia delle Enterobatteriacee, hanno forma bastoncellare, sono

batteri gramnegativi, aerobi ed anaerobi facoltativi e non sporigeni. La loro presenza è un indice di contaminazione fecale.

Gli Enterococchi intestinali sono cocci gram positivi, si presentano isolati, doppi o molto più frequentemente a catena. La loro presenza nelle acque, è da mettere in relazione

accontaminazione di origine fecale, ma sono considerati indicatori di contaminazione meno recente.

Le salmonelle sono bacilliGram-negativi, asporigeni, anaerobi facoltativi. Sono presenti nell'ambiente e possono essere causa di patologie per uomini e per vari animali, in particolare alcuni sierotipi lo sono esclusivamente per l'uomo, ad es. *Salmonella typhi* e *Salmonella paratyphi*. La discussione che segue riguarda i risultati delle analisi condotte su acque superficiali campionate mensilmente dal mese di luglio 2013 Al mese di giugno 2014.

Le stazioni in cui sono stati effettuati i prelievi di acqua superficiale per condurre le analisi microbiologiche sono situate lungo il fiume Agri ed i suoi principali affluenti, nonché nella Diga del Pertusillo e i suoi immissari Sciaura e Maglie.

Nei campioni prelevati nelle stazioni Va03 e Va02, sorgente e confluenza Rifreddo (grafico 1) sono da segnalare i valori di Streptococchi fecali pari a 160 UFC/100 ml nel mese di novembre 2013 e valori prossimi alle 200UFC/100ml nei mesi successivi compresi tra gennaio e giugno 2014. A partire dal mese di gennaio 2014 sono risultati piuttosto elevati, ovvero prossimi alle 350 UFC/100ml, anche i valori di coliformi totali.

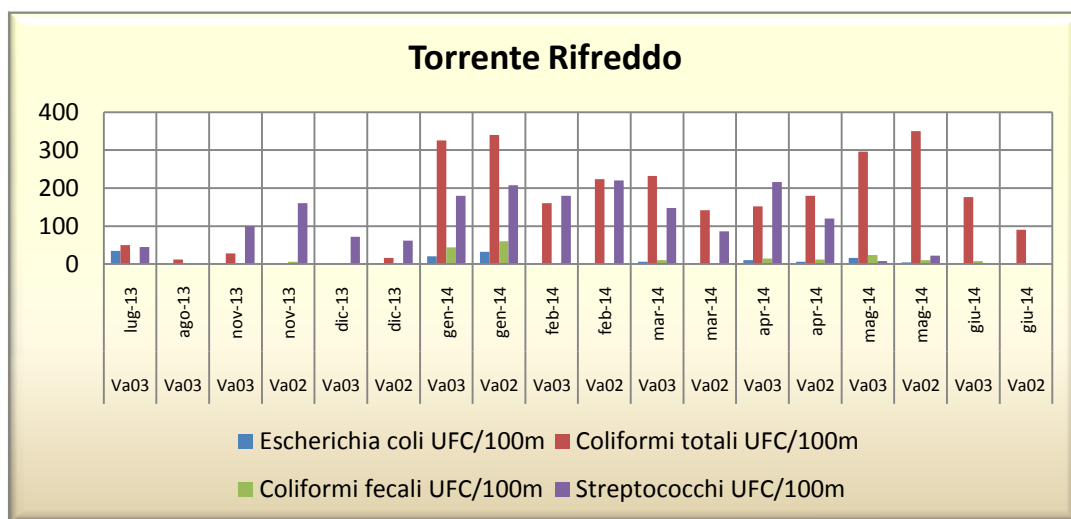


Grafico4.1.1- Analisi microbiologiche Torrente Rifreddo (Va0-sorgente e Va02-confluenza)

Nelle stazioni codificate con Va06 e Va05, rispettivamente Sorgente Casale e Confluenza del Casale nella Diga del Pertusillo, è risultata più alta la presenza di colonie di Coliformi totali nel mese di aprile 2014, pari a 400 UFC/100 ml in Va06, mentre gli Streptococchi fecali sono risultati prossimi alle 250UFC/100 ml sia in Va06 che in Va05, soprattutto tra gennaio e aprile 2014.

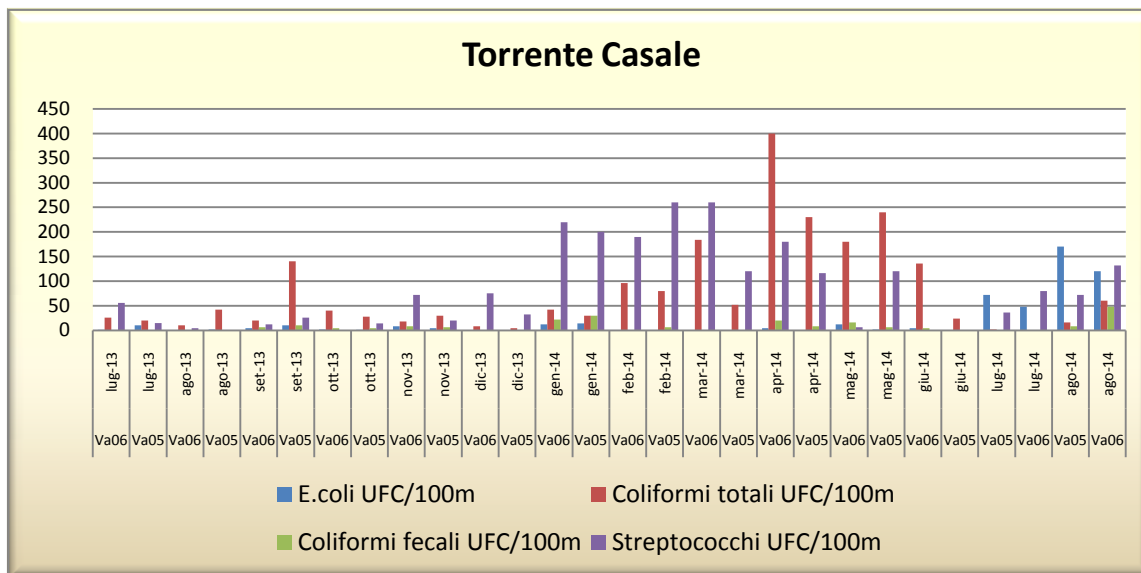


Grafico 4.1.2- Analisi microbiologiche Torrente Casale (Va06-sorgente e Va05-confluenza)

Le acque superficiali della stazione Va07 (Canale depuratore area industriale) presentano valori più elevati di Coliformi totali nei campioni prelevati nel mese di agosto 2013 (250 UFC/100 ml) e di maggio 2014 (500 UFC/100 ml).

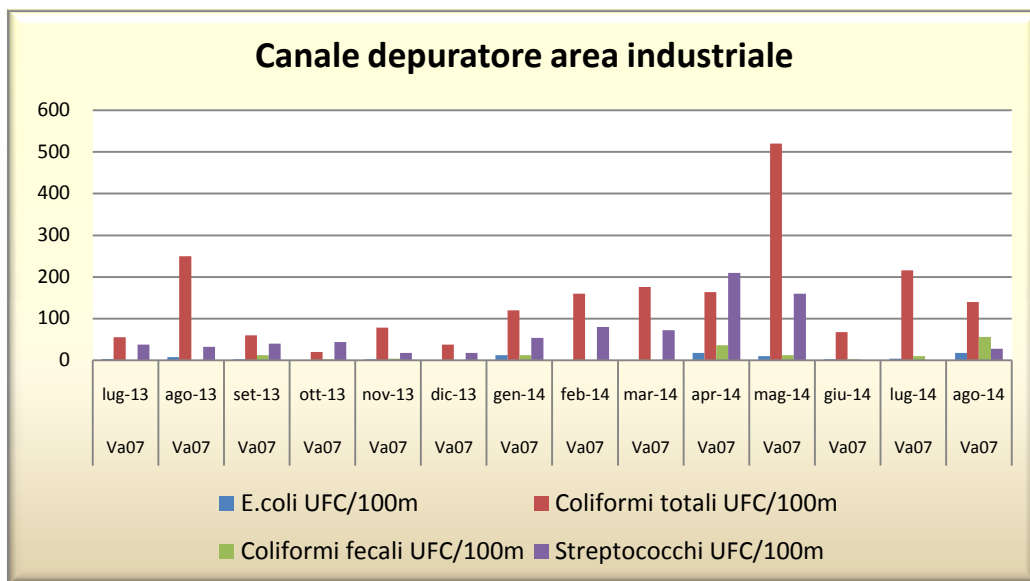


Grafico 4.1.3- Analisi microbiologiche Canale depuratore area industriale (Va07)

I risultati delle analisi sui campioni prelevati nella stazione Va08, confluenza dell’Alli nel fiume Agri, sono riportati in nel grafico 4: è evidente che anche qui la presenza maggiore di carica batterica è dovuta ai Coliformitotali, con valori di 450 UFC/100ml nel mese di aprile 2014 e agli Streptococchi fecali con valori di 350 UFC/100ml nel mese di gennaio 2014.La sorgente dell’Alli (VA09) invece presenta valori di carica batterica mediamente bassi.

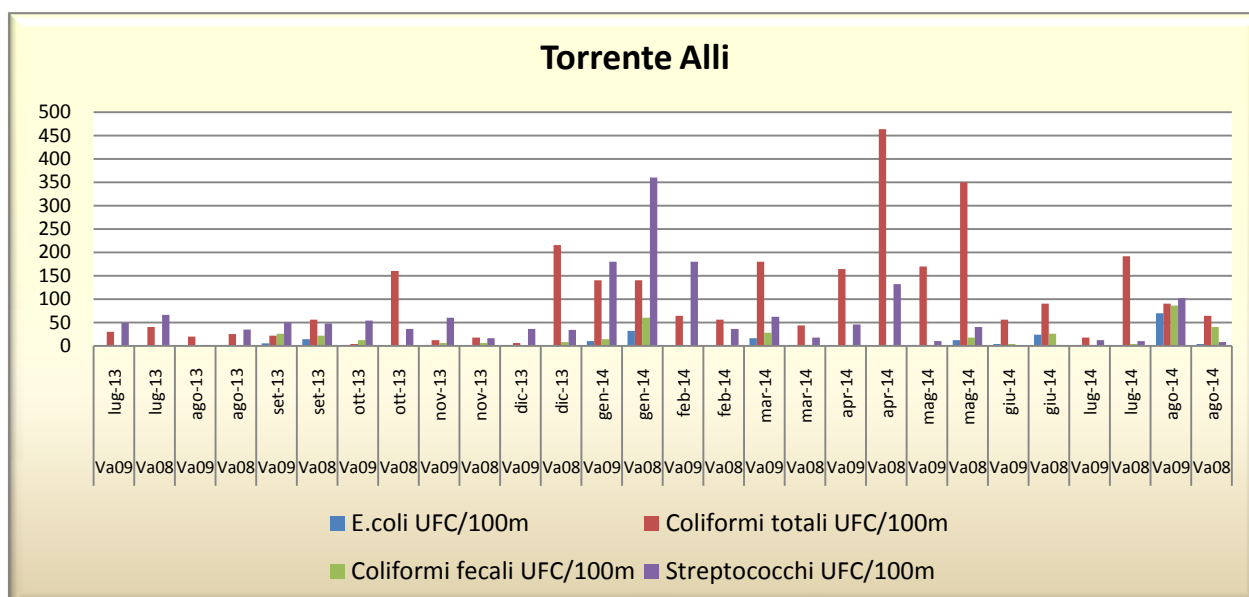


Grafico 4.1.4- Analisi microbiologiche Torrente Alli (Va09-sorgente e Va08-confluenza)

Nelle acque superficiali del fiume Agri studiato nelle quattro stazioni (Va11 – sorgente, Va10– Agri intermedio, Va19 - Agri compreso tra Centro Oli e Pertusillo e Va04 – Agri confluenza Diga)la maggiore concentrazione di carica batterica è rappresentata sempre dai Coliformi totali, soprattutto nel sito VA10 (Agri intermedio) che nel mese di agosto 2013 arriva a 400 UFC/100 ml e nel mese di gennaio 2014 supera le 500 UFC/100 ml. Da non trascurare gli Streptococchi fecali che nello stesso mese sono anch’essi pari a 400 UFC/100 ml.

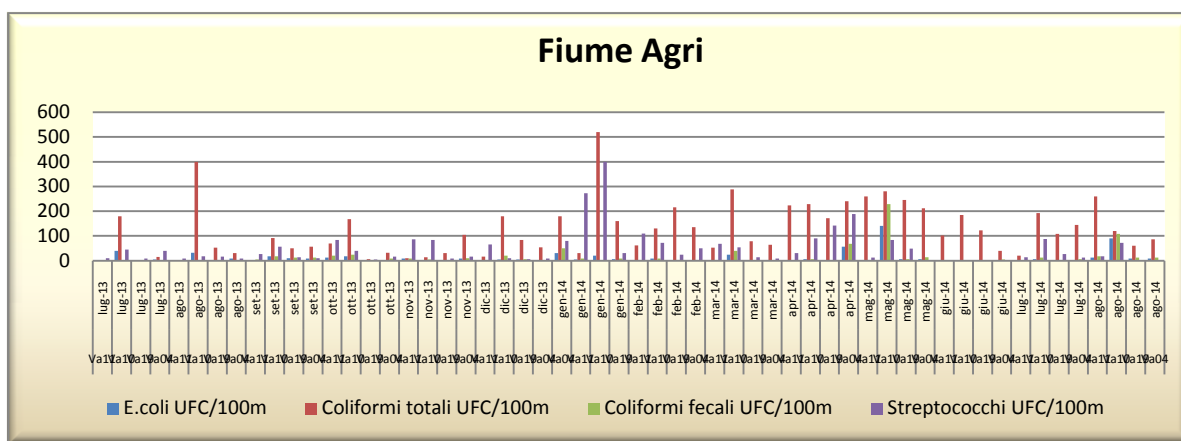


Grafico 4.1-5- Analisi microbiologiche Fiume Agri (Va11-Va10-Va19-Va04)

Anche la stazione Va22 (Torrente Sciaura) è caratterizzata dalla presenza principalmente di Coliformi totali che sono prossimi alle 200 UFC/100 ml nei mesi di novembre e dicembre 2013 e sono compresi tra le 400 e le 700 UFC/100 ml nei mesi di aprile, maggio e agosto 2014.

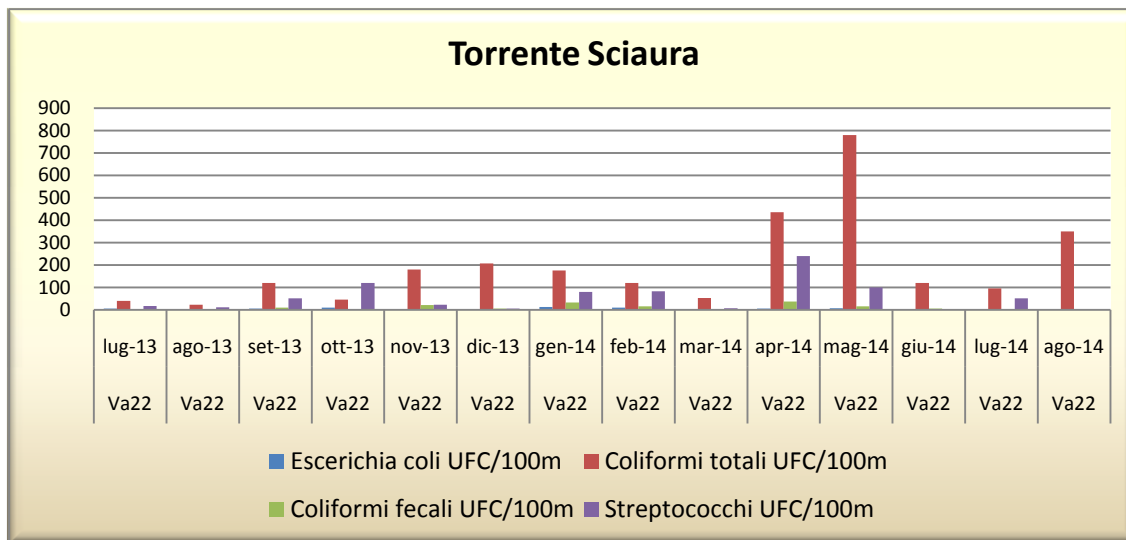


Grafico 4.1.6- Analisi microbiologiche Torrente Sciaura (Va22)

Nel Torrente Maglie, invece, la concentrazione maggiore di coliformi si riscontra nel mese di maggio 2014 con valori di 700 UFC/100 ml.

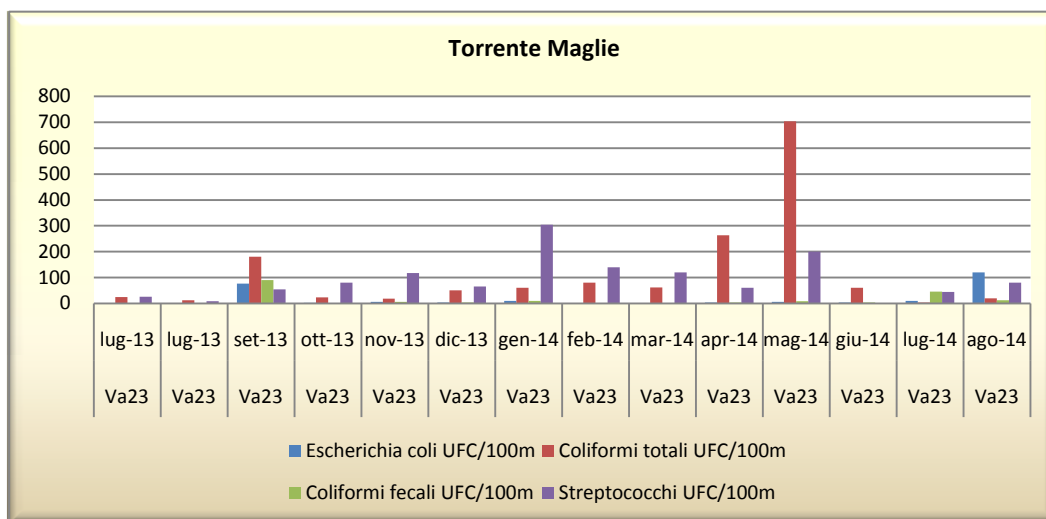


Grafico 4.1.7- Analisi microbiologiche Torrente Maglie (Va23)

4.2 FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI - SAGGI ECOTOSSICOLOGICI ACQUE

Le analisi delle caratteristiche chimico fisiche dell'acqua permettono di identificare e quantificare gli inquinanti più diffusi; tuttavia per predire il destino di un inquinante nell'ambiente occorre conoscere anche come agisce sull'ecosistema.

Indicazioni necessarie ad un'appropriata caratterizzazione della qualità ambientale, non possono prescindere, quindi, dallo studio degli effetti diretti, dalle interazioni e dalla biodisponibilità dei tossici nell'ambiente, per cui, per una migliore valutazione del rischio ambientale, nelle acque superficiali prelevate nel fiume Agri e nei suoi affluenti sono stati condotti, oltre alle indagini chimico-fisiche, anche saggi ecotossicologici con i crostacei *Daphnia magna* e con i batteri bioluminescenti *Vibrio fischeri*.

4.2.1 Test di tossicità acuta a 24h con *Daphnia magna*

La *Daphnia magna* è un crostaceo cladocero d'acqua dolce di piccole dimensioni (non supera i 5 mm di lunghezza) con forma ovale, compressa lateralmente. Esso è caratterizzato da una struttura bivalve saldata dorsalmente (carapace) che racchiude l'intero organismo ad eccezione del capo. Quest'ultimo presenta un singolo occhio composto, fortemente pigmentato, un ocello di minori dimensioni e due paia di antenne di cui le seconde, biramose e molto sviluppate, hanno funzione natatoria.

Gli obiettivi del metodo consentono di valutare la EC50, ovvero la concentrazione di un prodotto o la diluizione di una soluzione che provocano in un tempo dato l'immobilizzazione del 50% degli organismi usati per il saggio.

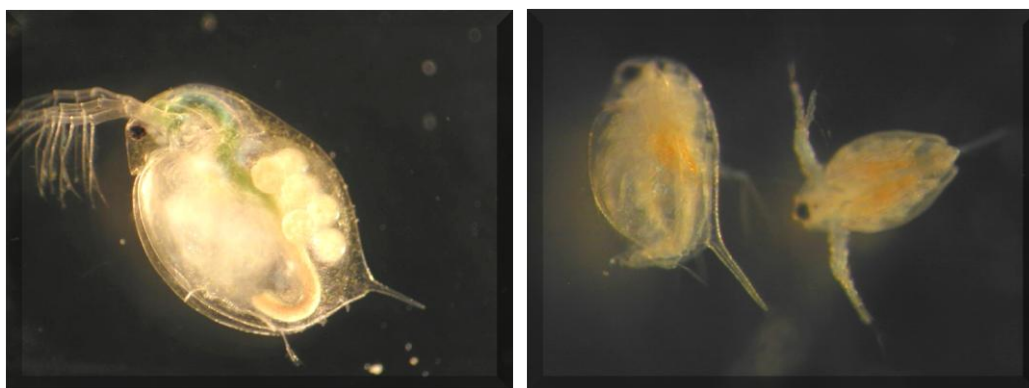


Fig 4.2.1.1- Organismi di *Daphnia magna*

Per l'esecuzione di questo test è stato utilizzato un kit, distribuito commercialmente dalla Ecotox (Milano), il DAPHTOXKIT F™ magna che dà la possibilità di valutare direttamente l'effetto tossico sui neonati di *Daphnia magna* ottenuti dalla schiusa di ephippia, strutture chitinee di resistenza entro cui sono conservate le uova.

L'effetto si osserva su daphnidi esposti ad ogni campione o a sua diluizione in condizioni ottimali di temperatura (20°C), dopo 24 ore, confrontando il numero di organismi immobilizzati nel campione e nel controllo. Il test di screening prevede l'allestimento di due diluizioni del campione (100% e 50%), il test definitivo viene allestito in base al risultato dello screening, con diluizioni mirate al calcolo del valore dell'EC50. I campioni dell'Agri e dei suoi affluenti sono stati sottoposti all'analisi con *Daphnia magna* nei mesi di luglio e dicembre 2013 e nei mesi di gennaio e giugno 2014. Il suddetto biosaggio non ha evidenziato particolari fenomeni di tossicità.

4.2.2 Test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*

In riferimento al metodo APAT IRSA-CNR 29/2003 – 8030 il test è stato condotto utilizzando batteri marini appartenenti al genere *Vibrio fischeri*, Gram negativi, anaerobi facoltativi, aventi la proprietà di emettere luce di colore blu-verde in una ristretta banda dello spettro con un massimo a 490 nm (fenomeno di bioluminescenza). In condizioni ambientali favorevoli, questi batteri emettono luce in continuo; la luminescenza decresce invece spontaneamente in modo istantaneo o graduale nel tempo, in proporzione al tipo di sostanza con cui sono messi a contatto e alla sua tossicità. Lo strumento MICROTOX M500, messo a punto dalla ditta AZUR, è un fotometro, corredato di un tubo fotomoltiplicatore in grado di rilevare l'intensità luminosa emessa dai batteri.

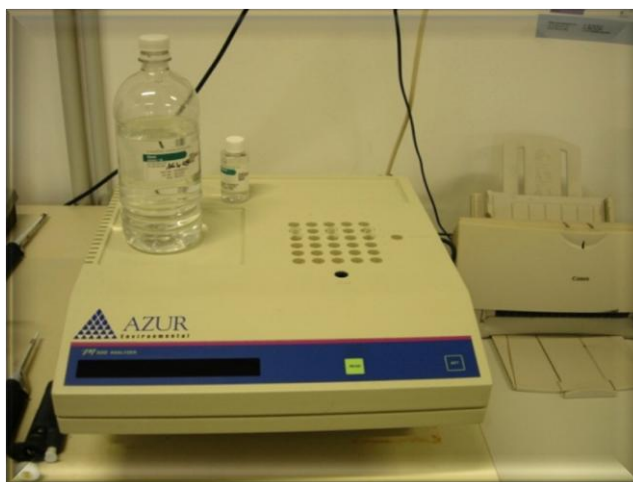


Fig 4.2.2.1 - Microtox – *Vibriofischeri*

Lo strumento di lettura rileva la riduzione della bioluminescenza naturale del batterio *Vibrio fischeri* in presenza di contaminanti, come indicazione di tossicità acuta. La curva dose-risposta consente l'individuazione della EC50 (o di qualunque altra EC compresa tra 1 e 99), ossia della concentrazione del campione a cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50%. Il range di dati viene raccolto e rielaborato statisticamente dal computer a cui è collegato lo strumento al fine di determinare il valore dell'EC50. Quest'ultima viene espressa come la concentrazione di campione capace di provocare una riduzione del 50% dell'intensità di luce emessa rispetto a quella fatta registrare dai batteri sospesi in una soluzione di controllo esente da tossicità.

Valutazioni di effetto superiori al 50% possono permettere il calcolo di un valore di Unità Tossica del campione sottoposto ad analisi, mentre valori negativi indicano fenomeni di biostimolazione (ormesi).

L'ormesi è considerato un segnale di incipiente tossicità poiché è da attribuire ad un eccesso di nutrienti, che è comunque un indice di perturbazione del sistema in quanto l'organismo risponde all'aumentata disponibilità di sostanze cercando di diluirne l'eccesso attraverso processi metabolici che portano ad un aumento della biomassa o, come nel caso dei batteri bioluminescenti, all'aumento dell'emissione luminosa.

I campioni dell'Agri e dei suoi affluenti sono stati sottoposti all'analisi con *Vibrio fischeri* nei mesi di luglio e dicembre 2013 e nei mesi di gennaio e giugno 2014. In nessuno dei campioni analizzati la percentuale di effetto è stata tale da calcolare un valore di Unità Tossica. Tutti i

valori di inibizione misurati sono stati al di sotto del 20%, ragion per cui in nessuno dei casi analizzati è stato possibile calcolare un valore di EC50.

Più evidenti sono i casi di biostimolazione che sono risultati compresi tra il 20% e il 32%. I campioni che evidenziano maggiore criticità e che mostrano fenomeni di biostimolazione dovuti quasi sicuramente ad una più o meno concentrazione di nutrienti dovuti probabilmente a scarichi civili poco depurati, sono quelli prelevati nei siti:

Va02 – confluenza Rifreddo (-24.6% nel mese di gennaio 2014);

Va05 – confluenza casale (-23.2% nel mese di gennaio 2014);

Va07 - canale depuratore (-21.6% nel mese di dicembre 2013 e -27.5 nel mese di gennaio 2014);

Va08 – confluenza Alli (-23.5% nel mese di dicembre 2013 e -25.3 nel mese di gennaio 2014);

Va04 – Agri confluenza (-32.5% nel mese di gennaio 2014);

Va10 – Agri Villa d’Agri (-26.6% nel mese di dicembre 2013 e -28.5% nel mese di gennaio 2014);

Va23 – torrente maglie (-23.5% sempre nel mese di dicembre 2013)

Nei seguenti grafici sono rappresentati i valori riscontrati in ognuna delle aste fluviale studiate:

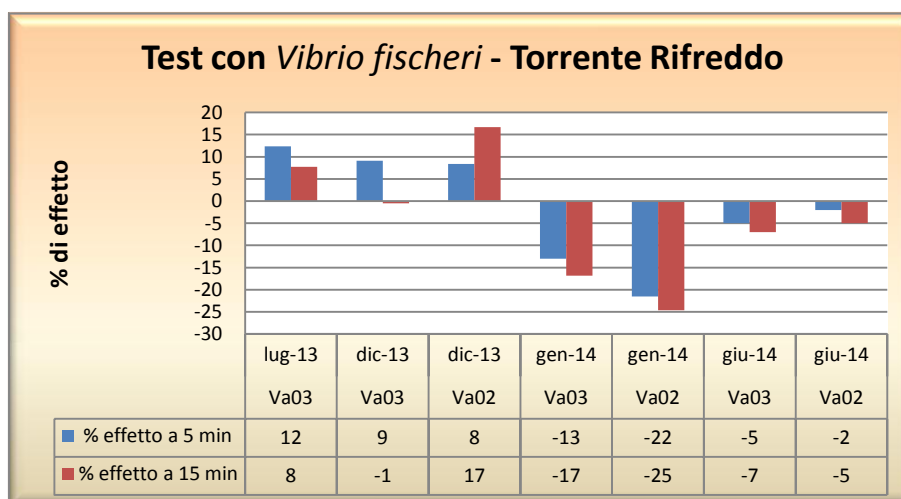


Grafico 4.2.2.2- Test *Vibrio fischeri* Torrente Rifreddo

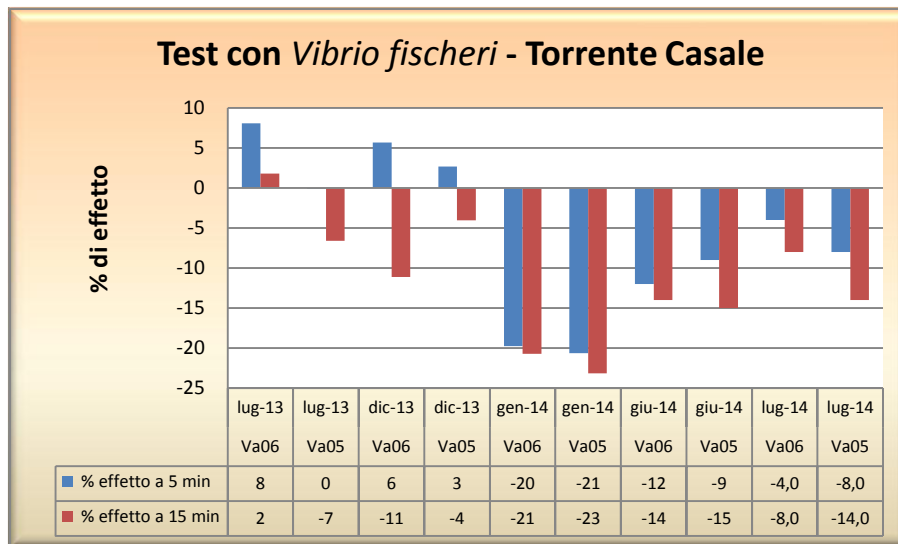


Grafico 4.2.2.3 - Test *Vibrio fischeri* Torrente Casale

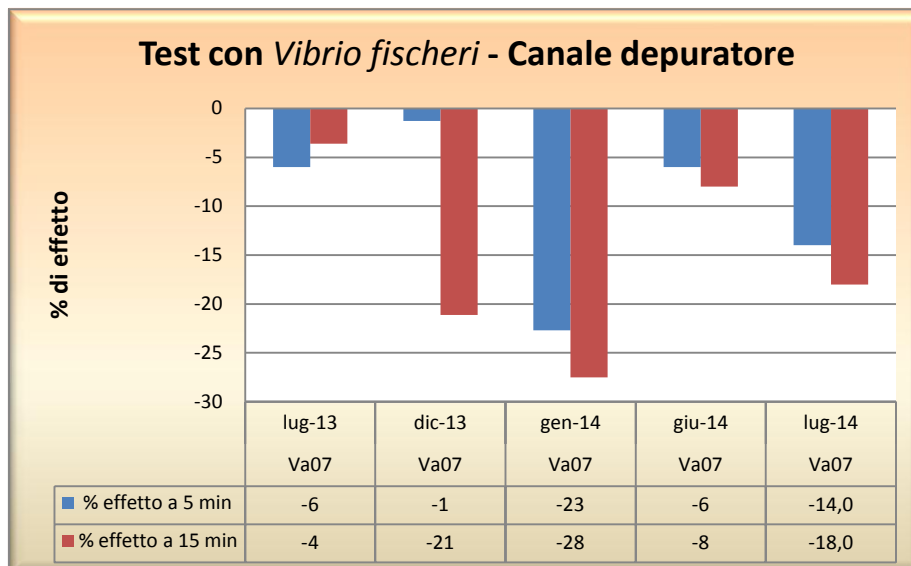


Grafico 4.2.2.4 - Test *Vibrio fischeri* Canale depuratore

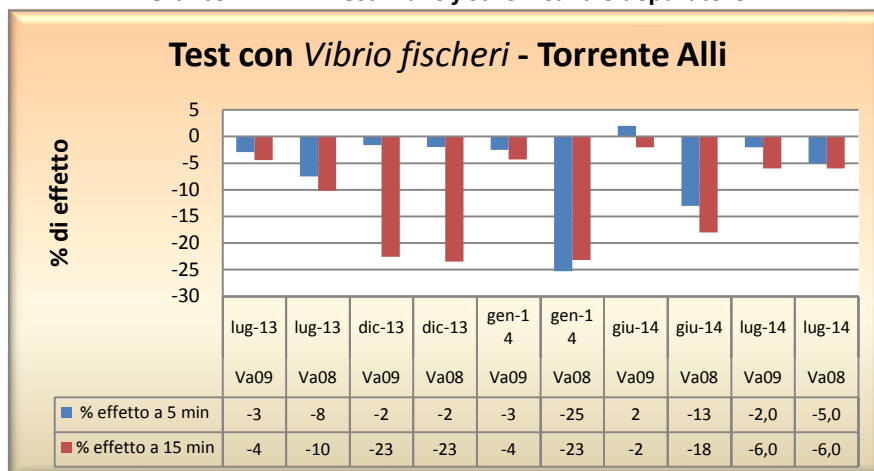


Grafico 4.2.2.5 - Test *Vibrio fischeri* Torrente Alli

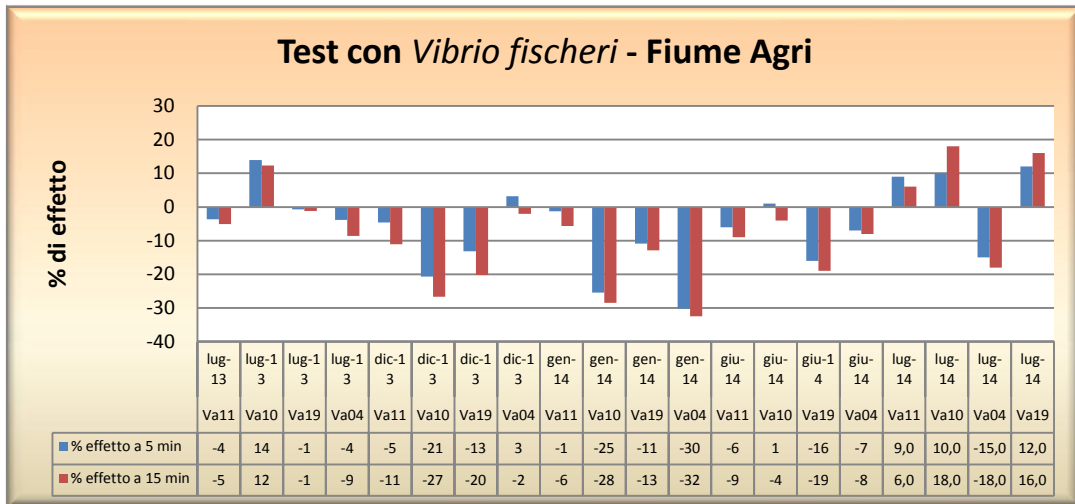


Grafico 4.2.2.6 - Test *Vibrio fischeri* Fiume Agri

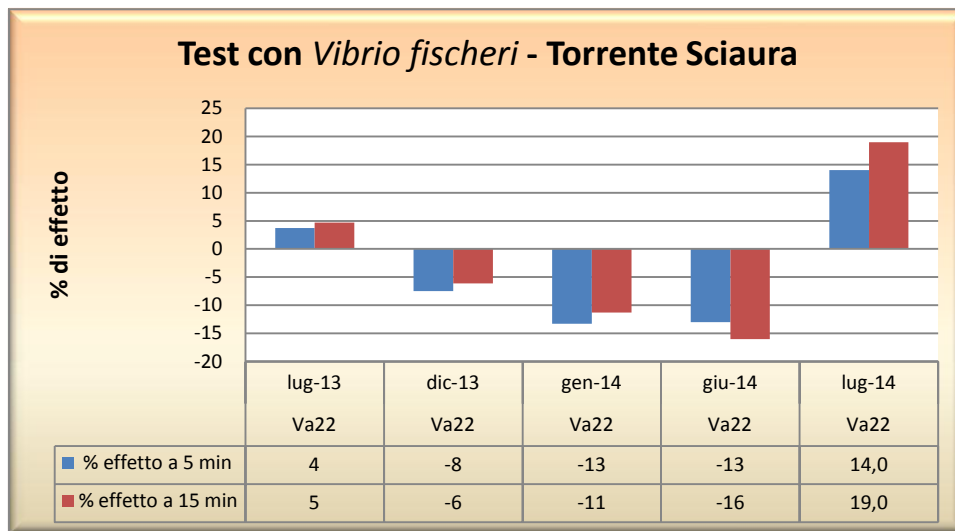


Grafico 4.2.2.7 - Test *Vibrio fischeri* Torrente Sciaura

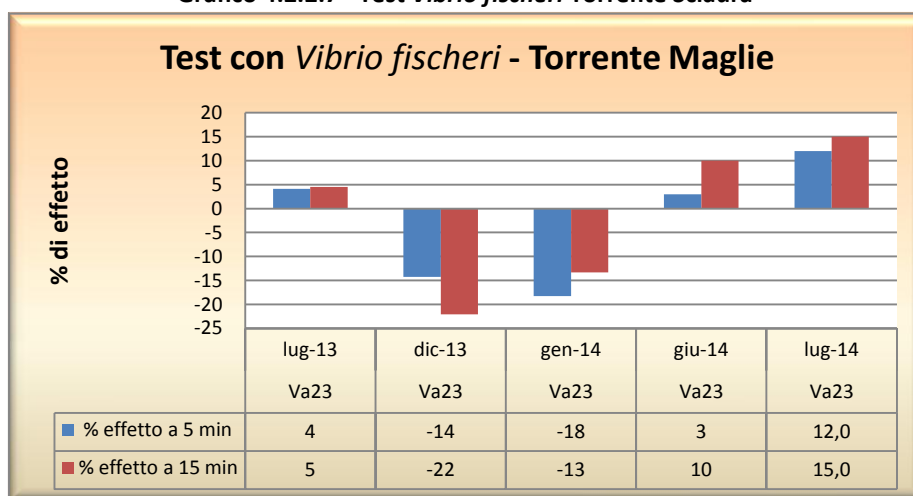


Grafico 4.2.2.8 - Test *Vibrio fischeri* Torrente Maglie

4.3 FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI - SAGGI ECOTOSSICOLOGICI SEDIMENTI

Anche i sedimenti del fiume Agri e suoi affluenti sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici.

I test applicati sono stati: il test con batteri bioluminescenti *Vibrio fischeri*, il test di fitotossicità con semi di *Lepidium sativum*.

Il test di fitotossicità (germinazione ed allungamento radicale) è stato condotto in riferimento al metodo APAT RTI CTN_TES 1_2004. Il test è stato effettuato sugli elutriati dei campioni di sedimenti utilizzando 40 semi di *Lepidium sativum*, divisi in 4 repliche per ogni campione. Il saggio ha consentito di rilevare contemporaneamente l'effetto sulla germinazione e sull'allungamento radicale, espresso come Indice di Germinazione percentuale (IG%) del campione rispetto al controllo.

In nessun caso è stato possibile calcolare un valore di EC50 e quindi di Unità Tossica corrispondente, ma entrambi i test hanno evidenziato che le stazioni Vs04 (Agri confluenza), Vs07 (canale depuratore area industriale), Vs10 (Agri Villa d'Agri) e Vs23 (Torrente Maglie) presentano maggiori condizioni di stress ambientale.

4.4 DIGA DEL PERTUSILLO - ANALISI MICROBIOLOGICHE ACQUE

Anche nelle acque della Diga del Pertusillo sono stati valutati i parametri microbiologici così come per le acque del fiume Agri e dei suoi affluenti, ovvero:

Coliformi totali - Metodo APAT-CNR-IRSA 7010 C - Manuale 29 2003

Escherichia coli - Metodo APAT-CNR-IRSA 7030 C - Manuale 29 2003

Coliformi fecali - Metodo APAT-CNR-IRSA 7020 C - Manuale 29 2003

Enterococchi- Metodo APAT-CNR-IRSA 7040 C - Manuale 29 2003

Salmonella spp. - Metodo APAT-CNR-IRSA 7080 C - Manuale 29 2003

Valutando i risultati nell'insieme si può notare che, i coliformi totali sono presenti in tutti i siti di studio e in ogni mese di campionamento, ma raggiungono concentrazioni più elevate soprattutto nei mesi di gennaio, febbraio, marzo e giugno 2014, con valori rispettivamente di 280, 400 e 620 e 540 UFC/100ml. Il maggior carico batterico si evidenzia principalmente nei siti VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (Masseria Crisci).

Nel mese di marzo 2014, anche gli Streptococchi fecali raggiungono valori piuttosto elevati e pari a 700 UFC/100ml sia nel sito VL4 (prossimità Grumento) che nel sito VL5 (Masseria Crisci).

In nessun caso è stata riscontrata la presenza di salmonella.

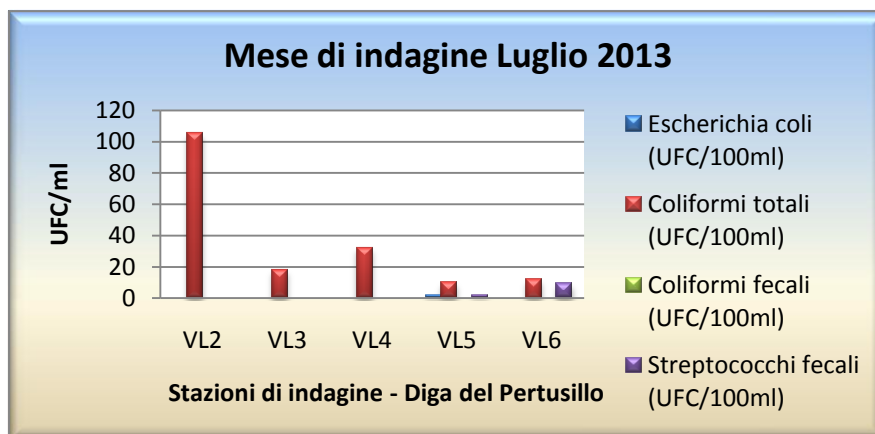


Grafico 4.4.1- Analisi microbiologiche Luglio 2013

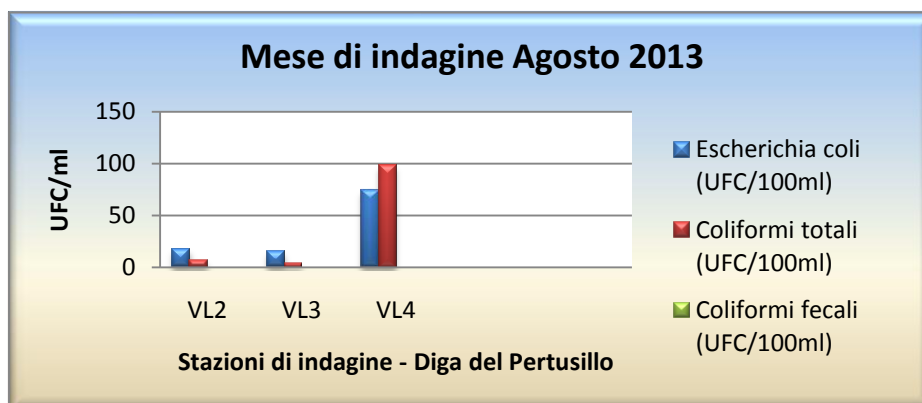


Grafico 4.4.2 - Analisi microbiologiche Agosto 2013

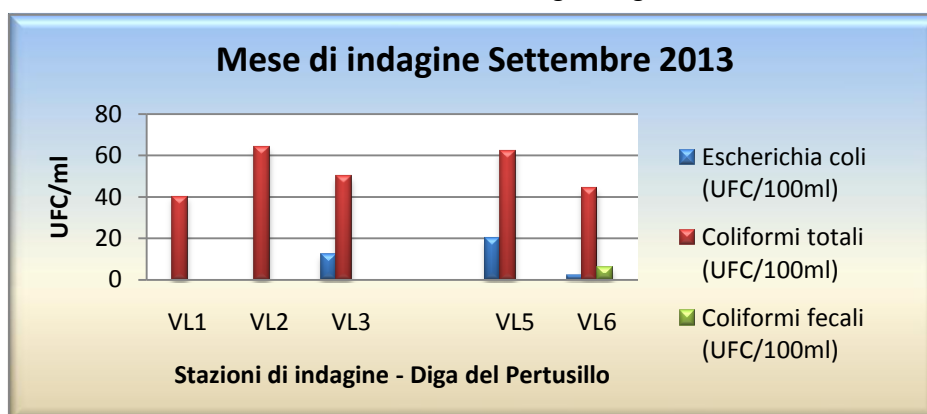


Grafico 4.4.3 - Analisi microbiologiche Settembre 2013

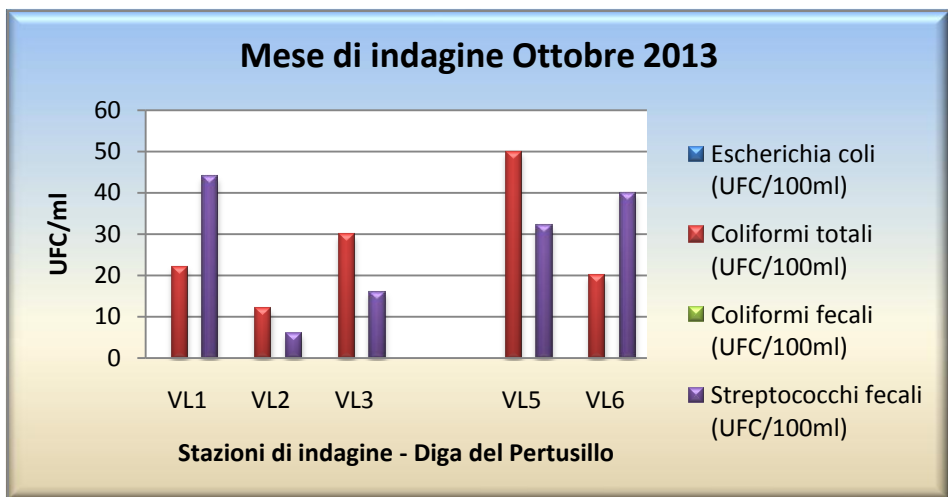


Grafico 4.4.4 - Analisi microbiologiche Ottobre 2013

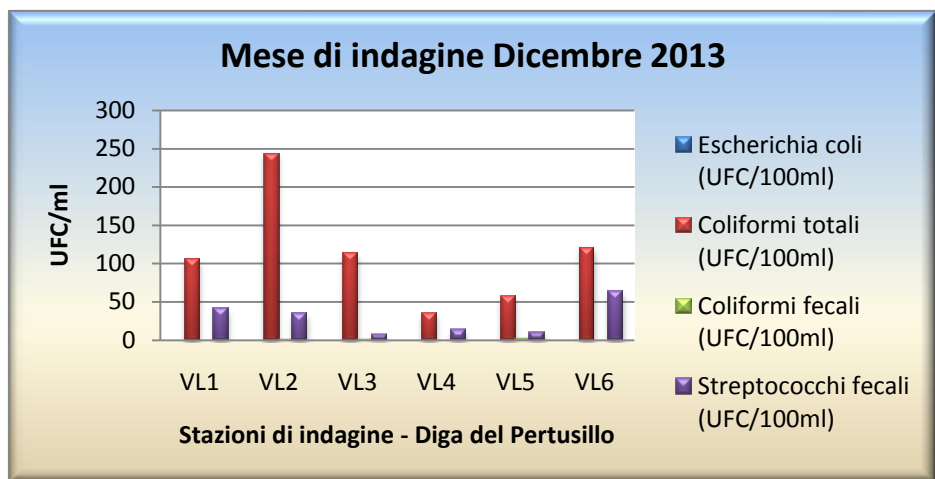


Grafico 4.4.5 - Analisi microbiologiche Dicembre 2013

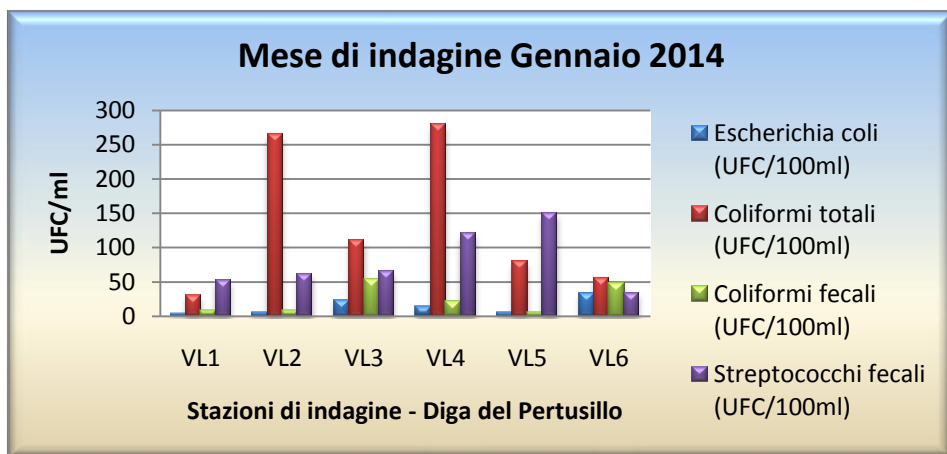


Grafico 4.4.6 - Analisi microbiologiche Gennaio 2014

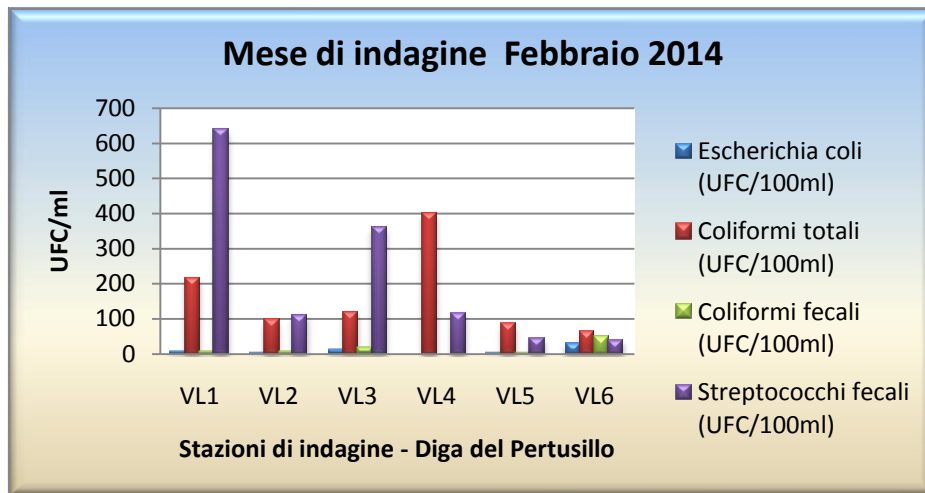


Grafico 4.4.7 - Analisi microbiologiche Febbraio 2014

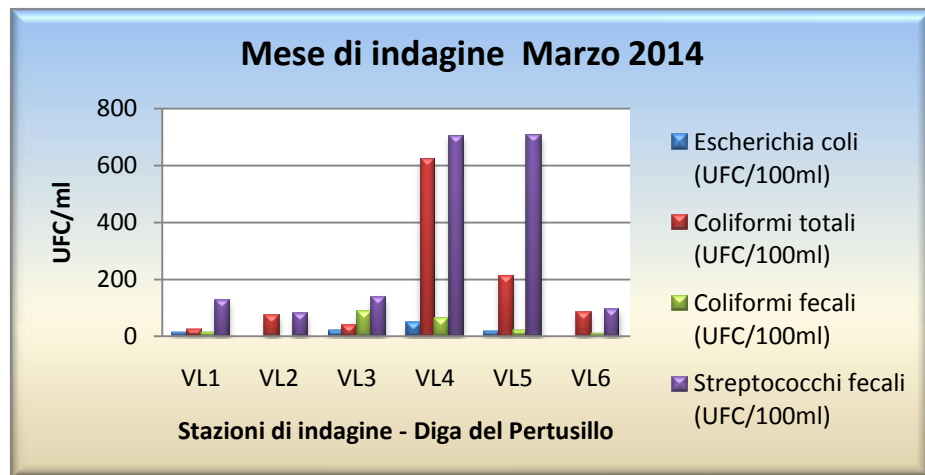


Grafico 4.4.8 - Analisi microbiologiche Marzo 2014

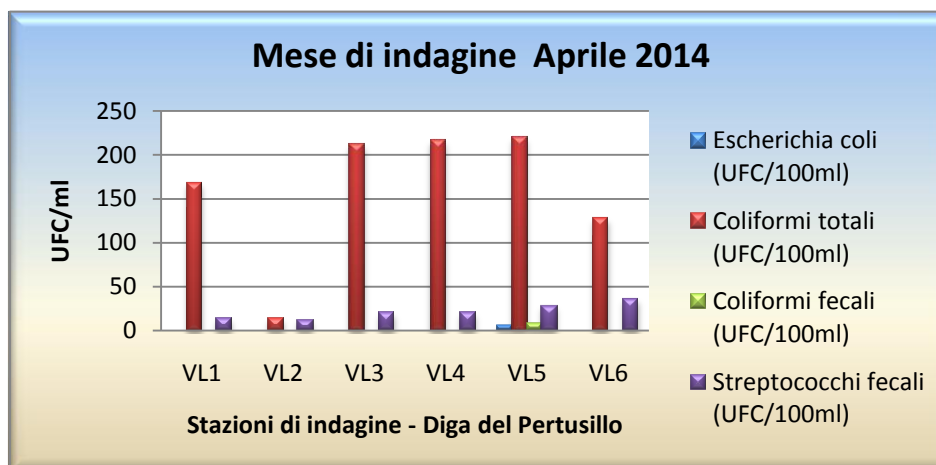


Grafico 4.4.9 - Analisi microbiologiche Aprile 2014

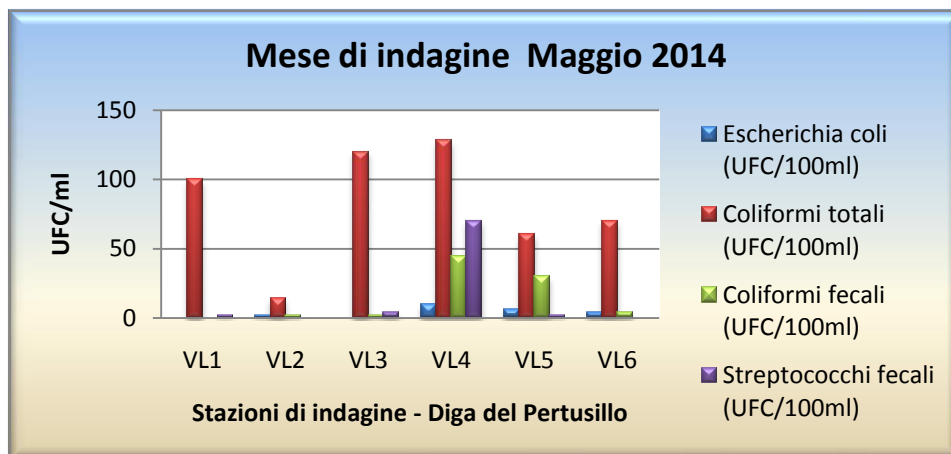


Grafico 4.4.10 - Analisi microbiologiche Maggio 2014

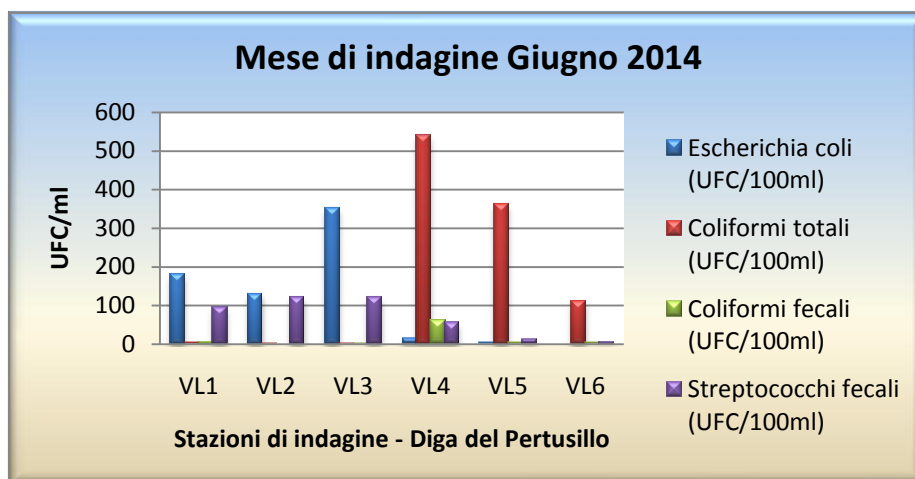


Grafico 4.4.11 - Analisi microbiologiche Giugno 2014

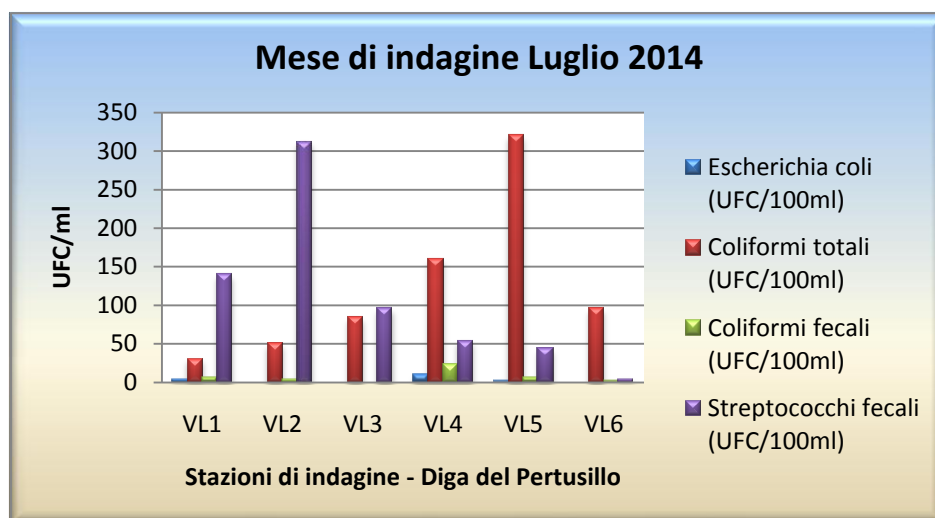


Grafico 4.4.12 - Analisi microbiologiche Luglio 2014

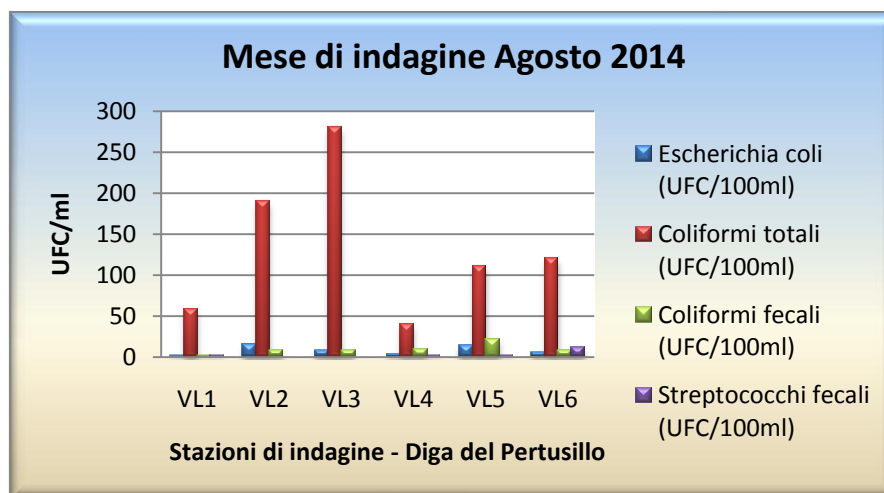


Grafico 4.4.13 - Analisi microbiologiche Agosto 2014

4.5 DIGA DEL PERTUSILLO - SAGGI ECOTOSSICOLOGICI ACQUE

Anche i campioni di acqua della diga Pertusillo sono stati sottoposti a test con *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri* nel periodo che va da luglio 2013 a giugno 2014. In nessuno dei campioni analizzati la percentuale di effetto è stata tale da calcolare alcun valore di Unità Tossica.

Più diffusi sono i casi di biostimolazione, evidenziati con il biosaggio del *Vibrio fischeri*. La biostimolazione risulta maggiore, ovvero compresa tra -25% e -30% soprattutto nelle stazioni VL1 (centro lago), VL2 (sbarramento) e VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (Mass Crisci). Questi fenomeni di ormesi possono essere, con buona probabilità da attribuire ad un eccesso di nutrienti.

I seguenti grafici rappresentano i valori ottenuti con il test *Vibrio fischeri* in ognuna delle stazioni della diga studiati:

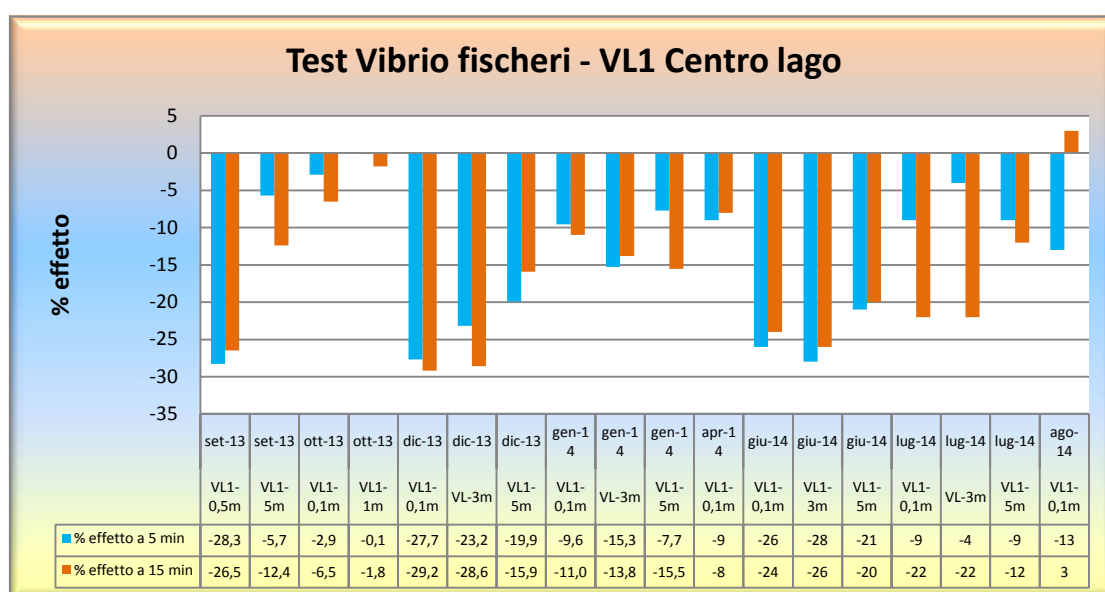


Grafico 4.5.1- Test *Vibrio fischeri* VL1 – Centro lago

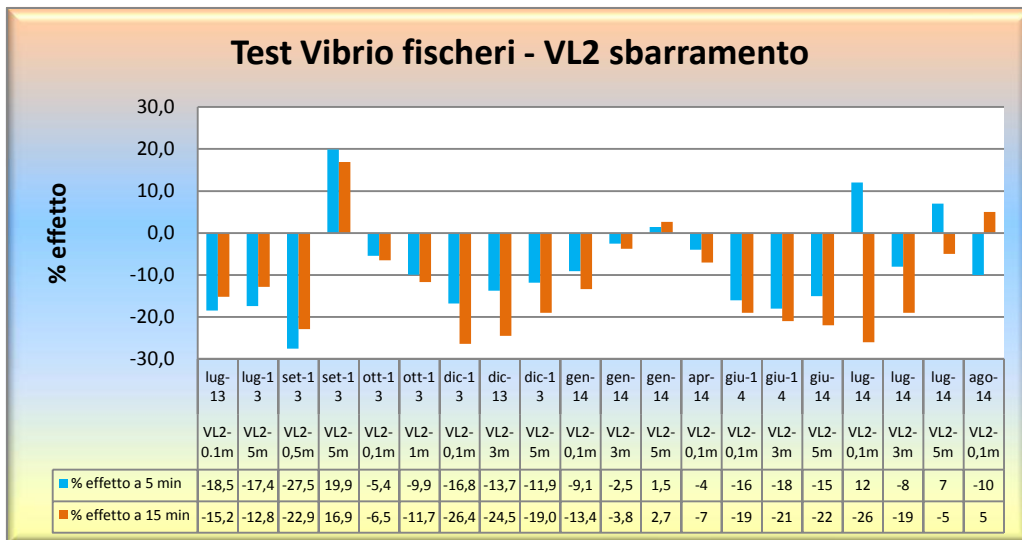


Grafico 4.5.2 - Test *Vibrio fischeri* VL2 – Sbarramento

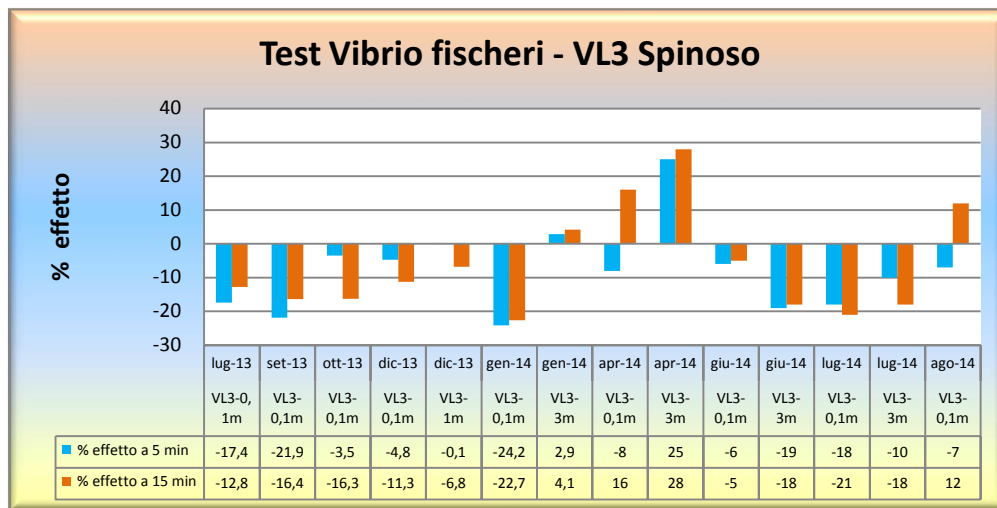


Grafico 4.5.3 - Test *Vibrio fischeri* VL3 – Spinoso

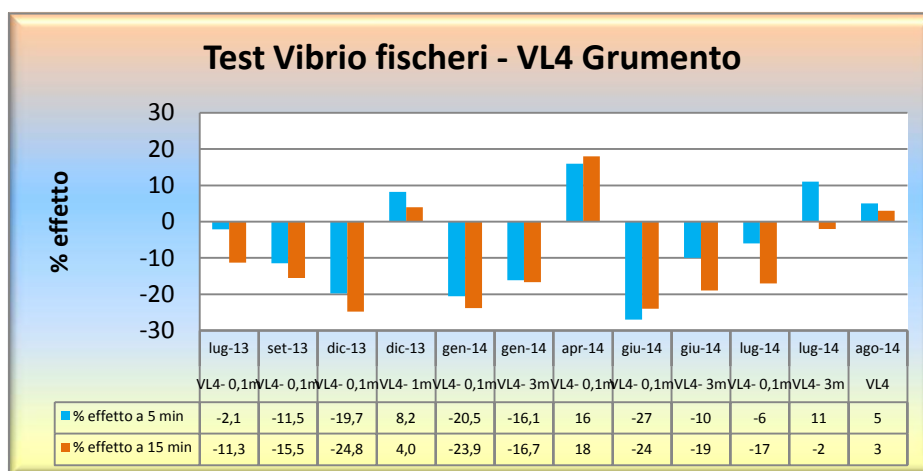


Grafico 4.5.4 - Test *Vibrio fischeri* VL4 – Grumento

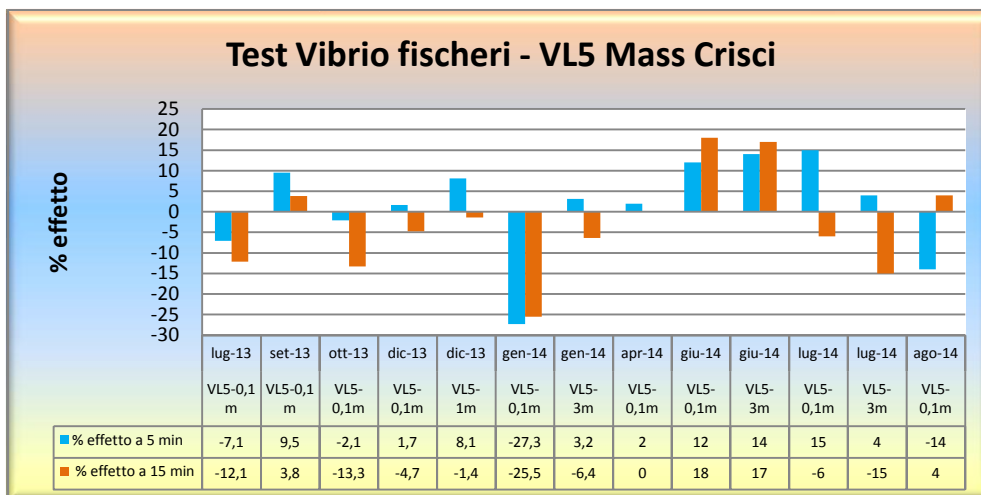


Grafico 4.5.5 - Test *Vibrio fischeri* VL5 – Masseria Crisci

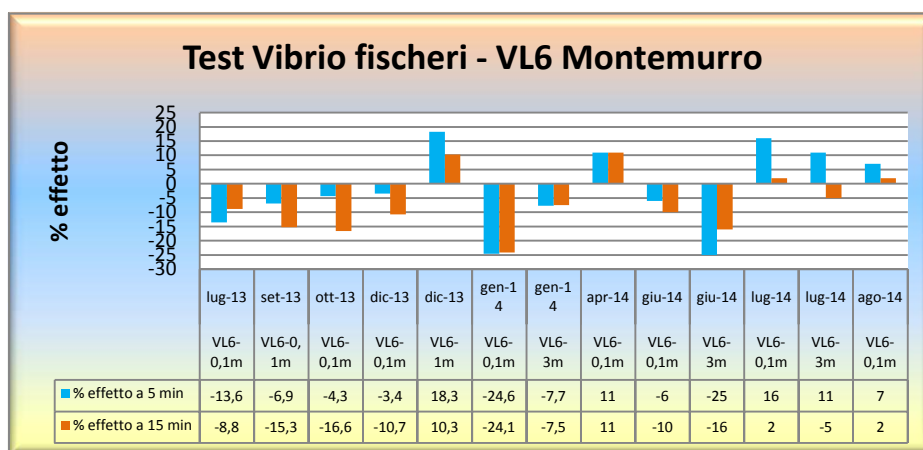


Grafico 4.5.6 - Test *Vibrio fischeri* VL6 – Montemurro

4.6 DIGA DEL PERTUSILLO - SAGGI ECOTOSSICOLOGICI SEDIMENTI

Anche i sedimenti della diga sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici. I test applicati sono stati:

- ✓ il test con batteri bioluminescenti *Vibrio fischeri*
- ✓ il test con semi di *Lepidium sativum*

Per la definizione della classe di tossicità si è fatto riferimento al documento APAT ICRAM (2007) – “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini”.

Si riportano i valori di EC20 ed EC50 che definiscono le classi di tossicità con l’applicazione del test con *Vibrio fischeri*.

Tabella 4.6.1 -Estratto dalla tabella 2.4Requisiti ecotossicologici del sedimento, inserita nel documento APAT - ICRAM (2007) “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini”.

Specie test	Tossicità assente o trascurabile	Tossicità media	Tossicità alta	Tossicità molto alta
<i>Vibrio fischeri</i>	EC20≥90%	EC20<90% e EC50≥90%	20% ≤ EC50<90%	EC50≥ 20%

Il test con batteri bioluminescenti *Vibrio fischeri* consente di valutare la tossicità di campioni utilizzando come risposta l’inibizione dellabioluminescenza naturalmente emessa dai batteri della specie *Vibrio fischeri*, dopo un tempo di contatto dei batteri con il campione in esame che può essere di 5, 10, 15 o 30 minuti.

Il risultato del test si esprime come EC50, ovvero come concentrazione del campione a cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza del 50% degli organismi.

Nel caso in cui la EC50 di un campione sia superiore al 100%, il risultato viene espresso anche come EC20, se calcolabile.

Quando la percentuale di inibizione è superiore o uguale al 20%, ma non è possibile calcolare l’EC20, il risultato si esprime come % di inibizione, con la nota che “l’effetto tossico potrebbe

essere rilevato solo a concentrazioni più elevate, per le quali sia possibile eseguire elaborazioni statistiche” (Metodo: APAT IRSA CNR 8030, Manuale 29/03, 2003).

Se la percentuale di effetto è inferiore al 20%, il risultato esprime assenza di tossicità.

Il saggio di fitotossicità eseguito con *Lepidium sativum*, invece, consente di rilevare contemporaneamente l'effetto sulla germinazione e sull'allungamento radicale, espresso come Indice di Germinazione percentuale (IG%) del campione rispetto al controllo.

In questo test un valore inferiore al 100%, indica un effetto inibitorio del campione sulla germinazione e sull'allungamento radicale, un valore superiore al 100%, indica, invece, un effetto di biostimolazione, indotto appunto, dal campione sulla germinazione e sull'allungamento radicale dell'organismo testato.

Anche in questo caso, quando l'inibizione è superiore al 50%, si procede al calcolo di un valore di EC50, eseguendo una serie di diluizioni tali da permettere di capire quale è la concentrazione del campione che determina l'effetto tossico. Le indagini con il *Vibrio fischeri* evidenziano una condizione di maggiore stress ambientale soprattutto nei stazioni VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (Masseria Crisci). In quest'ultimo sito, infatti, è stato possibile calcolare un valore di EC50 a 5 minuti pari a 89% nel campione prelevato nel mese di settembre 2013. In riferimento alla tabella estratta dal documento APAT ICRAM (2007) - *“Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini”* il campione è da intendersi nella classe di tossicità tra trascurabile e media. Negli altri mesi di prelievo la percentuale di effetto misurata nei campioni prelevati in questa stazione VL5 sono stati quasi sempre prossimi al 20%. Il test di fitotossicità non ha dato risultati tali da calcolare alcun valore di EC50 per nessuno dei campioni testati. Il risultato peggiore si riscontra però, ancora a livello della stazione VL5 nel campione di settembre 2013, ma con una percentuale di inibizione della germinazione e dell'allungamento radicale che non supera il 10%, indice di un livello di tossicità assente o trascurabile.

5. STATO CHIMICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

La Direttiva 2000/60/CE istituisce un quadro sulla politica comunitaria in materia di acque per migliorare la qualità ecologica delle acque partendo dal principio che “l’acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale.” La Direttiva 2008/105/CE del 16 dicembre 2008 del Parlamento europeo e del Consiglio sugli standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque modifica e abroga le Dir. 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE e modifica la Dir. 2000/60/CE. Tale direttiva istituisce standard di qualità ambientale (SQA) per le sostanze prioritarie e per alcuni altri inquinanti come previsto all'articolo 16 della direttiva 2000/60/CE, al fine di raggiungere uno stato chimico buono delle acque superficiali e conformemente alle disposizioni e agli obiettivi ambientali dell'articolo 4 di tale direttiva.

La più recente Direttiva 2013/39/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 agosto 2013 modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. Le sostanze prioritarie sono quelle nei cui confronti la comunità europea stabilisce priorità di intervento e sono considerate pericolose a causa delle loro persistenza, bioaccumulo e tossicità. In tale direttiva la commissione riesamina l’elenco di sostanze prioritarie, sostituendo l’elenco delle sostanze prioritarie dell’allegato X della 2000/60 con un nuovo elenco nell’allegato I di tale direttiva, incrementando il numero di sostanze da 33 a 45 e stabilendo nuovi standard di qualità ambientali (SQA). La presente modifica dovrà essere recepita dagli stati membri entro il 15 settembre 2015 perché vi sia uniformità di monitoraggio in tutta l’Unione e perché si raggiunga l’obiettivo di tutela di tutte le acque superficiali. Il D.Lgs. 152/06, e i successivi decreti legge in materia di acque, recepiscono la direttiva 2000/60/CE e forniscono una serie di strumenti per la valutazione dello stato chimico ed ecologico della risorsa idrica. In particolare il decreto legislativo n.260 del 2010 stabilisce i criteri per il monitoraggio e la classificazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei. Nelle tabelle 1/A e 1/B dell’Allegato 1 di tale decreto vengono riportate rispettivamente gli “Standard di qualità nella colonna d’acqua per le sostanze dell’elenco di priorità” e gli “Standard di qualità ambientale nella colonna d’acqua per alcune delle sostanze non appartenenti all’elenco di priorità” da

applicare al fine di raggiungere o mantenere il buono stato chimico delle acque superficiali. Inoltre le acque sono suddivise in acque superficiali interne e altre acque di superficie. Tali standard sono suddivisi in SQA-MA, Standard di qualità ambientale valore medio annuo, e CMA, concentrazione massima ammissibile. Gli SQA-MA rappresentano, ai fini della classificazione del buono stato chimico ed ecologico, le concentrazioni da rispettare.

Il valore viene calcolato sulla base della media aritmetica delle concentrazioni rilevate nei diversi mesi dell'anno. Gli SQA-CMA rappresentano le concentrazioni da non superare mai in ciascun sito di monitoraggio. Gli SQA sono espressi sotto forma di concentrazioni totali nell'intero campione di acqua. I metodi analitici utilizzati per la determinazione dei vari parametri previsti dalle tabelle dell'allegato 1 fanno riferimento alle migliori tecniche disponibili. Tali metodi sono tratti da raccolte di metodi standardizzati pubblicati a livello nazionale o internazionale e validati con la norma UNI/ISO/EN 17025.

Tenuto conto, dunque, di tali disposizioni normative si è proceduto allo studio dei parametri indicati nelle tabelle 1/A e 1/B secondo le migliori tecniche analitiche a disposizione del nostro laboratorio.

Ai fini della valutazione dello stato chimico, si applicano quindi i seguenti standard di qualità ambientale:

1. SQA-MA (standard di qualità ambientale-media annua): rappresenta, ai fini della classificazione del buono stato chimico ed ecologico, la concentrazione da rispettare. Il valore viene calcolato sulla base della media aritmetica delle concentrazioni rilevate nei diversi mesi dell'anno.

2. SQA-CMA (standard di qualità ambientale-massima concentrazione ammissibile): rappresenta la concentrazione da non superare mai in ciascun sito di monitoraggio.

Si riportano di seguito alcune definizioni utili a rappresentare la validità del risultato analitico. In particolare si richiama la definizione data dalla norma:

- a) Il “Limite di rivelabilita'” che e' definito come la piu' bassa concentrazione di un analita nel campione di prova che puo' essere distinta in modo statisticamente significativo dallo zero o dal bianco. Il limite di rivelabilita' e' numericamente uguale alla somma di 3 volte lo scarto tipo del segnale ottenuto dal bianco (concentrazione media calcolata su un numero di misure di bianchi indipendenti > 10) del segnale del bianco;
- b) Il limite di quantificazione e' definito come la piu' bassa concentrazione di un analita che puo' essere determinato in modo quantitativo con una determinata incertezza. Il limite di quantificazione e' definito come 3 volte il limite di rivelabilita';
- c) Incertezza di misura: e' il parametro associato al risultato di una misura che caratterizza la dispersione dei valori che possono essere attribuiti al parametro.

Per quanto concerne i sedimenti, la direttiva quadro sulle acque dell'Unione Europea 2000/60/CE del 23 ottobre 2000, stabilisce all'articolo 16 che la Commissione Europea debba sottomettere proposte di standard di qualità ambientale (EQS, Environmental Quality Standards) applicabili alle acque superficiali ma anche ai sedimenti ed al biota. Nell'allegato V alla stessa direttiva si stabilisce che nel definire questi standard, dovrebbero essere ottenuti dati relativi agli effetti acuti e cronici per diversi taxa, tra i quali pesci, alghe e/o macrofite, che sono importanti per il tipo di corpo idrico in questione, nonché per gli altri taxa acquatici per i quali siano disponibili dati. La direttiva 2008/CE, in applicazione del citato articolo 16, ha definito gli standard di qualità per le 33 sostanze prioritarie differenziandoli per le acque superficiali interne, come fiumi e laghi, e per le altre acque superficiali, ovvero acque di transizione, acque costiere e territoriali. Per quanto attiene ai sedimenti di acque interne, la stessa direttiva ne rimanda l'eventuale definizione agli stati membri.

Negli Stati Uniti, diverse agenzie federali, statali e provinciali, hanno sviluppato linee guida per definire la qualità sedimenti (SQG, Sediment Quality Guidelines), da utilizzarsi per diverse esigenze operative ed in rapporto all'uso specifico della risorsa idrica.

Gli approcci proposti in letteratura per la stima degli SQG numerici sono di natura diversa e dipendono da vari aspetti, quali il tipo di recettore da considerare (organismi residenti nei sedimenti, animali, vegetali, esseri umani), il livello di protezione da garantire, l'area geografica alla quale applicare i valori (sito-specifica, regionale o nazionale) ed il campo di applicazione (valori di screening, obiettivi di bonifica, valutazione della tossicità o meno dei campioni, valutazione del potenziale di bioaccumulo).

A livello nazionale, in mancanza di valori soglia di contaminazione per i sedimenti e di una qualsivoglia procedura specifica di valutazione del rischio per la salute umana e per gli ecosistemi esposti, la prassi vuole che si usino come riferimento le CSC (concentrazioni soglia di contaminazione) per i suoli, definite nel D. Lgs. 152/06, ovvero che si stabiliscano limiti sito-specifici nell'ambito di protocolli di intesa tra le parti coinvolte.

In molti casi sono stati utilizzati gli standard di qualità dei sedimenti limitatamente agli ambienti di acque marino-costiere così come riportato Tab. 2 DM 367/03.

Nel 2009 l'ISPRA ha pubblicato una *'Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale: Fiumi Saline ed Alento'*. ISPRA nel 2011 ha pubblicato il rapporto n.154 all'interno del quale effettua una disamina delle metodologie applicati anche in stati extraeuropei e definisce, per un numero limitato di sostanze, valori soglia. "Rapporto n.154/2011 l'ISPRA *'Standard di qualità' di sedimenti fluviali e lacuali'*. Criteri e Proposta.

Le norme citate sono state utilizzate come riferimento per l'interpretazione delle analisi sui sedimenti.

5.1 DISTRIBUZIONE DEI METALLI PESANTI NELLE ACQUE E NEI SEDIMENTI

Con il termine di "*metalli pesanti*" vengono identificati quegli elementi che presentano alcune caratteristiche comuni quali:

una densità superiore ai $5,0 \text{ g/cm}^3$;

un comportamento tipico come cationi;

una bassa solubilità di ossidi, idrossidi e solfuri;

una spiccata attitudine a formare complessi;

diversi stati di ossidazione a seconda delle condizioni di pH e potenziale redox.

Generalmente vengono considerati metalli pesanti: Ag, Ba, Cd, Co, Cr, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Cu, Sn, Tl, Ti, V, Zn ed alcuni metalloidi, con proprietà simili a quelle dei metalli pesanti, quali As, Sb, Bi e Se. Tra questi, gli elementi più spesso implicati in fenomeni d'inquinamento sono: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Se e Zn. Le possibili sorgenti di contaminazione da metalli pesanti, nell'ambiente in generale e nella pedosfera in particolare, hanno due origini: naturale o antropica. La principale fonte naturale è il substrato geologico mentre, tra le sorgenti d'origine antropica, le più rilevanti sono dovute alle attività civili ed industriali (responsabili di "*input accidentali*" legati essenzialmente a sorgenti puntiformi o lineari) ed alle pratiche agricole che rappresentano, invece, "*input deliberati*" determinati dalle pratiche normalmente utilizzate in agricoltura.

Nel corso del processo di alterazione delle rocce il reticolo cristallino dei minerali primari è distrutto dai processi pedogenetici, ed i metalli pesanti presenti nei reticoli cristallini primari sono trasferiti nella soluzione circolante del suolo. Una volta raggiunta la soluzione circolante essi possono essere lisciviati verso la falda idrica od essere occlusi nei reticoli cristallini dei minerali pedogenetici.

Una delle sorgenti principali di emissioni gassose di metalli pesanti è rappresentata dai fumi prodotti dal consumo di combustibili per il riscaldamento; circa l'84% delle ceneri prodotte dalla combustione dei carboni sono volatili ed il loro contenuto in metalli pesanti è piuttosto variabile, dipendendo sia dal tipo di carbone sia dalle condizioni di combustione.

Altre possibili interazioni (che interessano soprattutto la frazione argillosa di un suolo) possono avvenire per:

- adsorbimento fisico (o aspecifico);
- adsorbimento chimico (o specifico);
- inclusione nel reticolo cristallino.

L'adsorbimento fisico, è un processo caratterizzato da una interazione di tipo elettrostatico tra il catione metallico e la superficie di scambio con energia di attivazione molto bassa rispetto a quella che normalmente caratterizza i legami ionici. Per alcuni cationi metallici, l'adsorbimento chimico (che può essere considerato come un caso particolare di precipitazione in cui lo ione adsorbito diventa un costituente della fase solida adsorbente) può rivelarsi un processo più importante dello scambio ionico, soprattutto in presenza di minerali argillosi.

L'inclusione nel reticolo cristallino, caratterizzato dalle cosiddette sostituzioni isomorfe, è probabilmente un fenomeno successivo all'adsorbimento chimico, e porta ad una forte immobilizzazione del metallo incluso.

L'interazione dei metalli con la componente organica del suolo è importante nel determinarne la forma chimica, la concentrazione nella soluzione circolante, la velocità di lisciviazione e la biodisponibilità. Infatti la sostanza organica, attraverso i fenomeni di complessazione, può immobilizzare il metallo in forme più insolubili (rallentandone la lisciviazione) o chelarlo in forme solubili e mobilizzarlo.

La sostanza organica può inoltre occludere all'interno della propria struttura i metalli pesanti rimuovendoli dalla soluzione circolante.

A causa del carattere acido, l'accumulo di sostanza organica può inoltre abbassare il pH del suolo, favorendo così la solubilizzazione dei metalli pesanti occlusi nei reticoli cristallini di ossidi, idrossidi, carbonati e fosfati.

L'analisi dei metalli nei nostri laboratori viene effettuata mediante Spettrometria di Massa Accoppiata al Plasma Induttivo (ICP-MS) secondo le indicazioni e gli isotopi analitici indicati nel metodo EPA 6020A. Lo strumento in dotazione è un PerkinElmer modello DRCe che utilizza la cella di reazione (DRC: Dynamic Reaction Cell) per sopprimere le potenziali interferenze dovute a ioni poliatomici con l'impiego gas più o meno reattivi.

Lo strumento ha un potere risolutivo di 0,7 u.m.a. con una tolleranza massima di $\pm 0,1$ u.m.a. Tale risoluzione consente una corretta separazione degli elementi con le sensibilità prescritte dal costruttore.

Nelle tabelle seguenti sono riportati rispettivamente i metodi di analisi e i limiti di quantificazione applicati nell'esecuzione delle analisi di metalli pesanti nelle acque e nei sedimenti sia fluviali che lacustri.

ANALITA	METODO	LoQ $\mu\text{g/L}$	NOTE
Ag	EPA6020A	1,00	
Al	EPA6020A	5,00	
As	EPA6020A	1,00	
B	EPA6020A	5,00	
Ba	EPA6020A	1,00	
Be	EPA6020A	0,10	
Cd	EPA6020A	0,01	
Co	EPA6020A	1,00	
Cr tot	EPA6020A	1,00	isotopo 52 DRC con metano
Cr VI	EPA 7195 + EPA6020A	1,00	isotopo 52 DRC con metano
Cu	EPA6020A	1,00	
Fe	EPA6020A	5,00	isotopo 54 DRC con metano
Hg	EPA6020A	0,01	
Mn	EPA6020A	1,00	
Ni	EPA6020A	1,00	
Pb	EPA6020A	1,00	
Sb	EPA6020A	0,50	
Se	EPA6020A	1,00	isotopo 80 DRC con metano
Sn	EPA6020A	1,00	
Tl	EPA6020A	0,10	
V	EPA6020A	1,00	
Zn	EPA6020A	5,00	

Tab. 5.1: Metodi di analisi e limiti di quantificazione applicati nell'analisi dei metalli pesanti nelle acque

ANALITA	METODO	LoQ mg/Kg	NOTE
Ag	EPA3051A+EPA6020A	0,2	EPA3051A con HCl
Al	EPA3051A+EPA6020A	1000	
As	EPA3051A+EPA6020A	0,1	
B	EPA3051A+EPA6020A	5	
Ba	EPA3051A+EPA6020A	5	
Be	EPA3051A+EPA6020A	0,1	
Cd	EPA3051A+EPA6020A	0,1	
Co	EPA3051A+EPA6020A	1	
Cr tot.	EPA3060A+EPA6020A	5	isotopo 53 o 52 DRC con metano
Cr VI	EPA3051A+EPA6020A	0,5	isotopo 52 DRC con metano
Cu	EPA3051A+EPA6020A	5	
Fe	EPA3051A+EPA6020A	2000	isotopo 54 DRC con metano
Hg	EPA3051A+EPA6020A	0,1	
Mn	EPA3051A+EPA6020A	20	
Ni	EPA3051A+EPA6020A	1	
Pb	EPA3051A+EPA6020A	1	
Sb	EPA3051A+EPA6020A	0,1	EPA3051A con HCl
Se	EPA3051A+EPA6020A	1	isotopo 80 DRC con metano
Sn	EPA3051A+EPA6020A	0,2	EPA3051A con HCl
Tl	EPA3051A+EPA6020A	0,1	
V	EPA3051A+EPA6020A	5	
Zn	EPA3051A+EPA6020A	5	

Tab. 5.2: Metodi di analisi e limiti di quantificazione applicati nell'analisi dei metalli pesanti nei sedimenti

Il campione di acqua su cui determinare il contenuto di metalli è filtrato in accordo alle indicazioni APAT-IRSA-CNR 2003, metodo 1030: campionamento, oppure centrifugato (Parere Istituto Superiore di Sanità 14 febbraio 2002 – N° 006038 IA12) e successivamente

stabilizzato. Il campione è nebulizzato nel plasma dello spettrometro dove a circa 6000°K si ottiene l'atomizzazione e ionizzazione completa del metallo la cui concentrazione si riferisce pertanto al "metallo e suoi composti" come nel caso specifico delle sostanze pericolose-prioritarie (PP): Cadmio, Mercurio e loro composti e prioritarie (P) Nichel, Piombo e loro composti.

Nel caso invece dei metalli presenti in un sedimento ci si riferisce al contenuto di metallo "disponibile" (environmental available) mediante una estrazione con acido nitrico o miscele di acidi nitrico e cloridrico che solubilizzano soprattutto i metalli di rilevanza ambientale e di provenienza antropica oppure non inclusi nel reticolo cristallino. Esistono numerosi metodi di digestione acida con l'utilizzo di acidi più o meno concentrati e a temperature che vanno dal punto di ebollizione dei reagenti, a pressione atmosferica, fino a circa 200°C. La metodica di digestione acida da noi utilizzata è la EPA 3051A, e la sua versione che impiega anche l'acido cloridrico, che prevede un riscaldamento a 175°C. Tale metodo, accoppiato all'ICP-MS (EPA 6020A) per le determinazioni analitiche, ha fornito su suoli a differenti livelli di inquinanti dati rientranti nei parametri di accettabilità del circuito interlaboratorio nazionale UNICHIM.

Tabelle Standard di qualità nella colonna d'acqua

Tab. 1/A: sostanze dell'elenco di priorità	SQA-MA ug/l	SQA-CMA ug/l
Cadmio (PP) e composti (in funzione delle classi di durezza)		
classe 1 < 40 mg/l CaCO ₃	=/< 0,08	=/< 0,45
classe 2 da 40 a < 50 mg/l CaCO ₃	0,08	0,45
classe 3 da 50 a < 100 mg/l CaCO ₃	0,09	0,6
classe 4 da 100 a < 200 mg/l CaCO ₃	0,15	0,9
classe 5 =/> 200 mg/l CaCO ₃	0,25	1,5
Mercurio (PP) e composti	0,03	0,06
Nichel (P) e composti	20	---
Piombo (P) e composti	7,2	---

Tabella 1/B: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità	SQA-MA ug/l	SQA-CMA ug/l
Arsenico	10	---
Cromo totale	7	---

Tabella 2/B: altri metalli per le acque destinate ad uso potabile	SQA-MA ug/l	SQA-CMA ug/l
Antimonio	5000	---
Boro	1000	---
Selenio	10	---
Vanadio	50	---

Le analisi condotte sui campioni di acque del fiume Agri e dei suoi affluenti evidenziano che il Mercurio ed il Piombo che rientrano nella classe di sostanze definite pericolose-prioritarie e prioritarie (PP e P) non hanno mai superato i limiti di quantificazione rispettivamente di 0,01 µg/l ed 1 µg/l.

Nelle stazioni Va22 (Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova) e Va23 (Torrente Maglia a valle di Sarconi) viene rilevata presenza di cadmio in concentrazione apprezzabile (0,04 µg/l) rispetto al limite di quantificazione (tabella 5.1) e comunque al disotto dell SQA (0,15 µg/L corrispondente ad una durezza media di 190 mg/l di CaCO₃).

In nessuno dei campioni sottoposti ad analisi sono stati determinati valori di Cadmio, anche puntiformi, superiori allo SQA-CMA (Standard di Qualità Ambientale – Concentrazione Massima Ammissibile). Il valore medio determinato per il Nichel oscilla tra 1,5 e 3,0 µg/L contro uno SQA-MA 20 µg/L.

Le sostanze non prioritarie (Arsenico e Cromo totale) e quelle studiate (Argento, Antimonio, Berillio, Cobalto, Cromo esavalente, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco) raramente vengono determinate al di sopra del limite di quantificazione.

Le concentrazioni di Manganese, Boro, Bario, Ferro ed Alluminio, sostanze non classificate come prioritarie-pericolose e pericolose, sono state rispettivamente 75, 96, 110, 198 e 316 $\mu\text{g/l}$; per Ferro ed Alluminio queste concentrazioni più elevate corrispondono ai punti Va02 (Confluenza Rifreddo nel Pertusillo), Va03 (Sorgente Rifreddo) e Va05 (Confluenza Casale nel Pertusillo) rilevati solo nel campionamento di gennaio 2014 eseguito in condizioni metereologiche avverse; 75 $\mu\text{g/l}$ di Mn è stato analizzato nel punto Va07 (Canale depuratore zona industriale) nel solo campionamento di novembre 2013.

Analogamente sono stati eseguiti campionamenti e analisi di metalli nelle acque della diga del Pertusillo. Le analisi condotte per la determinazione dello Standard di Qualità Ambientale (SQA_MA) relativamente ai metalli che rientrano nell'elenco di priorità e quindi le sostanze pericolose-prioritarie e prioritarie (PP e P) hanno evidenziato che:

- in tutti i campioni analizzati il Mercurio (Hg) è risultato sempre al di sotto dei limite di quantificazione 0,01 $\mu\text{g/l}$;
- il Piombo ed il Cadmio raramente superano i predetti limiti, rispettivamente di 0,01 e 1 $\mu\text{g/l}$.
- Il Nichel è presente a valori tra 1,9 e 2,1 $\mu\text{g/L}$ contro uno SQA-MA 20 $\mu\text{g/L}$.

Tra le sostanze non prioritarie (Arsenico e Cromo totale) e le rimanenti sostanze studiate (Argento, Antimonio, Berillio, Cobalto, Cromo esavalente, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio) in rari casi si determinano concentrazioni apprezzabili rispetto ai loro limiti di quantificazione.

Tra gli elementi presenti in concentrazione maggiore si evidenziano il Ferro presente in concentrazione compresa tra 5 e 187 $\mu\text{g/l}$ l' alluminio tra 5 e 169 $\mu\text{g/l}$, lo Zinco tra 5 e 83 $\mu\text{g/l}$, il Manganese tra 1 e 45 $\mu\text{g/l}$, il Bario tra 31 e 44 $\mu\text{g/l}$, il Boro tra 12 e 61 $\mu\text{g/l}$, e il Rame tra 1 e 5 $\mu\text{g/l}$.

Lo studio condotto ha interessato anche i sedimenti sia fluviali che lacustri. Le indagini condotte su tale matrice rivestono importanza strategica poiché consentono di comprendere le pressioni a cui una determinata area può essere soggetta per effetto della capacità di tale matrice di accumulare grandi concentrazioni di contaminanti nel tempo.

Questo significa che la matrice sedimento rappresenta la memoria storica degli accadimenti che hanno interessato i territori interessati dalla presenza del fiume o del lago.

I sedimenti si formano in seguito all'accumulo di materiale proveniente dalla disgregazione di rocce unitamente a materiale organico proveniente da attività metaboliche di piante o animali.

Le sue componenti sono quindi fortemente legate al tipo di contesto ambientale in cui si formano, alle caratteristiche idrodinamiche e chimico-fisiche dell'ambiente acquatico di deposizione.

La ricerca di sostanze potenzialmente contaminanti in questa matrice è strettamente correlata al contesto in cui la matrice si forma e quindi lo stato chimico-fisico dei sedimenti rappresenta lo specchio di quello che accade nelle acque. Quando un contaminante si depone sulla superficie di un sedimento, esso può essere trasportato anche molto lontano dal luogo di origine, contestualmente la costituzione del sedimento può andare avanti con il risultato che l'inquinante rimane più a lungo ancorato alla matrice. Potrebbe verificarsi anche il fenomeno opposto, cioè l'inquinante una volta trasportato lontano dalla sua fonte potrebbe essere rilasciato nell'area circostante in seguito a cambiamenti ambientali o naturali. Il prevalere di uno dei due fenomeni dipende molto dal tipo di contaminante e dall'affinità che esso ha con la matrice. Altro fattore significativo è dato dal fatto che i sedimenti rappresentano una delle forme più significative di inquinamento diffuso (ANPA- Criteri di selezione dei parametri addizionali). Per le aree cosiddette a rischio si parla infatti di fonti di inquinamento puntuali o fonti diffuse. L'inquinamento di tipo puntuale può essere attribuito ad una parte del territorio geograficamente definita e delimitata e la fonte di inquinamento è facilmente individuabile, ad esempio acque di scarico di un'industria. Nelle fonti diffuse, invece,

definite dall'EPA NPS (NonPoint Source Pollution), la contaminazione, pur essendo circoscritta territorialmente può essere causa di inquinamento di vaste aree circostanti. I sedimenti derivando da processi erosivi possono contenere un volume maggiore di inquinante e accumulare inquinamento diffuso del territorio circostante. Sostanze come Poli Cloro Bifenili (PCBs) , idrocarburi alifatici, IPA e metalli pesanti vengono spesso ricercati nei sedimenti proprio per queste ragioni.

Per effetto dell'assenza di una norma che definisce le concentrazioni soglia di riferimento analogamente a quanto accade per i suoli o le acque , nel presente studio il sedimento è stato valutato sulla base dei Livelli Chimici di Riferimento (APAT 2009) o sui valori definiti nel rapporto ISPRA 154/2011.

5.1.1 Approccio metodologico alla valutazione della qualità ambientale dei sedimenti fluviali

La fissazione di standard di qualità dei sedimenti delle acque dolci superficiali, come detto, non è stato affrontato a livello normativo, è invece stato affrontato a livello internazionale; in letteratura spesso ci si riferisce ai Sediment Quality Benchmark (SQB) per acque dolci. La definizione di benchmark specifici per la matrice sedimento, in aggiunta ai benchmark riferiti alla colonna d'acqua dolce (Water Quality Benchmark, WQB) è imposta dalle seguenti considerazioni:

- a) alcuni contaminanti che si rinvenivano solo in traccia nella colonna di acqua, mostrano una spiccata tendenza ad accumularsi nei sedimenti;
- b) i sedimenti fungono da serbatoio di contaminanti che possono tornare in circolo nell'ambiente, tramite trasferimento nella colonna d'acqua soprastante, in un momento successivo a quello della loro immissione nel bacino;
- c) le concentrazioni di contaminanti nei sedimenti possono aumentare nel tempo in funzione della quantità e qualità di materiale solido sospeso in acqua e sedimentabile. La contaminazione dei sedimenti ha effetti sugli organismi bentonici e sugli altri organismi che, direttamente o indirettamente, entrano in relazione con i sedimenti, in quanto essi costituiscono parte integrale dell'ambiente acquatico.

Nel presente studio facciamo riferimento (**Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse** nazionale pubblicato da ISPRA del 2009) in cui vengono proposti i Livelli *Chimici di Riferimento* (LCR) non sito specifici, che, in analogia alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) per i suoli definite nella normativa vigente di settore (DLgs. 152/06), possano evidenziare i tratti di corso d'acqua che necessitano di specifiche indagini finalizzate alla definizione della eco-compatibilità dei sedimenti e, conseguentemente, alla eventuale individuazione di tratti di alveo da sottoporre ad intervento. I soli LCR non possono propriamente definirsi dei valori di riferimento per lo stato qualitativo di un corso d'acqua che, dovrebbe essere sempre affrontato a scala sito specifica e con metodologie appropriate. Per tale motivo è importante sottolineare che i LCR non costituiscono necessariamente i livelli cui tendere. Essi, tuttavia, offrono un semplice ed immediato ausilio alla definizione del quadro conoscitivo perché:

1. non essendo sito specifici sono applicabili a scala nazionale;
2. nella fase conoscitiva preliminare i dati di input sono relativi al chimismo dei sedimenti, per i quali esiste un oramai consolidato protocollo analitico;
3. permettono di definire degli indici in base ai quali modulare la priorità/severità degli interventi.

Per quanto concerne i metalli non è possibile effettuare una stima delle concentrazioni mediante il *modello dell'equilibrio di ripartizione (EqP)*. Pertanto per i metalli la partizione solido/liquido è controllata da numerosi parametri (adsorbimento superficiale, presenza di carbonati, ossidi e idrossidi di ferro e Mn, solfuri ecc.), difficilmente quantificabili.

Quindi facendo riferimento ai valori di LCR proposti da ISPRA si evidenzia che **cadmio, mercurio, piombo, Cr(VI), Cr(tot.) e arsenico** presentano delle concentrazioni sempre inferiore ai valori di LCR riportati nella tabella seguente.

Tabella: Livelli chimici di riferimento per i metalli. Per confronto sono riportati i valori proposti da normative/organismi nazionali. (1) CSC per i suoli ad uso residenziale/verde pubblico e (2); ad uso industriale; (3); Standard di qualità dei sedimenti limitatamente agli ambienti di acque marino-costiere Tab. 2 DM 367/03. Tutti valori espressi in mg/kg dw.

	LCR (APAT) (mg/kg)	LCR (APAT) (mg/kg) senza outlier	Col. A (mg/kg) D.Lgs 152/06 ⁽¹⁾	Col. B (mg/kg) D.Lgs 152/06 ⁽²⁾	DM 367/03 ⁽³⁾ (mg/kg)
Arsenico	14	13	20	50	12
Cadmio	0,55	0.5	2	15	0,3
Cromo Tot	100	47	150	800	50
Cromo(VI)	5				5
Mercurio	0,5	0.4	1	5	0,3
Nichel	73	56	120	500	30
Piombo	41	41	100	1000	30

I test ecotossicologici condotti in tale stazione, comunque, non hanno evidenziato valore di EC50 calcolabile, ciò esclude l'ipotesi di esistenza di stress ambientale. Lo stesso vale per ferro e manganese i cui valori, in tutti i sedimenti fluviali analizzati, confrontati con gli SQG calcolati nel Wisconsin (USA)¹ risultano essere sempre maggiori. Il confronto delle concentrazioni di **nickel, rame, cobalto e bario** analizzati in alcuni sedimenti del lago con i target e value¹ e intervention¹ value olandesi evidenziano che in alcune stazioni le concentrazioni di tali elementi superano i T.V. ma sono di molti inferiori agli I.V.

¹ Il valore di intervento (intervention value) è la concentrazione di un contaminante superata la quale si ha un serio evento di contaminazione della matrice ambientale. Il valore soglia (target value), invece, indica il livello in corrispondenza del quale si ha un livello accettabile di qualità del suolo e quindi indica la concentrazione che deve essere ottenuta per un completo recupero delle proprietà funzionali del suolo.

5.2 STUDIO E VALUTAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI IDROCARBURI NELLE ACQUE E NEI SEDIMENTI FLUVIALI E LACUALI

La denominazione di “idrocarburi” ricomprende un numero elevato di sostanze chimiche costituite da carbonio e idrogeno e aventi differente reattività chimica e proprietà chimico-fisiche. In generale, la presenza di idrocarburi nelle acque superficiali è la risultante di rilasci accidentali o deliberati significativi e/o continuati nel tempo di miscele, o più raramente di singole sostanze, di origine petrolifera nei suoli o nelle acque.

I fenomeni alla base della presenza di idrocarburi sono principalmente gli smaltimenti impropri o illegali dei rifiuti, le perdite di prodotti della raffinazione del petrolio dai serbatoi o durante il loro trasporto, altre operazioni connesse all’attività antropica.

In seguito all’evento che ha causato la presenza o meno degli idrocarburi nei corpi idrici posti a valle dipende dall’idrodinamica del territorio, dall’interazione con i sedimenti e con i terreni e dal tempo che è trascorso che gioca a favore della loro degradazione e trasformazione.

Il parametro idrocarburi non è nell’elenco delle sostanze pericolose prioritarie per i corpi idrici superficiali (definito dal D.M. 260/2010 in attuazione della direttiva europea 2000/60) e non poteva essere diversamente, perché, per definizione, rappresenta una miscela di composti chimici appartenenti a classi chimiche eterogenee.

Pur tuttavia, in un contesto come quello della Val d’Agri, l’analisi degli idrocarburi totali nelle acque superficiali è lo strumento più efficace per conoscere e quantificare l’impatto ambientale che l’estrazione petrolifera può aver determinato sul territorio e per evidenziare se vi è una qualche tendenza nelle condizioni generali o, ancora, se è occorso un evento puntuale di sversamento di prodotti petroliferi.

Anche in un documento dell’Unione, le *Linee Guida europee sul monitoraggio chimico dei corpi idrici superficiali secondo la Direttiva 2000/60*, si afferma il principio che “il monitoraggio comprenda anche le sostanze inquinanti presenti su scala di bacino per le quali non sono stati fissati degli standard europei di qualità che andrebbero valutate rispetto a dei valori di riferimento specifici fissati su scala nazionale o di bacino”.

Sul tema della determinazione del parametro idrocarburi totali il quadro normativo per le acque si completa con il D.Lgs. 152/2006 e *s.m.i.* che definisce taluni valori soglia:

- valore soglia ai fini del “buono stato chimico” delle acque sotterranee: 350 µg/L per gli idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- caratteristiche di qualità per acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile: valori compresi tra 50 e 1000 µg/L per idrocarburi disciolti o emulsionati (dopo estrazione mediante etere di petrolio).

In un contesto di norme tecniche che offre diverse possibilità per la determinazione del parametro “idrocarburi” (norme nazionali, comunitarie e non) e che determina significativi impatti nell’interpretazione dei risultati ISPRA si è fatta promotrice di un’iniziativa mirata a definire le frazioni di idrocarburi da ricercare e a convalidare i metodi di misura in tutte le matrici ambientali. Per le acque è stata messa a punto dal Gruppo di Lavoro (GdL) Idrocarburi, istituito presso ISPRA, una procedura di misurazione che consente la quantificazione degli “idrocarburi totali” come somma della concentrazioni in massa di due frazioni, esprimibili anche come n-esano:

- frazione volatile, relativa a idrocarburi con tempi di ritenzione compresi tra 2-metilpentano (C_6H_{14}) e n-decano ($C_{10}H_{22}$), inclusi gli estremi,
- frazione estraibile relativa a idrocarburi con tempi di ritenzione compresi tra n-decano ($C_{10}H_{22}$) e n-tetracontano ($C_{40}H_{82}$), esclusi gli estremi.

Il metodo è applicabile alle acque sotterranee, superficiali, reflue e da impianti di trattamento degli scarichi fognari. Sono incluse altresì le acque superficiali destinate ad uso potabile il cui contenuto in idrocarburi emulsionati o disciolti è quantificato in relazione alla frazione estraibile.

Per ottemperare all’esigenza di caratterizzare più approfonditamente e accuratamente la composizione chimica dell’acquifero e per poter valutare nel tempo l’evoluzione dello suo stato chimico nei laboratori del Centro Ricerche di Metaponto dell’ARPAB è stato messo a punto un metodo di analisi degli idrocarburi che migliora le performance analitiche in termini di sensibilità e selettività e che rispetto alla procedura definita dall’ISPRA e in procinto di essere pubblicata (dicembre 2014) utilizza lo spettrometro di massa a triplo

quadrupolo per la frazione estraibile, piuttosto che il FID che è aspecifico, e la tecnica del Purge & Trap per la frazione volatile degli idrocarburi.

Metodica strumentale di analisi quali-quantitativa della frazione estraibile degli idrocarburi messa a punto presso ARPAB-CRM

Nella definizione fornita dalla norma tecnica ISO 9377 vers. 2 in uso a livello internazionale per l'analisi degli idrocarburi nelle acque questo parametro include tutti gli idrocarburi alifatici, lineari, ramificati e ciclici, saturi e insaturi che eluiscono da una colonna cromatografica apolare tra il n-decano (C10) e il n-tetracontano (C40).

La metodica innovativa che è stata messa a punto ha consentito di ottenere i seguenti risultati:

- 1) è possibile ottenere misure più affidabili (migliore accuratezza) e ripetibili (migliore precisione) grazie alla selettività e sensibilità dell'analizzatore di massa a triplo quadrupolo; si riduce, tra l'altro, anche la possibilità di incappare in falsi positivi come può avvenire utilizzando il FID;*
- 2) si è in grado di poter apprezzare distintamente la presenza anche di piccole quantità di idrocarburi sciolti in acqua (dell'ordine delle decine di ppb, ovvero delle decine di molecole di idrocarburi in una tonnellata d'acqua), in maniera da riuscire a seguire l'evoluzione temporale della qualità del corpo idrico e da poter risalire alla fonte di una contaminazione;*
- 3) è possibile identificare la presenza nel corpo idrico di opportune molecole caratteristiche del petrolio ed in particolare del petrolio estratto in Val d'Agri.*

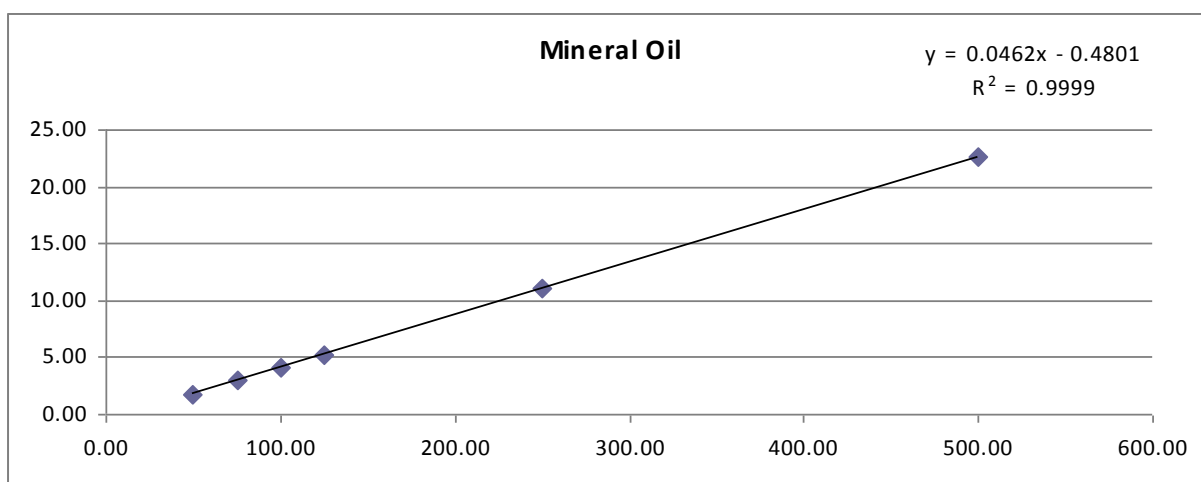
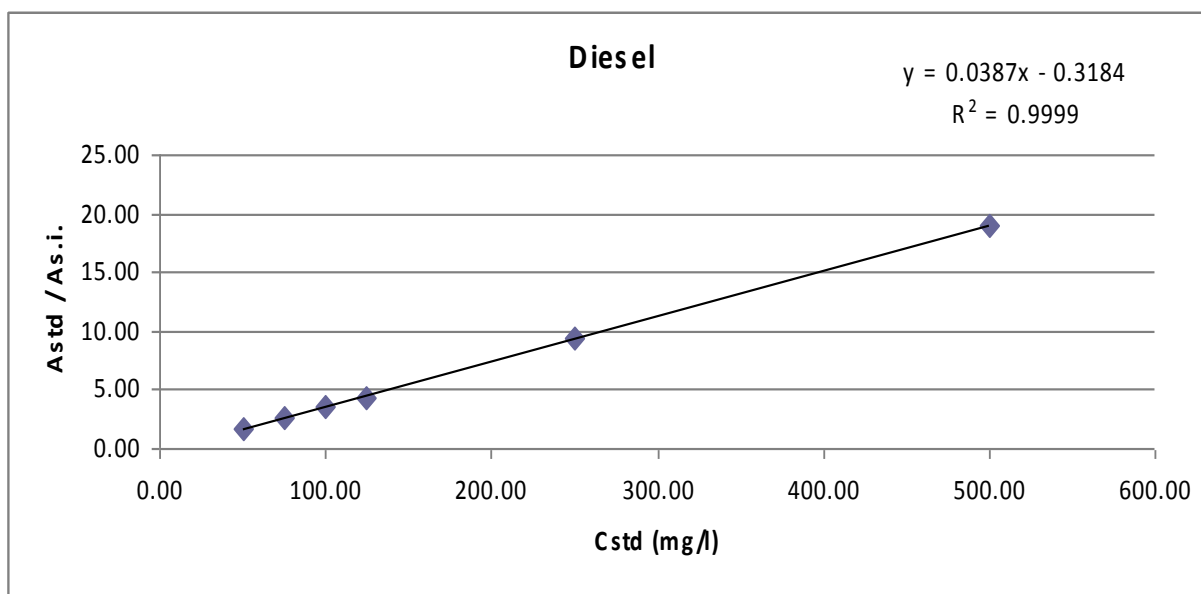
La prima scelta metodologica è stata quella di voler impiegare invece del rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) uno strumento più performante e normalmente impiegato nell'analisi delle tracce di inquinanti, ovvero uno spettrometro di massa dotato di tre quadrupoli posti in serie che è in grado di acquisire gli spettri delle molecole in modalità massa-massa (o MRM). In un esperimento MRM le molecole vengono frammentate all'interno dello strumento a seguito di una reazione in fase gassosa con un opportuno gas e ciò produce un rapporto segnale – rumore più elevato. Pertanto la possibilità di fare

errori nell'identificazione delle sostanze presenti diventa molto minore e pone l'operatore in condizione di analizzare le sostanze in quantità notevolmente basse, dell'ordine dei femtogrammi.

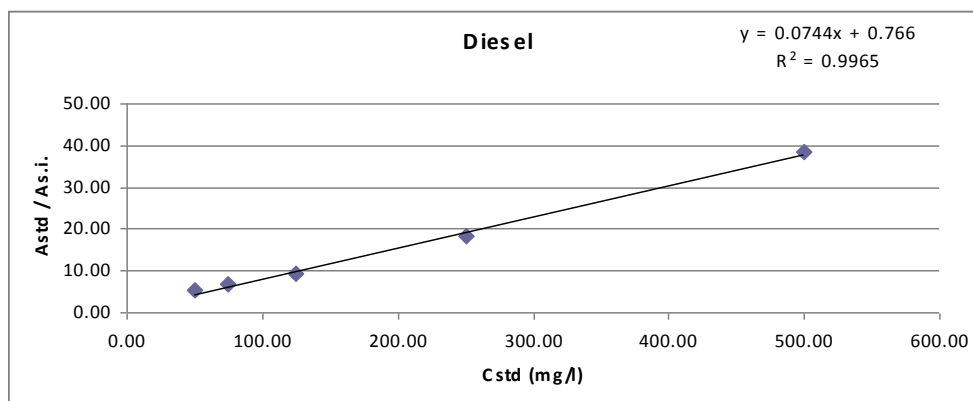
A quanto detto si aggiunga che quando l'analisi strumentale è condotta in MRM le interferenze di matrice residuali nonostante la purificazione del campione non disturbano l'analisi, come invece accade in un'analisi al FID.

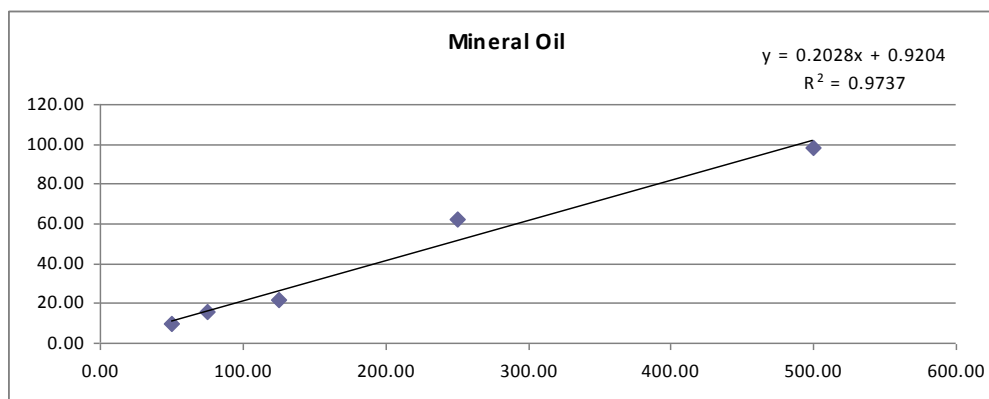
Le classi di idrocarburi considerate nell'analisi sono le seguenti: alcani, alcheni, alchini, cicloalcani, naftalene idrogenato e alchilati, benziotofeni alchilati, dibenzotiofene, dibenzotiofeni alchilati, fenantrene idrogenato e alchilati, alchilbenzeni variamente ramificati, indano e indene alchilati. La quantificazione degli idrocarburi totali viene eseguita prendendo in considerazione un diverso ione prodotto per ogni classe di idrocarburi. Un'ulteriore miglioria apportata al metodo analitico ha riguardato il metodo di quantificazione degli idrocarburi. Il metodo ISO 9377 vers. 2 prevede una calibrazione mediante standards (una miscela diesel e una mineral oil) esterni, ovvero analizzati separatamente dai campioni mentre in questo nuovo metodo due standard interni: il n-esadecano-d34 e il n-triacontano-d62 vengono aggiunti a tutti i campioni ed analizzati contestualmente. Questa miglioria, normalmente adottata in molti dei metodi ufficiali per l'analisi dei contaminanti ambientali più diffusi, consente di controllare l'efficacia dell'analisi di ciascun campione e di ottenere un dato quantitativo di idrocarburi totali che è più robusto. Per apprezzare la differenza in termini di performance tra la calibrazione con il metodo dello standard esterno (ISO 9377 vers. 2) e il metodo dello standard interno proposto si confrontino le seguenti curve di calibrazione:

Calibrazione con lo standard interno



Calibrazione con lo standard esterno (dopo la rimozione degli outliers)





Dai grafici riportati si evidenzia che la linearità della retta di calibrazione con gli standard esterni, parametrato dal coefficiente di determinazione R^2 , è assolutamente insoddisfacente ($R^2 \neq 1$), anche dopo la rimozione degli “outliers”, rispetto a quanto misurato con il metodo dello standard interno. Di conseguenza, anche il dato di concentrazione di idrocarburi disciolti ottenibile con l’analisi quantitativa è affetto da un’incertezza di misura più bassa se l’analisi viene condotta, come abbiamo proposto, con il metodo dello standard interno.

Il livello più basso di idrocarburi disciolti che è possibile rilevare con questo metodo è di 46 ug/L (limite di rivelabilità calcolato secondo la definizione del DECRETO 14 aprile 2009, n. 561 “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici...”). Mentre il limite di quantificazione (LoQ) calcolato dal valore medio delle misure di 10 bianchi procedurali + 10 volte lo scarto tipo della media dei 10 bianchi è risultato pari a 100 ug/L. Questo valore soddisfa abbastanza bene il criterio minimo di prestazione che vuole l’LoQ uguale o inferiore al 30% dello standard di qualità ambientale e che il D.Lgs. 152/2006 per gli idrocarburi totali disciolti nelle acque sotterranee fissa a 350ug/L.

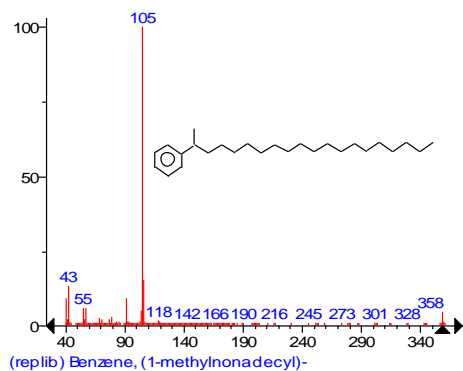
Un’ultima caratteristica innovativa del metodo sviluppato è quella di consentirci di stabilire la presenza, nei campioni sottoposti ad analisi, di alcune classi di molecole caratteristiche del petrolio, presenti anche nel petrolio della Val d’Agri.

¹ Il limite di rivelabilità è definito come la più bassa concentrazione di un analita nel campione di prova che può essere distinta in modo statisticamente significativo dallo zero o dal bianco. Il limite di rivelabilità è numericamente uguale alla somma di 3 volte lo scarto tipo del segnale ottenuto dal bianco (concentrazione media calcolata su un numero di misure di bianchi indipendenti > 10 del segnale del bianco).

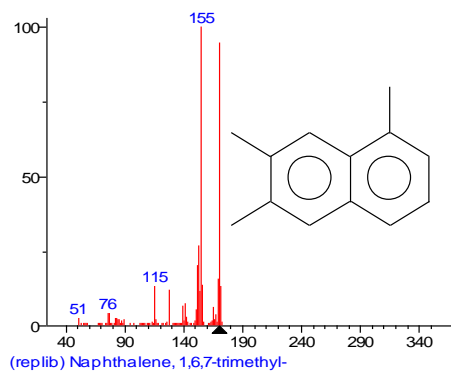
Le classi di molecole target che ad oggi il metodo è in grado di analizzare sono le seguenti:
alchilbenzeni, idrocarburi policiclici alchilati, idrocarburi policiclici idrogenati, benzotiofeni alchilati, dibenzotiofeni alchilati, tioxanteni e naftotiofeni alchilati.

Di seguito vengono riportati gli spettri tipo di tali classi di sostanze:

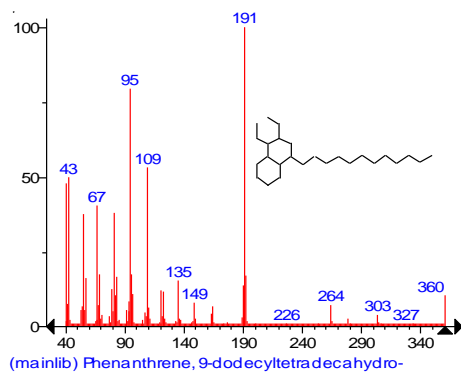
ALCHILBENZENI (es.)



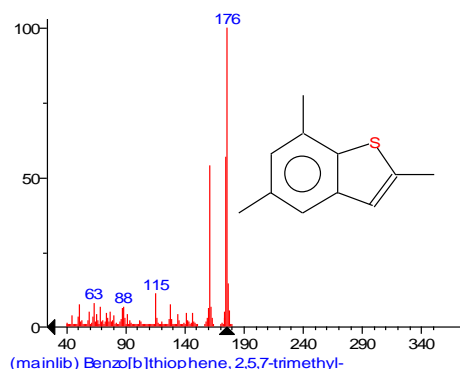
IDROCARBURI POLICICLICI ALCHILATI (es.)



IDROCARBURI POLICICLICI IDROGENATI (es.)

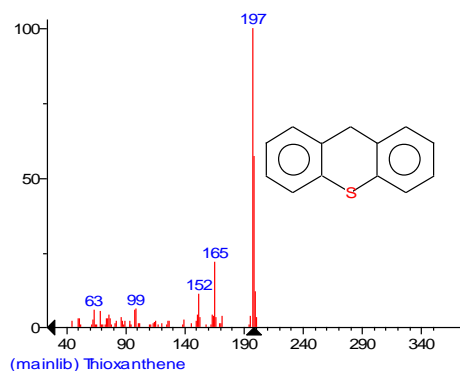
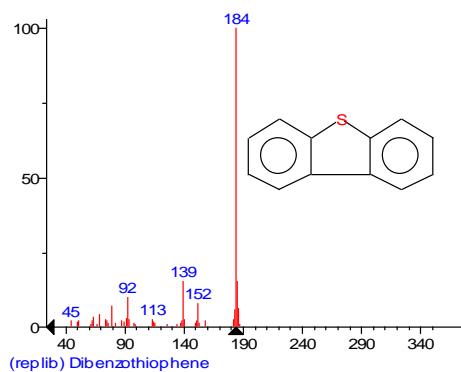


BENZOTIOFENI (es.)



DIBENZOTIOFENI (es.)

TIOXANTENI(es.)



5.2.1 Caratterizzazione (fingerprint) del petrolio

La caratterizzazione del petrolio estratto da un dato giacimento è un'operazione volta a conoscere la sua composizione in idrocarburi (tipo e concentrazione), tra quelli potenzialmente presenti in natura; composizione che, rispetto ad altri greggi e prodotti della raffinazione, può essere molto differente. A definire la composizione contribuiscono sia il materiale organico all'origine del petrolio che le condizioni ambientali (termiche, pressorie, microbiche, ecc...) in cui si è depositato.

La caratterizzazione è largamente utilizzata per scopi forensi per identificare chiaramente l'origine e il tipo di contaminazione di un territorio da idrocarburi (Wang et al, 1999).

Gli analiti target specifici del petrolio che vengono considerati indispensabili comprendono sicuramente almeno:

- Gli idrocarburi saturi, tra cui i n-alcani e selezionati isoprenoidi, il pristano e il fitano.
- Gli idrocarburi policiclici aromatici che sono, oltre ai 16 cosiddetti prioritari, specifici omologhi alchilati di determinati IPA (naftalene, fenantrene, dibenzotiofene, fluorene e crisene), con numero di atomi di carbonio nella catena

alchilica compreso tra 1 e 4. Solitamente gli omologhi alchilati sono più abbondanti dell'IPA genitore non alchilato e in un petrolio esposto agli agenti atmosferici i di-, tri- e tetra-metilfenantreni e dibenzotiofeni aumentano ulteriormente. Le abbondanze relative di omologhi alchilici di una famiglia di IPA rispetto a un'altra famiglia di IPA possono servire a identificare fonti di petrolio diverse. Ad esempio, un gruppo di analiti che varia ampiamente in diversi oli è la famiglia dei dibenzotiofene; le loro concentrazioni riflettono il tenore di zolfo dell'olio, e questo varia notevolmente nei diversi oli e prodotti petroliferi. La relativa abbondanza di IPA contenenti zolfo è una funzione del grado di anossia nei sedimenti che hanno dato origine alla roccia serbatoio di un olio.

- Biomarcatori, tra cui terpeni e sterani. La geochimica del petrolio si è concentrata su composti come gli idrocarburi policiclici aromatici, i triterpeni e gli sterani grazie alle loro caratteristiche di resistenza ai processi di degradazione, per cui servono a identificare il tipo di petrolio o derivato alla base di una contaminazione di matrici ambientali (Boehm et al., 1997).

L'analisi in gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa dei picchi di ioni selezionati prodotti da questi composti genera informazioni di grande importanza nel determinare la sorgente di contaminazione e fare delle valutazioni sui possibili effetti degli agenti atmosferici sui contaminati idrocarburici presenti.

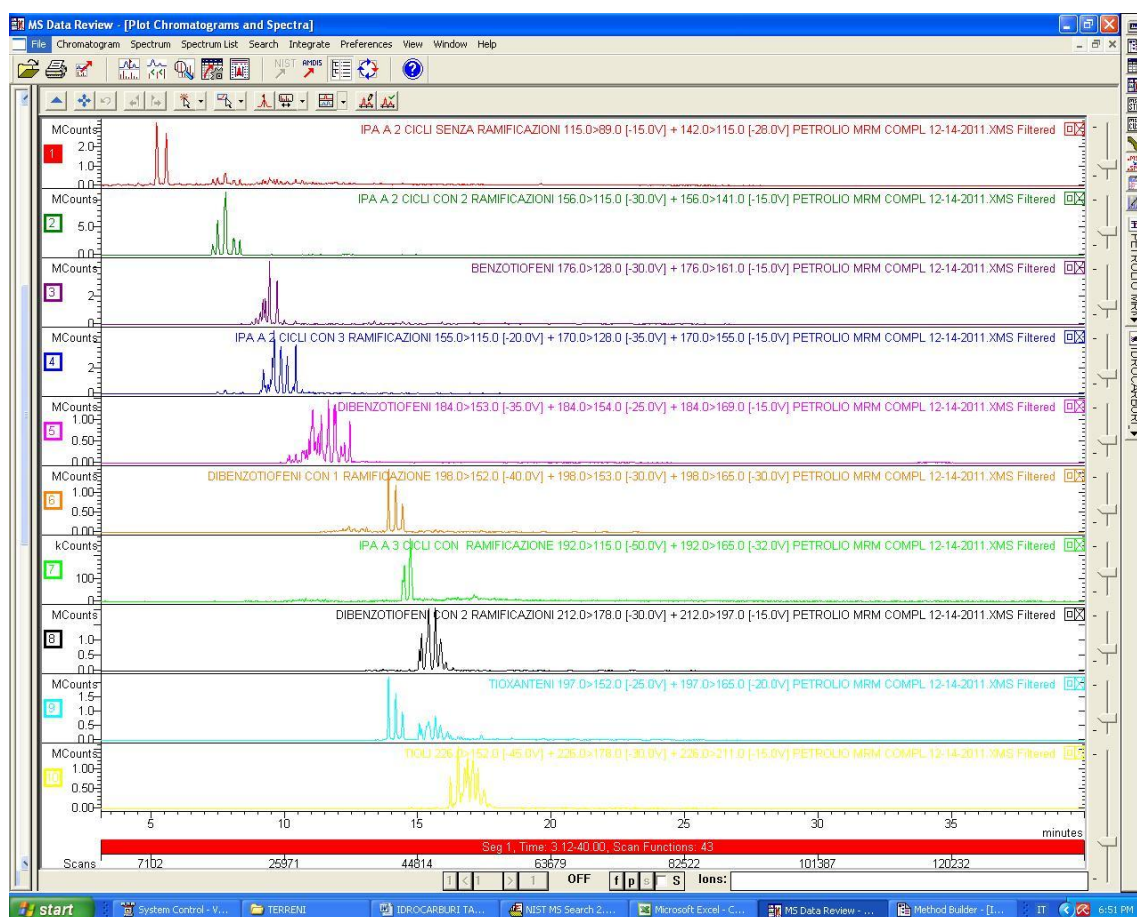
Per rilevare la fonte della contaminazione oltre ai sopramenzionati criteri qualitativi, ovvero l'attestazione della presenza degli idrocarburi target, sono stati sviluppati e utilizzati anche taluni criteri quantitativi (Wang et al., 1999, e Stout et al., 2000 e 2002).

Di seguito ne vengono riportati alcuni a titolo di esempio.

Ratio name	Definition
C2-dbt/C2-phe (%)	$100 * [C2\text{-dibenzothiophenes} / (C2\text{-dibenzothiophenes} + C2\text{-phenanthrenes})]$
C3-dbt/C3-phe (%)	$100 * [C3\text{-dibenzothiophenes} / (C3\text{-dibenzothiophenes} + C3\text{-phenanthrenes})]$
C3-dbt/C3-chr (%)	$100 * [C3\text{-dibenzothiophenes} / (C3\text{-dibenzothiophenes} + C3\text{-chrysenes})]$
2-MP/1-MP (%)	$100 * [2\text{-methyl phenanthrene} / (2\text{-methyl phenanthrene} + 1\text{-methyl phenanthrene})]$
4-MD/1-MD (%)	$100 * [4\text{-methyl dibenzothiophene} / (4\text{-methyl dibenzothiophene} + 1\text{-methyl dibenzothiophene})]$
Retene/C4-phe (%)	$100 * [Retene / (retene + C4\text{-phenanthrenes})]$

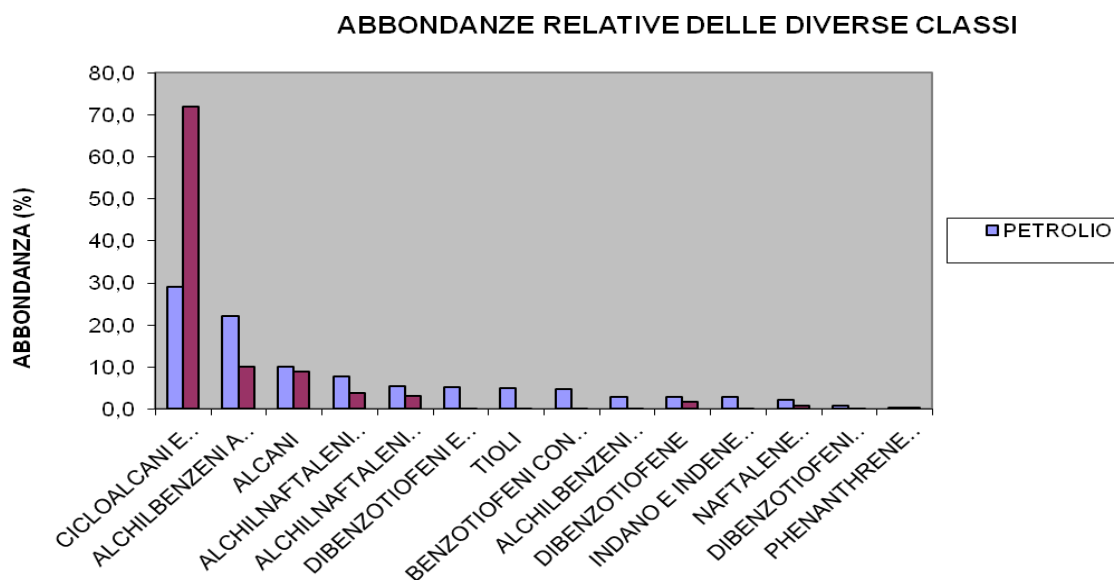
5.2.2 Primi risultati dell'applicazione del metodo analitico sviluppato

Di seguito viene mostrato come si presenta un cromatogramma del petrolio della Val d'Agri cui è stata fatta una prima caratterizzazione che ha portato all'identificazione di alcune classi di composti target:

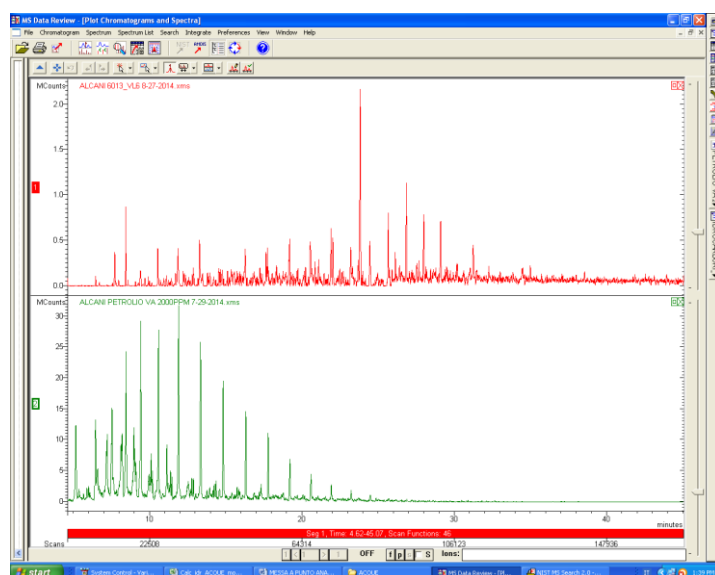


Sperimentalmente sono state osservate delle notevoli differenze in termini di abbondanza relativa delle diverse classi chimiche caratteristiche tra il petrolio della Val d'Agri e due prodotti raffinati, il diesel e un olio di origine minerale. Addirittura alcune tipologie di idrocarburi target (dibenzotiofeni e naftotiofeni, indano e indene alchilati, alchilbenzeni con 4 atomi di carbonio metilici, tioli, benzotiofeni con 3 carboni metilici, dibenzotiofeni con 1 carbonio metilico) nella miscela diesel+ mineral oil non sono presenti. Questo dimostra che grazie al metodo messo a punto si è in grado di poter formulare delle ipotesi sull'origine di una contaminazione da idrocarburi osservata in una

matrice ambientale (acqua, suolo, sedimento) della Val d’Agri, ovvero, detto in altri termini, se la contaminazione è connessa con il petrolio ivi estratto o è riconducibile a dei derivati commerciali.



Un ulteriore elemento che può aiutare a comprendere la sorgente di una contaminazione da idrocarburi è la valutazione del numero di atomi di carbonio presenti nel campione sottoposto all’analisi. La situazione in cui gli idrocarburi presenti possiedono un numero di atomi di carbonio superiore a quello del petrolio porta ad escludere che all’origine possa esserci stato uno sversamento di petrolio, perché gli idrocarburi in condizioni standard ambientali non danno luogo a reazioni che portano all’allungamento della loro catena alchilica.



5.2.3 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi nelle acque

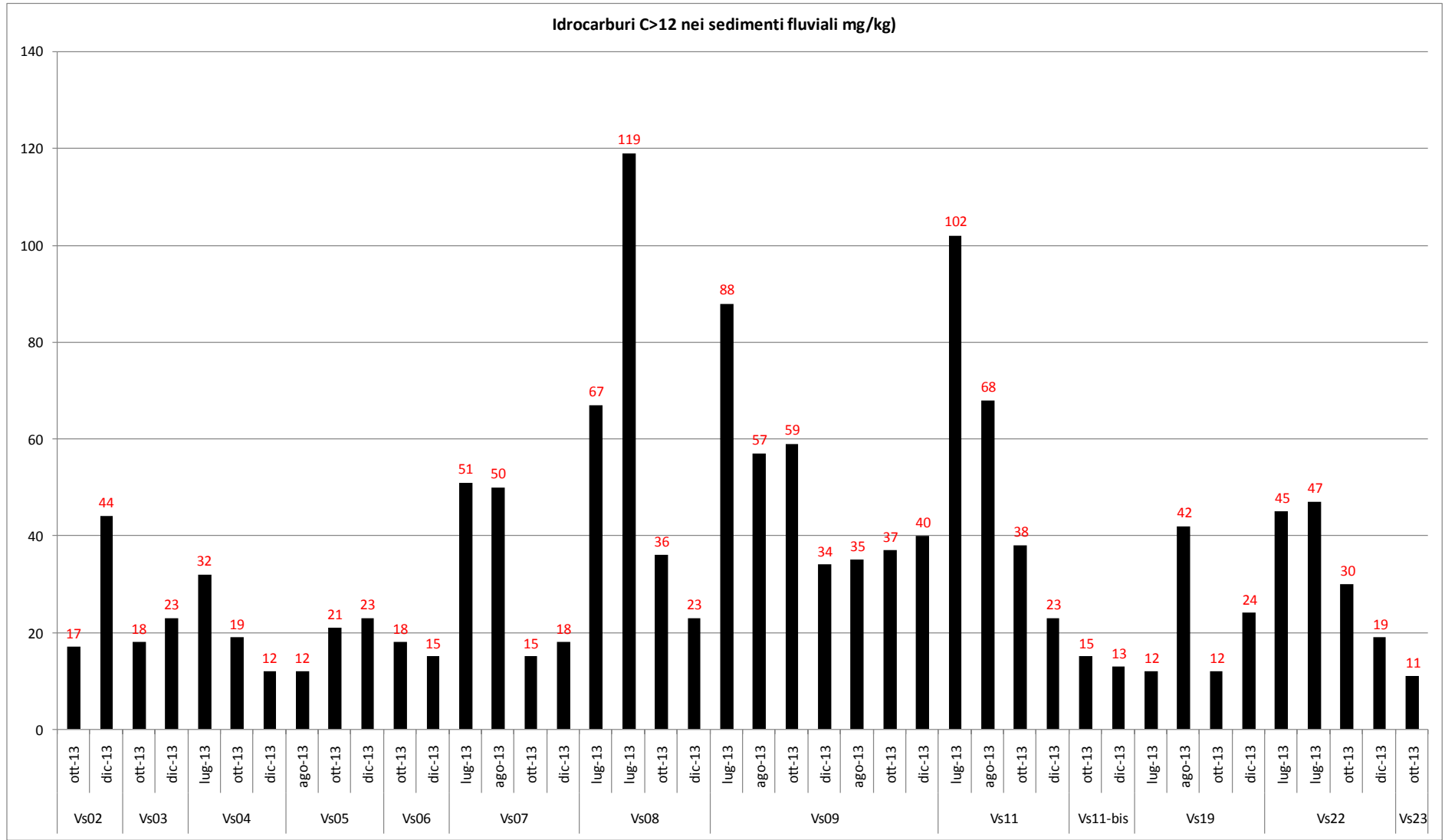
In nessuno dei campioni sottoposto ad analisi nel periodo compreso tra giugno 2013 e agosto 2014 è stata rilevata presenza di idrocarburi ad eccezione di quello della stazione Va05 (ubicata alla confluenza tra il Torrente Casale e il Lago del Pertusillo) prelevato a luglio 2013 la cui concentrazione espressa come n-esano è risultata 0,23 mg/l (laddove il limite di quantificazione del metodo è posto a 0,1 mg/l).

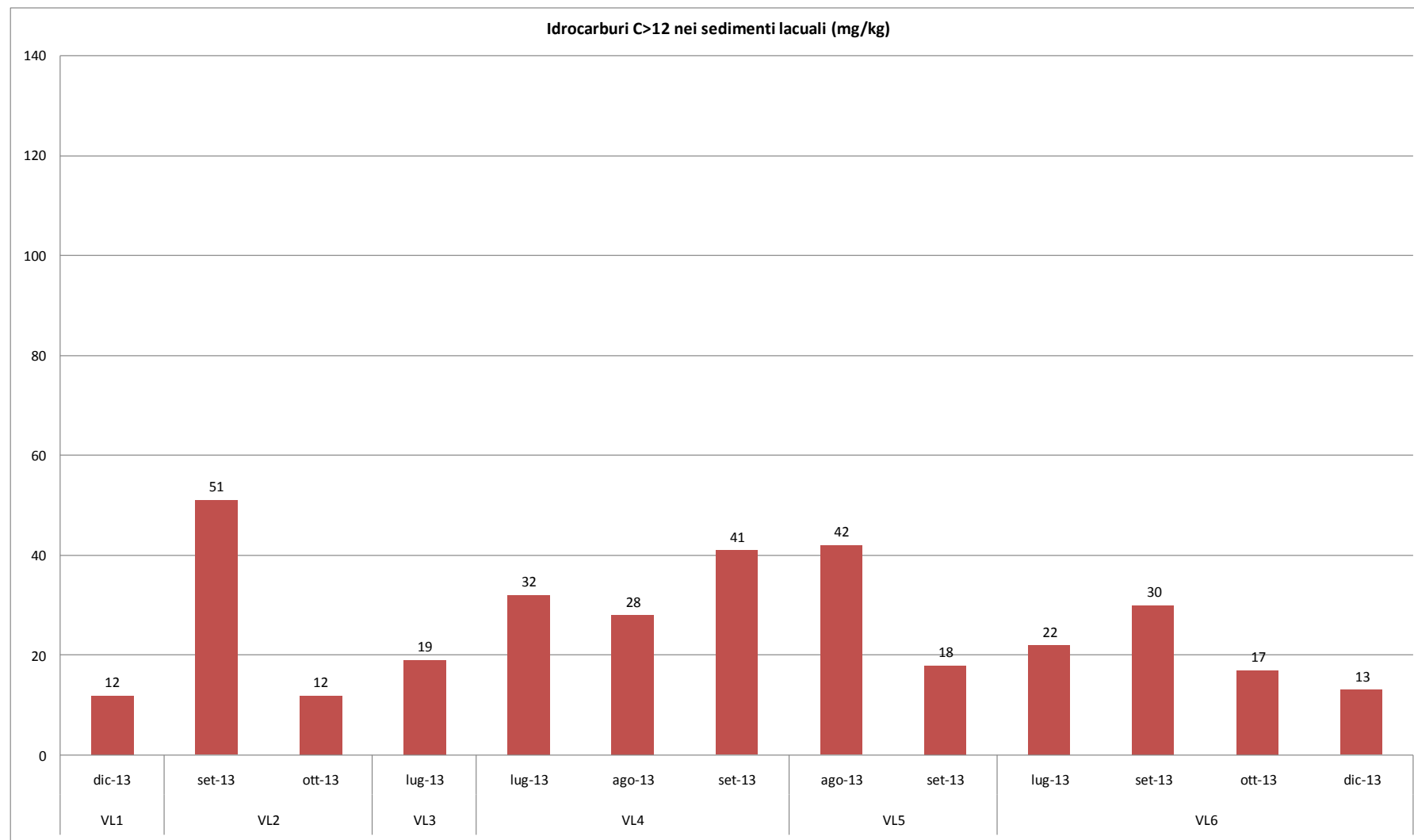
5.2.4 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi nei sedimenti

Come con le acque, la legislazione vigente non prevede alcuna concentrazione soglia per gli idrocarburi nei sedimenti fluviali, pur tuttavia la direttiva 2008/105/CE, recepita dall'Italia, ne rimanda la definizione agli stati membri.

Quando avviene uno sversamento di petrolio che arriva a contatto con l'acqua il primo fenomeno cui si assiste è la formazione di una patina "oleosa" sulla superficie che tende in seguito a disperdersi e a scomporsi, soprattutto per effetto meccanico della turbolenza del corso d'acqua e per effetto degli agenti atmosferici. Altri fenomeni che avvengono contestualmente alla dispersione sono l'evaporazione dei componenti più leggeri e la dissoluzione dei componenti solubili in acqua. Alcuni componenti subiscono il fenomeno dell'ossidazione portando alla formazione di aggregati catramosi mentre i componenti con una densità maggiore si sedimentano lungo il corso d'acqua legandosi ai materiali

organici e inorganici che costituiscono il sedimento. Per questa fenomenologia il sedimento, ancor più dell'acqua, rappresenta la matrice di elezione per studiare la contaminazione da idrocarburi di un corpo idrico, anche a distanza di tempo dal verificarsi dell'evento. Le risultanze analitiche emerse a seguito dello studio condotto in questo progetto evidenziano la presenza diffusa di idrocarburi nei campioni di sedimento sia del fiume Agri che di alcuni suoi affluenti (torrenti Alli, Sciaura, Rifreddo e Casale) oltre che nei sedimenti del lago del Pertusillo.



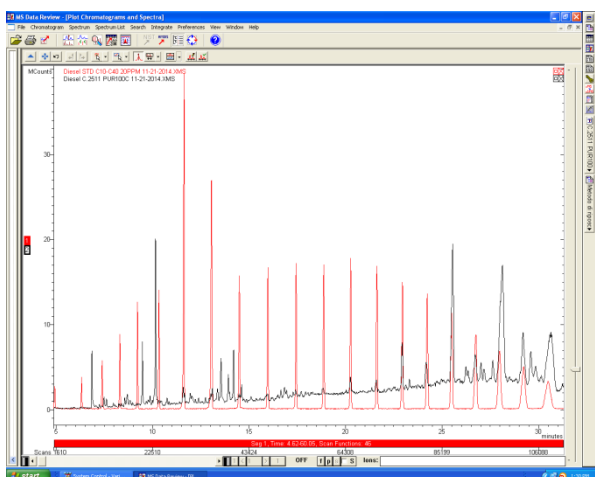


Le concentrazioni più significative di idrocarburi sono risultate nelle seguenti stazioni:

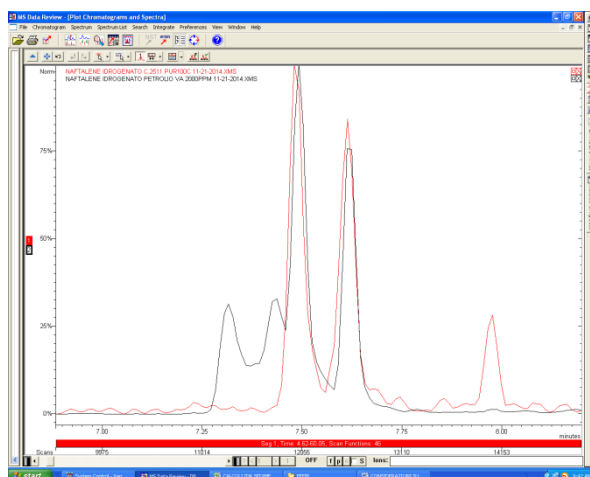
codice stazione	ubicazione	matrice	data prelievo	Idrocarburi C>12 (mg/kg)
Vs07	Canale depuratore zona industriale	sedimenti fluviali	11/07/13	51
Vs07	Canale depuratore zona industriale	sedimenti fluviali	01/08/13	50
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	sedimenti fluviali	15/07/13	67
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	sedimenti fluviali	31/07/13	119
Vs09	Sorgente Alli	sedimenti fluviali	12/07/13	88
Vs09	Sorgente Alli	sedimenti fluviali	05/08/13	57
Vs09	Sorgente Alli	sedimenti fluviali	25/10/13	59
Vs11	Sorgente Agri	sedimenti fluviali	15/07/13	102
Vs11	Sorgente Agri	sedimenti fluviali	05/08/13	68
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	sedimenti lacuali	18/09/13	51

Nei campioni sopraelencati è stato possibile identificare un numero consistente di idrocarburi target di derivazione petrolifera come è possibile desumere dai grafici di seguito riportati per un campione di sedimento preso ad esempio che viene messo a confronto con il petrolio della Val d'Agri .

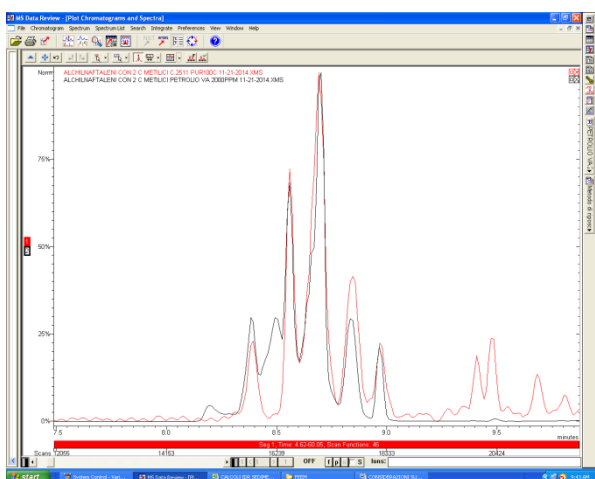
Alcani



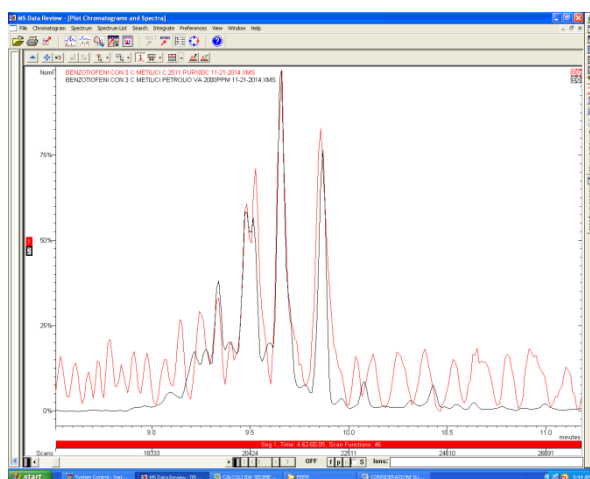
Naftalene idrogenato



Alchilnaftaleni con 2C

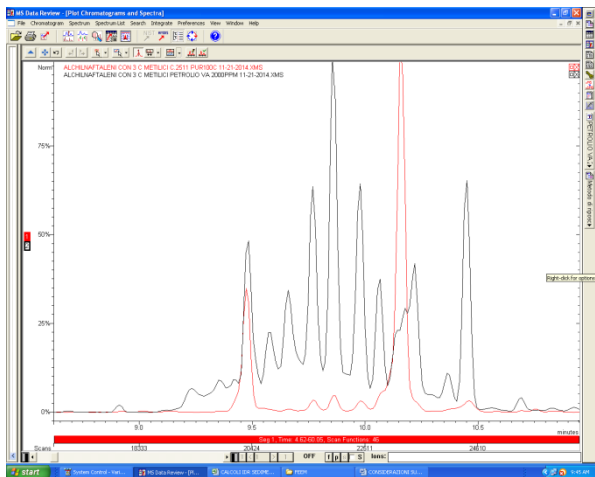


Benzotiofeni con 3C

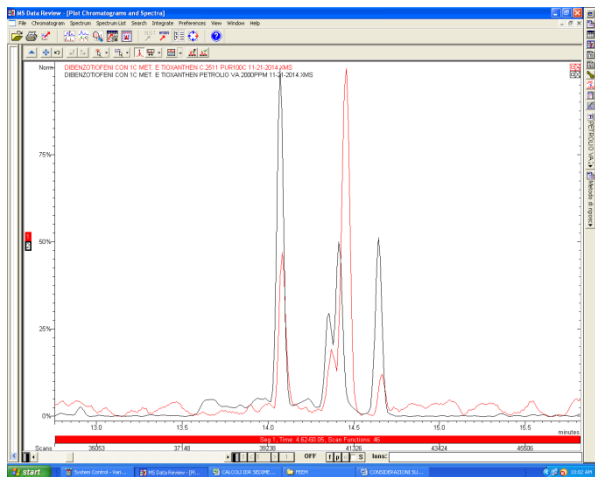


Alchilnaftaleni con 3C

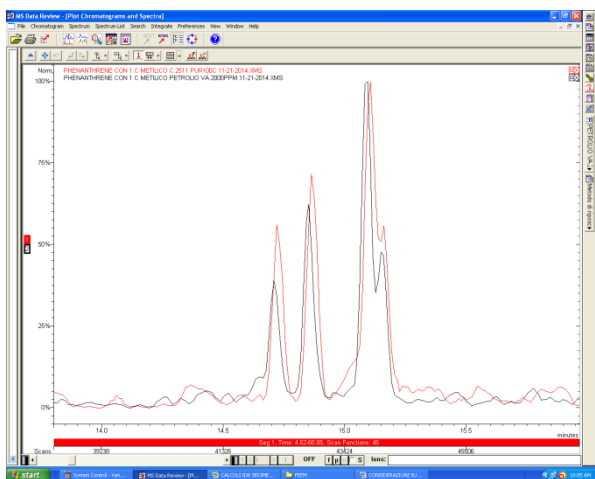
Dibenzotiofeni con 1C eTioxantere



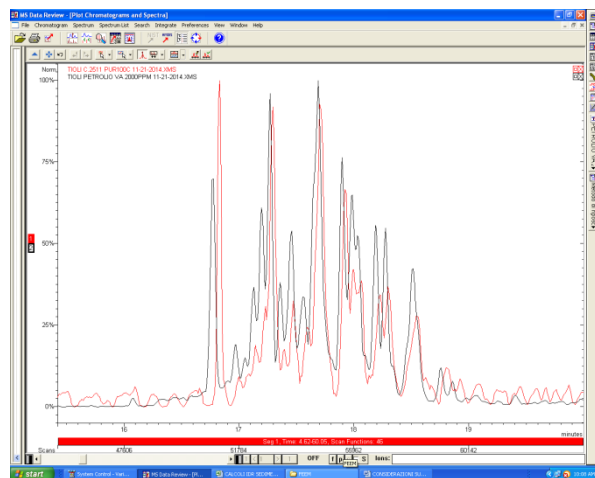
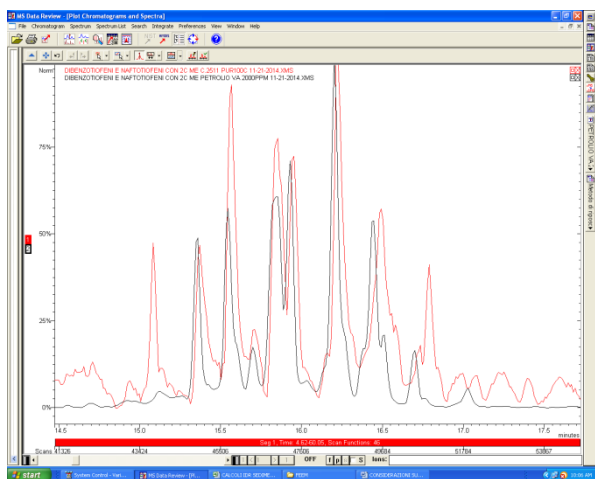
Fenantrene con 1C



Dibenzotiofeni e naftotiofeni con 1C



Tioili



Un'ultima considerazione che è possibile fare è che nelle stesse stazioni laddove il naftalene (che può avere o meno un'origine petrolifera) supera il limite di 0,2 µg/kg proposto dall'ISPRA nel 2009 sono presenti anche gli idrocarburi target caratteristici del petrolio.

Da ultimo si segnala che in più di qualche caso si è potuta verificare la presenza nei sedimenti fluviali di alcuni idrocarburi a numero di atomi di C dispari, principalmente cinque: tricosane (C23), pentacosane (C25), heptacosane (C27), nonacosane (C29) e hentriacontane (C31) per i quali la letteratura scientifica propende per un'origine biogenica piuttosto che petrogenica.

5.2.5 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi aromatici volatili nelle acque

Nell'ambito dei controlli condotti lungo le aste fluviali dell'Agri e affluenti e sul lago del Pertusillo sono state campionate e analizzate le acque superficiali anche per la ricerca delle sostanze chimiche appartenenti al gruppo degli *idrocarburi aromatici alifatici clorurati* e dei *clorobenzeni*.

Per questa analisi i prelievi delle acque sono stati condotti in superficie e solo sul lago anche a 1m di profondità per apprezzare eventuali differenze nella concentrazioni delle sostanze principalmente in dipendenza dalla loro densità e volatilità e dalle caratteristiche chimico-fisiche del lago (temperatura, conducibilità, potenziale redox).

I campioni sono stati stabilizzati sul posto con sodio tiosolfato e conservati in contenitori in vetro a tenuta di gas. Infine entro 48 ore dal prelievo sono stati sottoposti ad analisi gascromatografica e le molecole riscontrate confermate mediante spettrometria di massa.

La presenza nelle acque superficiali di *idrocarburi aromatici* (benzene, toluene, etilbenzene, xileni, etc..) può essere un buon indicatore della presenza di una sorgente attiva di contaminazione prossima al punto di controllo e di un evento che è avvenuto in un lasso di tempo relativamente breve. Infatti per loro natura queste sostanze sono estremamente volatili, poco solubili in acqua e soggette alla degradazione microbica, pertanto non è facile riscontrarle nel corpo idrico, soprattutto nei periodi di piena o in un bacino per via della

dispersione cui sono sottoposte. Volendo usare una metafora l'analisi degli idrocarburi aromatici nelle acque superficiali è un'istantanea che fotografa la situazione nel tempo e nello spazio.

La valutazione dello stato di qualità delle acque è stata condotta in riferimento al D.M. 260/2010 (Allegato1; Parte 2: modalità per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici; Par. A.2.6 tab. 1/A e Par. A.2.7 tab. 1/B).


Sia nelle acque superficiali del Pertusillo che nel fiume Agri e affluenti si è registrata una buona situazione relativamente ai parametri idrocarburi volatili aromatici indagati. Difatti le quantità riscontrate sono state sempre a livello di tracce, inferiori alle parti per miliardo (ppb) e ben lontane (almeno di un ordine di grandezza) dai valori massimi fissati dal decreto oltre i quali lo stato chimico del corpo idrico non è più classificato nello stato buono.


Gli *idrocarburi alifatici clorurati e alogenati e i clorobenzeni* sono prodotti di sintesi. I loro usi sono i più disparati e in ragione della loro pericolosità vengono obbligatoriamente monitorati nelle acque superficiali.

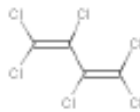
Di seguito vengono riportati in forma tabellare le sostanze previste dal D.M. 260/2010 con l'indicazione, per ciascuna2:

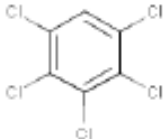
- della *formula di struttura*;
- del *numero di CAS* (numero identificativo della molecola);
- del *log K_{OW}* (logaritmo della costante di ripartizione ottanolo- acqua) che è un indice del grado di lipofilità / idrofilicità di una molecola;
- della *solubilità in acqua* che come dice il termine è un parametro che indica il grado di solubilità di una molecola in acqua.

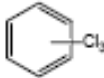
2 fonte: Guidance Document No. 19 GUIDANCE ON SURFACE WATER CHEMICAL MONITORING UNDER THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

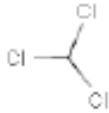
Compound <i>1,2-Dichloroethane</i>		
CAS Number 107-06-2	Log K_{ow} 1.45	Water Solubility [g/L] 8.5-9.0



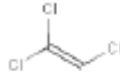
Compound <i>Dichloromethane</i>		
CAS Number 75-09-2	Log K_{ow} ~ 1.3	Water Solubility [g/L] ~ 20

Compound <i>Hexachlorobutadiene</i>		
CAS Number 87-68-3	Log K_{ow} 4.9	Water Solubility [mg/L] 2.55 at 20 °C

Compound <i>Pentachlorobenzene</i>		
CAS Number 60-93-5	Log K_{ow} 5.17	Water Solubility [mg/L] 0.831

Compound <i>Trichlorobenzenes</i> <i>(all isomers)</i>		
CAS Number 12002-48-1	Log K_{ow} 4.02 – 4.49	Water Solubility [mg/L] 6-19

Compound <i>Trichloromethane</i>		
CAS Number 67-66-3	Log K_{ow} 1.97	Water Solubility [mg/L] 8.7

Compound <i>Carbontetrachloride</i>	<i>Tetrachloroethylene</i>	<i>Trichloroethylene</i>
		
CAS Number <i>Carbontetrachloride</i> 56-23-5 <i>Tetrachloroethylene</i> 127-18-4 <i>Trichloroethylene</i> 79-01-6	Log K_{ow} 2.83 3.4 2.42	Water Solubility [mg/L] 1160 100 1100

In questo progetto il novero dei parametri da ricercare è stato definito a partire dall'elenco delle sostanze di base e aggiuntive indicate nel decreto e includendo le altre sostanze volatili alogenate tossiche e nocive previste dal metodo ufficiale EPA 524.2 che alle molecole normate possono essere in qualche modo legate sia perché presenti nelle miscele di uso comune, sia in quanto possibili prodotti di degradazione.

Come per gli idrocarburi aromatici, anche rispetto ai trialometani e ai clorobenzeni lo stato chimico delle acque del fiume Agri e dei suoi affluenti indagati non ha evidenziato condizioni di alterazione riferito al superamento degli Standard di Qualità Ambientale.

In sintesi le indagini finalizzate alla valutazione sia degli idrocarburi aromatici che dei trialomentani nelle acque del fiume Agri e dei suoi affluenti evidenziano che in nessuno dei campioni analizzati è stato superato il valore soglia sia come media annuale (SQA-MA) e sia come SQA-CMA (Concentrazione Massima Ammissibile)

5.2.6 Valutazione della distribuzione degli idrocarburi aromatici volatili nei sedimenti

I sedimenti fluviali al pari dell'acqua, ma con diverse modalità, determinano il destino ambientale nei corpi idrici degli inquinanti e quindi anche dei composti organici volatili (COV). Al gruppo dei COV appartengono molecole con una composizione chimica molto variegata (atomi di carbonio uniti tra loro a formare una catena lineare, ramificata o ciclica, presenza o meno di uno o più sostituenti che possono essere atomi di cloro, bromo o gruppi alchilici) e conseguenti diverse proprietà chimico-fisiche (punto di ebollizione, tensione di vapore e solubilità in acqua). Il numero di atomi di carbonio varia da un minimo di 1 a un massimo di 6, il numero di atomi di cloro e bromo varia tra 1 e 3 e le diverse strutture molecolari sono tutte ben rappresentate. Pertanto combinando diversamente questi fattori si possono ottenere alcune decine di molecole. A ben vedere le sostanze su cui focalizzare l'attenzione, perché realmente si ritrovano legate ai sedimenti, sono in numero più ridotto rispetto al numero complessivo di quelle esistenti perché dipende dalle lavorazioni e dagli usi che se ne fanno nel territorio sottoposto al monitoraggio e dalle loro proprietà chimico-fisiche che sono alla base del destino ambientale. Infatti, tali sostanze sono utilizzate come solventi o smacchianti (miscele a base di xileni, percloroetilene, trielina) in diversi processi, nonché in agricoltura in forma di erbicidi e fumiganti (cloroformio, 1,2-dicloroetano e 1,2-dicloropropano). Altri, come i trialometani (cloroformio, tribromometano, bromodichlorometano e dibromoclorometano), sono sottoprodotti della disinfezione delle acque a scopo potabile mediante cloro attivo. In ragione della caratteristica piuttosto comune a queste molecole di essere particolarmente volatili a temperatura ambiente, la loro ripartizione a seguito di uno sversamento in un sistema trifasico costituito dal sedimento, dall'acqua e dall'aria è sbilanciata verso questo ultimo comparto. La quota parte che non si è dispersa in atmosfera avrà maggiore affinità per l'acqua (idrofilicità) o piuttosto per il materiale organico in sospensione nel corpo idrico e per il sedimento in dipendenza dalla costante di ripartizione ottanolo/acqua (K_{ow}) della molecola. Le molecole con una K_{ow} tendenzialmente bassa, nel nostro caso gli idrocarburi alogenati, sarà più facile che rimangano sciolti in acqua, invece quelle molecole più apolari, ovvero che hanno una K_{ow} più elevata, come i BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xileni) o gli altri idrocarburi monociclici aromatici è più probabile che vengano ritrovati legati alla sostanza organica del sedimento che non in acqua. Come già si è potuto osservare nel caso degli idrocarburi con

un numero di atomi di C maggiore di 12 anche gli idrocarburi più leggeri, in particolare i BTEX, sono piuttosto diffusi nei sedimenti fluviali e lacustri del bacino dell'Agri (vedi tabelle seguenti).

Si segnala in particolare che nei sedimenti di talune stazioni di indagine è stata rilevata presenza di sostanze quali il benzene, il toluene, il cloroformio e il bromoformio.

Le suddette stazioni sono quella in prossimità della sorgente del torrente Rifreddo (Vs03) , nel punto di confluenza dell'Agri nel lago del Pertusillo (Vs04), e l'Agri all'altezza dell'abitato di Villa d'Agri (Vs10) e nell' area compresa tra il Centro Oli e la Diga del Pertusillo (Vs19). Sul lago del Pertusillo sono quelle poste al centro dell'invaso (VL1), in prossimità dello sbarramento (VL2) e in prossimità di Montemurro.

In particolare si evidenzia che toluene in concentrazione superiore al Target Value olandese è stata analizzata nei sedimenti prelevati nelle stazioni Vs10 (Villa D'Agri), Vs11 Sorgente Agri e Vs03 sorgente Rifreddo e Vs19 (F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo)

Le indagini eco tossicologiche condotte su tali sedimenti escludono condizioni di stress ambientali.

Le sostanze appartenenti alla classe chimica dei Clorobenzeni non sono mai state riscontrate durante il periodo di monitoraggio né nei sedimenti fluviali né in quelli lacuali.

SEDIMENTI FLUVIALI

codice stazione	Stazione	data campionamento	Benzene	Etil benzene	Stirene	Toluene	p- Xilene +	o- Xilene	n- Propil benzene	tert- Butil benzene	1,3,5- Trimetil benzene	1,2,4- Trimetil benzene	Tricloro metano (Cloroformi)	1,2- Dicloro propano	Bromo formio
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Vs06	Sorgente Casale	05/08/13										0,2			
Vs06	Sorgente Casale	24/10/13			0,4						0,3				
Vs06	Sorgente Casale	18/12/13											6,7		
Vs07	Canale depuratore zona industriale	01/08/13										0,5			
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	15/07/13		0,2		5,3						1,0			
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	31/07/13			0,2	2,3					1,0	1,8	0,4		
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	23/10/13		0,3			0,6				1,2	0,4			
Vs08	Confluenza Alli nell'Agri	14/02/14						0,3			0,6				
Vs09	Sorgente Alli	12/07/13				1,9						0,3			
Vs09	Sorgente Alli	05/08/13		0,5		8,5	0,5	0,3				1,0			
Vs09	Sorgente Alli	25/10/13									0,5				
Vs09	Sorgente Alli	19/12/13		0,3			1,0	0,6			0,5	0,4			
Vs09	Sorgente Alli	18/02/14						0,4							
Vs10	Agri Villa D'Agri	15/07/13		0,8		9,9	1,2	0,4			0,3	1,0			

Vs10	Agri Villa D'Agri	05/08/13		0,7	0,2	16	1,0	0,3				3,1			
codice Stazione	Stazione	Campionamento data	Benzen e	Etil benzen e	Stirene	Toluen e	Xilene + p-Xilene	o-Xilene	n-Propil benzen	tert-Butil	1,3,5-Trimetil benzen	1,2,4-Trimetil benzen	Tricloro metano (Clorof	Dicloro propan	Bromo formio
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Vs10	Agri Villa D'Agri	25/10/13		0,2		1,8	0,3				0,2				
Vs10	Agri Villa D'Agri	19/12/13		1,4		68,8	2,8	0,9	0,3		1,3	1,3	14,8		
Vs10	Agri Villa D'Agri	18/02/14		1,0		26,9						0,6			
Vs10	Agri Villa D'Agri	11/04/14	8,6												
Vs10	Agri Villa D'Agri	29/08/14									0,4	0,7			
Vs11	Sorgente Agri	15/07/13		0,5	0,7	3,6	1,0	0,4			0,2	0,6	1,9		
Vs11	Sorgente Agri	05/08/13		1,0	0,3	29	1,6	0,6			0,5	1,3	2,1	3,2	
Vs11	Sorgente Agri	25/10/13		0,8		5,3	0,7				1,1				
Vs11	Sorgente Agri	19/12/13		1,0	1,1	12,7	4,1	1,5	0,2		1,1	1,0			
Vs11	Sorgente Agri	02/09/14									0,4	1,5			13,4
Vs11-bis	Sorgente Agri	25/10/13		0,3			1,3	0,6			0,7	0,9	0,3		
Vs11-bis	Sorgente Agri	19/12/13		0,9		8,5	4,9	2,0			1,0	1,1			
Vs11-bis	Sorgente Agri	13/06/14													4,7
Vs11-bis	Sorgente Agri	02/09/14									1,0				13,7
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	11/07/13		1,1	0,3	14	0,4					0,5			

Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	01/08/13		1,0		20	0,8	0,4			0,2	1,5			
-------------	--	----------	--	------------	--	-----------	------------	------------	--	--	------------	------------	--	--	--

codice Stazione	Stazione	data prelievo	Benzene	Etil benzene	Stirene	Toluene	p-Xilene + m-Xilene	o-Xilene	n-Propil benzene	tert- Butil benzene	1,3,5 - Trimetil benzene	1,2,4- Trimetil benzene	Tricloro metano (Cloroformio)	1,2- Dicloro propano	Bromo formio
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	29/08/14									0,5				
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	12/07/13				8,9									
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	23/10/13									0,2				
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	17/12/13				6,8							9,0		
Vs23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	12/07/13		0,4	0,4	4,1	0,7	0,2				0,8			
Vs23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	23/10/13					0,4								
Vs23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	17/12/13		0,7	0,4	7,8	1,3	0,4			0,4	0,4			

n.b. nelle tabelle sopra riportate solo per facilitare la lettura sono stati lasciati vuoti i campi dove la concentrazione misurata è inferiore al limite di quantificazione del metodo analitico. Per visionare le tabelle riportanti tutte i valori di concentrazione misurati far riferimento all'apposito allegato alla Relazione.

SEDIMENTI LACUSTRI

codice Stazione	Stazione	data prelievo	Etilbenzene	Stirene	Toluene	p-Xilene + m-Xilene	o-Xilene	1,3,5-Trimetil benzene	1,2,4-Trimetil benzene	Triclorometano (Cloroformio)
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	18/09/13	0,2		20,7	0,6		0,3	0,3	
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	23/10/13	0,3		2,9	1,1	0,3	0,4		
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	17/02/14		1,0						
VL1	Diga Pertusillo	02/09/14							0,4	
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	18/09/13			6,7					
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	23/10/13	0,5		17,1	2,0	0,3	3,2	0,2	
VL4	Diga prossimità Grumento	28/08/14							0,6	
VL3	Diga prossimità Spinoso	31/07/13			7,5					
VL4	Diga prossimità Grumento	01/08/13							0,4	
VL4	Diga prossimità Grumento	18/09/13	0,6		6,4					
VL4	Diga prossimità Grumento	25/10/13	0,4		2,5	0,9	0,2	0,7		

codice Stazione	Stazione	Campionamento	data prelievo	Etilbenzene	Stirene	Toluene	p-Xilene + m-Xilene	o-Xilene	1,3,5-Trimetil benzene	1,2,4-Trimetil benzene	Triclorometano (Cloroformio)
				µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	2	01/08/13			6,5				0,6	
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	3	19/09/13								
VL6	Diga prossimità Montemurro	1	11/07/13			2,2				0,6	
VL6	Diga prossimità Montemurro	2	01/08/13		0,4	21,3				0,9	
VL6	Diga prossimità Montemurro	3	19/09/13			4,7					
VL6	Diga prossimità Montemurro	4	24/10/13	0,4		1,6	0,6		1,0		
VL6	Diga prossimità Montemurro	5	12/12/13			4,7					
VL6	Diga prossimità Montemurro	6	19/02/14								9,4

n.b. nelle tabelle sopra riportate solo per facilitare la lettura sono stati lasciati vuoti i campi dove la concentrazione misurata è inferiore al limite di quantificazione del metodo analitico. Per visionare le tabelle riportanti tutte i valori di concentrazione misurati far riferimento all'apposito allegato alla Relazione.

5.3 STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEI POLICLOROBIFENILI (PCB) E DEI FITOFARMACI

Nell'ambito dello studio condotto sul bacino dell'Agri è stato eseguito campionamento e analisi di acque e sedimenti per la ricerca di PCB e fitofarmaci nelle stazioni definite nel progetto ecosistemi approvato. L'approccio allo studio tiene conto sia delle caratteristiche idrodinamiche del corpo idrico e sia dei diversi contaminanti studiati la cui distribuzione nelle diverse matrici è funzione, come detto, della costante di ripartizione ottanolo/acqua e dei processi di trasformazione e degradazione. Le sostanze organiche non polari, ad esempio, tendono a separarsi dalla fase acquosa e a distribuirsi ed accumularsi nel sedimento e il coefficiente di ripartizione sedimento/acqua rappresenta bene questa affinità. Infatti composti organici scarsamente polari vengono ritrovati più facilmente e in maggiore quantità nei sedimenti rispetto all'acqua. Tra le diverse sostanze studiate nell'ambito del progetto ecosistemi un ruolo importante rivestono le indagini condotte per la determinazione dei PCB. I Policlorobifenili (PCB) sono un gruppo di composti chimici organici altamente stabili, con formula generica $C_{12}H_{10-x}Cl_x$, con $x \leq 10$. Inclusi i monocloroderivati, essi costituiscono una famiglia di 209 composti -congeneri- differenti a seconda del grado di clorurazione e per uno stesso grado di clorurazione, della posizione degli atomi di cloro. In relazione alle caratteristiche chimiche e agli effetti tossicologici, questi composti sono classificati in PCB diossina-simili (DL PCB) e PCB non diossina-simili (NDL PCB), che non mostrano i meccanismi tossici della diossina. A differenza delle Diossine, che possono essere considerate prodotti indesiderati di processi industriali o naturali, i PCB venivano prodotti intenzionalmente per le loro caratteristiche tecniche e finiscono nell'ambiente per cause diverse, ad esempio dispersione o incidenti.

Fino a qualche decennio fa, queste molecole venivano prodotte per le loro caratteristiche che li hanno rese adatte a molti impieghi industriali. L'elenco dei possibili utilizzi è molto lungo, esempi possono essere fluidi dielettrici, liquidi di raffreddamento in trasformatori e condensatori, fluidi idraulici e lubrificanti per pompe da vuoto, ritardanti di fiamma per resine e plastiche, inchiostri e additivi e molti altri usi ancora. Sono composti molto stabili, sono idrofobici e lipofili pertanto sono ritrovati più facilmente in terreni, sedimenti e negli organismi viventi piuttosto che nell'acqua; quelli presenti in acqua sono quasi completamente adsorbiti al particolato e solo quelli a più bassa clorurazione possono

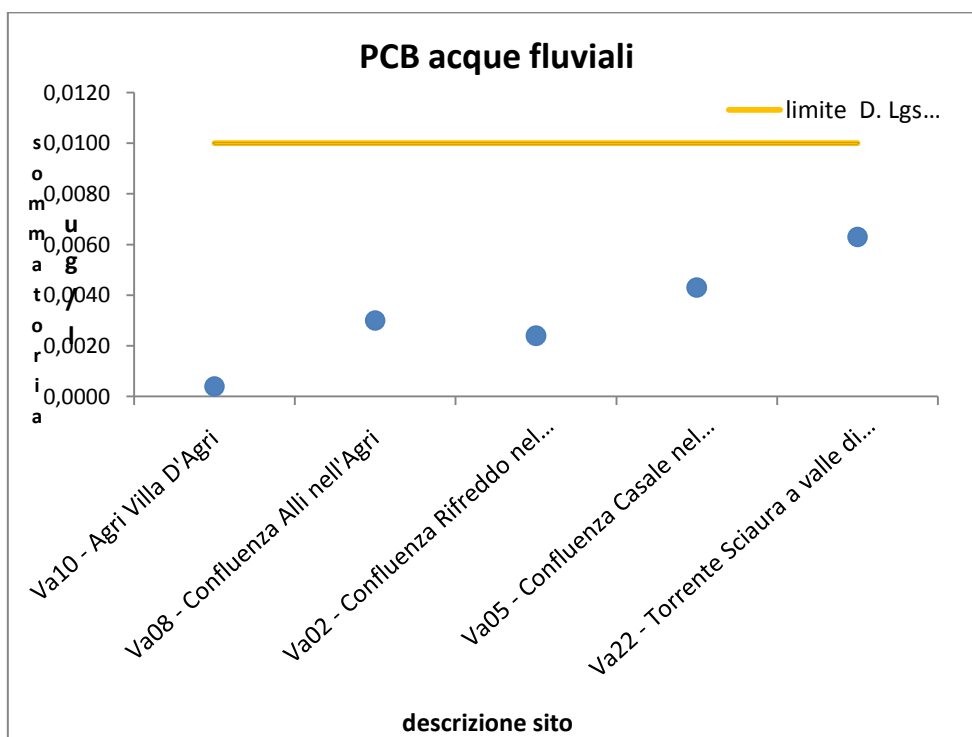
trovarsi in fase liquida. Nell'atmosfera sono rilasciati per evaporazione, che è favorita dalla temperatura, a cui segue probabilmente la condensazione sulle particelle di aerosol e alla fine la dispersione nell'atmosfera. Non si degradano per idrolisi, sono resistenti agli acidi e agli alcali, alla fotodegradazione, sono poco solubili in acqua ma molto in sostanze oleose e nei solventi organici. Anche la degradazione ossidativa richiede notevole energia. possono essere degradati dai microrganismi, anche se molto lentamente. La velocità di degradazione aerobica, dipende dal grado e dalla posizione degli atomi di cloro. Per tutte queste proprietà ne consegue una persistenza nell'ambiente che varia a seconda del congenere da anni (PCB 28 t $1/2 = 3$ anni) a decenni (PCB 153 t $1/2 = 27.5$ anni). Essendo lipofili si concentrano nei tessuti adiposi degli organismi e la loro bassa velocità di degradazione determina il bioaccumulo o la bioconcentrazione che aumenta lungo la catena trofica di un ecosistema (biomagnificazione). A causa della loro tossicità e della loro persistenza nell'ambiente la loro produzione è stata bloccata, ma sono ancora oggi presenti come inquinanti nell'ambiente poiché sono resistenti alla biodegradazione, soprattutto le molecole con un alto numero di atomi di cloro. Come detto in precedenza in funzione al numero e alla posizione degli atomi di cloro sugli anelli bifenilici si possono ottenere 209 congeneri. Di questi congeneri i più pericolosi in assoluto per l'ambiente e la salute dell'uomo e degli animali sono 12, i cosiddetti dioxin-like o PCB diossina-simili (PCBdl): sono PCB le cui caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche li rendono pericolosi alla stregua delle diossine e dei furani. Le caratteristiche principali di questa somiglianza stanno nella struttura planare e nelle dimensioni molecolari che permettono a queste sostanze di agire a livello cellulare con lo stesso meccanismo delle diossine. Il D.Lgs. 152/06 nella Tabella 2 dell'Allegato 5 alla parte 4a riporta il parametro PCB non specificando a quali congeneri si fa riferimento. I successivi decreti che modificano e ampliano la 152/06 riportano i congeneri di cui tener conto nel calcolo della sommatoria. Oltre ai PCBdl, sono stati individuati altri 17 congeneri da ricercare per due motivi fondamentali. La prima ragione è di ordine pratico, infatti sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista economico è eccessivamente oneroso dover analizzare 209 congeneri. Il secondo motivo fondamentale è che in seguito a vari studi si è visto che la somma dei 29 congeneri a cui facciamo riferimento è rappresentativa della somma di tutti i 209 congeneri. Per le ragioni suesposte e per effetto di metodiche di analisi che utilizzano la cromatografia gassosa accoppiata alla spettrometria di massa e stato possibile determinare, in tutti i campioni prelevati, le molecole riportate nella tabella seguente.

Tab. 5.3.1: Molecole di PCB analizzate

PCB n°28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl
PCB n°52	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl
PCB n°77	3,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl
PCB n°81	3,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl
PCB N° 95	2,2',3,5',6-Pentachlorobiphenyl
PCB N° 99	2,2',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
PCB n°101	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl
PCB n°105	2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl
PCB N° 110	2,3,3',4',6-Pentachlorobiphenyl
PCB n°114	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
PCB n°118	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
PCB n°123	2',3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
PCB n°126	3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
PCB n°128	2,2',3,3',4,4'-Hexachlorobiphenyl
PCB n°138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl
PCB N° 146	2,2',3,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
PCB N° 149	2,2',3,4',5',6-Hexachlorobiphenyl
PCB N° 151	2,2',3,5,5',6-Hexachlorobiphenyl
PCB n°153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
PCB n°156	2,3,3'4,4',5-Hexachlorobiphenyl
PCB n°157	2,3,3'4,4',5'-Hexachlorobiphenyl
PCB n°167	2,3'4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
PCB n°169	3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
PCB n°170	2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorobiphenyl
PCB N° 177	2,2',3,3',4',5,6-Heptachlorobiphenil
PCB n°180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl
PCB N° 183	2,2',3,4,4',5',6-Heptachlorobiphenil
PCB N° 187	2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorobiphenil
PCB n°189	2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl

5.3.1 Valutazione della distribuzione dei policlorobifenili (PCB) nelle acque superficiali

I PCB una volta immessi nell’ambiente possono andare incontro a destini diversi. Le molecole con un alto livello di clorurazione sono molto stabili e scarsamente biodegradabili, mentre quelle con meno atomi di cloro subiscono una lenta degradazione ad opera di microrganismi. Non c’è quindi quasi mai una diretta correlazione tra miscele industriali e campione ambientale. Essendo inoltre poco solubili in acqua in genere è difficile trovarli in quantità significative, soprattutto nelle acque fluviali dove il ricambio è piuttosto elevato. Nelle acque del bacino artificiale del Pertusillo non è stato trovato nessuno dei 29 congeneri di PCB ricercati. In rari casi, su campioni di acqua fluviale sono state riscontrate tracce dei congeneri 138, 153, 170 e 180. La presenza con un andamento a spot, le quantità ritrovate dello stesso ordine di grandezza del limite di rivelabilità strumentale e soprattutto il tipo di congeneri ritrovati mostrano chiaramente che non si tratta di inquinamento puntuale ma di tracce dovute alla presenza ormai ubiquitaria di queste molecole.



5.3.2 Valutazione della distribuzione dei fitofarmaci nelle acque superficiali

Per fitofarmaci si intendono tutte le sostanze attive che hanno un'azione insetticida, acaricida, fungicida ed erbicida e che vengono normalmente utilizzati in tutte le pratiche agricole. Una delle matrici ambientali considerata più vulnerabile ai prodotti fitosanitari è rappresentata dall'ambiente acquatico. Come noto Il D.Lgs. 260/2010, in accordo con le disposizioni della direttiva 2000/60/CE, fissa i valori di riferimento ambientali per circa una quarantina di queste sostanze. In parte sono sostanze attualmente utilizzate per i trattamenti in agricoltura, per il resto sono sostanze bandite i cui residui sono ancora presenti nell'ambiente; un esempio su tutti sono i DDT.

La direttiva 2013/39/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, nell'ambito del riesame dell'allegato X della direttiva 2000/60/CE previsto dall'articolo 16, paragrafo 4, della stessa, incrementa il numero di pesticidi nell'elenco di priorità. Il laboratorio ARPAB-CRM, nell'attesa che tale direttiva venga recepita dalla normativa nazionale, sta mettendo a punto nuovi metodi analitici per aggiungere tali sostanze all'elenco di quelle ricercate nelle acque e nei sedimenti. Dal punto di vista chimico i pesticidi rappresentano una classe di molecole organiche molto ampia ed eterogenea. Possono essere composti alifatici ciclici e non, composti organici aromatici e composti clorurati e fosforati. Tale vasta eterogeneità comporta l'utilizzo di tecniche analitiche che permettano l'estrazione e la determinazione di molecole che assumono comportamenti chimico-fisici molto diversi fra loro. Si riporta nelle seguenti tabelle un elenco di fitofarmaci ricercati nei campioni di acque sottoposte ad analisi.

Tab. 1/A Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità

Numero CAS	Principio attivo
15972-60-8	Alaclor
	Antiparassitari cilodiene
309-00-2	Aldrin
60-57-1	Dieldrin
72-20-8	Endrin
465-73-6	Isodrin
1912-24-9	Atrazina
470-90-6	Clorfenvinfos
2921-88-2	Clorpirifos (Clorpirifos etile)
	DDT totale
50-29-3	p,p'-DDT
789-02-6	o,p'-DDT
3424-82-6	o,p'-DDE
72-55-9	p,p'-DDE
53-19-0	o,p'-DDD
72-54-8	p,p'-DDD
330-54-1	Diuron
115-29-7	alfa-Endosulfan
	beta-Endosulfan
118-74-1	Esaclorobenzene
608-73-1	Esaclorocicloesano
	alfa-HCH
	beta- HCH
	delta-HCH
	gamma-HCH (lindano)
34123-59-6	Isoproturon
608-93-5	Pentaclorobenzene
122-34-9	Simazina
1582-09-8	Trifluralin

Tab. 1/B Standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua per alcune delle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità

Numero CAS	Principio attivo
2642-71-9	Azinfos etile
86-50-0	Azinfos metile
25057-89-0	Bentazone
94-75-7	2.4-D
298-03-3	Demeton
62-73-7	Diclorvos
60-51-5	Dimetoato
76-44-8	Eptaclor
122-14-5	Fenitrotion
55-38-9	Fention
33055-2	Linuron
121-75-5	Malation
94-74-6	MCPA
93-65-2	Mecoprop
10265-92-6	Metamidofos
7786-34-7	Mevinfos
1113-02-6	Ometoato
301-12-2	Ossidemeton-metile
56-38-2	Paration etile
298-00-0	Paration metile
93-76-5	2,4,5 T
5915-41-3	Terbutilazina (incluso metabolita)
	Pesticidi singoli
	Pesticidi totali

Tutti i fitofarmaci non espressamente indicati in queste tabelle vengono riportati come pesticidi singoli e lo stesso decreto fissa un valore di riferimento cautelativo pari a 0.1 µg/l. Le metodiche analitiche utilizzate si basano sui metodi ufficiali IRSA-CNR 5090-Pesticidi Clorurati e 5100-Pesticidi Fosforati e la determinazione analitica è stata effettuata mediante tecniche di gascromatografia e cromatografia liquida accoppiata a rivelatori di massa a triplo quadrupolo. L'utilizzo di tali tecniche analitiche permette di ricoprire quasi tutto il range delle sostanze richieste. Solo per alcune sostanze si stanno ancora mettendo a punto le metodiche di analisi. Sulla base dei risultati ottenuti si evidenzia che tutte le molecole

analizzate sono presenti in concentrazione inferiore alla concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

5.3.3 Valutazione della distribuzione dei PCB nei sedimenti

Per quanto concerne gli studi condotti sui sedimenti, si ricorda che non sono presenti norme specifiche che propongono valori soglia per i sedimenti sia fluviali che lacustri. I sedimenti rivestono un ruolo fondamentale per la salute degli ecosistemi acquatici sia per le interazioni con l'acqua interstiziale ed i livelli idrici sovrastanti sia perché habitat di molti organismi e sostegno di tutta la fauna acquatica. Allo scopo di valutare il grado di rischio per la fauna acquatica, nel presente lavoro, come già fatto per altre classi di molecole, si fa riferimento ai valori guida utilizzati in altre nazioni anche *extraeuropee* (*documento 154/2011 redatto dall'ISPRA – Standard di qualità di sedimenti fluviali e lacuali. Criteri e proposta*). In questo documento vengono approfonditi gli aspetti legislativi riassumendo lo stato dell'arte del quadro normativo italiano, europeo ed internazionale. Vengono poi proposti una serie di approcci definiti teorici, empirici e combinati per il calcolo degli standard qualitativi dei sedimenti che culminano in una proposta di SQG (Sediment Quality Guidelines) relativamente ad alcuni contaminanti. Tali valori rappresentano dei valori di screening di concentrazione dei contaminanti per la valutazione preliminare dello stato di qualità dei sedimenti e propedeutiche ad eventuali approfondimenti di indagine. Tale studio, per quanto concerne la classe di molecole appartenenti ai policlorobifenili (PCB) propone un valore pari a **1.802 µg/kg** sulla sostanza secca calcolato con l'approccio SQG-Bioaccumulo, definito anche Livello residuo nei tessuti o TRA (Tissue Residue Approach). In tale approccio si definiscono le concentrazioni di singole sostanze e/o miscele che si ritiene non diano luogo a concentrazioni inaccettabili nei tessuti degli organismi acquatici, basandosi su concentrazioni residue nei tessuti di riferimento e fattori di bioaccumulo sedimenti-biota (Cook et al. 1992). Nel suddetto documento ISPRA 154/2011 viene altresì specificato che i valori di SQG-bioaccumulo sono stati ricavati facendo riferimento esclusivamente ai due database (EPA e U.S. Army) di BASF disponibili al momento della redazione del documento, che sono stati sviluppati da dati del Nord America e limitatamente ad alcune specie di organismi acquatici. Pertanto gli SQG-bioaccumulo determinati non sono da considerarsi in

assoluto protettivi per la salute umana. Inoltre in questo documento non viene specificato il numero e il tipo di congeneri ai quali fare riferimento nella sommatoria.

Nel nostro caso si è ritenuto opportuno procedere all'analisi degli stessi 29 congeneri ricercati nelle acque e ritenuti rappresentativi della somma dei 209 congeneri totali. Il risultato delle indagini condotte viene sintetizzato nella seguente tabella.

La metodologia per il calcolo dei PCB totali è stata quella della lowerbound che consiste nel calcolare il valore di concentrazione totale di PCB considerando pari a zero il contributo di ogni congenero non quantificato. Il risultato ottenuto evidenzia la presenza di congeneri ubiquitari variamente distribuiti nello spazio e nel tempo (tabella 5.4.2.1).

Codice Stazione	Descrizione sito	Campionamento	data prelievo	PCB N° 28 2,4,4'-Trichlorobiphenyl µg/kg	PCB N° 52 2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl µg/kg	PCB N° 95 2,2',3,5',6-Pentachlorobiphenyl ug/kg	PCB N° 99 2,2',4,4',5-Pentachlorobiphenyl ug/kg	PCB N° 101 2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl ug/kg	PCB N° 105 2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl	PCB N° 110 2,3,3',4',6-Pentachlorobiphenyl	PCB N° 118 2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl ug/kg	PCB N° 138 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	PCB N° 149 2,2',3,4',5',6-Hexachlorobiphenyl	PCB N° 153 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	PCB N° 170 2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorobiphenil	PCB N° 180 2,3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenil	PCB N° 187 2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorobiphenil	sommatoria ug/kg
Vs07	Canale depuratore zona industriale	1	11/07/13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Vs10	Agri Villa D'Agri	1	15/07/13	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,11
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	1	12/07/13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Vs10	Agri Villa D'Agri	2	05/08/13	0,35	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,35
Vs10	Agri Villa D'Agri	4	19/12/13	0,21	0,11	<0,10	<0,10	0,13	0,12	0,21	0,23	0,29	0,12	0,24	<0,10	0,14	<0,10	1,80
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	4	18/12/13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	0,10	0,29	<0,10	0,21	<0,10	0,15	<0,10	0,85
Vs10	Agri Villa D'Agri	5	18/02/14	0,17	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	0,56
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	6	09/04/14	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	0,32
Vs10	Agri Villa D'Agri	6	11/04/14	0,20	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	0,10	0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,70
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	7	17/06/14	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	0,10	0,28	0,10	0,22	<0,10	0,30	<0,10	1,20
Vs10	Agri Villa D'Agri	7	13/06/14	0,37	1,92	0,33	0,15	0,28	0,17	0,42	0,30	0,38	0,15	0,37	0,10	0,19	0,10	5,23

Tabella 5.4.2.1: Concentrazione di Policlorobifenili analizzati nei sedimenti fluviali.

I valori più alti si riscontrano nella stazione denominata Vs10 ubicata a valle della città di Villa D'Agri che sono risultati pari a **1.8 µg/kg** (Tabella 5.4.2.2). nel campionamento del 19/12/2013 e **5.23 µg/kg** (Tabella 5.4.2.2). nel campionamento del 13/06/2014 e pertanto superiori al valore di PCB totali di cui alla tabella 4.1 - *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti* del documento ISPRA 154/2011, nel quale ricordiamo non vengono riportati il tipo di congenere di cui tener conto nella sommatoria che risulta essere pari a 1,802 µg/kg, mentre non supera il valore proposto dal D.Lgs. 260/10 di **8 µg/kg** come PCB totali nei sedimenti marino-costieri e di transizione

cod Stazione	Vs10					
Descrizione sito	Agri Villa D'Agri					
Campionamento	15/07/13	05/08/13	19/12/13	18/02/14	11/04/14	13/06/14
PCB N° 28	0,11	0,35	0,21	0,17	0,20	0,37
PCB N° 52	0,00	0,00	0,11	0,12	0,10	1,92
PCB N° 95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
PCB N° 99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
PCB N° 101	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,28
PCB N° 105	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,17
PCB N° 110	0,00	0,00	0,21	0,00	0,10	0,42
PCB N° 118	0,00	0,00	0,23	0,00	0,10	0,30
PCB N° 138	0,00	0,00	0,29	0,16	0,10	0,38
PCB N° 149	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,15
PCB N° 153	0,00	0,00	0,24	0,11	0,10	0,37
PCB N° 170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
PCB N° 180	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,19
PCB N° 187	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
sommatoria	0,11	0,35	1,80	0,56	0,70	5,23

Tabella 5.4.2.2 - Concentrazione di Policlorobifenili analizzati nella stazione Vs10.

Altri punti dove è stata riscontrata presenza, soprattutto del PCB 28 e PCB 153 sono il Vs7- *Canale di depurazione zona industriale* solo nel campionamento del 11/07/2014, il Vs19 – *Fiume Agri- area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo* nel campionamento del 18/12/2013, il Vs04 - *Confluenza Agri nel Pertusillo* nei campionamento del 9/04/2014 e 17/06/2014 ed infine nel Vs05 - *Confluenza Casale nel Pertusillo* nel campionamento del

13/06/2014. In nessuno di questi punti vengono però superati sia il limite proposto dal D.Lgs. 260/10 che quello proposto dal documento ISPRA 154/2011.

In tabella (tabella 5.4.2.3) viene riportato un confronto con i limiti di SQG inferiori in vigore in diversi altri stati extracomunitari presi a riferimento nello studio ISPRA 154/2011.

Codice Stazione	Descrizione sito	Campionamento	data prelievo	Massachusetts CB TEC	EPA Region3 TEL	EPA Regio5 TEL	Minnesota Level I	Wisconsin CB TEC	Florida TEC	Canada ISQG=TEL	Ontario LEL	Canada ISQG Low	Sommatoria PCB
				mg/kg s.s.									
						0,142		0,057					
Vs07	Canale depuratore zona industriale	1	11/07/13										0,0001
Vs10	Agri Villa D'Agri	1	15/07/13										0,00011
Vs10	Agri Villa D'Agri	2	05/08/13										0,00035
Vs10	Agri Villa D'Agri	4	19/12/13										0.00180
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	4	18/12/13										0,85
Vs10	Agri Villa D'Agri	5	18/02/14										0,0056
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	6	09/04/14										0,0032
Vs10	Agri Villa D'Agri	6	11/04/14										0,0070
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	7	17/06/14										0,00120
Vs10	Agri Villa D'Agri	7	13/06/14										0,00523

Tabella 5.4.2.3 - Confronto con i limiti proposti da EPA e Wisconsin

Le indagini condotte sui sedimenti campionati nella diga del Pertusillo hanno consentito di rilevare nel campionamento del settembre 2013 la presenza di PCB totali (sommatoria dei diversi congeneri) pari a **1.59 µg/kg**. Tali molecole non sono ritrovate nei campionamenti eseguiti successivamente nello stesso punto (questo valore è sceso al di sotto del limite di quantificazione). Il VL4 - *Diga prossimità Grumento* presenta valori di **0.63 µg/kg** , **0.10 µg/kg** e **0.82 µg/kg** rispettivamente nei campionamento del 10/07/2013, del 18/09/2013 e del 10/04/2014. Il punto VL2 – *Diga Pertusillo sbarramento* nel campionamento del 23/10/2013 presenta il valore di **0.56 µg/kg** e il VL5 - *Diga prossimità Masseria Crisci* nel campionamento del 10/04/2014 presenta un valore uguale al limite di quantificazione. Nessuno di questi valori supera i limiti indicati nelle normative di riferimento (tabella 5.4.2.4).

cod ice Stazione	Descrizione sito	Campionamento	data prelievo	PCB N° 28 2,4,4'- Trichlorobiphen yl ug/kg	PCB N° 110 2,3,3',4',6'- Pentachlorobiph enyl ug/kg	PCB N° 118 2,3',4,4',5'- Pentachlorobiph enyl ug/kg	PCB N° 138 2,2',3,4,4',5'- Hexachlorobiph enyl ug/kg	PCB N° 149 2,2',3,4',5',6'- Hexachlorobiph enyl ug/kg	PCB N° 153 2,2',4,4',5',5'- Hexachlorobiph enyl ug/kg	PCB N° 170 2,2',3,3',4,4',5'- Heptachlorobiph enil ug/kg	PCB N° 180 2',3,4,4',5',5'- Heptachlorobiph enil ug/kg	PCB N° 187 2,2',3,4',5,5',6'- Heptachlorobiph enil ug/kg	sommatoria ug/kg
VL4	Diga prossimità Grumento	1	10/07/13	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	0,11	0,24	<0,10	0,12	<0,10	0,63
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	3	20/09/13	0,10	0,14	0,13	0,30	0,14	0,30	0,10	0,28	0,10	1,59
VL4	Diga prossimità Grumento	3	18/09/13	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	4	23/10/13	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	<0,10	0,12	0,10	0,22	<0,10	0,56
VL4	Diga prossimità Grumento	7	10/04/2014	<0,10	<0,10	<0,10	0,26	0,10	0,28	<0,10	0,18	<0,10	0,82
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	7	10/04/2014	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10

Tabella 5.4.2.4 - Concentrazione di Policlorobifenili analizzati nei sedimenti fluviali

5.3.4 Valutazione della distribuzione dei fitofarmaci nei sedimenti

Le indagini condotte sui sedimenti hanno previsto anche la ricerca e la valutazione della distribuzione sia spaziale che temporale dei fitofarmaci. Anche per questa classe di molecole di sicura origine antropica non è possibile riferirsi a standard di qualità, pertanto anche in questo caso sarà necessario riferirsi a proposte di studi e valori guida riportati nella letteratura. La tabella 4.1 - *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti* del documento ISPRA 154/2011 suggerisce la ricerca di una griglia differente di pesticidi e, nel caso dei pesticidi contenuti anche nella tabella 2/A del D.M. 260/2010, i valori proposti sono differenti:

ISPRA 154/2011		
Tab. 4.1 Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti		
	valore proposto	approccio utilizzato
<i>Pesticidi</i>	ug/kg ss	
gamma-HCH (lindano)	2,370	CB-TEC
p,p'-DDD	4,880	CB-TEC
p,p'-DDE	3,160	CB-TEC
p,p'-DDT	4,160	CB-TEC
DDT totale	5,280	CB-TEC
Dieldrin	0,068	SQG-Bioaccumulo
Eptacloro epossido	2,470	CB-TEC
Esaclorobenzene	4,000	SQG-EqP
Pentaclorobenze	2,212	SQG-EqP

Sono esclusi da questa griglia l'aldrin, l'alfa e beta esaclorocicloesano, i DDD e i DDE totali ed in genere i valori soglia sono più alti di circa un'ordine di grandezza, tranne che per il Dieldrin dove il valore è più basso di un ordine di grandezza. Da notare che il **dieldrin** è l'unico pesticida per il quale è stato utilizzato l'approccio SQG-Bioaccumulo descritto già nel caso dei PCB. Sono stati aggiunti in questa griglia l'eptacloro epossido e il pentaclorobenzene, assenti nel D.M. 260/2010 per i sedimenti marino-costieri e di transizione.

Gli approcci utilizzati sono, oltre al già citato e descritto SQG-Bioaccumulo, il CB-TEC e SQG-EqP. IL CB-TEC sta per Consensus Based Method o approccio basato sul consenso, in cui i valori disponibili delle SQG che incontrano gli intenti descrittivi e altri criteri vengono mediati in modo geometrico, creando dei valori compositi di SQG (MacDonald et al.,2000). L'approccio SQG-EqP sta per Equilibrium Partitioning o equilibrio di ripartizione e consiste nel definire un valore di qualità per ogni contaminante calcolando la concentrazione di quella sostanza nel sedimento che corrisponde ad una concentrazione nell'acqua interstiziale equivalente a quelle fissate per quel determinato inquinante in base ai criteri di qualità dell'acqua (Di Toro et al.,1991).

Le due tabelle indicate, per quanto rappresentino un inizio per affrontare la questione di valori soglia nei sedimenti che possano garantire un buono stato di salute nelle acque interne, non sono sufficientemente esaurienti. La normativa nazionale richiede solo la ricerca degli inquinanti nei sedimenti marino-costieri e di transizione non prendendo ancora in considerazione i sedimenti delle acque interne, mentre lo studio condotto dall'ISPRA propone dei valori di screening limitatamente a pochi inquinanti. Considerando questi fattori, nel presente lavoro è stato ritenuto, per omogeneità e per completezza dello studio, opportuno ricercare nei sedimenti una griglia di fitofarmaci identica a quella proposta nelle acque, così come è stato fatto anche nel caso dei PCB.

I campioni analizzati hanno evidenziato presenza di talune molecole di fitofarmaci tra i quali il più abbondante è risultato il p,p'-DDE (1,1-dicloro-2,2 bis(p-clorofenil)etilene). Si tratta di un pesticida organoclorurato derivante dalla degradazione del DDT, para-dicloro-difeniltricloroetano al bando dal lontano 1970 negli USA e successivamente in tutti i paesi occidentali. Il DDT è altamente persistente e si accumula di preferenza nei tessuti adiposi degli animali mentre è insolubile in acqua. Molte specie animali, inoltre, riescono a metabolizzarlo trasformandolo in DDE, un prodotto di degradazione. Per questo motivo risulta più probabile trovare il DDE nelle matrici ambientali che il DDT.

I punti privi di qualsiasi traccia di fitofarmaci sono il Vs02 - *Confluenza Rifreddo nel Pertusillo*, Vs05 - *Confluenza Casale nel Pertusillo*, Vs06 - *Sorgente Casale*, Vs07 - *Canale depuratore zona industriale*, Vs09 - *Sorgente Alli* e Vs23 - *Torrente Maglia a valle di Sarconi*.

Nel Vs03 - *Sorgente Rifreddo* sono presenti tracce di p,p'-DDE in un solo campionamento, quello del 10/04/2014. Nel Vs04-*Confluenza Agri nel Pertusillo* il p,p'DDE è presente nei campionamenti del 31/07/2013, del 23/10/2013 e del 14/02/2014, mentre nel campionamento del 23/10/2013 sono presenti anche l'esaclorobenzene o HCB, altro pesticida organoclorurato molto stabile e persistente, e trifluralin, un erbicida appartenente alla classe delle dinitroaniline. Nel Vs08 - *Confluenza Alli nell'Agri* sono presenti tracce di p,p'-DDE nel campionamento del 23/10/2013. Nel punto Vs10 - *Agri Villa D'Agri* troviamo il p,p'- DDE in tutti i campionamenti analizzati fino ad ora. Il valori più elevati sono nei campionamenti del 19/12/2013, del 18/02/2014 e del 11/04/2014. Inoltre nel campionamento del 19/12/2013 troviamo anche gli isomeri o,p'-DDT e p,p'-DDD, mentre nel campionamento del 13/06/2014 troviamo anche tracce di clorpirifos, un insetticida organofosforico. Anche nella stazione Vs11 - *Sorgente Agri* è stata evidenziata presenza di p,p'-DDE in tutti i campionamenti tranne in quello del 25/10/2013 e nel campione prelevato a giugno 2014 è stata riscontrata presenza di clorpirifos.

Nel Vs19-*Fiume Agri* – area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo vi è presenza p,p'-DDE in quasi tutti i campionamenti tranne in quello del 01/08/2013 e del 24/10/2013; nel campionamento del 18/12/2013 vi è presenza di esaclorobenzene e nel campionamento del 17/06/2014 di clorpirifos. Nel Vs22- *Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova* solo nel campionamento del 12/07/2013 vi è presenza di p,p'-DDE , nel campionamento del 31/07/2013 di esaclorobenzene e nel campionamento del 17/06/2014 di clorpirifos, in quantità molto prossime al nostro limite di quantificazione.

Si riporta di seguito tabella riassuntiva di sintesi:

cod Stazione	Descrizione sito	o,p'-DDT µg/kg	p,p'-DDT µg/kg	DDT somma o,p'-DDT e p,p'-DDT µg/kg	o,p'-DDE µg/kg	p,p'-DDE µg/kg	DDE somma o,p'-DDE e p,p'-DDE µg/kg	o,p'-DDD µg/kg	p,p'-DDD µg/kg	DDD somma o,p'-DDD e p,p'-DDD µg/kg	Esaclorobenze ne µg/kg	Clorpirifos (Clorpirifos etile) µg/kg	Trifluralin µg/kg
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,31	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,25	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,25	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,56	0,56	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,22	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,24	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,35	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	0,29	<0.20	<0.20
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,38	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	0,24	<0.20	0,30

cod est	Descrizione sito	o,p'-DDT µg/kg	p,p'-DDT µg/kg	DDT somma o,p'-DDT e p,p'-DDT µg/kg	o,p'-DDE µg/kg	p,p'-DDE µg/kg	DDE somma o,p'-DDE e p,p'-DDE µg/kg	o,p'-DDD µg/kg	p,p'-DDD µg/kg	DDD somma o,p'-DDD e p,p'-DDD µg/kg	Esaclorobenze ne µg/kg	Clorpirifos (Clorpirifos etile) µg/kg	Trifluralin µg/kg
Vs08	Confluenza Allì nell'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,24	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,28	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	0,24	<0.20	<0.40	<0.20	0,70	0,70	<0.20	0,24	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,23	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,87	0,87	<0.20	<0.20	<0.40	0,28	<0.20	<0.20
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,26	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,43	0,43	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,29	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,31	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20

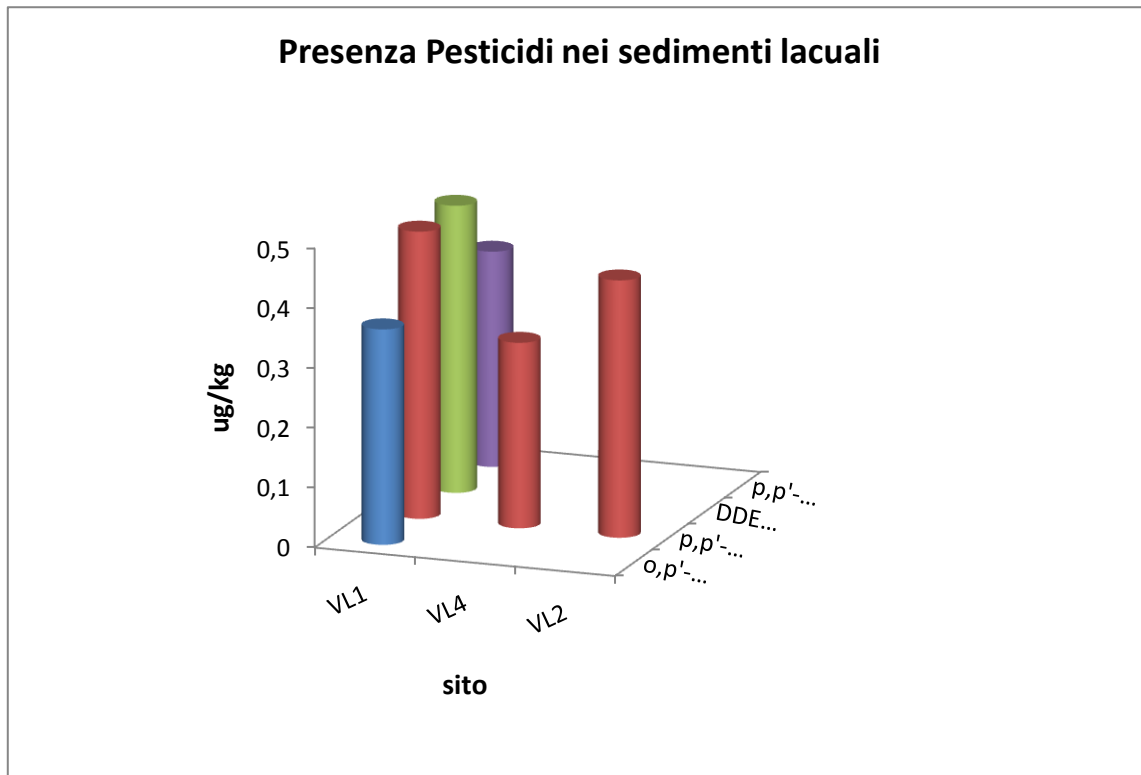
cod est	Descrizione sito	o,p'-DDT µg/kg	p,p'-DDT µg/kg	DDT somma o,p'-DDT e p,p'-DDT µg/kg	o,p'-DDE µg/kg	p,p'-DDE µg/kg	DDE somma o,p'-DDE e p,p'-DDE µg/kg	o,p'-DDD µg/kg	p,p'-DDD µg/kg	DDD somma o,p'-DDD e p,p'-DDD µg/kg	Esaclorobenze ne µg/kg	Clorpirifos (Clorpirifos etile) µg/kg	Trifluralin µg/kg
Vs11-bis	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,22	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs03	Sorgente Riffreddo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,46	0,46	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,47	0,47	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,32	0,32	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,24	0,24	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs11-bis	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,38	0,38	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.20
Vs10	Agri Villa D'Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,39	0,39	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,35	<0.21
Vs11	Sorgente Agri	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,20	0,20	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,32	<0.22
Vs19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,43	<0.23
Vs22	Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,28	<0.24

Si evidenzia che in nessun caso vengono superati i limiti più restrittivi riportati nelle norme di riferimento. Infatti il DDE ha un limite di **3.16 ug/kg** come p,p'-DDE nel documento ISPRA 154/2011. L'esaclorobenzene ha un limite di **4 ug/kg** nel documento ISPRA 154/2011.

Non sono presenti limiti o valori di riferimento per il trifluralin e il clorpirifos mentre per il dieldrin il limite di quantificazione raggiungibile tramite la nostra metodica analitica è esattamente uguale all' SQA-MA del D.Lgs. 260/10, ma superiore al valore proposto dal documento ISPRA 154/2011 di **0.068 µg/kg**. I sedimenti prelevati in diga evidenziano che nel campione VL1- Diga Pertusillo centro invaso campionamento del 20/09/2013 sono state determinate l' o,p'-DDT con un valore di **0.36 µg/kg**, il p,p'-DDE con un valore di **0.48 µg/kg** e il p,p'-DDD con un valore di **0.36 µg/kg**. Il p,p'-DDE è inoltre presente nel campione VL4- Diga prossimità Grumento nel campionamento del 18/09/2013 con un valore di **0.31 µg/kg** e nel campione VL2 – Diga Pertusillo sbarramento nel campionamento del 23/10/2013 con un valore di **0.43 µg/kg**. Di seguito vengono riportati gli stessi valori rispettivamente in tabella e in grafico:

cod Stazione		data prelievo	o,p'-DDT	p,p'-DDT	DDT somma o,p'-DDT e p,p'-DDT	o,p'-DDE	p,p'-DDE	DDE somma o,p'-DDE e p,p'-DDE	o,p'-DDD	p,p'-DDD	DDD somma o,p'-DDD e p,p'-DDD
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	20/09/2013	0,36	<0.20	<0.40	<0.20	0,48	0,48	<0.20	0,36	<0.40
VL4	Diga prossimità Grumento	18/09/13	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,31	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	23/10/13	<0.20	<0.20	<0.40	<0.20	0,43	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40

Anche in questo caso non ci sono superamenti rispetto ai valori soglia indicati dalle tabelle di legge a cui abbiamo fatto riferimento.



5.4 STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, DEI FENOLI, DELLE CLORO-ANILINE, DEI CLORO-NITRO-BENZENI, DEI FTALATI E DEI FITOFARMACI.

Come detto nei precedenti capitoli la valutazione dello stato di un corpo idrico passa attraverso la determinazione di molteplici molecole appartenenti a differenti classi chimiche. Con la Direttiva 2000/60/CE, l'Unione europea ha voluto promuovere e attuare una politica sostenibile a lungo termine di uso e protezione delle acque superficiali, sotterranee e degli ecosistemi loro correlati, con l'obiettivo di contribuire al perseguimento della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, oltre che all'uso accorto e razionale delle risorse naturali. Con il [Decreto Classificazione](#) DM 260/2010 - Regolamento recante "i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo" viene definito sulla base dei valori degli standard di Qualità ambientale lo stato chimico delle acque superficiali e dei sedimenti marino-costieri. Tale norma, come più volte in precedenza rimarcato, non riporta i valori degli SQA per i sedimenti sia fluviali che lacuali.

Negli Stati Uniti, diverse agenzie federali, statali e provinciali, hanno sviluppato linee guida, in merito alla qualità dei sedimenti (SQG, Sediment Quality Guidelines), da utilizzarsi per diverse esigenze operative ed in rapporto all'uso specifico della risorsa idrica.

Gli approcci proposti in letteratura per la stima degli SQG numerici sono di natura diversa e dipendono da vari aspetti, quali il tipo di recettore da considerare (organismi residenti nei sedimenti, animali, vegetali, esseri umani), il livello di protezione da garantire, l'area geografica alla quale applicare i valori (sito-specifica, regionale o nazionale) ed il campo di applicazione (valori di screening, obiettivi di bonifica, valutazione della tossicità o meno dei campioni, valutazione del potenziale di bioaccumulo).

A livello nazionale, in mancanza di valori soglia di contaminazione per i sedimenti e di una qualsivoglia procedura specifica di valutazione del rischio per la salute umana e per gli ecosistemi esposti, la prassi vuole che si usino come riferimento il lavoro pubblicato da APAT *'Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse*

nazionale: *Fiumi Saline ed Alento'* e il Rapporto 154/2011 dove ISPRA ha proposto degli *'Standard di qualità' di sedimenti fluviali e lacuali'* (tabella 5.4.1). Per prassi ci si riferisce anche alle CSC riportati in tabella 2 allegato 5 al D.lgs 152/06 e ai sedimenti marino-costieri D.M. 367/03 e D.M. 260/2010.

In tabella 5.4.1 sono stati riportati i valori per gli Idrocarburi policiclici aromatici secondo le varie normative e le proposte dell'ISPRA

	Rapporto ISPRA 154/2011 Valore Proposto µg/kg SS	ISPRA 2009 LCR µg/kg dw (Italy)	D.Lgs 152/06 ⁽¹⁾ Col. A (mg/kg)	D.Lgs 152/06 ⁽²⁾ Col. B (mg/kg)	DM 367/03 ⁽³⁾ (µg/kg) ss	DM 260/2010 ug/kg ss
IPA totali			10 ⁽⁵⁾	100 ⁽⁵⁾	200 ⁽⁴⁾	
Antracene	28,642	3			45	45
Benz[a]antracene	108,000		0.5	10		
Benzo[a]pirene	150,000	10	0.1	10	30	30
Crisene	166,000		5	50		
Dibenzo[ah]antracene	33,000		0.1	10		
Fluorantene	99,541	11			110	110
Fluorene	77,400					
Naftalene	47,776	0.2			35	35
Benzo(b)fluorantene		12	0.5	10	40	40
Benzo(k)fluorantene		12	0.5	10	20	20
Benzo(g,h,i)perilene		25	0.1	10	55	55
Indenopirene		35	0.1	5	70	70
Pirene			5	50		

Tabella 5.4.1 . Livelli chimici di riferimento per i contaminanti organici. Per confronto sono riportati i valori proposti da normative/organismi nazionali.

⁽¹⁾ CSC per i suoli ad uso residenziale/verde pubblico e

⁽²⁾ ad uso industriale;

⁽³⁾ Standard di qualità dei sedimenti limitatamente agli ambienti di acque marino-costiere Tab. 2 DM 367/03.

⁽⁴⁾ La somma è riferita agli IPA: Benzo[a]pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene.

⁽⁵⁾ La somma è riferita agli IPA: Benz[a]antracene, Benzo[a]pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo[ah]antracene, Indenopirene, Pirene

5.4.1 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Il petrolio grezzo è una miscela complessa di composti organici, di cui gli idrocarburi costituiscono la classe principale.

Gli idrocarburi sono suddivisi in:

- **paraffinici** (idrocarburi saturi, alcani C_nH_{2n+2}): n-alcani, isoalcani, alcani ramificati (fitano) fino a oltre 30 atomi di C.
- **naftenici** (cicloparaffine), idrocarburi alifatici ciclici semplici o sostituiti. I più abbondanti hanno anelli a 5 e 6 termini. Sono presenti anche nafteni polinucleari (adamantano, tetraciclododecano). Sono inclusi anche composti con anelli aromatici (tetralina).
- **aromatici**: (areni) mono e polinucleari (IPA) sostituiti con gruppi alchilici.
- **olefinici**: presenti generalmente in piccole quantità. Si formano nei processi di cracking.

Inoltre sono presenti:

- **composti solforati**: mercaptani (R-SH), tiofeni, benzotiofeni. I mercaptani anche se costituenti minori, possono essere responsabili dell'odore.
composti ossigenati: acidi carbossilici, fenoli, naftoli, chetoni (cicloesanone, fluorenone)...
- **composti azotati**: pirroli, piridine, indoli ...

La tossicità degli idrocarburi del petrolio dipende dalla struttura, in generale i composti aromatici sono più tossici dei composti alifatici e i composti a basso e medio peso molecolare sono più tossici dei catrami ad elevato peso molecolare.

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha inserito il Benzo(a)Pirene e altri IPA nelle classi 2A o 2B (possibili o probabili cancerogeni per l'uomo).

Ad esclusione del naftalene che è un costituente naturale del petrolio (è presente in percentuali significative del 1-2%), globalmente le fonti petrogeniche di IPA sembrano essere minori rispetto all'immissione di IPA da processi di combustione, tuttavia, a causa della loro natura estremamente lipofila tendono ad accumularsi nel tempo negli ecosistemi naturali.

Pertanto è indispensabile valutare la concentrazione di fondo che naturalmente è presente nei vari comparti ambientali: suolo, acqua superficiale e sotterranea, sedimento fluviale, benthos, deposizioni atmosferiche, materiale vegetale.

Nei processi di formazione degli IPA si distinguono quelli che si formano a seguito di processi di combustione/pirolisi a temperature superiori a 400°C detti IPA pirogenici e quelli che si formano a temperature più basse detti IPA petrogenici. Gli IPA pirogenici sono isomeri cineticamente favoriti, hanno peso molecolare medio alto (con 4 o più anelli condensati) e sono non-alchilati. Gli IPA petrogenici termodinamicamente favoriti sono soprattutto gli IPA a basso peso molecolare (due o tre anelli aromatici condensati) e spesso sono alchilati.

Per valutare la presenza di IPA petrogenici è stato calcolato il rapporto fra gli isomeri [fenantrene]/[antracene] (figura 5.4.1). **Se tale rapporto è inferiore a 10 indica possibile origine pirogenica , se è superiore a 10 indica possibile origine petrogenica.**

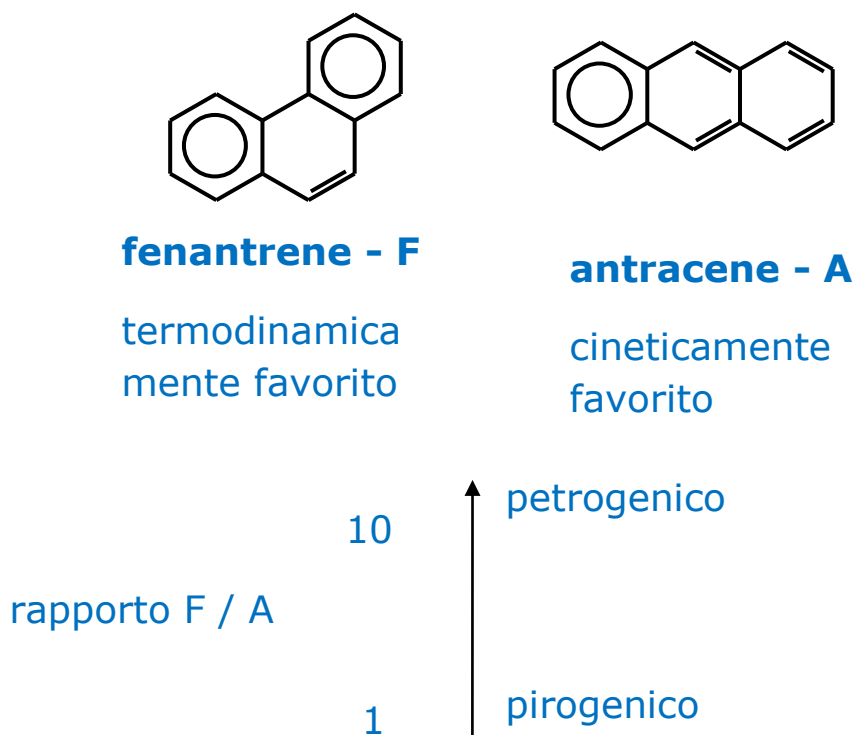
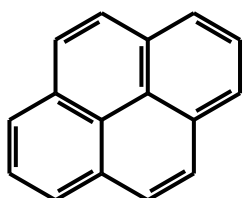
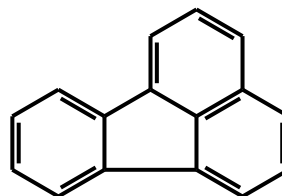


Figura 5.4.1.1 Il rapporto tra concentrazione di Fenantrene (F) e Antracene (A) indica la loro possibile origine petrogenica o pirogenica.

Anche la distribuzione delle concentrazioni di fluorantene e pirene e' significativo nel valutare le fonti (figura 5.4.1.2).



Pirene P



Fluorantene F

Figura 5.4.1.2. Il rapporto tra concentrazione di Fluorantene(F) su somma Fluorantene e Pirene (P) la loro possibile origine petrogenica o pirogenica.

Se il rapporto $F/(P+F) < 0.4$ indica possibile origine petrogenica, se $F/(P+F) < 0.5$ indica possibile origine pirogenica, se $F/(P+F) > 0.5$ indica prodotti di combustione del carbone o legna. I metodi di analisi utilizzati rispondono a standard sia nazionali che internazionali come mostrato nelle seguenti tabelle (tabb. 5.4.1.1 e 5.4.1.2) dove vengono riportate le metodiche di analisi utilizzate per l'analisi di IPA nelle acque e nei sedimenti.

Acqua		
	Metodo	LOQ (ug/l)
Naphthalene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Acenaphthylene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Acenaphthene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Fluorene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Phenanthrene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Anthracene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Fluoranthene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Pyrene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(a)anthracene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001

Chrysene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(j)fluoranthene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(b)fluoranthene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(k)fluoranthene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(a)pyrene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Dibenzo(a,h)anthracene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Benzo(g,h,i)perylene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	APAT IRSA-CNR 5080	0.001

Tabella. 5.4.1.1 - Metodi di analisi IPA e limiti di quantificazione.

Il metodo di analisi è stato ancora ottimizzato nei nostri laboratori tantè che il limite di quantificazione (LOQ ug/l) degli IPA nelle acque è passato da 0,001 µg/l a 0.0005 µg/l e nei sedimenti da luglio 2014 il limite di quantificazione (LOQ mg/kg ss) è sceso a 0.0002 mg/Kg.

Sedimenti	Metodo	LOQ
		mg/kg ss
Naphthalene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Acenaphthylene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Acenaphthene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Fluorene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Phenanthrene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Anthracene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Fluoranthene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Pyrene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(a)anthracene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Chrysene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(j)fluoranthene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(b)fluoranthene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(k)fluoranthene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(a)pyrene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Dibenzo(a,h)anthracene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Benzo(g,h,i)perylene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	EPA 3546 /3640A+ 8310	0.001

Tabella 5.4.1.2 - Metodi di analisi IPA nei sedimenti e limiti di quantificazione.

I campioni analizzati non hanno evidenziato presenza di IPA superiori ai valori SQA-MA per le acque superficiali interne; solo il sito Va11 (denominato sorgente Agri) campionato a luglio 2014 ha presentato valori di sommatoria di (Benzo(g,h,i)perilene e Indeno (1,2,3-cd)pirene) pari a 0.002 µg/l che è il valore tabellato per SQA-MA per le acque superficiali interne.

In questo campione sono stati rilevati i valori più alti del benzo[a]pirene.

Il sito Va03 (sorgente Rifreddo) ha presentato valori di naftalene significativamente superiori ai valori riscontrati mediamente. I valori sono riportati in tabella 5.4.1.3 e 5.4.1.4

Nelle acque della diga del Pertusillo è stata rilevata la presenza nei mesi di luglio e agosto 2014 di naftalene lungo la colonna d'acqua nei siti VL1 (denominato centro invasivo) e VL2 (denominato sbarramento) (tabella 5.4.1.5).

cod. Stazione	Descrizione sito	data prelievo	Antracene	Benzo(a)pirene	Fluorantene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(g,h,i)perilene	Indeno(1,2,3-cd)pirene	Naftalene
			µg/l							
Va03	Sorgente Rifreddo	novembre-13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,030
Va02	Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va07	Canale depuratore zona industriale	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001
Va23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va04	Confluenza Agri nel Pertusillo	luglio-14	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	luglio-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0010
Va06	Sorgente Casale	luglio-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va09	Sorgente Alli	luglio-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va10	Agri Villa D'Agri	luglio-14	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005

Va11	Sorgente Agri	luglio-14	<0,0005	0,0010	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0010	0,0010	<0,0005
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	luglio-14	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	agosto-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005
Va07	Canale depuratore zona industriale	agosto-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0007	<0,0005	<0,0005
Va10	Agri Villa D'Agri	agosto-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0018	<0,0005	<0,0005
Va11	Sorgente Agri	agosto-14	<0,0005	0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0017	<0,0005	0,0010

Tabella 5.4.1.3 IPA tabellati nel DM 260/2010 ricercati nelle acque fluviali

cod. sito	Descrizione sito	data prelievo	Fenantrene	Pirene	Acenaftene	acenaftilene	Fluorene	Benzo(a)antracene	Benzo(j)fluorantene	Crisene	Dibenzo(a,h)antracene
			µg/l								
Va03	Sorgente Rifreddo	novembre-13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va02	Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va07	Canale depuratore zona industriale	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va23	Torrente Maglia a valle di Sarconi	giugno-14	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Va04	Confluenza Agri nel Pertusillo	luglio-14	0,0010	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	luglio-14	0,0010	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0005	0,0006	<0,0005	<0,0005	<0,0005

Va06	Sorgente Casale	luglio-14	0,0020	0,0020	<0,0005	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va09	Sorgente Alli	luglio-14	0,0020	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va10	Agri Villa D'Agri	luglio-14	0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va11	Sorgente Agri	luglio-14	0,0015	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0010
Va19	F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo	luglio-14	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va05	Confluenza Casale nel Pertusillo	agosto-14	0,0012	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va07	Canale depuratore zona industriale	agosto-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va10	Agri Villa D'Agri	agosto-14	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Va11	Sorgente Agri	agosto-14	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0010	<0,0005	<0,0005	0,0005	<0,0005

Tabella 5.4.1.4 IPA non tabellati nel DM 260/2010 ricercati nelle acque fluviali

cod. Stazione	Descrizione sito	prof prelievo (m)	mese prelievo	Benzo(b)fluorantene	Naftalene
				µg/l	
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	0,1	luglio-14	<0.0005	0,002
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	3	luglio-14	<0.0005	0,002
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	5	luglio-14	<0.0005	0,001
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	0,1	luglio-14	<0.0005	0,001
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	3	luglio-14	<0.0005	0,001
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	5	luglio-14	<0.0005	0,001
VL3	Diga prossimità Spinoso	0,1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL3	Diga prossimità Spinoso	1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL4	Diga prossimità Grumento	0,1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL4	Diga prossimità Grumento	1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	0,1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL6	Diga prossimità Montemurro	0,1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL6	Diga prossimità Montemurro	1	luglio-14	<0.0005	<0.0005
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	0,1	agosto-14	<0.0005	0,003
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	3	agosto-14	<0.0005	0,002
VL1	Diga Pertusillo centro invaso	5	agosto-14	<0.0005	0,001
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	0,1	agosto-14	0,001	0,001
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	3	agosto-14	<0.0005	<0.0005
VL2	Diga Pertusillo sbarramento	5	agosto-14	<0.0005	<0.0005
VL3	Diga prossimità Spinoso	0,1	agosto-14	<0.0005	0,001
VL3	Diga prossimità Spinoso	1	agosto-14	<0.0005	0,001
VL4	Diga prossimità Grumento	0,1	agosto-14	<0.0005	<0.0005

Tabella 5.4.1.5 - IPA rilevati nelle acque della diga

Nei sedimenti le analisi di IPA sono state condotte sino a tutto giugno 2014.

Confrontando i risultati con i valori riportati nella tabella 4.1 “ *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti*” si evidenzia che per il naftalene il valore proposto è pari a 47,776 µg/kg determinato applicando l’approccio SQG-EqP¹ . Se invece il dato analitico rilevato per il naftalene viene confrontato con il valore più restrittivo di LCR (Livello Chimico di Riferimento) pubblicati dall’ISPRA nel 2009 ‘*Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale: Fiumi Saline ed Alento*’ che è pari a (0.2 µg/kg) si evidenzia che questo valore è stato frequentemente superato sia nei sedimenti delle aste fluviali che nei sedimenti della diga (grafico 5.4.1).

1 I valori di SQG-EqP sono stati determinati a partire dagli attuali criteri di qualità ambientale delle acque superficiali interne (D.M. 56/09)

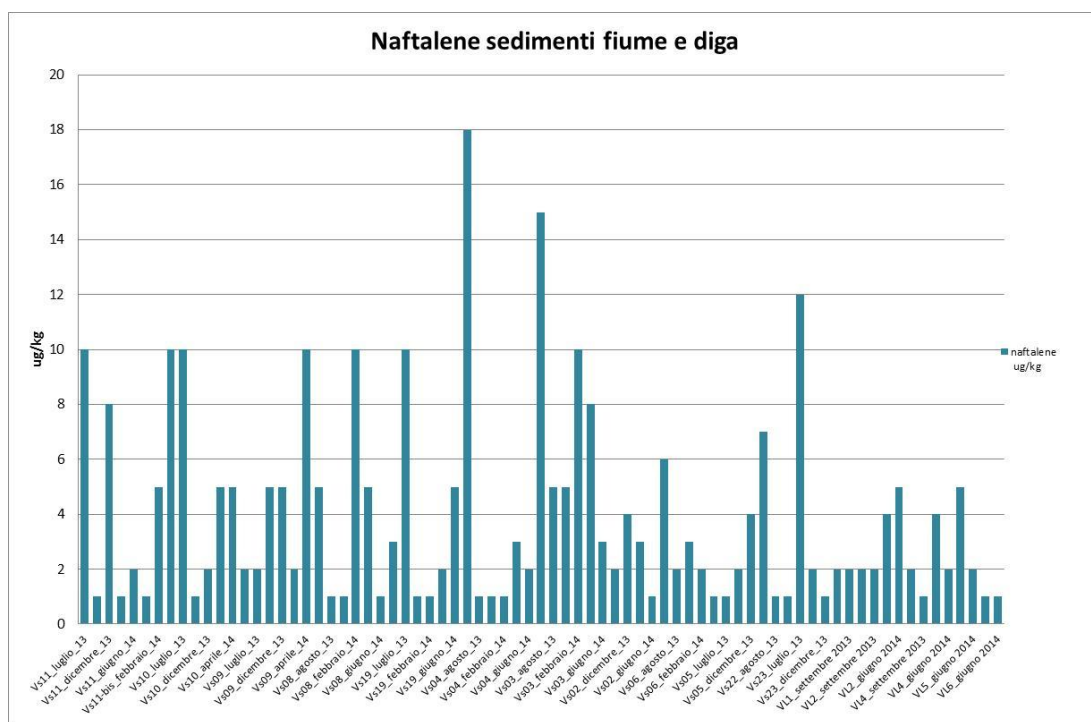


Grafico 5.4.1 Andamento della concentrazioni del naftalene nei sedimenti del fiume Agri, degli affluenti e della diga del Pertusillo.

In tutti i sedimenti analizzati, ove sono presenti gli IPA, la presenza di naftalene rappresenta il 5-10% della sommatoria totale mentre la concentrazione del fenantrene varia tra il 15% ed il 50%.

Nel grafico 5.4.1.2 è riportato l'andamento della sommatoria degli IPA nei vari mesi di campionamento lungo l'asta fluviale del fiume Agri.

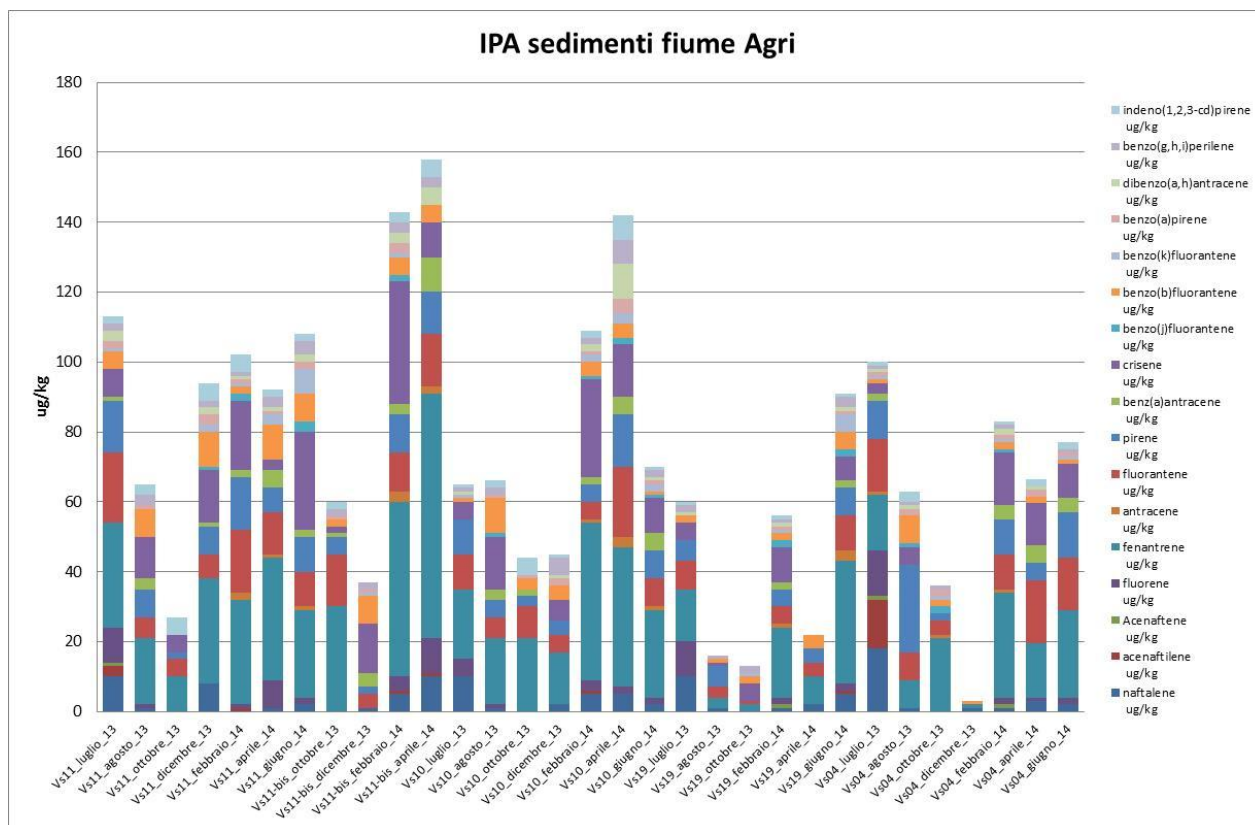


Grafico 5.4.1.2. Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti del fiume Agri

L'andamento della sommatoria degli IPA lungo l'asta fluviale del fiume Agri è abbastanza uniforme dalla sorgente alla confluenza nella diga del Pertusillo. Gli IPA a peso molecolare come il naftalene, fenantrene, fluorantene sono i più rappresentativi.

Inoltre i valori di concentrazione di naftalene e fluorantene sono sempre di molto inferiori ai valori proposti da ISPRA nel 2011 (*“ Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti”*) di contro se ci riferisce allo studio ISPRA del 2009 *‘Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di*

interesse nazionale: Fiumi Saline ed Alento' anche le concentrazioni di fenantrene frequentemente superano il limite di 11 µg/kg.

Nei grafici 5.4.1.3, 5.4.1.4 e 5.4.1.5 sono riportati i valori di concentrazione degli IPA nei sedimenti campionati nei vari affluenti (Alli, Sciaura e Maglie).

Nei grafici 5.4.1.6 e 5.4.1.7 sono riportati i valori di concentrazione degli IPA nei sedimenti campionati nel canale di depurazione della zona industriale (Vs) e nei torrenti dello Sciaura e Maglie.

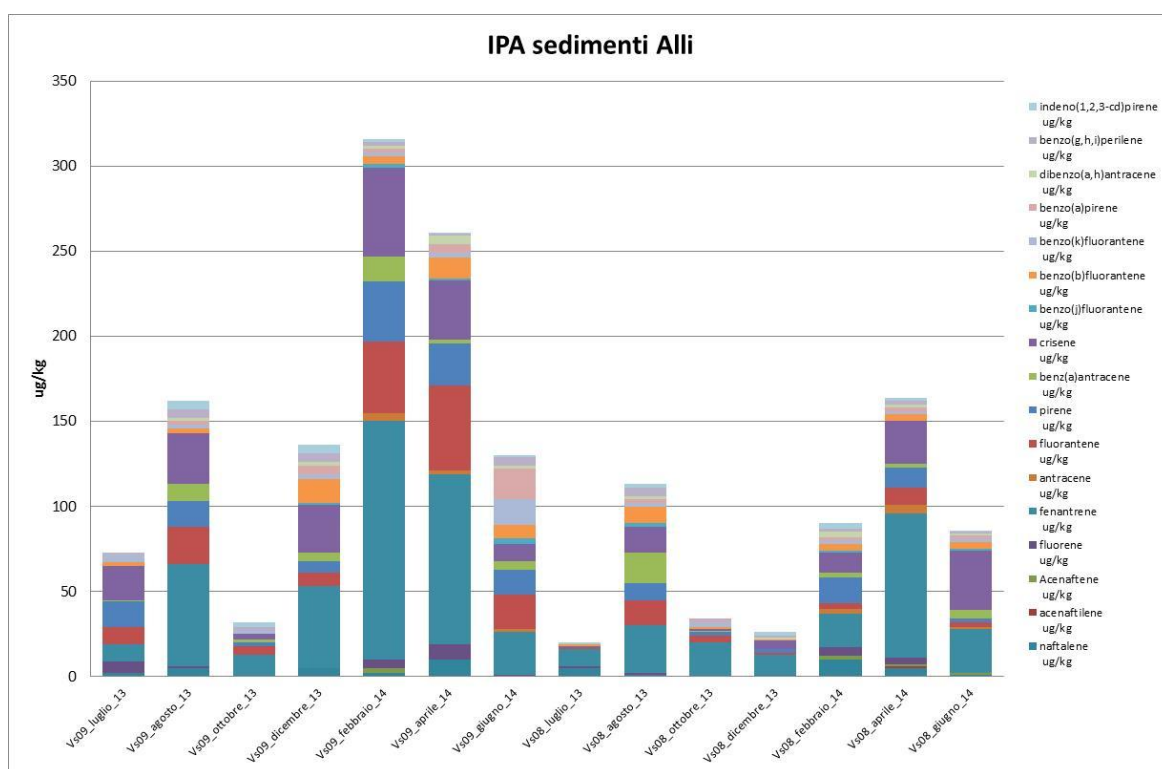


Grafico 5.4.1.3. Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti del torrente Alli (Vs9 sorgente e Vs8 confluenza nell'Agri)

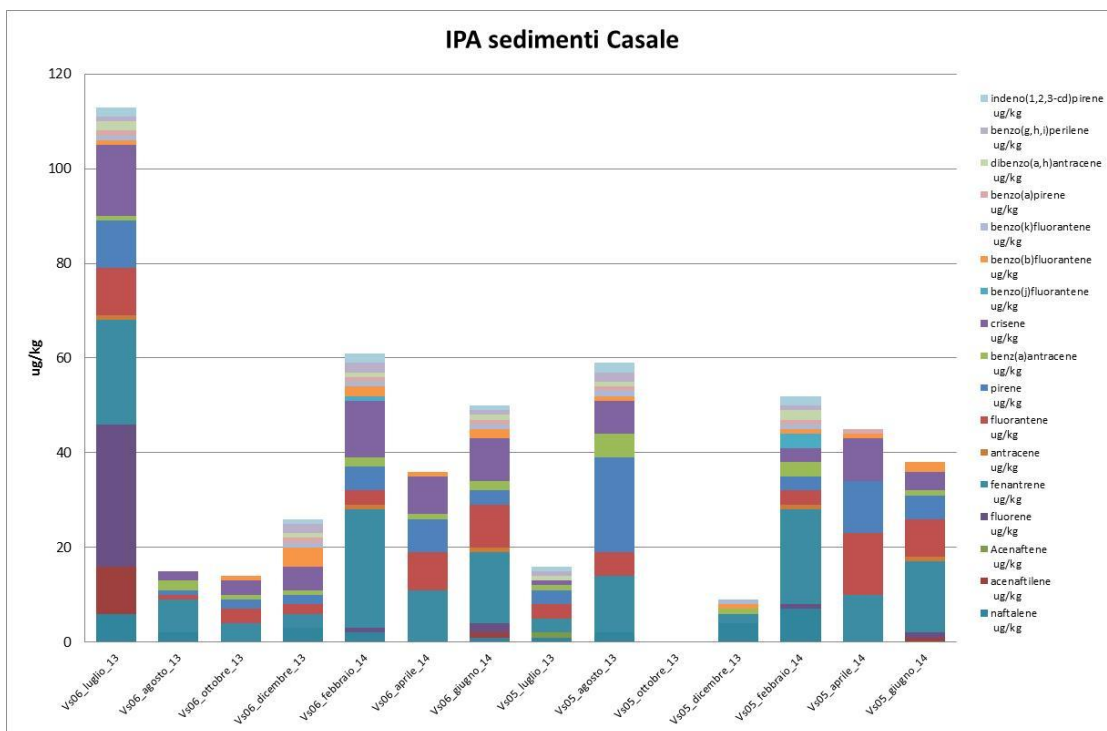


Grafico 5.4.1.4. Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti del torrente Casale (Vs6-Sorgente e Vs5 confluenza nella diga del Pertusillo)

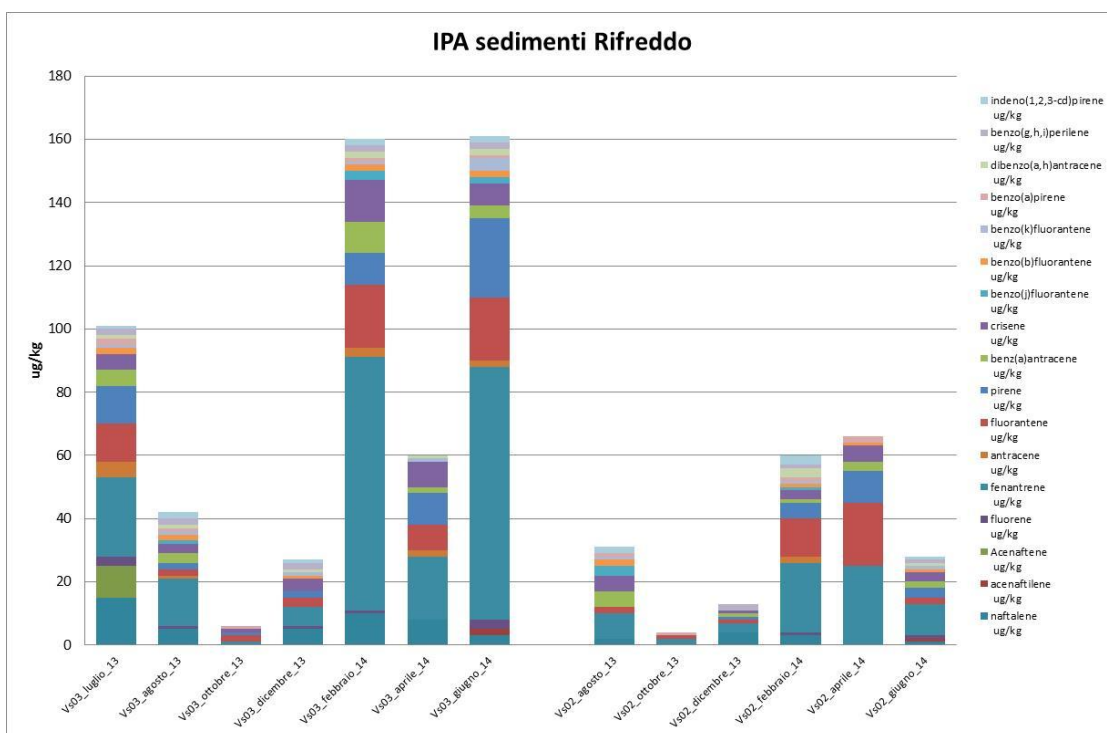


Grafico 5.4.1.5. - Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti del torrente Rifreddo (Vs3 sorgente e Vs2 confluenza nella diga del Pertusillo)

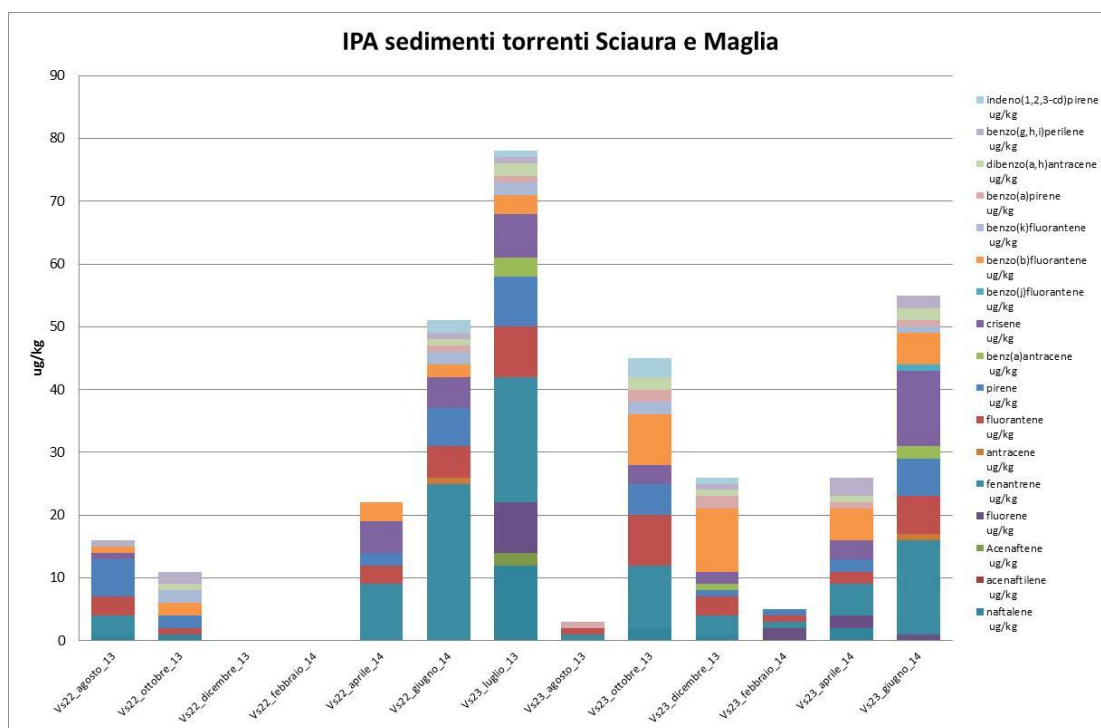


Grafico 5.4.1.6. Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti dei fiumi Sciaura Vs22 e Maglia Vs23

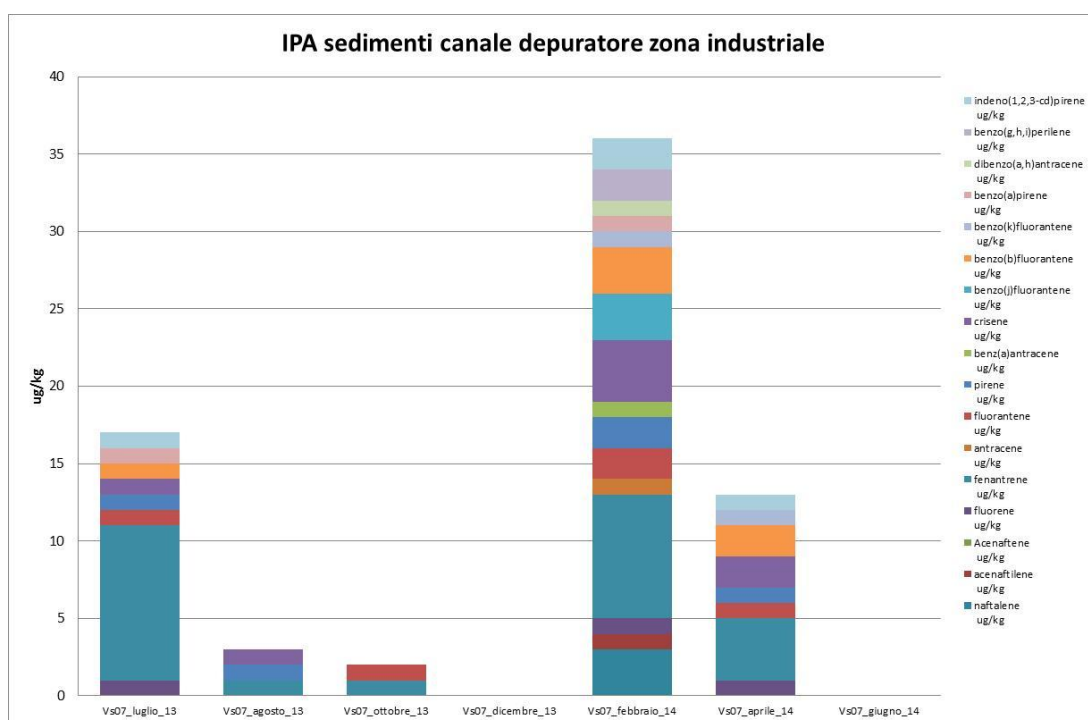


Grafico 5.4.1.7. - Andamento della concentrazioni degli IPA nei sedimenti del canale di depurazione della zona industriale (Vs7)

Dai grafici 5.4.1.3, 5.4.1.4 e 5.41..5 si evince che spesso la sommatoria totale degli IPA è maggiore alle sorgenti dell’Alli, Casale e Rifreddo rispetto alle confluenze dei rispettivi corsi d’acqua. I siti del canale di depurazione della zona industriale Vs7, del torrente Sciaura Vs2, torrente Maglia Vs23 presentano valori di concentrazione di IPA totali prossimi a quelli rilevati alle confluenza del torrente Alli nel fiume Agri e delle confluenze Rifreddo e Casale nella diga del Pertusillo. Nel grafico 5.4.1.8 sono riportati i valori di concentrazione degli IPA nei sedimenti campionati nei sei punti della diga del Pertusillo. Nei siti VL1 (centro invaso) e VL2 (sbarramento) i valori della concentrazione di IPA totale è mediamente superiore rispetto ai siti VL3, VL4 e VL5.

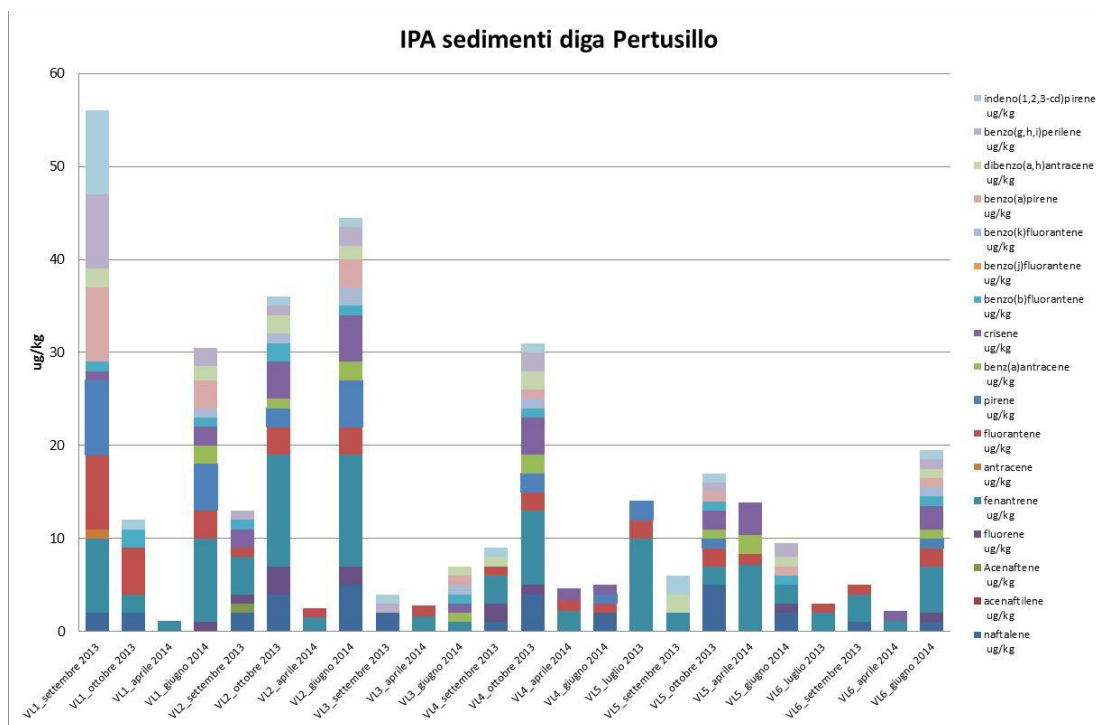


Grafico 5.4.1.8. - Andamento della concentrazioni degli IPA nei sei siti di campionamento dei sedimenti della diga del Pertusillo.

In tutti i siti di campionamento delle aste fluviali e della diga del Pertusillo gli IPA maggiormente presenti nei sedimenti sono quelli a basso peso molecolare, soprattutto naftalene e fenantrene. In tutti i casi analizzati il rapporto tra la concentrazione di fenantrene e antracene supera significativamente 10 e ciò suggerisce che tali IPA siano di

origine petrogenica; inoltre in molti casi è stato rilevato solo il fenantrene, isomero termodinamicamente più favorito. Il rapporto tra la concentrazione di fluorantene e la sommatoria fluorantene e pirene indica, invece, che tali IPA a peso molecolare maggiore, sono per lo più di origine pirogenica in tutti i siti campionati.

5.4.1.2 Clorofenoli e Alchilfenoli

I Clorofenoli (CP) comprendono una famiglia di 19 composti clorurati che vengono generalmente utilizzati come erbicidi, pesticidi e conservanti del legno. Oltre al loro uso industriale i CP si possono formare durante i processi di potabilizzazione dell'acqua e dalla degradazione di altri fitofarmaci clorurati. I fenoli sono presenti nell'acqua di scarico di varie industrie, come raffinerie, nei processi di coking, nei processi di lavorazione del carbone e nella sintesi di prodotti petrolchimici. I monoclorofenoli sono utilizzati come intermedi nella produzione di pesticidi e come agenti antimicrobici per una vasta gamma di prodotti, come adesivi, oli, tessuti e prodotti farmaceutici.

Lo scarico di composti fenolici senza previo trattamento nelle acque reflue e nei corpi idrici naturali è vietato a causa della tossicità del fenolo e dei suoi derivati. I composti organici clorurati, in particolare, sono resistenti alla degradazione biochimica. L'EPA (US Environmental Protection Agency) ha classificato come sostanze prioritarie i seguenti clorofenoli: 2-clorofenolo, 2,4- diclorofenolo, 2,4,6 – triclorofenolo e il pentaclorofenolo (<http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/pollutants.cfm>).

Gli alchilfenoli (AF) ed il bisfenolo A rappresentano una delle categorie più importanti di EDC (Endocrine Disrupting Chemicals), in considerazione sia della potenziale esposizione della popolazione generale che della dimostrata attività estrogenica. Confrontando le formule di struttura degli ormoni sessuali del nonilfenolo ramificato e del bisfenolo A si notano forti analogie. Gli EDC sono un insieme eterogeneo di sostanze in grado di interferire con numerose funzioni endocrine, ed in particolare con gli steroidi sessuali e la tiroide, attraverso differenti meccanismi, quali ad esempio interazioni recettoriali (agonismo od antagonismo), inibizione della sintesi e/odel trasporto degli ormoni.

Gli effetti degli EDC sono stati dimostrati in diversi taxa, nei quali sono stati osservati effetti sulla differenziazione sessuale, decrementi della fertilità e riduzioni del tasso di accrescimento. Si sospetta che l'esposizione agli EDC possa costituire un rischio per la salute umana, tuttavia al momento manca una dimostrazione univoca di una relazione causa-effetto: vengono ipotizzate associazioni con aumenti dell'incidenza di patologie dell'apparato riproduttivo maschile quali seminomi, malformazioni (ipospadia, criptorchidismo) e alterazioni dei parametri seminali e di conseguenza della fertilità in alcune aree dei paesi industrializzati. Riguardo alla salute riproduttiva femminile, gli EDC possono rappresentare un fattore di rischio per patologie quali l'abortività spontanea e la pubertà precoce. L'approfondimento scientifico di questo problema è considerato prioritario da parte di organizzazioni internazionali come la WHO, l'OCSE e l'UE. I dati sperimentali concordemente indicano lo sviluppo prenatale e postnatale come fasi particolarmente vulnerabili agli effetti degli EDC. Nella seguente tabella sono riportati i metodi di analisi e il relativo limite di quantificazione (LOQ) delle molecole appartenenti alla famiglia dei Fenoli da monitorare in acque superficiali fluviali e lacustri.

Acqua		
	Metodo	LOQ (µg/l)
2-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
3-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
4-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
2,4 - Diclorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
2,4,5 - Triclorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
2,4,6 - Triclorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
2-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
3-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
4-Clorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
Pentaclorofenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
Nonilfenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050
Ottilfenolo	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.050

Bisfenolo A	APAT IRSA-CNR 5070 Fenoli metodo B	0.010
-------------	------------------------------------	-------

Tabella 5.4.1.2.1 - Metodi di analisi dei clorofenoli e alchilfenoli nelle acque fluviali e lacustri.

Nella seguente tabella vengono invece indicati i metodi di analisi applicati alla determinazione delle molecole appartenenti alla classe dei fenoli nei sedimenti sedimenti fluviali e lacustri.

Sedimenti		
	Metodo	LOQ (mg/kg)
2-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
3-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
4-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
2,4 - Diclorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
2,4,5 - Triclorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
2,4,6 - Triclorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
2-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
3-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
4-Clorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
Pentaclorofenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
Nonilfenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
Ottilfenolo	EPA 8041°/ HPLC	0.005
Bisfenolo A	EPA 8041°/ HPLC	0.001

Tabella 5.4.1.2.2 metodi di analisi dei clorofenoli e alchilfenoli nei sedimenti fluviali e lacuali.

Grafico 5.4.1.2.3 - Andamento della concentrazioni del BisfenoloA nei sei siti di campionamento delle acque della diga del Pertusillo e di alcuni siti delle aste fluviali.

Si evidenzia come la concentrazione di BisfenoloA aumenti significativamente nei mesi estivi soprattutto nell' invaso della diga del Pertusillo. L'asta fluviale dell'Agri con il canale di depurazione del della zona industriale ed il torrente Alli sono risultati i principali vettori di tale sostanza nell'invaso. Per quanto riguarda i sedimenti, non normati, non sono state riscontrate concentrazioni di clorofenoli superiori al limite di quantificazione di 0.005 mg/kg. In tabella sono riportati solo i siti nei cui sedimenti sono state riscontrate concentrazioni di nonilfenolo, octilfenolo e bisfenolo A superiori agli LOQ dei rispettivi analiti (tabella seguente).

CODICE Stazione	Descrizione Stazione	Data campionamento	4- Nonilfenolo µg/kg	Ottilfenolo (4-(1,1',3,3'-tetrametilbutilfenolo) µg/kg	Bisfenolo A µg/kg
VL4	Diga prossimità Grumento	luglio_ 2013	5	<5	<1
VL4	Diga prossimità Grumento	ottobre_ 2013	<5	<5	9
VL6	Diga prossimità Montemurro	ottobre_ 2013	<5	<5	8
Vs11	Sorgente Agri	ottobre_13	29	<5	<1
Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	ottobre_13	<5	<5	2
Vs05	Confluenza Casale nel Pertusillo	ottobre_13	<5	<5	4
Vs11-bis	Sorgente Agri-bis	dicembre_13	6	<5	<1
Vs10	Agri Villa D'Agri	dicembre_13	<5	<5	14
Vs11	Sorgente Agri	febbraio_14	5	<5	<1
Vs09	Sorgente Alli	febbraio_14	<5	10	<1

Vs04	Confluenza Agri nel Pertusillo	giugno_14	<5	<5	3
Vs02	Confluenza Rifreddo nel Pertusillo	giugno_14	<5	<5	12
Vs10	Agri Villa D'Agri	giugno_14	<5	<5	4

Tabella 5.4.1.2.4 Sedimenti dei siti lacuali e fluviali in cui sono state rilevate concentrazioni di alcuni fenoli.

5.4.1.3 - Cloronitrobenzeni e Cloroaniline

Il gruppo dei cloronitrobenzeni (CNB) e cloroaniline sono rispettivamente costituiti da 3 isomeri: 2-cloro-, -3-cloro e 4 - cloronitrobenzene e 2-cloro-, -3-cloro e 4 - cloroaniline. Questi prodotti sono ampiamente utilizzati nell'industria chimica nella fabbricazione di nitrofenoli, nitroaniline ovvero come intermedi nella fabbricazione di coloranti e pigmenti per tessuti, nell'industria della gomma, nel settore fitosanitario e farmaceutico e come inibitori dei processi di corrosione. I CNB rinvenuti nell'ambiente possono essere prodotti anche mediante ossidazione delle cloroaniline e in alcuni casi sono stati rilevati nelle acque potabili dopo i processi di clorazione.

La 3,4-dicloroanilina viene utilizzata nell'industria chimica come intermedio per la sintesi di 3,4-diclorofenilisocianato a sua volta utilizzato per la produzione di erbicidi a base di feniluree (es. Diuron, linuron.).

In tabella sono riportati i metodi di analisi per cloronitrobenzeni e cloroaniline e da monitorare solo in acque superficiali fluviali e lacuali.

Acqua		
Analita	Metodo	LOQ (µg/l)

2-Cloronitrobenzene	EPA 8330B	0.5
3-Cloronitrobenzene	EPA 8330B	0.5
4-Cloronitrobenzene	EPA 8330B	0.5
2-Cloroanilina	EPA 8330B	0.5
3-Cloroanilina	EPA 8330B	0.5
4-Cloroanilina	EPA 8330B	0.5
2,4-Dicloroanilina	EPA 8330B	0.5

Tabella 5.4.1.3.1. Metodi di analisi dei cloronitrobenzeni e cloroaniline nelle acque fluviali e lacuali.

Non è mai stata riscontrata presenza di tali sostanze in concentrazione superiore al limite di quantificazione di 0.5 µg/l.

5.4.1.4. FTALATI

Gli ftalati sono prodotti chimici che vengono aggiunti alle materie plastiche per migliorarne la flessibilità e la modellabilità.

Sono sostanze tossiche per il sistema riproduttivo, soggette a restrizione europea: il loro utilizzo non è consentito a concentrazioni superiori allo 0,1%, né nei giocattoli, né negli articoli destinati all'infanzia; il motivo della restrizione è dovuto al pericolo di esposizione che può derivare dal masticare o succhiare per lunghi periodi di tempo oggetti che contengono ftalati.

Sebbene siano solubili in acqua il D.M. 260/2010 pone il Di(2-etilesilftalato) DEHP in tabella 1A come sostanza prioritaria con SQA-MA per le acque superficiali interne di 1.3 µg/l.

L'analisi degli DEHP è stata condotta applicando il metodo EPA 8061A. LOQ del metodo è 0.5 µg/l.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che in nessuno dei campioni analizzati (acqua fluviale e lacuale) ha presentato valori superiori al LOQ di 0.5 µg/l.

5.4.1.5 FITOFARMACI

I pesticidi, come noto, sono le sostanze e i prodotti usati, principalmente nel settore agricolo, per combattere organismi nocivi. Da un punto di vista normativo si possono distinguere in prodotti fitosanitari (Reg. CE 1107/2009, Dir. 91/414/CEE), che sono le sostanze utilizzate per la protezione delle piante e per la conservazione dei prodotti vegetali, e i biocidi (Reg. UE 528/2012, Dir 98/8/CE), che trovano impiego in vari campi di attività (disinfettanti, preservanti, pesticidi per uso non agricolo, ecc.). Parlando di residui nelle acque, la distinzione non è sempre possibile, poiché uno stesso principio attivo può essere usato sia come biocida sia come prodotto fitosanitario, e con il termine pesticidi si comprende l'insieme delle sostanze in questione.

L'uso di queste sostanze pone questioni in termini di possibili effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Molte di esse, infatti, sono pericolose per gli organismi viventi in generale. In funzione delle caratteristiche molecolari, delle condizioni di utilizzo e di quelle del territorio, esse possono migrare e lasciare residui nell'ambiente e nei prodotti agricoli, con un rischio immediato e nel lungo termine per l'uomo e per gli ecosistemi.

Il monitoraggio dei pesticidi nelle acque è reso complesso dal numero di sostanze interessate, dalla conoscenza non adeguata degli scenari di utilizzo e della distribuzione geografica delle sorgenti di rilascio. Sono circa 350 le sostanze attualmente utilizzate in agricoltura e nel 2010 sono state vendute 143.907 tonnellate di prodotti fitosanitari (ISTAT, 2011a). Non disponendo di analoghe statistiche per i biocidi, è difficile quantificarne l'incidenza sulla contaminazione ambientale. Anche questa classe di sostanze sono contemplate dal D.M. 260/2010 e contribuiscono alla determinazione dello stato qualitativo del corpo idrico.

Le molecole analizzate sono riportate nella tabella seguente e si sommano alle molecole di fitofarmaci già discusse in precedenza.

Analita	Metodo estrattivo	Metodo analitico	LOQ ug/l
2,4 D	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.0005

2,4,5 T	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.0007
Atrazina	APAT IRSA-CNR 5060	Interno LC/MS/MS	<0.0005
Azinfos etile	APAT IRSA-CNR 5100	Interno LC/MS/MS	<0.0003
Azinfos metile	APAT IRSA-CNR 5100	Interno LC/MS/MS	<0.0003
Bentazone	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.0007
Diuron	APAT IRSA-CNR 5100	Interno LC/MS/MS	<0.0005
Isoproturon	APAT IRSA-CNR 5050	Interno LC/MS/MS	<0.0005
Linuron	APAT IRSA-CNR 5050	Interno LC/MS/MS	<0.0005
MCPA	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.0006
Mecoprop	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.0001
Mevinfos	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.001
Ossidemeton-metile	Interno	Interno LC/MS/MS	<0.001
Simazina	APAT IRSA-CNR 5060	Interno LC/MS/MS	<0.0005
Terbutilazina (incluso metabolita)	APAT IRSA-CNR 5060	Interno LC/MS/MS	<0,0008
Pesticidi singoli	Interno	Interno LC/MS/MS	<0,010

Tabella 5.4.1.5. Lista di fitofarmaci discussi in questo paragrafo.

Tra i fitofarmaci tabellati nel DM 206/2010 non sono stati rilevati valori superiori agli SQA-MA per le acque superficiali interne; tuttavia è stata approfondito lo studio sulla presenza di due diserbanti presenti nell'area di interesse: la terbutilazina ed i suoi metaboliti e il 2,4D ed di un principio attivo non tabellato nel DM 260/2010: il metolachlor. Oltre i fitofarmaci tabellati nel DM 260/2010 sono stati anche ricercati ca. 300 principi attivi non presenti nel DM 260/2010 con limiti di quantificazione compresi tra 0.010 µg/l e 0.001 µg/l.

5.4.1.5.1 Valutazione della distribuzione della Terbutilazina

L'area oggetto di studio, situata nella val D'Agri tra il comune di Viggiano e Grumento Nova è caratterizzata, oltre che dall'insediamento industriale, anche dalla presenza di aree coltivate a mais, erba medica ed altre produzioni foraggere destinate principalmente alla zootecnia e minori produzioni orto-frutticole, viti e olivo per lo più ad uso personale ad eccezione di importanti meleti destinati alla commercializzazione.

In Val d'Agri, come nel resto d'Italia, più del 80% della superficie coltivata a mais è diserbata utilizzando prodotti a base di terbutilazina, pertanto è tra i prodotti fitosanitari più venduti ed utilizzati in Italia. La terbutilazina (figura) Anello 1,3,5 N-triazinico stabile con attività erbicida che consiste nella inibizione della fotosintesi per alterazione delle proteine di membrana dei cloroplasti.

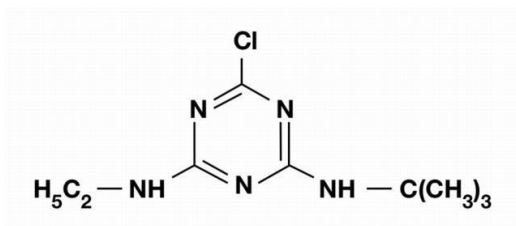


Figura . Struttura della terbutilazina, 2-tert-butylamino-4-chloro-6-ethylamino-1,3,5-triazine (IUPAC)

Una volta svolta la sua funzione la Terbutilazina (TERB) si degrada nel suolo per dealogenazione idrolitica in C2 (formando la 2-idrossi -terbutilazina (2-OH-TERB) che avviene per via chimica e per via biologica. Di estrema rilevanza è anche la N-deetilazione, essenzialmente a carico dei microrganismi, che porta alla formazione della desetil-terbutilazina (DET). Secondari sono altri processi di degradazione (figura seguente)

Prime fasi della degradazione della terbutilazina

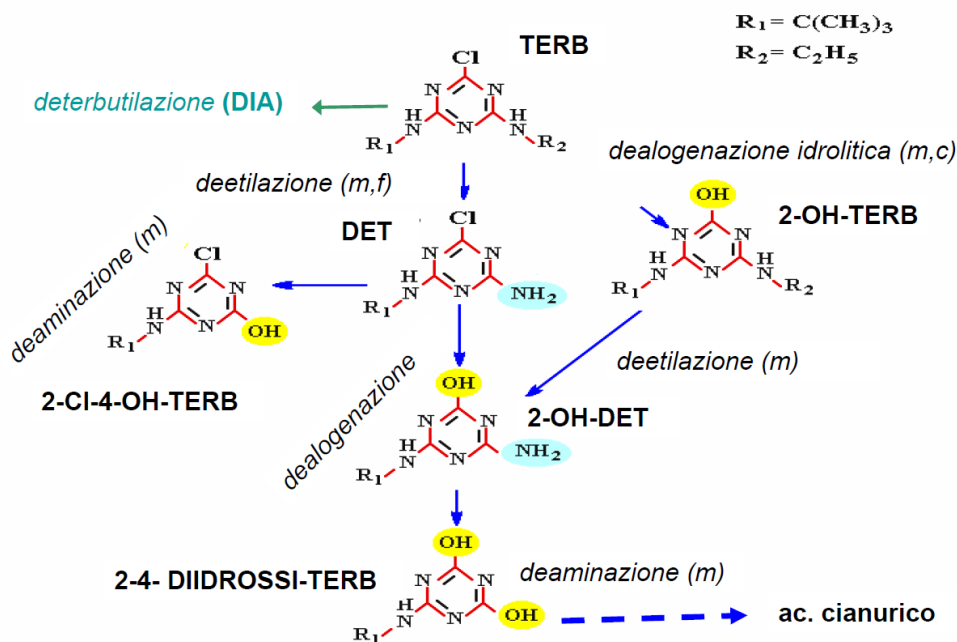


Figura . Processo di degradazione della terbutilazina (TERB) e formazione dei metaboliti principali: Desetil-terbutilazina (DET) e 2-Idrossi-terbutilazina (2-OH-TERB)

I tempi di dimezzamento della concentrazione di terbutilazina può arrivare anche a superare i novanta giorni, dipende dalla temperatura e dal pH delle acque. Il metolachlor ((RS)-2-Chloro-N-(2-ethyl-6-methyl-phenyl)-N-(1-methoxypropan-2-yl)acetamide) è un diserbante utilizzato in sinergia con la terbutilazina. I suoi tempi di dimezzamento nel suolo variano da 28 a 46 giorni.

La terbutilazina ed i suoi principali metaboliti, il cui impiego su larga scala è iniziato negli anni '90 in seguito alla messa al bando dell'atrazina è stata ritrovata spesso nelle acque di falda e nelle acque superficiali. Nel DM 260/2010 è inserita nella tabella 1B e lo standard di qualità ambientale medio annuale (SQA-MA) per le acque superficiali interne è 0.5 µg/l.

In nessun caso è stato mai rilevata la presenza di terbutilazina e suoi metaboliti a valori di concentrazione prossimi allo SQA-MA di 0.5 µg/l.

Nelle aste fluviali, analizzate sino al mese di agosto 2014, la presenza della terbutilazina ed i suoi metaboliti è stata rilevata sporadicamente nei siti denominati sorgenti (Agri Va11, Rifreddo Va3; Casale Va6, Allì Va9), ma questo suggerisce che nelle vicinanze vi siano delle

zone a coltura maidicole e che i principi attivi vi giungano per dilavamento dei terreni adiacenti (grafico seguente).

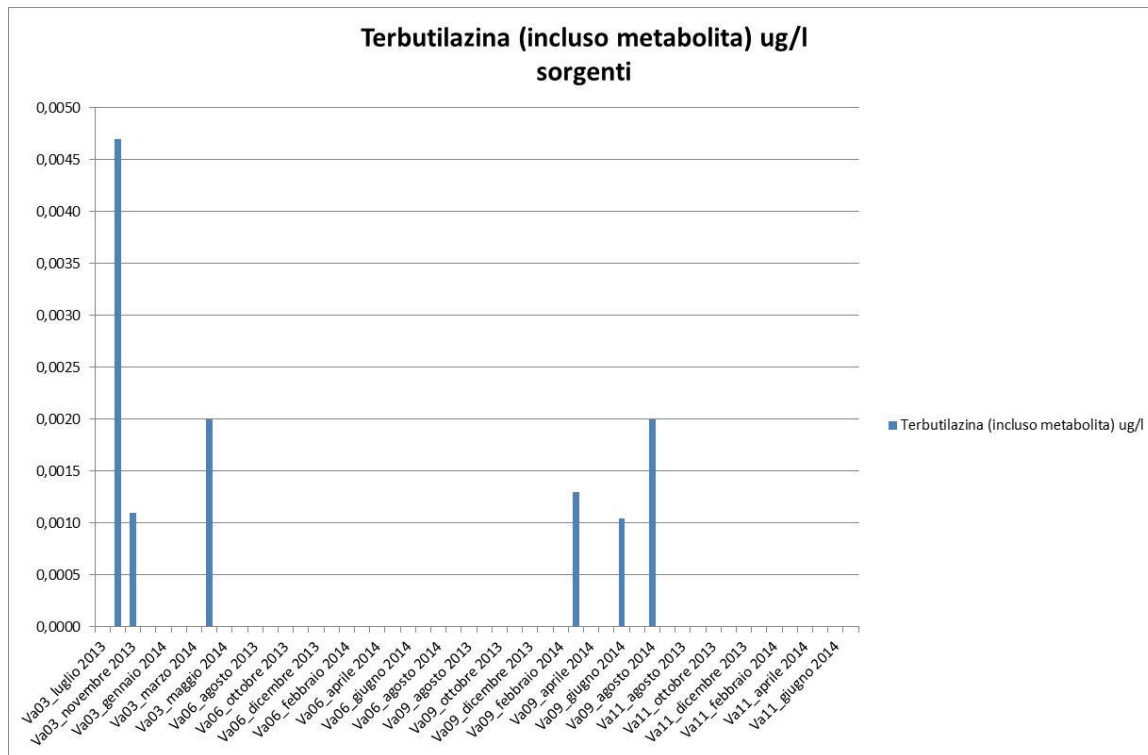


Grafico 5.4.1.5.1 - Terbutilazina e suoi metaboliti nelle acque dei siti denominate sorgenti.

In Val D’Agri i trattamenti con diserbanti a base di terbutilazina vengono effettuati prevalentemente in tarda primavera ed in effetti lungo l’asta fluviale dell’Agri la concentrazione di terbutilazina e suoi metaboliti aumenta tra giugno e settembre (grafico seguente).

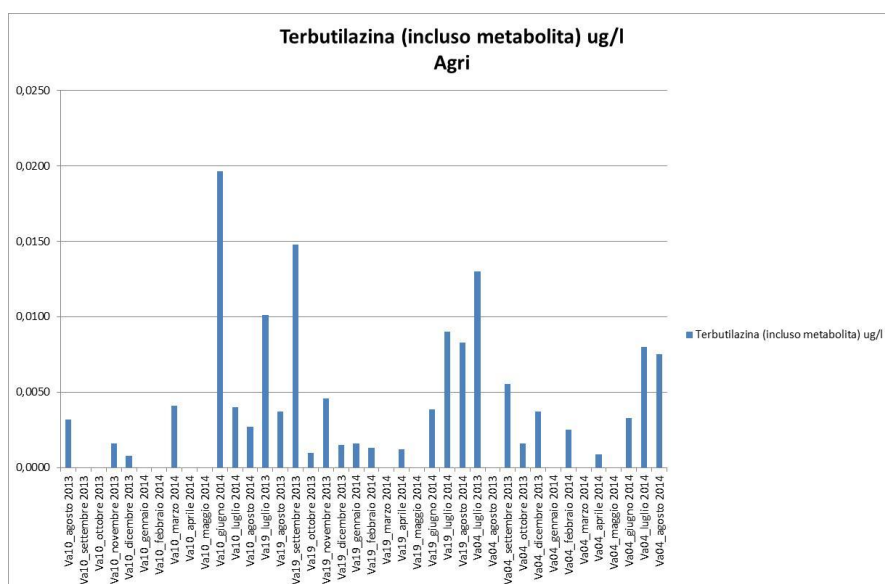


Grafico 5.4.1.5.2 - Terbutilazina e suoi metaboliti nelle acque del fiume Agri.

Nei periodi estivi, in cui la concentrazione di terbutilazina e suoi metaboliti nelle acque aumenta, le confluenze del Casale nel Pertusillo (Va5), e Rifreddo nel Pertusillo (Va2) sono secche, pertanto la terbutilazina ed i suoi metaboliti è stata rilevata nella confluenza dell’Alli nell’Agri (Va8) e nei torrenti Sciaura (Va22) e Maglia (Va23) e soprattutto nel cosiddetto canale di depurazione della zona industriale (Va7).

In quest’ultimo sito vi sono stati picchi di concentrazione anche dieci volte superiori rispetto alla media dei valori riscontrati negli altri siti fluviali; nel il mese di luglio 2014 e di agosto 2014 sono stati rilevati rispettivamente valori di 0.18 µg/l e 0.09 µg/l (grafico 12).

La relativa elevata presenza di terbutilazina e suoi metaboliti nel sito Va7 è stata confermata anche dall’aumento di concentrazione di metolachlor con concentrazioni rispettivamente di 0.35µg/l (campionamento luglio 2014) e 0.13 µg/l (campionamento agosto 2014). Gli studi condotti sugli oltre trecento molecole di fitofarmaci non hanno portato alla rilevazione di altri principi attivi.

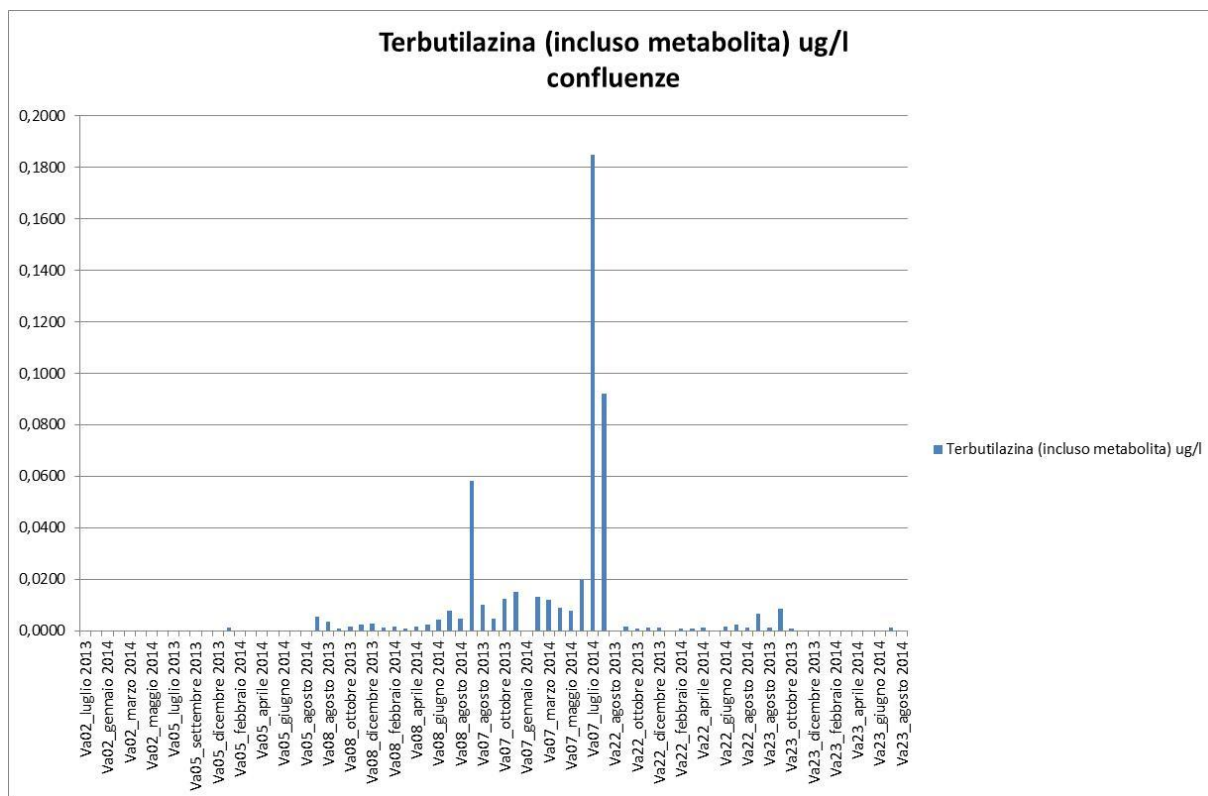


Grafico 5.4.1.5.3 - Terbutilazina e suoi metaboliti nelle acque delle confluenze

Interessante appare lo studio della distribuzione della terbutilazina e suoi metaboliti nell’invaso del Pertusillo. Lungo la colonna d’acqua dei sei punti di campionamento la concentrazione di tali analiti è risultata sostanzialmente uniforme anche grazie alla sua relativa solubilità in acqua (8 mg/l a 20°C a pH=7) (grafico seguente)

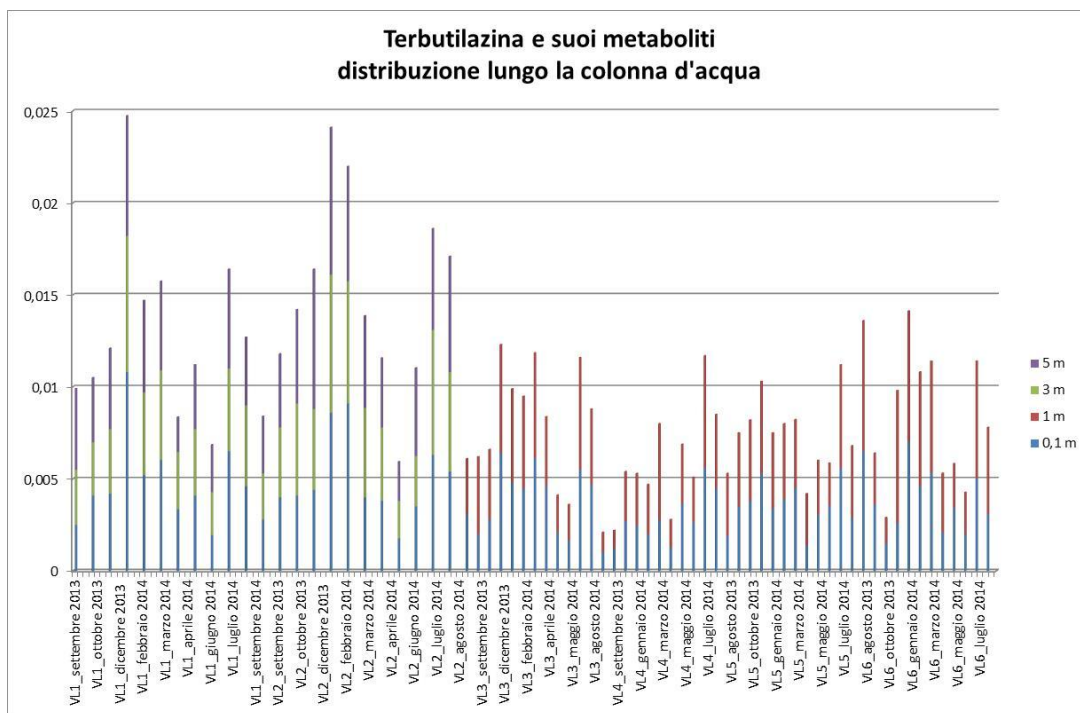


Grafico 5.4.1.5.4 - Distribuzione della Terbutilazina e suoi metaboliti nella colonna d’acqua nei sei punti di campionamento dell’invaso del Pertusillo.

Nell’invaso del Pertusillo la presenza di terbutilazina e suoi metaboliti è costante durante tutto l’anno, considerando anche che i tempi di dimezzamento della concentrazione di terbutilazina superano anche i tre mesi. Picchi di concentrazione si sono avuti sia nei periodi invernali, probabilmente a causa delle piogge che dilavano i terreni circostanti dai residui di principi attivi, che nei periodi di tarda primavera subito dopo i trattamenti in pieno campo (grafico seguente).

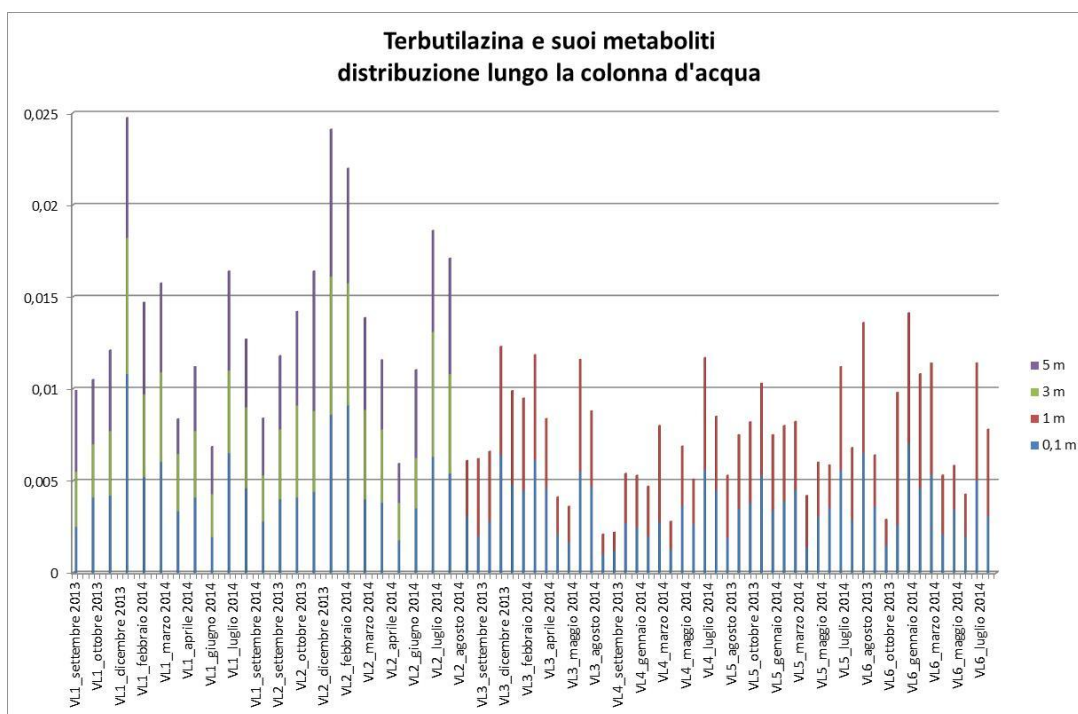
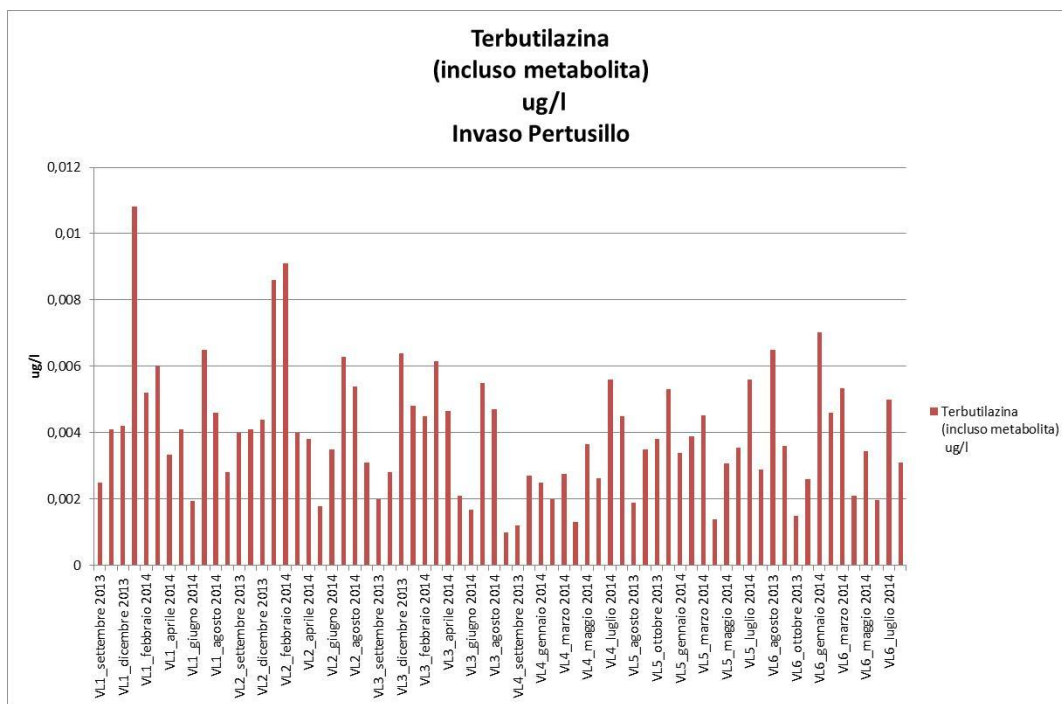


Grafico 5.4.1.5.5. Distribuzione della Terbutilazina e suoi metaboliti nella nei sei punti di campionamento dell’invaso del Pertusillo nel periodo agosto 2013- giugno 2014.

La letteratura scientifica ha evidenziato la capacità di tale erbicida di influenzare la crescita e la fotosintesi di microalghe flagellate dell'Adriatico anche a concentrazioni pari a quelle rilevate normalmente nei corpi idrici, pertanto interessante appare l'ipotesi di correlare la

presenza di terbutilazina e suoi metaboliti con la crescita algale presente nell'invaso nei periodi estivi. La presenza di concentrazioni di residui di metolachlor nelle acque della diga conferma che la causa della presenza di terbutilazina e suoi metaboliti sia dovuto all'utilizzo estensivo di tale sostanza come diserbante di colture maidicole. I livelli di concentrazione di metolachlor sono stati sempre ben inferiori ad 1 µg/l.

Si segnala infine che tra le sostanze appartenenti alla classe dei fitofarmaci è stata analizzato il 2,4, D che rientra tra le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità (Tab 1/B). A tale sostanza, classificata non prioritaria, è stato attribuito un valore di SQA-MA pari a 0,5 µg/l.

Il 2,4-D (2,4-diclorofenossi acido) è utilizzato in miscele con (ad esempio 2,4,5-T) e viene impiegato come diserbante per uccidere le erbe incolte a foglia larga nei prati, lungo i percorsi oltre che nei campi coltivati. Il 2,4-D è enormemente impiegato per il controllo delle erbe incolte sia in ambiente agricolo che domestico.

Anche in questo caso i tempi di dimezzamento variano molto in funzione del substrato, pH umidità e temperatura: da 13 giorni in acqua a 25° C, a 390 giorni su suolo con bassa umidità. La solubilità in acqua è molto elevata (34 g).

Per la sua elevata persistenza, solubilità il 2,4D è stato rilevato diffusamente in diverse stazioni di campionamento ma sempre in concentrazione di molto inferiore al valore di SQA-MA (0,5 µg/l). Molto raramente è stata rilevata la presenza di 2,4D nell'invaso del Pertusillo. E comunque anche per tale corpo idrico le concentrazioni determinate sono sempre risultate di molto inferiori al valore di SQA-MA (grafico seguente).

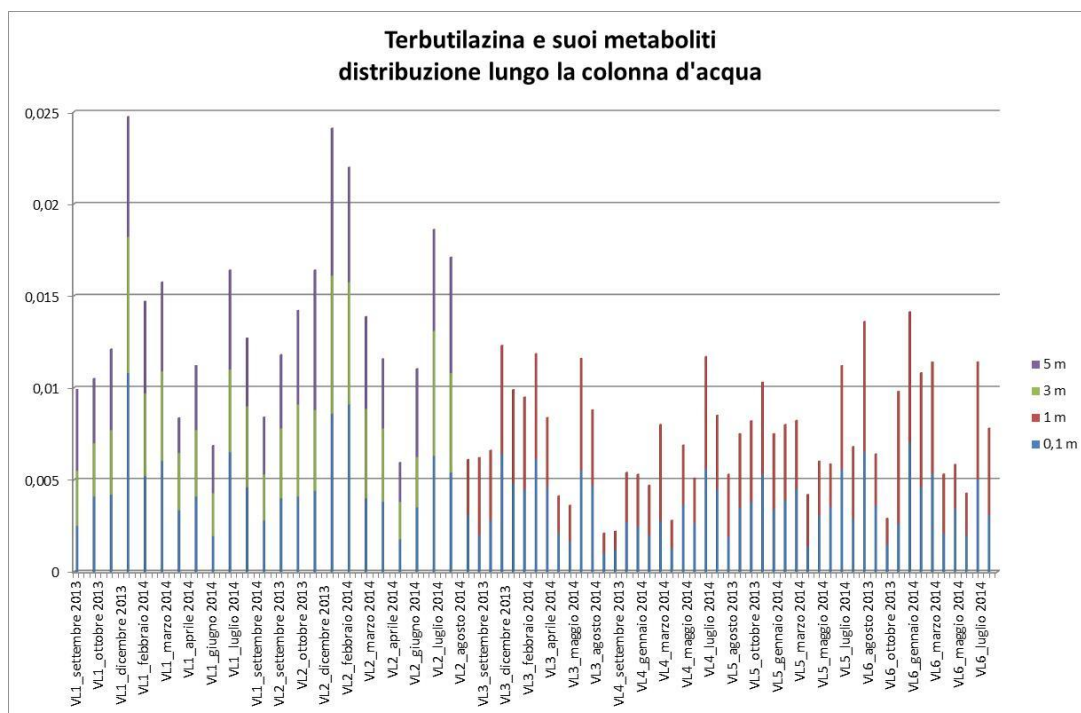
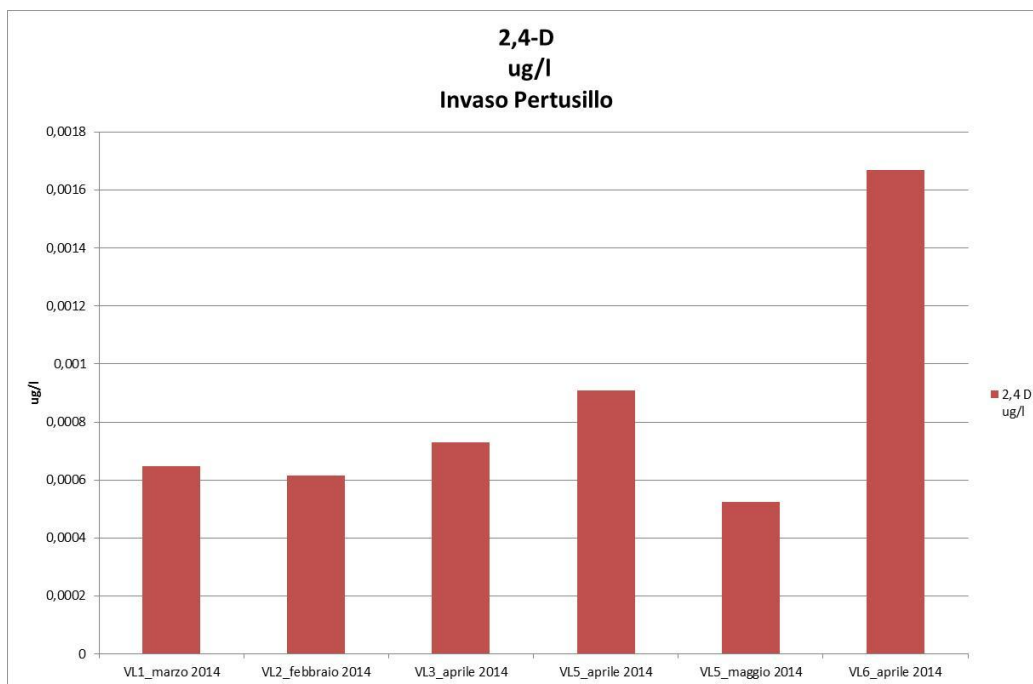


Grafico 5.4.1.5.6 - Distribuzione 2,4 D nella diga del Pertusillo.

6. CONCLUSIONI E SINTESI DEL PROGETTO

Con Deliberazione n. 627 del 4 maggio 2011, l'Ufficio Compatibilità Ambientale, Dipartimento Ambiente, Territorio e Politiche della Sostenibilità della Regione Basilicata - recependo il parere favorevole espresso nella seduta del giorno 18 aprile 2011, ai sensi della L.R. 47/1998, dal Comitato Tecnico Regionale Ambiente (di seguito "CTRA"), relativamente al Progetto - ha deliberato di rilasciare ad eni *"il Giudizio favorevole di Compatibilità Ambientale e l'aggiornamento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale di cui alla DGR n. 313/2011 relativamente alla costruzione ed all'esercizio del Progetto di Ammodernamento e Miglioramento Performance Produttive del Centro Olio Val D'Agri, subordinatamente all'ottemperanza delle prescrizioni richiamate"* con prescrizioni. In particolare, nella Deliberazione, al punto 2, è prescritto che eni dovrà definire di concerto con A.R.P.A.B. un Progetto di Monitoraggio Ambientale per le diverse componenti ambientali oggetto di esame nello Studio d'Impatto Ambientale, (prevedendo il trasferimento a regime delle reti di monitoraggio in capo ad A.R.P.A.B) che comprenda, tra l'altro:

- stazioni di biomonitoraggio (bioindicatori e biosensori) per la verifica del livello di criticità ecologica derivante dall'eventuale contributo degli impianti dell'insediamento. Su questa parte del progetto il proponente dovrà acquisire il parere di un Istituto Scientifico o Ente qualificato nel settore;
- il monitoraggio dello stato degli ecosistemi (basato almeno sulle seguenti componenti ambientali e/o indicatori: microclima, suolo e sottosuolo, ambiente idrico superficiale e sotterraneo, morfologie naturaliformi, vegetazione con studio fitosociologico, flora lichenica, macrofauna, microteriofauna, carabidiofauna);
- la condivisione di tutti i dati rilevati nella fase di attuazione del progetto di monitoraggio anche con l'Osservatorio Ambientale di cui al Protocollo.

Il punto 9 della DGR sopra richiamata, è prescritto che *"Eni S.p.A. dovrà presentare all'Ufficio Compatibilità Ambientale, in tempo utile e prima della messa in esercizio della "Fase 2" il Progetto di Monitoraggio Ambientale richiamato nella prescrizione n.2*

preventivamente approvato da A.R.P.A.B.....[...].”. Alla luce delle prescrizioni sopra riportate ed in ottemperanza alle stesse, eni, nell’ambito del Progetto di Monitoraggio Ambientale, ha predisposto, in seguito ad incontri tecnici tenutisi con A.R.P.A.B. e a fronte di quanto condiviso, il Piano di Biomonitoraggio e il Piano di Monitoraggio degli Ecosistemi dell’area della Val d’Agri.

Eni, con nota prot. n. 2291 del 19/12/2012 ha inviato ad A.R.P.A.B. i Piani per condivisione finale delle specifiche tecniche in essi formulate.

A.R.P.A.B. ha approvato i Piani trasmessi con la nota di cui alla precedente premessa in data 21 dicembre 2012 , tra cui il **Progetto di Monitoraggio dello stato degli Ecosistemi** nella porzione di territorio di circa 100 Km² circostante l’area del Centro Olio Val d’Agri individuato nel S.I.A.

Le attività previste nel suddetto Progetto sono state regolamentate da apposito Accordo stipulato tra ARPAB ed ENI a giugno 2013 e repertoriato con il n. 433 a luglio 2013 che definisce le componenti ambientali da sottoporre a controllo. Altresì l’Accordo sottoscritto disciplina l’esecuzione delle attività sulle diverse matrici ambientali oggetto di studio tra le quali si annovera *l’Ambiente Idrico Superficiale* oggetto della presente relazione tecnica. Tale studio realizzato in modo sistematico si pone come obiettivo principale la definizione dello Stato di Qualità Ambientale del comparto idrico rispetto al quale poter valutare fenomeni di impatto a lenta evoluzione temporale e che hanno impatti più difficilmente reversibili. L’approccio utilizzato è stato di tipo multidisciplinare ed ha consentito di determinare sia lo stato ecologico di ognuna delle stazioni studiate che quello chimico sulla base della normativa di riferimento.

FIUME AGRI E SUOI AFFLUENTI.

Il **Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori per lo stato ecologico** (LIMeco) mediato su un periodo di 14 mesi ha evidenziato che lungo il **fiume Agri** vi è stato uno scadimento rispetto alla sorgente, dello stato di qualità nel tratto del fiume da sotto Villa d’Agri alla confluenza nel Pertusillo ed in particolare

- ❖ Va11 – Stato di qualità *elevato*
- ❖ Va10 - Stato di qualità *sufficiente*
- ❖ Va19 - Stato di qualità *buono*

❖ Va04 - Stato di qualità *buono*

Il LIMeco nel **torrente Alli** passa da uno stato di qualità elevato a *sufficiente* nella confluenza nel fiume.

Il fosso naturale denominato canale di depurazione dell'area industriale (Va07) mostra uno stato di qualità *sufficiente*.

I torrenti Casale, Rifreddo dalla sorgente alla confluenza, la confluenza del Maglia e dello Sciaura raggiungono uno stato di qualità *elevato*.

Macroinvertebrati

Lo **Star – ICMi** è un indice per la valutazione della qualità dei corpi idrici superficiali che prevede la raccolta quantitativa di organismi bentonici all'interno dei vari habitat acquatici. La valutazione dello Star_ICMi nell'area della Val d'Agri attraverso le indagini condotte in tre stagioni, ha rilevato che lungo il **fiume Agri** vi è stato uno scadimento rispetto alla sorgente, dello stato di qualità nel tratto del fiume da sotto Villa d'Agri alla confluenza nel Pertusillo ed in particolare :

- Va11 – Stato di qualità *buono*
- Va10 - Stato di qualità *moderato*
- Va19 - Stato di qualità *moderato*
- Va04 - Stato di qualità *moderato*

L'indice **Star – ICMi** applicato al torrente Casale ha evidenziato uno stato ecologico elevato alla sorgente e moderato alla confluenza.

Nel torrente Alli lo stato ecologico è risultato pari ad elevato alla sorgente e buono alla confluenza.

Il torrente Sciaura presenta uno stato ecologico moderato alla confluenza.

Il torrente Maglia presenta uno stato ecologico buono alla confluenza.

Diatomee

L'ICMi è un indice multi metrico composto dall'Indice Trofico TI e dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti IPS, Il calcolo dell'IPS considera la sensibilità delle specie all'inquinamento organico e di conseguenza è indicativo di alti livelli di trofia. Il calcolo del TI tiene conto della sensibilità delle specie all'inquinamento trofico, e questo è

altamente correlato con bassi livelli di trofia e di inquinamento organico; inoltre risulta sensibile al carico di nutrienti di origine naturale

Lo studio delle diatomee bentoniche per il calcolo dell'ICMi, applicato nel fiume Agri e suoi affluenti a luglio 2013, ha evidenziato uno stato ecologico elevato in tutte le stazioni di indagine. Nella stazione Va19 (F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo) è stato rilevato uno stato ecologico buono.

Macrofite

Le macrofite acquatiche sono un gruppo definito su base ecologico-funzionale e comprendono i vegetali macroscopicamente visibili presenti negli ambienti acquatici, palustri e di greto che caratterizzano gli ambiti fluviali. Le indagini condotte su tredici stazioni hanno evidenziato che solamente quattro di queste sono risultate idonee per il calcolo dell'Indice IBMR: due stazioni sul fiume Agri, una stazione sul torrente Casale, una sul fiume Alli. I risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza di un grado di trofia medio nelle stazioni indagate nei due periodi dell'anno.

Lo stato ecologico nelle stazioni indagate è risultato:

- Va04 – elevato
- Va08 – elevato
- Va05 – buono
- Va09 – elevato

INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Il giudizio di funzionalità nel tratto del Fiume Agri è risultato *Ottimo* con un'evidenza di peggioramento nella parte intermedia, nelle stazioni del Va10 e del Va19; il sito Va04 (confluenza Agri in diga) ha rilevato una leggera differenza tra le due sponde, con un giudizio *Ottimo* in destra idrografica e *Ottimo-Buono* in sinistra idrografica.

Il Torrente Casale ha mostrato un'Ottima funzionalità alla sorgente (Va06) e una *Buona – Mediocre* alla confluenza in Agri, con un peggioramento del giudizio maggiormente evidente in sinistra idrografica (*mediocre*).

Il Torrente Alli ha rilevato un' *Ottima* funzionalità alla sorgente – Va09 e un evidente peggioramento alla confluenza in Agri – Va05 (*Mediocre*)

Le due stazioni presenti nei Torrenti Sciaura e Maglie sono entrambe risultate con una *Ottima* Funzionalità Fluviale. L'I.F.F. sul Torrente Rifreddo è stato rilevato a Marzo 2014 poiché ad Ottobre 2013 era risultato ancora in secca. Il Giudizio di funzionalità è risultato *Buono* el sito Va03 e *Buono-Mediocre* nel sito prossimo alla confluenza in diga Va02.

TEST ECOTOSSICOLOGICI

I campioni di acque superficiali dell'Agri e dei suoi affluenti sono stati sottoposti all'analisi con *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri*. Le analisi non hanno evidenziato fenomeni di tossicità.

Tuttavia sono stati più evidenti i casi di biostimolazione (o ormesi) che sono risultati compresi tra il 20% e il 32%. L'ormesi è considerato un segnale di incipiente tossicità poiché è da attribuire ad un eccesso di nutrienti, che è comunque un indice di perturbazione del sistema in quanto l'organismo risponde all'aumentata disponibilità di sostanze cercando di diluirne l'eccesso attraverso processi metabolici che portano ad un aumento della biomassa o, come nel caso dei batteri bioluminescenti, all'aumento dell'emissione luminosa. I campioni che hanno mostrato fenomeni di biostimolazione più evidenti sono stati quelli prelevati nei siti:

Va02 – confluenza Rifreddo (-24.6% nel mese di gennaio 2014);

Va05 – confluenza casale (-23.2% nel mese di gennaio 2014);

Va07 - canale depuratore (-21.6% nel mese di dicembre 2013 e -27.5 nel mese di gennaio 2014);

Va08 – confluenza Alli (-23.5% nel mese di dicembre 2013 e -25.3 nel mese di gennaio 2014);

Va04 – Agri confluenza (-32.5% nel mese di gennaio 2014);

Va10 – Agri Villa d'Agri (-26.6% nel mese di dicembre 2013 e -28.5% nel mese di gennaio 2014);

Va23 – torrente maglie (-23.5% sempre nel mese di dicembre 2013)

Anche i sedimenti fluviali sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici con il batterio *Vibrio fischeri*, e al test di fitotossicità con semi di *Lepidium sativum*. In nessun caso è

stato possibile calcolare un valore di EC50 e quindi di Unità Tossica corrispondente, tutavia entrambi i test hanno evidenziato che le stazioni Vs04 (Agri confluenza), Vs07 (canale depuratore area industriale), Vs10 (Agri Villa d'Agri) e Vs23 (Torrente Maglie) presentano maggiori condizioni di stress ambientale.

DIGA DEL PERTUSILLO

L'LTLecco è un indice sintetico che descrive il livello trofico delle acque lacustri.

Il livello trofico (LTLecco) del lago Pertusillo per lo stato ecologico nel periodo indagato è risultato *sufficiente*.

FITOPLANCTON

L'analisi del fitoplancton ha evidenziato che le specie più dominanti sono risultate le *Cyclotella* appartenenti al phylum delle Bacillariophyta, i *Dinobryon* del phylum delle Chrysophyta, le *Ochromonas*, sempre Chrysophyceae.

Nel mese di agosto 2013, nel sito VL4 (prossimità Grumento) è stata osservata una netta dominanza di *Tetraselmis cordiformis* del phylum delle Prasinophyta che ha superato il numero di 1.400.000 cell/L. Questa fioritura si è spostata, nel mese di settembre 2013, verso il sito VL5 (prossimità Masseria Crisci) e si è conclusa nel mese di dicembre 2013.

Nel mese di aprile 2014 sono cominciate ad essere più abbondanti alcune forme di Nostocales (Cyanophyceae) con la specie *Aphanizomenon spp.* ma ancora con valori prossimi alle 10.000 cell/L.

Nel mese di maggio 2014, le Nostocales (Cyanophyceae) hanno raggiunto valori compresi tra le 30.000 e le 50.000 cell/L, fino a un massimo di 300.000 cell/L a giugno 2014 nella stazione VL5 (prossimità Masseria Crisci). In questo stesso mese, in tutte le stazioni vi è stata una netta dominanza di *Dinobryon divergens* (Cyanophyceae) con valori che hanno superato un milione di cell/L sia nel sito VL5 (prossimità Masseria Crisci) che nel sito VL6 (prossimità Montemurro).

Nel mese di luglio 2014 è stata riscontrata la presenza di Bacillariophyceae, con dominanza della specie *Nitzschia acicularis*, che ha superato le 800.000 cell/L nel sito VL5 (prossimità

Masseria Crisci). Le Nostocales sono state presenti con le specie *Aphanizomenon spp.* e *Anabaena bergii* con valori compresi tra 10 e 30 mila cell/L. .

Nel mese di agosto 2014 ha ripreso la dominanza di *Tetraselmis cordiformis* – Prasinophyta in particolare nel sito VL4 (prossimità Grumento) con un numero di cellule prossimo alle 600.000 cell/L. Nello stesso sito è aumentata anche la concentrazione di *Aphanizomenon spp.*, che in questo mese ha raggiunto il valore di 400.000 cell/L.

SAGGI ELISA PER LA RICERCA DELLE TOSSINE ALGALI

Anche se il numero di cellule di cianobatteri riscontrate è stato sempre inferiore alle 500 cell/mL (500.000 cell/L) e tale da non rendere necessario nessun livello di azione, i campioni di acqua della diga sono stati comunque sottoposti al test per la ricerca di microcistine: Microcystins-LR, Microcystins-RR, Microcystins-YR, NODLN (Nodularina) algali mediante saggio competitivo immunoenzimatico.

In tutti i campioni testati la concentrazione di microcistine non ha mai superato il valore di 0.1 ug/L. Una lieve evidenza si è avuta nel mese di agosto 2014, quando, avendo osservato un aumento del numero di cellule di cianobatteri, soprattutto nella stazione VL4 (prossimità Grumento), il campione testato è stato concentrato, filtrando, in situ, un volume di acqua pari a 1000 litri. L'estratto cellulare è stato sottoposto al test evidenziando una concentrazione di microcistine pari a 0.00163ug/L (valore misurato sul concentrato di 1000 litri di acqua).

I campioni di acqua della diga sono stati sottoposti anche al saggio per la ricerca di anatossine algali.

In tutti i campioni testati la concentrazione di Anatossina-a è risultata inferiore a 10ug/L.

TEST ECOTOSSICOLOGICI DIGA DEL PERTUSILLO

I campioni di acqua della diga Pertusillo sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici con gli organismi *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri*. Le analisi non hanno evidenziato fenomeni di tossicità.

Più diffusi sono stati i casi di biostimolazione, evidenziati con il biosaggio del *Vibrio fischeri*. La biostimolazione risulta maggiore, ovvero compresa tra -25% e -30% soprattutto nelle

stazioni VL1 (centro lago), VL2 (sbarramento) e VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (Mass Crisci). Questi fenomeni di ormesi possono essere, con buona probabilità da attribuire ad un eccesso di nutrienti.

Anche i sedimenti del lago sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici con il batterio *Vibrio fischeri*, e al test di fitotossicità con semi di *Lepidium sativum*.

Le indagini con il *Vibrio fischeri* hanno evidenziato una condizione di maggiore stress ambientale soprattutto nei sedimenti delle stazioni VL4 (prossimità Grumento) e VL5 (Masseria Crisci). In quest'ultimo sito, infatti, è stato possibile calcolare un valore di EC50 a 5 minuti pari a 89% nel campione prelevato nel mese di settembre 2013, il campione è da intendersi nella classe di tossicità tra trascurabile e media. Negli altri mesi di indagine non è stata rilevata la presenza di tossicità.

Il test di fitotossicità non ha evidenziato fenomeni di tossicità.

Metalli pesanti

Le analisi condotte sui campioni di acque del fiume Agri e dei suoi affluenti evidenziano che il Mercurio ed il Piombo che rientrano nella classe di sostanze definite pericolose-prioritarie e prioritarie (PP e P) non hanno mai superato i limiti di quantificazione rispettivamente di 0,01 µg/l ed 1 µg/l.

Nelle stazioni Va22 (Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova) e Va23 (Torrente Maglia a valle di Sarconi) viene rilevata presenza di cadmio in concentrazione apprezzabile (0,04 µg/l) rispetto al limite di quantificazione (tabella 5.1) e comunque al disotto dell SQA (0,15 µg/L corrispondente ad una durezza media di 190 mg/l di CaCO₃).

In nessuno dei campioni sottoposti ad analisi sono stati determinati valori di Cadmio, anche puntiformi, superiori allo SQA-CMA (Standard di Qualità Ambientale – Concentrazione Massima Ammissibile). Il valore medio determinato per il Nichel oscilla tra 1,5 e 3,0 µg/L contro uno SQA-MA 20 µg/L.

Le sostanze non prioritarie (Arsenico e Cromo totale) e quelle studiate (Argento, Antimonio, Berillio, Cobalto, Cromo esavalente, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco) raramente vengono determinate al di sopra del limite di quantificazione.

Le concentrazioni di Manganese, Boro, Bario, Ferro ed Alluminio, sostanze non classificate come prioritarie-pericolose e pericolose, sono state rispettivamente 75, 96, 110, 198 e 316 µg/l; per Ferro ed Alluminio queste concentrazioni più elevate corrispondono ai punti Va02 (Confluenza Rifreddo nel Pertusillo), Va03 (Sorgente Rifreddo) e Va05 (Confluenza Casale nel Pertusillo) rilevati solo nel campionamento di gennaio 2014 eseguito in condizioni meteorologiche avverse; 75 µg/l di Mn è stato analizzato nel punto Va07 (Canale depuratore zona industriale) nel solo campionamento di novembre 2013.

Analogamente sono stati eseguiti campionamenti e analisi di metalli nelle acque della diga del Pertusillo. Le analisi condotte per la determinazione dello Standard di Qualità Ambientale (SQA_MA) relativamente ai metalli che rientrano nell'elenco di priorità e quindi le sostanze pericolose-prioritarie e prioritarie (PP e P) hanno evidenziato che:

- in tutti i campioni analizzati il Mercurio (Hg) è risultato sempre al di sotto dei limite di quantificazione 0,01 µg/l ;
- il Piombo ed il Cadmio raramente superano i predetti limiti, rispettivamente di 0,01 e 1 µg/l.
- Il Nichel è presente a valori tra 1,9 e 2,1 µg/L contro uno SQA-MA 20 µg/L.

Tra le sostanze non prioritarie (Arsenico e Cromo totale) e le rimanenti sostanze studiate (Argento, Antimonio, Berillio, Cobalto, Cromo esavalente, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio) in rari casi si determinano concentrazioni apprezzabili rispetto ai loro limiti di quantificazione.

Tra gli elementi presenti in concentrazione maggiore si evidenziano il Ferro presente in concentrazione compresa tra 5 e 187 µg/l l' alluminio tra 5 e 169 µg/l, lo Zinco tra 5 e 83 µg/l, il Manganese tra 1 e 45 µg/l , il Bario tra 31 e 44 µg/l , il Boro tra 12 e 61 µg/l, e il Rame tra 1 e 5 µg/l .

Lo studio condotto ha interessato anche i sedimenti sia fluviali che lacustri. Le indagini condotte su tale matrice rivestono importanza strategica poiché consentono di comprendere le pressioni a cui una determinata area può essere soggetta per effetto della capacità di tale matrice di accumulare grandi concentrazioni di contaminanti nel tempo.

Questo significa che la matrice sedimento rappresenta la memoria storica degli accadimenti che hanno interessato i territori interessati dalla presenza del fiume o del lago.

Per effetto dell'assenza di una norma che definisce le concentrazioni soglia di riferimento analogamente a quanto accade per i suoli o le acque, nel presente studio il sedimento è stato valutato sulla base dei Livelli Chimici di Riferimento (APAT 2009) o sui valori definiti nel rapporto ISPRA 154/2011.

Quindi facendo riferimento ai valori di LCR proposti da ISPRA si evidenzia che **cadmio, mercurio, piombo, Cr(VI), Cr(tot.) e arsenico** presentano delle concentrazioni sempre inferiori ai valori di LCR riportati nella tabella seguente.

Tabella: Livelli chimici di riferimento per i metalli. Per confronto sono riportati i valori proposti da normative/organismi nazionali. (1) CSC per i suoli ad uso residenziale/verde pubblico e (2); ad uso industriale; (3); Standard di qualità dei sedimenti limitatamente agli ambienti di acque marino-costiere Tab. 2 DM 367/03. Tutti valori espressi in mg/kg dw.

	LCR (APAT) (mg/kg)	LCR (APAT) (mg/kg) senza outlier	Col. A (mg/kg) D.Lgs 152/06 ⁽¹⁾	Col. B (mg/kg) D.Lgs 152/06 ⁽²⁾	DM 367/03 ⁽³⁾ (mg/kg)
Arsenico	14	13	20	50	12
Cadmio	0,55	0.5	2	15	0,3
Cromo Tot	100	47	150	800	50
Cromo(VI)	5				5
Mercurio	0,5	0.4	1	5	0,3
Nichel	73	56	120	500	30
Piombo	41	41	100	1000	30

Lo stesso vale per ferro e manganese i cui valori, in tutti i sedimenti fluviali analizzati, confrontati con gli SQG calcolati nel Wisconsin (USA)¹ risultano essere sempre maggiori.

Il confronto delle concentrazioni di **nickel, rame, cobalto e bario** analizzati in alcuni sedimenti del lago con i target e value¹ e intervention¹ value olandesi evidenziano che in alcune stazioni le concentrazioni di tali elementi superano i T.V. ma sono di molti inferiori agli I.V.

¹ Il valore di intervento (intervention value) è la concentrazione di un contaminante superata la quale si ha un serio evento di contaminazione della matrice ambientale. Il valore soglia (target value), invece, indica il livello in corrispondenza del quale si ha un livello accettabile di qualità del suolo e quindi indica la concentrazione che deve essere ottenuta per un completo recupero delle proprietà funzionali del suolo.

Idrocarburi nelle acque

I corpi idrici oggetto di tali studi sono stati campionati nel periodo compreso tra giugno 2013 e agosto 2014. In nessuno dei campioni sottoposto ad analisi è stata rilevata presenza di idrocarburi ad eccezione di quello della stazione Va05 (ubicata alla confluenza tra il Torrente Casale e il Lago del Pertusillo) prelevato a luglio 2013 la cui concentrazione espressa come n-esano è risultata 0,23 mg/l (laddove il limite di quantificazione del metodo è posto a 0,1 mg/l).

Idrocarburi nei sedimenti

Come con le acque, la legislazione vigente non prevede alcuna concentrazione soglia per gli idrocarburi nei sedimenti fluviali, pur tuttavia la direttiva 2008/105/CE, recepita dall'Italia, ne rimanda la definizione agli stati membri. Le risultanze analitiche emerse a seguito dello studio condotto in questo progetto evidenziano la presenza diffusa di idrocarburi nei campioni di sedimento sia del fiume Agri che di alcuni suoi affluenti (torrenti Alli, Sciaura, Rifreddo e Casale) oltre che nei sedimenti del lago del Pertusillo. Lo studio consente, altresì, di rilevare che diversi idrocarburi analizzati possono essere classificati come idrocarburi target di derivazione petrolifera.

Le indagini condotte per la determinazione degli idrocarburi volatili aromatici evidenziano che le quantità riscontrate sono state sempre a livello di tracce, inferiori alle parti per miliardo (ppb) e ben lontane (almeno di un ordine di grandezza) dai valori massimi fissati dal decreto oltre i quali lo stato chimico del corpo idrico non è più buono. Assenza di cloro benzeni in tutti i campioni analizzati. Come già si è potuto osservare nel caso degli idrocarburi con un numero di atomi di C maggiore di 12 anche gli idrocarburi più leggeri, in particolare i BTEX, sono piuttosto diffusi nei sedimenti fluviali e lacustri del bacino dell'Agri.

In particolare si evidenzia che toluene in concentrazione superiore al Target Value olandese è stata analizzata nei sedimenti prelevati nelle stazioni Vs10 (Villa D'Agri), Vs11 Sorgente Agri e Vs03 sorgente Rifreddo e Vs19 (F. Agri - area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo)

Le sostanze appartenenti alla classe chimica dei Clorobenzeni non sono mai state riscontrate durante il periodo di monitoraggio né nei sedimenti fluviali né in quelli lacuali.

Policlorobifenili (Pcb) nelle acque

I PCB una volta immessi nell'ambiente possono andare incontro a destini diversi. Le molecole con un alto livello di clorurazione sono molto stabili e scarsamente biodegradabili, mentre quelle con meno atomi di cloro subiscono una lenta degradazione ad opera di microrganismi. Non c'è quindi quasi mai una diretta correlazione tra miscele industriali e campione ambientale. Essendo inoltre poco solubili in acqua in genere è difficile trovarli in quantità significative, soprattutto nelle acque fluviali dove il ricambio è piuttosto elevato.

Le indagini condotte evidenziano assenza di tali sostanze nelle acque del bacino artificiale del Pertusillo. In rari casi, su campioni di acqua fluviale sono state riscontrate tracce dei congeneri 138, 153, 170 e 180. La presenza con un andamento a spot, le quantità ritrovate dello stesso ordine di grandezza del limite di rivelabilità strumentale e soprattutto il tipo di congeneri ritrovati mostrano chiaramente che non si tratta di inquinamento puntuale ma di tracce dovute alla presenza ormai ubiquitaria di queste molecole.

Policlorobifenili (Pcb) nei sedimenti

Per quanto concerne gli studi condotti sui sedimenti, si ricorda che non sono presenti norme specifiche che propongono valori soglia per i sedimenti sia fluviali che lacustri. I sedimenti rivestono un ruolo fondamentale per la salute degli ecosistemi acquatici sia per le interazioni con l'acqua interstiziale ed i livelli idrici sovrastanti sia perché habitat di molti organismi e sostegno di tutta la fauna acquatica. Allo scopo di valutare il grado di rischio per la fauna acquatica, nel presente lavoro, come già fatto per altre classi di molecole, si fa riferimento ai valori guida utilizzati in altre nazioni anche *extraeuropee* (

documento 154/2011 redatto dall'ISPRA – Standard di qualità di sedimenti fluviali e lacuali. Criteri e proposta).

Vengono poi proposti una serie di approcci definiti teorici, empirici e combinati per il calcolo degli standard qualitativi dei sedimenti che culminano in una proposta di SQG (Sediment Quality Guidelines) relativamente ad alcuni contaminanti. Tali valori rappresentano dei valori di screening di concentrazione dei contaminanti per la valutazione preliminare dello stato di qualità dei sedimenti e propedeutiche ad eventuali approfondimenti di indagine. Tale studio, per quanto concerne la classe di molecole appartenenti ai policlorobifenili (PCB) propone un valore pari a **1.802 µg/kg** sulla sostanza secca calcolato con l'approccio SQG-Bioaccumulo, definito anche Livello residuo nei tessuti o TRA (Tissue Residue Approach).

I valori più alti si riscontrano nella stazione denominata Vs10 ubicata a valle della città di Villa D'Agri sono risultati pari a **1.8 µg/kg** nel campionamento del 19/12/2013 e **5.23 µg/kg** nel campionamento del 13/06/2014 e pertanto superiori al valore di PCB totali di cui alla tabella 4.1 - *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti* del documento ISPRA 154/2011.

Fitofarmaci nelle acque

La presenza di fitofarmaci nell'ambiente è da ascrivere principalmente all'utilizzo in campo agricolo. Le indagini condotte e finalizzate alla valutazione di molecole che rientrano nella tabella 1/A e 1/B del D.M. 260/2010 analizzate non hanno dato luogo a superamenti sia dello Standard di Qualità Ambientale espresso come media annuale che come concentrazione massima ammissibile.

Fitofarmaci nei sedimenti

Anche per questa classe di molecole di sicura origine antropica non è possibile riferirsi a standard di qualità, pertanto sarà necessario riferirsi a proposte di studi e valori guida riportati nella letteratura. La tabella 4.1 - *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti* del documento ISPRA 154/2011 suggerisce la ricerca di una griglia differente di pesticidi.

Lo studio condotto ha evidenziato presenza di talune molecole di fitofarmaci tra i quali si segnala per l'abbondanza relativa il p,p'-DDE (1,1-dicloro-2,2 bis(p-clorofenil)etilene). Questo è un pesticida organo clorurato derivante dalla degradazione del DDT, para-dicloro-difeniltricloroetano ormai fuorilegge dagli anni settanta negli USA e successivamente in tutti i paesi occidentali.

I punti privi di qualsiasi traccia di fitofarmaci sono il Vs02 - *Confluenza Rifreddo nel Pertusillo*, Vs05 - *Confluenza Casale nel Pertusillo*, Vs06 - *Sorgente Casale*, Vs07 - *Canale depuratore zona industriale*, Vs09 - *Sorgente Alli* e Vs23 - *Torrente Maglia a valle di Sarconi*. Nel Vs03 - *Sorgente Rifreddo* sono presenti tracce di p,p'-DDE in un solo campionamento, quello del 10/04/2014. Nel Vs04-*Confluenza Agri nel Pertusillo* il p,p'DDE è presente nei campionamenti del 31/07/2013, del 23/10/2013 e del 14/02/2014, mentre nel campionamento del 23/10/2013 sono presenti anche l'esaclorobenzene o HCB, altro pesticida organoclorurato molto stabile e persistente, e trifluralin, un erbicida appartenente alla classe delle dinitroaniline. Nel Vs08 - *Confluenza Alli nell'Agri* sono presenti tracce di p,p'-DDE nel campionamento del 23/10/2013. Nel punto Vs10 - *Agri Villa D'Agri* troviamo il p,p'- DDE in tutti i campionamenti analizzati fino ad ora. Il valori più elevati sono nei campionamenti del 19/12/2013, del 18/02/2014 e del 11/04/2014. Inoltre nel campionamento del 19/12/2013 troviamo anche gli isomeri o,p'-DDT e p,p'-DDD, mentre nel campionamento del 13/06/2014 troviamo anche tracce di clorpirifos, un insetticida organofosforico. Anche nella stazione Vs11 - *Sorgente Agri* è stata evidenziata presenza di p,p'-DDE in tutti i campionamenti tranne in quello del 25/10/2013 e nel campione prelevato a giugno 2014 è stata riscontrata presenza di clorpirifos. Nel Vs19-*Fiume Agri* – area compresa tra Centro Oli e Diga del Pertusillo vi è presenza p,p'-DDE in quasi tutti i campionamenti tranne in quello del 01/08/2013 e del 24/10/2013; nel campionamento del 18/12/2013 vi è presenza di esaclorobenzene e nel campionamento del 17/06/2014 di clorpirifos. Nel Vs22- *Torrente Sciaura a valle di Grumento Nova* solo nel campionamento del 12/07/2013 vi è presenza di p,p'-DDE , nel campionamento del 31/07/2013 di esaclorobenzene e nel campionamento del 17/06/2014 di clorpirifos, in quantità molto prossime al nostro limite di quantificazione.

Si segnala infine che tra le sostanze appartenenti alla classe dei fitofarmaci è stato analizzato il 2,4, D che rientra tra le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità (Tab 1/B). A tale

sostanza, classificata non prioritaria, è stato attribuito un valore di SQA-MA pari a 0,5 µg/l. Per la sua elevata persistenza, il 2,4D è stato rilevato diffusamente in diverse stazioni di campionamento ma sempre in concentrazione di molto inferiore al valore di SQA-MA (0,5 µg/l). Molto raramente è stata rilevata la presenza di 2,4 D nell'invaso del Pertusillo. E comunque anche per tale corpo idrico le concentrazioni determinate sono sempre risultate di molto inferiori al valore di SQA-MA.

Idrocarburi Policiclici Aromatici nelle acque

I campioni analizzati non hanno evidenziato presenza di IPA superiori ai valori SQA-MA per le acque superficiali interne; solo il sito Va11 (denominato sorgente Agri) campionato a luglio 2014 ha presentato valori di sommatoria di (Benzo(g,h,i)perilene e Indeno(1,2,3-cd)pirene) pari a 0.002 µg/l che è il valore tabellato per SQA-MA per le acque superficiali interne.

Nelle acque della diga del Pertusillo è stata rilevata la presenza, nei mesi di luglio e agosto 2014, di naftalene lungo la colonna d'acqua nei siti VL1 (denominato centro invasivo) e VL2 (denominato sbarramento).

Idrocarburi Policiclici Aromatici nei sedimenti

Confrontando i risultati delle analisi degli IPA (solo per le molecole tabellate) con i valori riportati nella tabella 4.1 “ *Valori proposti per gli standard di qualità dei sedimenti relativamente ad alcuni contaminanti*” si evidenzia che risultano essere sempre inferiori al valore proposto.

Fenoli, Cloro-Aniline, Cloro-Nitro-Benzeni e Ftalati

L'analisi dei clorofenoli e alchilfenoli riportati nel D.M. 260/2010 Tab 1/A e Tab 1/B evidenziano che mai si è riscontrato un superamento dello Standard di Qualità Ambientale.

Se pure non ancora normato le analisi condotte hanno evidenziato presenza di Bisfenolo A in concentrazione superiore al valore di quantificazione del metodo analitico utilizzato (0.020 µg/l).

Le indagini condotte evidenziano che la concentrazione di Bisfenolo A aumenta significativamente nei mesi estivi soprattutto nell' invaso della diga del Pertusillo. L'asta

fluviale dell'Agri con il canale di depurazione della zona industriale ed il torrente Alli sono risultati i principali vettori di tale sostanza nell'invaso.

Nei sedimenti sia fluviali che lacustri le indagini effettuate non hanno evidenziato presenza di molecole appartenenti alla classe dei clorofenoli in concentrazione tale da essere apprezzati dal metodo analitico utilizzato in laboratorio 0.005 mg/kg. Lo stesso dicasi per i cloronitrobenzeni (CNB) e le cloroaniline costituite rispettivamente da 3 isomeri: 2-cloro-, 3-cloro e 4 - cloronitrobenzene e 2-cloro-, 3-cloro e 4 - cloro aniline la cui concentrazione non ha mai superato il limite di quantificazione del metodo (0.5 µg/l). Le analisi condotte per la ricerca degli ftalati sebbene siano solubili in acqua il D.M. 260/2010 pone il Di(2-etilesilftalato) DEHP in tabella 1A come sostanza prioritaria con SQA-MA per le acque superficiali interne di 1.3 µg/l non sono mai stati determinati a concentrazioni superiori ai limiti di quantificazione del metodo pari a 0.5 µg/l.

PRINCIPALE BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- [Albero B, Sánchez-Brunete C, Tadeo JL.; J AOAC Int. 2003 May-Jun;86(3):576-82.
- [N . Kishikawa, M.Wada , N.Kuroda , S.Akiyama , K. Nakashima; J . Chromatogr .B 789 (2003) 257–264.
- Adamo, P., Giordano, S., Vingiani, S., Castaldo Cobiانchi, R., Violante, P. 2003. Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy) Environ. Pollut. 122, 91–103 (2003).
- APAT – Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i Servizi Tecnici – Guida Tecnica su Metodi di Analisi per il suolo e i siti contaminati. Utilizzo di indicatori ecotossicologici e biologici – RTI CTN_SSC 2/2002.
- APAT Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici (2006) - Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati, rev1, agosto 2006.
- APAT Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici (2007) – Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati.
- APAT IRSA-CNR – MANUALI E LINEE GUIDA 29/2003 - Metodi per la determinazione di microorganismi indicatori di inquinamento e di patogeni.
- ARPAV, Comune di Venezia, Provincia di Venezia (2002) - “Determinazione del livello di fondo di metalli pesanti nei suoli dell’entroterra veneziano”.
- ATSDR, Chemical and Physical Information, in: Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), ATSDR, Atlanta, Georgia, USA, 1995, pp. 209–221 (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69-c3.pdf>).
- Attenzione agli ftalati: Difendiamo i nostri bambini; Ministero della salute, luglio2012. http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_151_allegato.pdf
Rapporto nazionale pesticidi nelle acque, dati 2009-2010; edizione 2013. Rapporto ISPRA 175/2013
- Baffi C., Bettinelli M., Beone G.M., Spezia S., 2002. Comparison of different analytical procedures in the determination of trace elements in lichens. Chemosphere, 48: 299-306.
- Banger K, et al.; Soil and Sediment Contamination, 19:231–243, 2010
- Bargagli R. 1993. Plant leaves and lichens as biomonitors of natural or anthropogenic emissions of mercury. In: Plants as Biomonitors. Indicators for heavy Metals in the Terrestrial Environment (ed. B. Market). VCH-Publ. Inc. Weinheim: 293-308.
- Bargagli R., Gasparo D., 1995. Considerazioni sulle strategie di campionamento ed analisi negli studi sul bioaccumulo di inquinanti atmosferici persistenti (Workshop – Siena, 13–14 Giugno 1994). Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 8: 25-32.
- Battelle Memorial Institute Earth Tech, Inc NewFields, Inc. (2002) - Guidance for environmental background analysis Volume I: Soil. Naval facilities engineering command Washington, DC 20374-5065.
- Belfiore C. (1983) *Efemerotteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 24. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 112 pp.

- Beretta G.P. (2001) - “Gestione dei dati analitici in fase di caratterizzazione, bonifica e certificazione dei siti contaminati”. Atti della giornata di studio Bonifica di siti contaminati. Quaderni Direzione Centrale Ambiente Provincia di Milano, pp 38
- Bocca B., Crebelli R., Menichini E.; rapporto ISTISAN 03/22, Presenza degli idrocarburi policiclici aromatici negli alimenti.
- Boehm, P. D., G. S. Douglas, W. A. Burns, P. J. Mankiewicz, D. S. Page, A. E. Bence (1997). Application of Petroleum Hydrocarbon Chemical Fingerprinting and Allocation Techniques after the Exxon Valdez Oil Spill. Marine Pollution Bulletin, Vol. 34, No. 8, pp. 599-613.
- Bornet, É. & Flahault, C. (1886-1888). - *Revision des Nostocacées hétérocystées continues dans les principaux herbiers de France (quatrième et dernier fragment). Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série 7:177-162.*
- Bory ex Born. and Flah. (2009)- *Anabaena bergii (cyanoprokaryota) – the first record in Serbia, its taxonomic status, and that of the genus anabaena. Arch. biol. sci., Belgrade, 61 (4), 883-890, 2009.*
- Carchini G. (1983). *Odonati. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 21. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 79 pp.
- Castagnolo L., Franchini D., Giusti F. (1980). *Bivalvi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 10. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 63 pp.
- CENTRO TEMATICO ACQUA INTERNE E MARINO COSTIERE “Metodologie analitiche della componente vegetazionale negli ambienti di acque correnti” Tk 04.04.04°
- Combined effects of the herbicide terbuthylazine and temperature on different flagellates from the Northern Adriatic Sea. Fiori E1, Mazzotti M, Guerrini F, Pistocchi R. *Aquat Toxicol.* 2013 Mar 15;128-129:79-90. doi: 10.1016/j.aquatox.2012.12.001. Epub 2012 Dec 10.
- Consiglio C. (1980). *Plecoteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 9. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 67 pp.
- Cottarelli V., Mura G. (1983). *Anostraci, Notostraci, Concostraci. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 18. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 71 pp.
- D.H. Phillips, *Mutat. Res-Gen. Tox. En.* 443 (1999) 139.
- D.L. Poster, M.M. Schantz, L.C. Sander, S.A. Wise, *Anal. Bioanal. Chem.* 386 (2006) 859.
- D.M. John, B.A. Whitton and A.J. Brook – 2002, *The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae, The British Phycological Society, Cambridge University press.*
- Dawson, F. H., J. R. Newman, M. J. Gravelle, K. J. Rouen & P. Henville, 1999. Assessment of the trophic status of rivers using macrophytes. Evaluation of the Mean Trophic Rank. Research & Development, Technical Report E39. Environment Agency, Bristol, 177 pp.
- Destino ambientale della terbutilazina Destino ambientale della terbutilazina e del metabolita desetilterbutilazina e del metabolita desetilterbutilazina; Paola Bottoni Paola Bottoni ISS ISS -- Roma Roma; 77° Convegno Nazionale Convegno Nazionale

FITOFARMACI E FITOFARMACI E AMBIENTE AMBIENTE Torino Torino 66--7 dicembre 2007.

- *E. Funari, S. Scardella ed E. Testai -Istituto Superiore di Sanità, Rapporti ISTISAN 08/6 – 2008, Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio.*
- EC – European Parliament (2000). Directive 2000/60/CE of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. European Community, Official Journal, Bruxelles.
- *Enzo Funari, Simona Scardala ed Emanuela Testai - Istituto Superiore di Sanità, Rapporti ISTISAN 08/6 – 2008, Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio. ISSN 1123-3117.*
- European Commission, Opinion of the scientific committee on food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food, 4 December 2002, available on: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf (May 2002)
- European Communities — Commission Updating of data concerning the impact on the aquatic environment of certain dangerous substances, second part — Part III (Chloronitrobenzenes and 4-chloro-2-nitroaniline) Part IV (Chloroanilines). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 1993.
- European Union (EU), Commission Recommendation No 2005/108/EC, Off. J.Eur. Union L34 (2005) 43.
- European Union (EU), Commission Regulation (EC) No 1881/2006, Off. J. Eur. Union L364 (2006) 5.
- European Union (EU), Commission Regulation (EC) No 333/2007, Off. J. Eur. Union L88 (2007) 29
- Fairchild, J.F., Ruessler, D.S. and Carlon, A.R “Comparative sensitivity of five species of macrophytes and six species of algae to atrazine, metribuzin, alachlor and metachlor.” *Environ. Toxicol. Chem.*, (1998). 17, 1830-1834
- Fenoglio, Bo “Lineamenti di ecologia fluviale” Città Studi Bologna 2009
- Ferrara F. Et al.; *Ann. Ist. Super. Sanità*, vol. 37, n. 4 (2001), pp. 615-625
- Findings of the EFSA data collection on polycyclic aromatic hydrocarbons in food, 29 June 2007, available on: <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/33r.pdf> (May 2010).
- Frogliola G. (1978). *Decapodi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 4. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 39 pp.
- *G. Benedettini, F. Vigna guidi, M. Ceccanti, D. Verniani, APAT – 2013, Saggi biologici sui sedimenti marino-costieri della Toscana al fine di identificare la matrice sulla quale effettuare la valutazione della classe di qualità ambientale, anno 2013.*
- Ghetti P.F. (1997). *Manuale di applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I Macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti.* Provincia Autonoma di Trento, 222 pp.
- Giusti F., Pezzoli E. (1980).). *Gasteropodi, 2. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 8. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 66 pp.

- Gomont, M. (1892-1893). *Monographie des Oscillariées (Nostocacées Homocystées). Deuxième partie.* - Lyngbyées. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Série 7 16: 91-264, pls 1-7.*
- Haury, J., M. C. Peltre, S. Muller, G. Thie' baut, M. Tre' molie` res, B. Demars, J. Barbe, A. Dutartre, M. Guerlesquin & E. Lambert, 2000. Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des syste` mes lotiques – Inte` re` ts et limites des indices macrophytiques. Synthe` se bibliographique des principales approches europe´ ennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau. UMR INRA-ENSA EQHC Rennes & Phytoc´ ologie Univ. Metz. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Etudes sur l'Eauen France n_87, Min. Ecologie De´ v. Durable, 101 pp. + ann.
- Holmes, N. T. H., J. R. Newman, J. R. Chadd, K. J. Rouen, L. Saint & F. H. Dawson, 1999. Mean Trophic Rank: a user's manual. Research & Development, Technical Report E38. Environment Agency, Bristol, 134 pp
- <http://npic.orst.edu/factsheets/2,4-DTech.pdf>
- <http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/24-d.pdf>
- <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3540c.pdf>
- <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3640a.pdf>
- <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/8310.pdf>
- http://www.ssabasilicata.it/CANALI_TEMATICI/Agrometeorologia/Menu4/2008.html
- http://www.ssabasilicata.it/CANALI_TEMATICI/Agrometeorologia/Menu4/2009.html
- <http://www.trincoll.edu/~henderson/textfi~1/416%20notes/3550b.pdf>
- ICRAM, APAT, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – 2007, *Manuale per la movimentazione di sedimenti marini, 2007.*
- International Agency for Research on Cancer (IARC), Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs, vol. 1–42, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7, International Agency for Research on Cancer, Lyon (1987).
- ISO TEC 190/SC 7N 131-DATE 2002-01-10 (ISO/CD 19258).
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – *MANUALI E LINEE GUIDA – Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti e acque interne, 88/2013.*
- ISSN 1123-3117.
- Jir'ı Koma' rek and Jan Mares' (2012) - An update to modern taxonomy of freshwater plankticheterocytous cyanobacteria - *Hydrobiologia (2012) 698:327–351.*
- Kragulj M., et al.; Water Research and Management, Vol. 3, No. 4 (2013) 27-33
- L. Lucentini, M. Ottaviani - Istituto Superiore di Sanità, *Rapporti ISTISAN 11/35 – 2011, Cianobatteri in acque destinate al consumoumano - STATO DELLE CONOSCENZE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO –Pt 1 e Pt2. ISSN 1123-3117.*
- Lacoul, P. and Freedman, B. "Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems" *Environ. Rev. (2006). 14,89-136*
- Lewis, A.L., "Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: a review" *Environ. Pollut. (1995)., 87, 319-336.*

- *M. Bruno, S. Melchiorre - Istituto Superiore di Sanità, Rapporti ISTISAN 03/32 – 2003, Alghe tossiche: tecniche di campionamento e identificazione, e valutazioni statistiche di uso comune. ISSN 1123-3117*
- Mastral, A., and Call'en, M.S. 2000. A review on PAH emissions from energy generation. Environ.Sci. Technol. 34, 3051–3057.
- Maughan, J.T. (1993) pp. 176-205 in Ecological Assessment of Hazardous Waste Sites ed. J.T. Maughan, Van Nostrand Reinhold, New York
- Minciardi M.R., lezioni corso di formazione “Vegetazione acquatica e di greto”, 2009
- Minelli A. (1977). *Irudinei. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 1. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 42 pp.
- Moretti G.P. (1983). *Tricotteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 19. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 153 pp.
- Morillo, E., Romero, A.S., Maqueda, C., Madrid, L., Ajmone, M.F., Grcman, H., Davidson, C.M., Hursthouse, A.S., and Villaverde, J. 2007. Soil pollution by PAHs in urban soils: a comparison of three European cities. J. Environ. Monitor. 9, 1001–1008.
- N. Cortesi, P. Fusari, P. Rovellini; La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse; Vol LXXVIII; febbraio 2001.
- National Pesticide Information Center NPIC 2,4-D Technical Fact Sheet
- Neff J.M., Cornaby B.W., Vaga R.M. Gulbransen T.C. Scanlon J.A., Bean D.J. (1988) pp. 115-127 in Aquatic Toxicology and Hazard Assessment : 10th volume, ASTM STP 971, ed. J. Adams, G.P. Chapman e W.G. Landis, American Society for Testing and Materials, Philadelphia
- Olmi M. (1978).). *Driopidi, Elmintidi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 2. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 71nmp.
- Ottonello G., Serva L. (2003): Geochemical Baselines of Italy. Pacini ed.
- Parlamento europeo e il Consiglio dell'Unione Europea. Decisione n. 2455/2001/CE del 20 novembre 2001 relativa all'istituzione di un elenco di sostanze prioritarie in materia di acque e che modifica la direttiva 2000/60/CE
- Pirisinu Q. (1981).). *Palpicorni. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 13. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell’ambiente», 96 pp.
- Polycyclic aromatic hydrocarbons, Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain, EFSA Journal 724 (2008) 1.
- Priority Pollutants. <http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/pollutants.cfm>
- Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale Fiumi Saline ed Alento. ISPRA 2009
- *Provincia di Milano, Università degli Studi di Milano Dipartimento di Scienze della Terra 'A. Desio (2003) - Linee guida per la determinazione dei valori del fondo naturale nell’ambito della bonifica dei siti contaminati.*
- R. Simon, B. de la Calle, S. Palme, D. Meier, E. Anklam, J. Sep. Sci. 28 (2005) 871.

- R. Simon, J.A. Gomez Ruiz, C. von Holst, T. Wenzl, E. Anklam, Anal. Bioanal. Chem. 391 (2008) 1397.
- Rapporti ISTISAN 08/34 Guida agli indicatori biologici dei corsi d'acqua della provincia di Viterbo
- Rivosecchi L. (1984). *Ditteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 28. C.N.R., Verona. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente», 176 pp.
- Salminen R., Tarvainen T., Demetriades A., Duris M., Fordyce F. M., Gregorauskiene V., Kahelin H., Kivisilla J., Klaver G., Klein H., Larson J.O., Lis J., Locutura J., Marsina K., Mjartanova H., Mouvet C., O Connor P., Odor L., Ottonello G., Paukola T., Plant J. A., Reimann C., Schermann O., Siewers U., Steenfelt A., Van der Sluys J., de Vivo B., Williams L. (1998) - FOREGS geochemical mapping. Field manual. Geologian tutkimuskeskus, Opetus - Geological Survey of Finland, Guide 47. 36 pages, 15 figures, and 1 appendix.
- Sansoni G. (2001). *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento, 190 pp.
- Schneider, S., 2000. Entwicklung eines Macrophytenindex zur Trophieindikation in Fließgewässern. Ph.D. Thesis, Biology, München, Shaker-Verlag, Aachen, 182 pp.
- Spaggiari R., Franceschini S. (2000). Procedure di calcolo dello stato ecologico dei corsi d'acqua e di rappresentazione grafica delle informazioni. *Biologia Ambientale* 14: 1-6.
- Standard di qualità di sedimenti fluviali e lacuali. Criteri e proposta. ISPRA 154/2011.
- Stout, S., W.P. Naples, A.D. Uhler, K.J. McCarthy, L.G. Roberts and R.M. Uhler (2000). Use of Quantitative Biomarker Analysis in the Differentiation and Characterisation of Spilled Oil. Paper prepared for the SPE International Conference on Health, Safety, and the Environment, Stavanger, Norway, 26-28 June 2000.
- Stout, S.A., A.D. Uhler, K.J. McCarthy and S. Emsbo-Mattingly (2001). A Methodology for Correlating Spilled Oil to its Source. *Contaminated Soil Sediment and Water*, August 2001.
- Stout, S.A., A.D. Uhler, K.J. McCarthy and S. Emsbo-Mattingly (2002). Chemical fingerprinting of hydrocarbons. In *Introduction to Environmental Forensics* (Eds. Murphy
- T. Wenzl, R. Simon, J. Kleiner, E. Anklam, *Trends Anal. Chem.* 25 (2006) 716.
- Tamanini L. (1979). *Eterotteri acquatici. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, 6. C.N.R., Roma. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente», 105 pp.
- *U.S. Environmental Protection Agency (1993) – Technical basis for deriving sediment quality criteria for non ionic organic contaminant for the protection of benthic organism by using equilibrium partitioning, EPA-822-R-93-011, Washington D.C.*
- U.S. Environmental Protection Agency (1996) – “The Data Quality Evaluation Statistical Toolbox (Data QUEST) Software”, EPA QA/G-9D. Office of Research and Development, Washington D.C.

- U.S. Environmental Protection Agency (2000a) - Data Quality Objectives Process for Hazardous Waste Site Investigations. EPAQA/G-4HW, Final. Office of Environmental Information, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000b) - Guidance for Data Quality Assessment: Practical Methods for Data Analysis. EPA QA/G-9, QA00 Update. Office of Environmental Information, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (2001) - “RAGS: volume 3 PART A-Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment_Appendix A)”.
- U.S. Environmental Protection Agency (2002) - “Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites”. Office of Emergency and Remedial Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA), Appendix A to 40 CFR Part 423, available on: <http://www.epa.gov/waterscience/methods/pollutants.htm> (May 2010).
- W. Moreda, M.C. Pérez-Camino, A. Cert, J. Chromatogr. A 936 (2001) 159.
- Wacklin, P., Hoffmann, L. & Komárek, J. (2009). *Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus Dolichospermum (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. Fottea: 59-64.*
- Wang G. et al.; Soil Sed. Contam. 2004;13, 313–327.
- Wang, Z., M. Fingas and D.S. Page (1999). Oil spill identification. J. Chrom. A 843, 369-411.
- Wilcke, W. 2007. Global patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil. Geoderma.141, 157–166.
- Yunker et al.; Org. Geochem. 2002; 33, 489–515.