

Il progetto VerDe Mincio nasce all'inizio dell'anno 2006 dalla duplice volontà dell'Università degli Studi di Pavia di avviare una attività di ricerca presso la propria sede di Mantova, da una parte, e di instaurare, con il supporto del Labter Crea di Mantova, rapporti di collaborazione con gli enti territoriali che si occupano di ambiente, di didattica e di formazione sia scolastica che professionale, dall'altra. Ciò ha portato in primo luogo alla firma di convenzioni di collaborazione con gli Istituti Medi Superiori ITIS Fermi, IPSIA Vinci e ITAS Mantegna e, a seguito di numerosi incontri, all'individuazione di un tema di interesse comune su cui avviare una attività di ricerca: la verifica di funzionalità degli impianti di depurazione presenti nel bacino del fiume Mincio.

Il progetto di ricerca è stato così presentato alla Fondazione Comunità Mantovana ONLUS che ha creduto nella iniziativa cofinanziandola per l'anno accademico 2006-2007.

Nelle attività del progetto sono stati coinvolti direttamente con visite guidate, analisi di laboratorio e incontri-seminari sia gli studenti del secondo e terzo anno del Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio dell'Università degli Studi di Pavia, sede staccata di Mantova, sia gli studenti degli ultimi anni degli istituti medi superiori ad indirizzo tecnico già citati; in tutto quasi 200 studenti e una ventina tra tecnici e professori. Quattro studenti del Corso di laurea di primo livello per l'Ambiente e il Territorio della Facoltà di Ingegneria hanno svolto il loro tirocinio lavorando al progetto e un certo numero di studenti medi superiori ha condotto attività di formazione professionale legata al dimensionamento e alla gestione degli impianti di depurazione, presentandosi all'esame di Maturità con tesine sugli argomenti del Progetto.

Data la soddisfazione di tutti gli enti coinvolti, la proficua collaborazione tra Università degli Studi di Pavia e Istituti Medi Superiori nata con il progetto VerDe Mincio continuerà nei prossimi anni con nuove attività di ricerca, sviluppo e formazione nel campo della Ingegneria Sanitaria Ambientale che sono già in fase di organizzazione, con l'obiettivo di impostare un percorso coordinato che, partendo dagli studi superiori, porti lo studente, futuro tecnico esperto in tematiche ambientali, fino al conseguimento della Laurea Magistrale.

Gli studenti medi superiori e universitari saranno così coinvolti in attività di indagine e analisi di livello universitario e abituati all'organizzazione e alla esecuzione di studi di avanzato standard professionale.

Nella sede staccata di Mantova, l'Università e i suoi studenti potranno usufruire dei laboratori messi a disposizione dagli istituti superiori e giovare delle competenze del personale didattico (professori, tecnici, ecc) per ricevere quelle nozioni di tipo biologico e naturalistico che non sono specificatamente impartite dal corso di Laurea.

Mi auguro che queste collaborazioni, con incontri periodici e scambi di informazioni ed esperienze tra docenti e ricercatori universitari, costituiscano un utile ed originale contributo per rendere sempre più efficace il percorso formativo dei giovani, mantovani e non, interessati a operare nel settore dell'ambiente.

Luigi Natale
Responsabile didattico
del Corso di Laurea



**Centro di Servizi di
Ateneo Adolfo Viterbi
Università degli Studi di
Pavia**



**Fondazione Università
di Mantova**



LabterCrea Mantova



**Fondazione Comunità
Mantovana ONLUS**



**I.T.I.S.
Enrico Fermi**



**I.T.A.S.
Andrea Mantegna**



**I.P.S.I.A.
Leonardo Da Vinci**

Con la collaborazione di:

Depuratore di Mantova
Gruppo TEA S.p.A. – Tea Acque

**Depuratore di Castiglione delle
Stiviere**
Indecast s.r.l. Castiglione delle Stiviere

ARPA Lombardia – Dip. di Mantova

CSC - Centro Servizi Calza

Coordinatore Scientifico

Prof. Luigi Natale – Università degli Studi di Pavia

Università

Prof. Carlo Collivignarelli

Prof. Giorgio Bertanza

Prof. Italo Tordini

Coordinamento Istituti Medi Superiori

Prof. Massimo Codurri – Labter Crea Mantova

Istituti Medi Superiori

Prof. Andrea Carenza – ITIS “E. Fermi” Mantova

Prof.ssa Marina Pigari – IPSIA “L. da Vinci” Mantova

Prof.ssa Elisa Rosignoli – ITAS “A. Mantegna” Mantova

Segreteria Organizzativa:

Ing. Marco Faggioli

Via Scarsellini 2 – 46100 Mantova

e-mail: verdemincio@unipv.it

sito web: www.unipv.it/verdemincio

PRESENTAZIONE	1
INDICE	3
RINGRAZIAMENTI	4
RICONOSCIMENTI	4
1. GENERALITÀ	5
1.1 Le verifiche di funzionalità.....	5
1.2 Inquadramento territoriale e idraulico	6
2. GLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE NEL BACINO DEL MINCIO ...	8
2.1 Impianti di depurazione gravanti sul bacino del Mincio.....	8
2.2 Carichi inquinanti	9
3. LE VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ.....	12
3.1 Metodologia operativa.....	12
3.2 Il depuratore di Castiglione delle Stiviere - Indecast.....	13
3.2.1 Caratteristiche generali dell'impianto	13
3.2.2 Andamento delle portate	15
3.2.3 Carichi inquinanti e concentrazioni medie	15
3.2.4 Rendimenti di rimozione	15
3.2.5 Campagna di monitoraggio.....	16
3.2.6 Considerazioni complessive	20
3.3 Il Depuratore di Mantova – TEA Acque	21
3.3.1 Caratteristiche generali dell'impianto	21
3.3.2 Andamento delle portate	22
3.3.3 Carichi inquinanti e concentrazioni medie	22
3.3.4 Rendimenti di rimozione	23
3.3.5 Campagna di monitoraggio.....	23
3.3.6 Considerazioni complessive	27
4. LUNGO LE RIVE DELLA SERIOLA MARCHIONALE E DEL CANALE PAIOLO	28
CONCLUSIONI	32

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per il sostegno e la collaborazione:

- **Fondazione Comunità Mantovana ONLUS** che ha creduto nel progetto cofinanziandolo per l'anno accademico 2006-2007;
- **Fondazione Università di Mantova** per il supporto logistico e amministrativo;
- **A.R.P.A. Lombardia, Dipartimento di Mantova**, il Dott. Loredano Fusari, l'Ing. Alessandro Malavasi e la Dott.ssa Nunzia Panizzi per la disponibilità e le analisi eseguite;
- **Indecast s.r.l.**, l'Ing. Andrea Mazzon e la Dott.ssa Milva Trinca per la disponibilità e il supporto presso l'impianto di depurazione di Castiglione delle Stiviere;
- **Gruppo Tea S.p.A., TEA Acque, Depura s.r.l.**, la Dott.ssa Manuela Pedroni, l'Ing. Michele Zaghini e il Sig. Giovanni Biliardi per la disponibilità e il supporto presso l'impianto di depurazione di Mantova;
- **CSC Centro Servizi Calza** per le analisi eseguite;
- **Parcobaleno** e il Sig. Andrea Fiozzi per la disponibilità e l'ospitalità.

RICONOSCIMENTI

Hanno partecipato attivamente alla ricerca determinandone il buon esito:

- il Prof. Massimo Codurri e il Prof. Sandro Sutti di **Labter Crea Mantova**, che hanno coordinato le attività con gli Istituti Medi Superiori;
- I dirigenti, i professori, i tecnici e gli studenti degli Istituti Medi Superiori che hanno collaborato al progetto; in particolare:
gli studenti delle classi 4ACh e 5ACh a.a. 2006-2007 e i docenti e tecnici Luigia Bettoni, Cristina Bonaglia, Andrea Carenza, Paolo Garilli, Luciano Salardi, Ignazio Lena, Paolo Sacconi, Laura Arduini, Marino Giacomelli del **ITIS "E. Fermi"** di Mantova;
gli studenti delle 4CB e 5CB a.a. 2006-2007 e i docenti e tecnici Cristina Montanelli, Marina Pigari, Adelia Pezzini, Francesco Osini, Venicio Brighenti, Carmela De Carlo del **IPSIA "L. da Vinci"** di Mantova;
gli studenti delle classi 4A, 4B, 5A, 5B Biologico Brocca a.a. 2006-2007 e i docenti e tecnici Marina Bordonali, Mariarosa Cremonesi, Adele Binotti, Elisa Rosignoli, Stefania Roversi, Cinzia Manicardi, Mauro Torresani, Andrea Ferrari del **ITAS "A. Mantegna"** di Mantova;
- Gli studenti della facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Pavia – sede di Mantova: Riccardo Ogliani, Alessandro Maghella, Enrico Arioli e Fabio Cimarosti. che hanno svolto la propria tesi di laurea di primo livello all'interno del progetto:

E' innanzitutto opportuno ricordare che il presente volume racchiude esclusivamente i principali risultati ottenuti dal progetto "VerDe Mincio"; per una spiegazione esaustiva delle attività svolte e per l'intera raccolta di dati, elaborazioni effettuate e risultati ottenuti si può visionare il sito web www.unipv.it/verdemincio.

1.1 Le verifiche di funzionalità

Le più recenti indagini sul panorama impiantistico italiano evidenziano come, relativamente alla depurazione delle acque di scarico civili ed industriali, la problematica correlata alla funzionalità degli impianti assuma dimensioni significative, spesso a causa di carenze gestionali, altre volte per malfunzionamenti delle fasi di trattamento dovuti a non corrette valutazioni effettuate in sede progettuale (di solito relativamente alla stima del carico inquinante/idraulico).

In molti casi a tali malfunzionamenti si fa fronte con interventi di ampliamento che richiedono forti investimenti ed a volte non garantiscono la rimozione del problema. Tali interventi sono peraltro motivati, oltre che dalla necessità di garantire con continuità rendimenti di depurazione accettabili, dalla volontà di rispettare limiti normativi più restrittivi (applicazione del D.lgs. 258/2000).

Al fine di consentire un approccio alla problematica sopradescritta che conduca alla risoluzione dei problemi evidenziati, sono in corso da anni studi e ricerche in campo che hanno portato alla messa a punto di una metodologia di verifica delle condizioni di funzionamento degli impianti basata sul monitoraggio dell'impianto e sull'esecuzione di prove sperimentali.

Il monitoraggio, inteso nel senso più ampio del termine, è finalizzato a verificare, in particolare:

- il rispetto dei limiti di accettabilità dell'influente;
- le rese depurative dei diversi comparti;
- il carico effettivo in ingresso all'impianto;
- le caratteristiche e lo "stato di salute" della biomassa;
- il mantenimento dei corretti valori dei "parametri di processo".

Il monitoraggio viene effettuato attraverso la rilevazione di una serie di parametri di tipo chimico-fisico e biologico e attraverso la determinazione di parametri "operativi".

Le analisi chimico-fisiche, che vengono in genere eseguite su campioni prelevati in diversi punti, riguardano parametri quali: BOD₅, COD (totale, solubile, ecc.), azoto nelle diverse forme, fosforo totale, solidi sospesi, solidi sedimentabili.

Possono poi essere richieste analisi specifiche, in funzione delle particolari situazioni (specie nel caso di importanti contributi di tipo industriale o conferimento di reflui speciali): tensioattivi, solventi, metalli pesanti, ecc.

Tra i parametri "operativi" vanno sicuramente menzionati i seguenti: ossigeno disciolto, temperatura, pH, potenziale redox, solidi sospesi totali e volatili in vasca e nei ricircoli, produzione di fango di supero, portate, SVI, ecc., con la possibilità quindi di calcolare il carico del fango e l'età del fango.

I dati sperimentali raccolti attraverso il monitoraggio dell'impianto vanno elaborati ed interpretati per poter pervenire ad un giudizio circa il grado di funzionalità di un impianto.

Se i riscontri analitici mostrano buone rese depurative (e quindi il rispetto dei limiti allo scarico), il monitoraggio ha lo scopo di fornire al gestore gli elementi per indirizzare le “manovre di controllo” dell'impianto, adeguando di volta in volta le condizioni di processo in funzione delle variazioni dei parametri esterni (caratteristiche del refluo alimentato, temperatura, ecc.).

Se, viceversa, il monitoraggio mostra una situazione di scarsa efficienza depurativa, occorre procedere per fasi successive attraverso una verifica di funzionalità che coinvolga più aspetti, per poi integrare le risultanze dei diversi test effettuati.

Innanzitutto bisognerà procedere ad un confronto tra la potenzialità nominale dell'impianto e il carico influente (verifica di dimensionamento). Ciò consente di verificare se i rendimenti ottenuti sono quelli che effettivamente ci si deve attendere sulla base delle caratteristiche dell'impianto e del tipo di carico inquinante da trattare. In caso di sovraccarico accertato, si procederà allo studio di interventi di potenziamento adeguati.

Qualora l'impianto manifesti carenze non giustificabili in base a sovraccarichi, l'esecuzione di un intenso piano di monitoraggio che riguardi tutti i parametri chimico-fisici e biologici sopra elencati, può fornire un quadro dettagliato del livello di funzionalità dei diversi comparti, indicando i punti critici dell'impianto.

In quest'ottica, possono risultare di estrema utilità anche altri tipi di verifiche sperimentali: la verifica del comportamento idrodinamico dei bacini di trattamento; la quantificazione della capacità di ossidazione degli apparati di aerazione in rapporto al fabbisogno della biomassa; la valutazione della potenzialità dei sedimentatori finali in funzione delle caratteristiche di sedimentabilità del fango attivo, ecc.. Tali metodi, inizialmente applicati solo ad alcune fasi di trattamento (vasca di ossidazione e sedimentatore finale), sono stati recentemente adattati e testati, sia in scala pilota che in scala reale, su tutti gli stadi normalmente presenti negli impianti di depurazione di reflui urbani ed industriali, nonché negli impianti di potabilizzazione.

Il progetto VerDe Mincio ha sviluppato la prima fase del processo descritto: i dati delle analisi routinarie degli ultimi due anni e di un ulteriore monitoraggio effettuato durante il progetto sono stati elaborati e interpretati fino a pervenire ad un giudizio circa il grado di funzionalità dei due impianti presi in considerazione.

1.2 Inquadramento territoriale e idraulico

Il Mincio nasce dal lago di Garda e scorre nella pianura padana con un forte dislivello da Peschiera a Goito, 34 metri in circa 28 chilometri, bagnando poi la città di Mantova e dando origine ai tre laghi: Superiore, di Mezzo e Inferiore. A sud della città, il Mincio finisce il proprio tragitto entrando nel Po come affluente di sinistra presso Governolo, dove viene regolato da un sistema di dighe che ne permettono l'immissione.

Il Mincio ha un regime idraulico omogeneo poichè, oltre ad essere regolato dallo sbarramento di Salionze, scorre in zona pianeggiante in particolar modo nel suo ultimo tratto Mantova-Governolo, con portata media di 56,8 metri cubi al secondo (da un minimo di 30 ad un massimo di 150 m³/sec). Tali dati misurati all'uscita dal lago di Garda, sono praticamente gli stessi di quelli misurati alla foce, questo

sottolinea come il fiume sia piuttosto regolare, anzi il più regolare fra gli affluenti di sinistra del Po, con scarti di sole cinque volte fra la portata massima e quella minima.

L'idraulica del fiume è piuttosto articolata; se ne riportano qui solo le componenti principali utili per la comprensione di quanto trattato successivamente:

all'uscita dal lago di Garda il Mincio è regolato dallo sbarramento di Salionze, che governa le portate defluenti e definisce il regime idraulico del corso d'acqua in relazione alla laminazione degli afflussi di monte operata dal lago. All'altezza di Pozzolo vi è una prima opera di regolazione che da origine allo scaricatore Pozzolo-Maglio. Nei pressi di Maglio un secondo partitore immette nello scolmatore Diversivo Mincio, in cui, un poco più a valle si immette anche lo scaricatore Pozzolo-Maglio. L'opera svolge la funzione di fare defluire a valle della città i deflussi di monte, comprensivi degli apporti della rete minore in sinistra.

In prossimità di Mantova il Mincio si immette nel sistema dei laghi di Mantova (Superiore, di Mezzo ed Inferiore) che circondano a nord-est la città e i cui livelli sono regolati da tre dighe:

- la diga dei Molini, che separa il lago Superiore e quello di Mezzo,
- la diga di S. Giorgio, che separa il lago di Mezzo da quello Inferiore
- la diga Masetti, che separa il lago Inferiore dalla Vallazza.

Dalla Vallazza si diparte tramite un manufatto regolatore lo scaricatore Vallazza-Fissero, che si collega con il canale Fissero-Tartaro. Poco dopo lo scaricatore dalla Vallazza è ubicato lo sbarramento Fornice di Formigosa, che permette di disconnettere il livello idrico da quello del Mincio di valle e quindi del Po. A Fornice oltre allo scaricatore della Vallazza può entrare in funzione, per lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti al sistema dei laghi, l'impianto di sollevamento di Valdarò. A valle di Formigosa un'ultima funzione di regolazione rispetto ai livelli di piena del Po è costituita dall'opera di "Sostegno" di Governolo mentre la "Conca" permette il passaggio delle imbarcazioni dal Mincio al Po e viceversa.

Il bacino del fiume Mincio sublacuale, come la maggior parte del territorio della pianura padana, è caratterizzato dalla presenza di un buon numero di affluenti naturali originati da risorgive e di una fittissima rete di canali di bonifica che caratterizzano il paesaggio mantovano, garantiscono l'irrigazione, drenano un intero territorio e costituiscono il principale corridoio-reticolo ecologico indispensabile alla salvaguardia della biodiversità. Contemporaneamente le acque che scorrono nei canali di bonifica sono spesso utilizzate a fini industriali e proprio questi canali sono usati come corpo idrico ricettore degli scarichi degli impianti di depurazione oggetto della presente ricerca. Negli stessi canali spesso vengono riversati scarichi industriali e civili, non sempre dopo opportune operazioni di depurazione.

Tutte queste acque dunque, dopo aver attraversato da nord a sud il territorio della provincia di Mantova, arrivano immancabilmente ad alimentare il fiume Mincio riversando in esso non solo la propria portata ma anche tutto ciò che è stato raccolto nel proprio cammino.

Risulta quindi evidente come non sia possibile effettuare uno studio sul fiume Mincio senza contemporaneamente considerare anche la rete di corsi naturali e canali di bonifica e irrigazione che ricade nel proprio bacino.

2. GLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE NEL BACINO DEL MINCIO

2.1 Impianti di depurazione gravanti sul bacino del Mincio

Grazie alla disponibilità di A.R.P.A. Lombardia, dipartimento di Mantova e dell'ufficio acque della Provincia di Mantova che hanno messo a disposizione i loro archivi, sono stati censiti tutti i depuratori sia pubblici che privati che scaricano le loro acque nel bacino del fiume Mincio. Contemporaneamente sono state individuate le coordinate topografiche (Gauss-Boaga) dei punti di scarico degli impianti di depurazione (Fig. 1.1) e si è provveduto a verificarne l'effettivo recapito nei corpi idrici ricettori collegati al bacino.

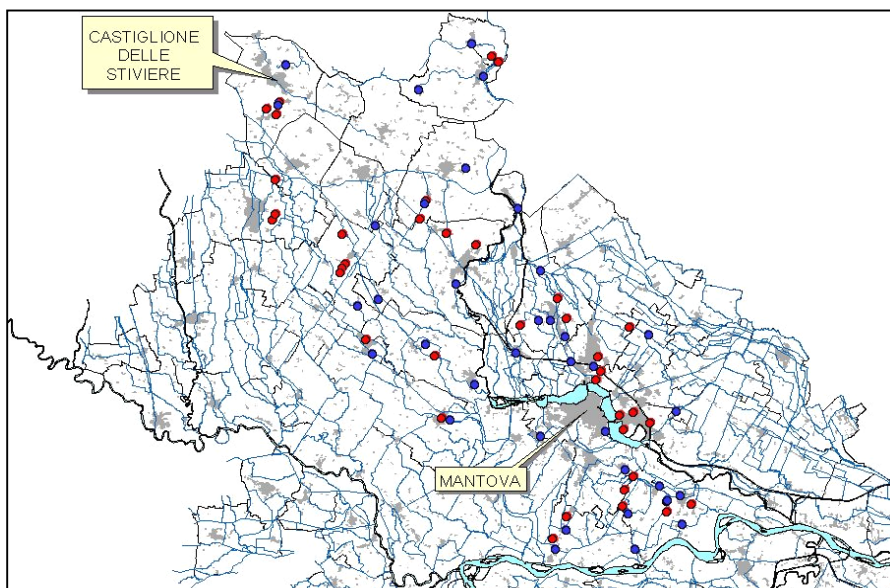


Figura 1.1. Distribuzione dei depuratori gravanti sul bacino del fiume Mincio in provincia di MN

I **depuratori pubblici** (in blu in Figura 1.1) individuati sono 38, dei quali 37 sono situati nella provincia di Mantova e uno solo fuori provincia: quello di Peschiera del Garda (VR).

Complessivamente si è rilevato che:

- gli impianti con potenzialità attuale \leq di 2000 AE sono 25;
- gli impianti con potenzialità attuale $>$ di 2000 AE e \leq 15000 AE sono 10;
- gli impianti con potenzialità attuale $>$ di 15000 AE sono 3.

Lungo l'asta del fiume Mincio sono quindi presenti prevalentemente impianti di piccole dimensioni e gli impianti di taglia significativa risultano essere poco numerosi: il maggior numero di abitanti equivalenti è servito, in ordine decrescente, dai depuratori di Peschiera del Garda, Mantova e Castiglione delle Stiviere.

I **depuratori industriali** (in rosso in Figura 1.1) individuati sono 39, tutti all'interno della provincia di Mantova. Occorre specificare però che da un primo elenco fornito dall'ufficio acque della provincia di Mantova sono state tolte alcune categorie di scarichi ritenute poco significative sia a livello di portata sia a livello di carico inquinante: allevamenti ittici, lavaggi ortofrutta, autolavaggi e acque di prima pioggia.

La maggioranza di afflusso di acque depurate deriva da industrie situate nelle zone limitrofe alla città di Mantova; dal resto della provincia arrivano nel Mincio portate minori di acque recuperate.

2.2 Carichi inquinanti

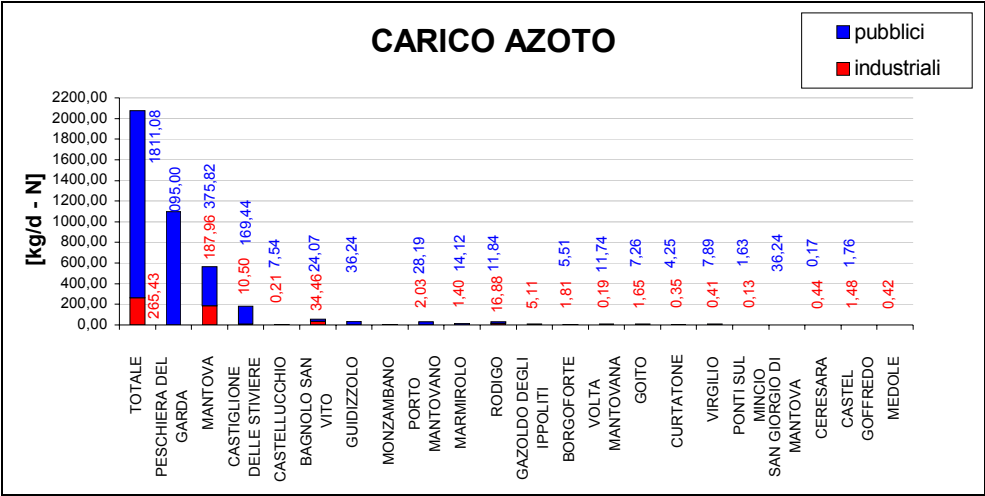
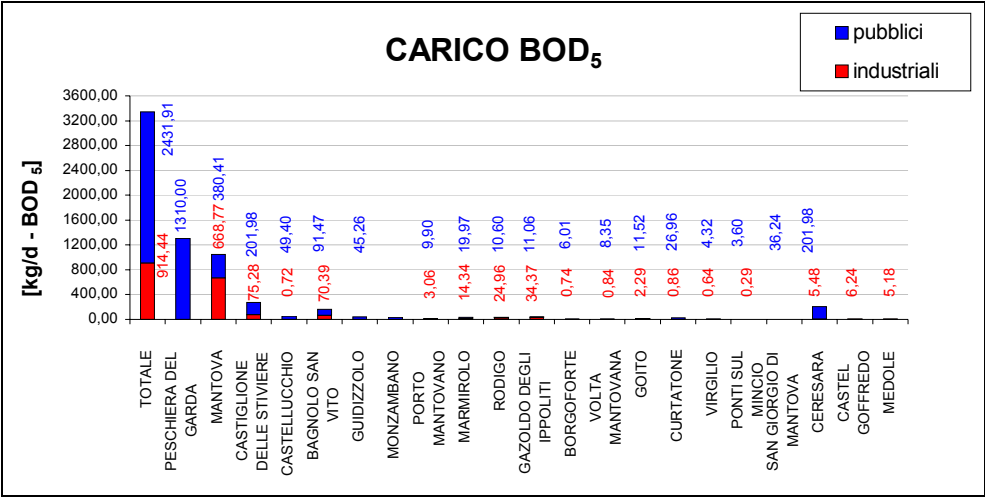
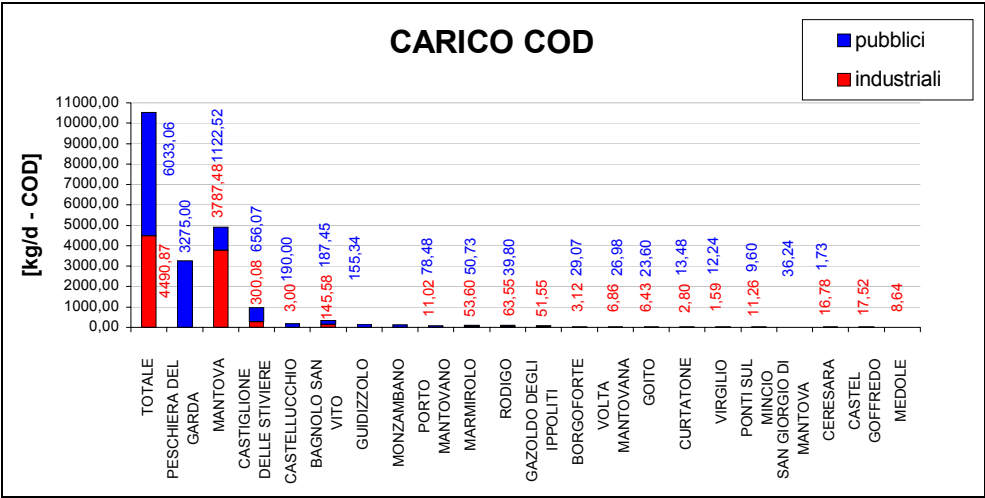
Terminato il censimento degli impianti si è potuto provvedere alla ricerca e raccolta dei dati riguardanti i principali parametri fisico-chimici dagli archivi A.R.P.A. per entrambe le categorie di impianti (pubblici e privati-industriali).

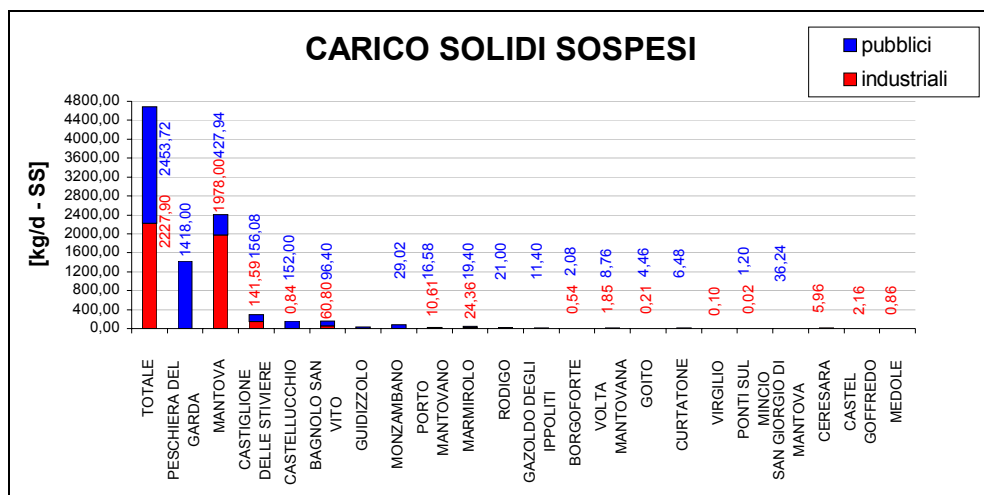
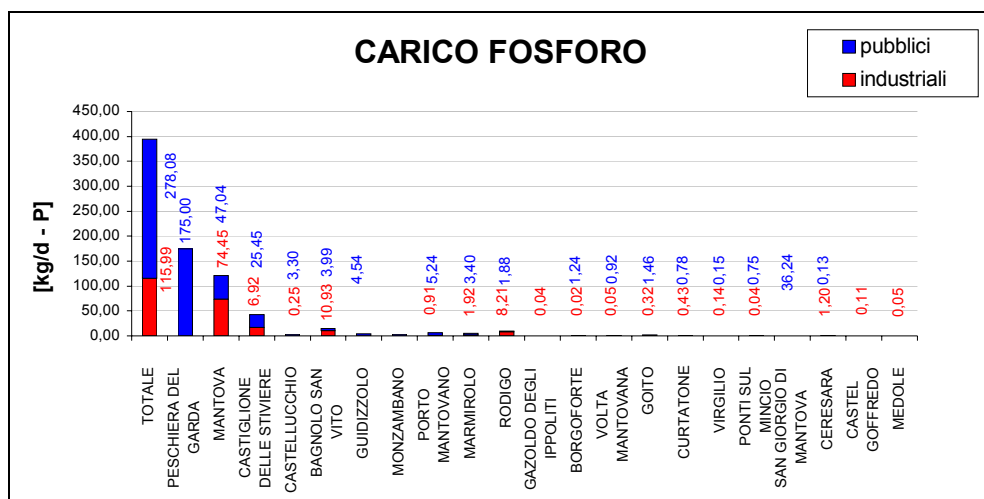
La ricerca si è concentrata su questi parametri:

- *portata* in uscita dai depuratori [m^3/d];
- *azoto nitroso* N-NO_2^- [mg/l];
- *azoto nitrico* N-NO_3^- [mg/l];
- *azoto ammoniacale* N-NH_4^+ [mg/l];
- *BOD₅* [mg/l] (domanda biochimica di ossigeno “indica il contenuto di sostanza organica biodegradabile presente negli scarichi, espresso in termini di quantità di ossigeno necessario alla degradazione da parte di microrganismi in un test della durata di cinque giorni”);
- *COD* [mg/l] (domanda chimica di ossigeno “indica il contenuto di sostanza organica e inorganica negli scarichi idrici, espresso come quantità di ossigeno necessario all'ossidazione da parte di un ossidante chimico”);
- *fosforo totale* P [mg/l];
- *solidi sospesi* [mg/l] (sostanze solide presenti nelle acque in grado di conferire torbidità e non trasparenza.);
- *pH* misura la concentrazione degli ioni H^+ (acidità) nelle acque reflue.

Sulla base di questi dati sono stati calcolati i **carichi inquinanti** relativi alle acque in uscita dai depuratori moltiplicando il dato espresso in [mg/l] per la portata e dividendo tutto per 1000 ottenendo così i [kg/d] di inquinante.

Vengono di seguito riportati i grafici dei carichi inquinanti ottenuti dall'elaborazione dei dati con la divisione tra impianti di depurazione pubblici, in blu, e privati (industriali), in rosso.





Dai dati elaborati nei grafici, si riscontra che per quanto riguarda i carichi totali di inquinante di origine pubblica, essi derivano essenzialmente da tre comuni che sono: Peschiera del Garda, Mantova e Castiglione delle Stiviere che ospitano infatti i tre depuratori con taglia maggiore rispetto a tutti i restanti impianti.

Esaminando i carichi inquinanti di origine privata, ci si accorge che la maggior quantità di inquinante in termini di [kg/d] proviene dal polo industriale situato in Mantova e in dosi molto minori da alcuni paesi della provincia tra i quali, ad esempio, Castiglione delle Stiviere, Bagnolo San Vito e Rodigo.

Paragonando i dati delle due categorie di impianti si nota che:

- l'apporto di inquinanti di origine civile e l'apporto di inquinanti di origine industriale sono paragonabili in termini di COD e Solidi Sospesi;
- l'apporto di inquinanti di origine civile è prevalente in termini di BOD e nutrienti;
- nel comune di Mantova prevale un apporto di carico di origine industriale.

3. LE VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ

3.1 Metodologia operativa

A seguito dei risultati ottenuti dalla prima fase della ricerca e grazie alla disponibilità degli enti gestori si è stabilito di concentrare gli sforzi sui due maggiori depuratori pubblici della provincia di Mantova: quello di Castiglione delle Stiviere (Indecast) e quello di Mantova (TEA Acque).

La metodologia impiegata per verificare le condizioni di funzionamento degli impianti analizzati è basata essenzialmente sulla **rielaborazione dei dati gestionali** e su una **campagna di monitoraggio** effettuata sia all'interno, nei diversi comparti, sia lungo i canali collettori e nei corpi idrici ricettori.

La rielaborazione dei dati gestionali è stata effettuata partendo dai dati della attività di monitoraggio routinaria degli impianti nel biennio 2005 e 2006. Gli enti gestori infatti svolgono quotidianamente una attenta e rigorosa serie di analisi di laboratorio volte a garantire con continuità rendimenti di depurazione accettabili ed un rispetto dei limiti normativi, ora più che mai restrittivi, quali quelli previsti dal Decreto Legislativo 152/2006. L'analisi consiste nella rilevazione di una serie di parametri di tipo chimico-fisico che devono rientrare nei limiti normativi stabiliti dalla disciplina degli scarichi in acque superficiali. Le analisi chimico-fisiche vengono in genere eseguite su campioni prelevati tramite contenitori in PVC, nei diversi comparti degli impianti di depurazione seguendo una frequenza giornaliera di campionamento che può essere istantanea o una media delle 24 ore precedenti. Oltre alla rilevazione dei "comuni" parametri, vengono determinati, per tutti i comparti, anche i cosiddetti parametri "operativi" che consentono di controllare e mantenere i corretti valori del processo depurativo. Tra questi vanno sicuramente menzionati: le portate (Q), l'ossigeno disciolto ($O.D.$), la temperatura (T), il pH, i solidi sospesi totali nella vasca di ossidazione (SST) e l'indice del fango (SVI).

Una volta raccolti i dati si è provveduto a:

- stendere e interpretare gli andamenti temporali delle concentrazioni e delle portate;
- calcolare i carichi inquinanti;
- calcolare i rendimenti di rimozione degli inquinanti.

Successivamente, su entrambi gli impianti, è stata effettuata una **campagna di monitoraggio**, messa in atto per verificare, dal punto di vista pratico, la funzionalità degli impianti stessi attraverso la rilevazione di una serie di parametri chimico-fisici e biologici su campioni prelevati in una serie di punti di misura dislocati sia all'interno dell'impianto, sia lungo i corpi idrici ricettori.

Le analisi effettuate durante la campagna di monitoraggio sono state eseguite dagli studenti degli Istituti Medi Superiori: IPSIA Vinci, ITAS Mantegna e ITIS Fermi e, per alcuni parametri, dai laboratori di ARPA Lombardia e del Centro Servizi Calza di Castel Goffredo (MN).

3.2 Il depuratore di Castiglione delle Stiviere - Indecast

3.2.1 Caratteristiche generali dell'impianto

Il primo impianto su cui si è svolta l'indagine è stato il depuratore Indecast collocato nel comune di Castiglione delle Stiviere (MN), il cui territorio si presenta particolarmente ampio e diversificato, con una grande varietà di situazioni produttive che si riflettono sulle caratteristiche quanti-qualitative dei reflui in ingresso.

I reflui fognari trattati sono di natura prevalentemente civile (70%) con una relativa percentuale di scarichi industriali (30%), questi ultimi soprattutto agroalimentari. L'impianto è "*a fanghi attivi*" a medio carico, con digestione anaerobica dei fanghi di supero ed è autorizzato all'esercizio delle operazioni di smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti speciali pericolosi provenienti da terzi.

Data la modesta presenza di stabilimenti industriali, è evidente come il carico di origine civile possa avere una profonda influenza sulla caratterizzazione chimico-fisica del refluo addotto al depuratore.

Le acque industriali contenenti particolari inquinanti, dopo un pretrattamento all'interno dell'azienda, vengono convogliate al collettore fognario in cui confluiscono, oltre ai liquami civili, anche le acque piovane incrementando le portate in ingresso nei giorni di pioggia.

L'impianto è suddiviso in linea acque e linea fanghi, costituite rispettivamente dalle unità di trattamento di seguito elencate:

Linea Acque

Il trattamento delle acque, che dopo la dissabbiatura viene effettuato su due linee parallele, ha il seguente schema funzionale:

VASCA STOCCAGGIO – EMERGENZA; SOLLEVAMENTO – GRIGLIATURA; RIPARTIZIONE DELLE PORTATE; DISSABBIATURA / DISOLEATURA AEREATA; SEDIMENTAZIONE PRIMARIA; PRE-DENITRIFICAZIONE – OSSIDAZIONE; SEDIMENTAZIONE FINALE; DISINFEZIONE FINALE DELL'EFFLUENTE.

Linea Fanghi

I fanghi misti (primari e secondari) vengono sottoposti al seguente trattamento: ISPESSIMENTO; DIGESTIONE ANAEROBICA; DIGESTIONE SECONDARIA – GASOMETRO; DISIDRATAZIONE MECCANICA; AMMASSO TEMPORANEO IN AREA CONFINATA.

Dopo la sedimentazione finale separata, le due linee si riuniscono in una vasca di contatto dove viene eseguita la disinfezione dell'effluente prima della sua immissione nel corpo idrico ricettore denominato "*Fosso Gerra*".

DATI DI PROGETTO

Abitanti equivalenti (A.e.)	abitanti equivalenti	70.000
Portata giornaliera (Q_d)	m^3/d	15.000
Portata media oraria (Q_{24})	m^3/h	623
BOD ₅ Ingresso impianto (BOD _{5in})	kg/d	4.200
Azoto Ingresso impianto (N_{in})	kg/d	840
Volume totale Denitrificazione (V_{Den})	m^3/d	900
Volume Totale Nitrificazione – Ossidazione (V_{ox})	m^3/d	2.700
Carico del fango (Cf)	kg BOD ₅ /(kg SS/d)	0,15
Volume Sedimentatore primario ($V_{Sed I}$)	m^3	1.400
Volume Sedimentatore secondario ($V_{Sed II}$)	m^3	1.150
	m^3	600

Tabella 3.1: caratteristiche di progetto Impianto di Castiglione delle Stiviere

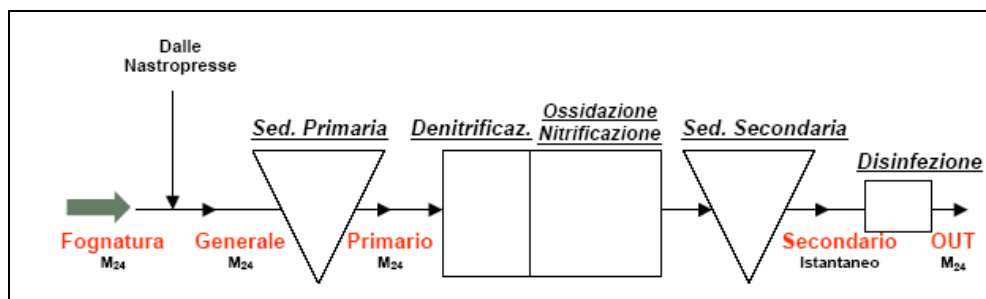


Figura 3.1: schema a blocchi impianto di depurazione di Castiglione delle Stiviere

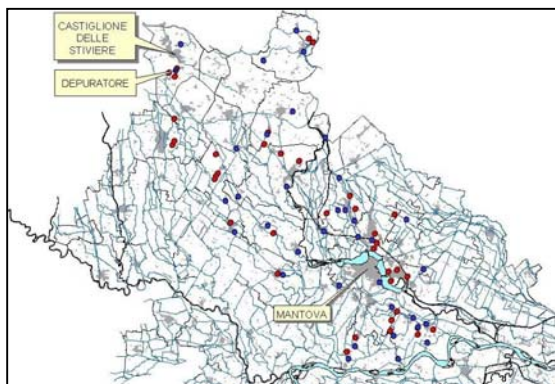


Figura 3.2: ubicazione del depuratore di Castiglione delle Stiviere

Foto 3.1: il Depuratore di Castiglione delle Stiviere



3.2.2 Andamento delle portate

Dalla analisi delle portate entranti nell'impianto si è individuata una portata media significativa giornaliera isolando i picchi positivi e negativi dovuti a situazioni straordinarie. Partendo da questo dato si sono definiti all'interno dell'anno due periodi, con lo scopo di rispecchiare le due stagioni principali, inverno ed estate, caratterizzati da alti carichi e bassi carichi.

2005		2006	
INVERNO	ESTATE	INVERNO	ESTATE
4 gen. – 16 mag.	14 giu – 14 ott	2 gen – 15 mag	13 giu – 4 ott
12.337,9 m ³ /d	14.584,79 m ³ /d	13.731,8 m ³ /d	16.493,7 m ³ /d
BASSO carico	ALTO carico	BASSO carico	ALTO carico

Dopo aver rilevato tutti i parametri gestionali inoltre, sono stati descritti gli andamenti temporali delle loro concentrazioni, analizzando per ciascun anno, tramite la stesura di grafici, le due linee lungo il percorso depurativo: ingresso, primario, secondario, uscita.

3.2.3 Carichi inquinanti e concentrazioni medie

La definizione delle condizioni di carico delineate dai periodi rappresentativi le due stagioni (inverno ed estate) ha consentito di valutare il carico effettivo in ingresso ai vari comparti dell'impianto e la "forza" del liquame, intesa come concentrazione degli inquinanti.

I carichi inquinanti, rilevati per entrambi gli anni presentano valori bassi per quanto riguarda il COD, valori medio-alti per le forme azotate in ingresso all'impianto. Il carico influente riferito al COD è nettamente inferiore al dato di progetto (3.350 kg COD/d per l'inverno 2006 e 3.500 kg COD/d per l'estate 2006 in ingresso al comparto biologico, contro 5.400 kg COD/d di progetto). Al contrario il carico in ingresso al comparto biologico relativo all'azoto è sensibilmente superiore al dato di progetto (630 kg azoto/d per l'inverno 2006 e 670 kg azoto/d per l'estate 2006, contro 325 kg azoto/d di progetto). Nonostante questo non si riscontrano differenze marcate tra inverno ed estate in quanto all'aumentare della portata diminuisce la concentrazione media degli inquinanti.

3.2.4 Rendimenti di rimozione

I rendimenti di rimozione del COD_{GEN.} (*Generale*) attinenti il trattamento primario non risultano dimostrare sostanziali differenze tra inverno ed estate (2005-2006), concentrandosi in un range che va da 14 a 33%.

I rendimenti di rimozione del COD da parte del processo biologico non presentano apprezzabili differenze tra loro. Sia in inverno che in estate si riscontrano rendimenti molto buoni, intorno al 75-80%; le concentrazioni degli inquinanti misurati rientrano nei parametri di legge.

Il rendimento di rimozione dell'azoto risulta essere sempre sopra il 70%, valore in linea con le attese considerando la presenza di trattamenti specifici.

Il rendimento di nitrificazione dimostra essere eccellente, stabilizzandosi intorno al 95%.

Il rendimento di denitrificazione si attesta intorno al 70-75%, valore buono, considerando lo schema impiantistico, ad esclusione del periodo estivo del 2005 (45%) in cui il comparto non ha funzionato correttamente.

3.2.5 Campagna di monitoraggio

Il monitoraggio è stato effettuato attraverso la rilevazione di una serie di parametri di tipo chimico-fisico e biologico su campioni prelevati in nove punti di misura dislocati sia all'interno del depuratore (4 punti), sia lungo il collettore *Fosso Gerra* (3 punti) ed il successivo corpo idrico recettore: *Seriola Marchionale* (2 punti). Le analisi chimico-fisiche hanno riguardato i seguenti parametri: BOD₅, COD, azoto nelle diverse forme, fosforo totale, solidi sospesi, solidi totali. Per le analisi di tipo biologico, sono stati determinati *Salmonella* ed *Escherichia Coli*. Oltre alla rilevazione dei parametri sopra elencati, sono stati misurati "in situ", per tutti i nove punti di campionamento: l'ossigeno disciolto (O.D.), la temperatura (T) ed il pH.

Punti di Misura

Punto 1 : Depuratore – INGRESSO;

Punto 2 : Depuratore – a Valle della sedimentazione primaria;

Punto 3 : Depuratore – a Valle della sedimentazione secondaria;

Punto 4 : Depuratore – USCITA;

Punto 5 : *Fosso Gerra* – a Valle dello scarico del depuratore;

Punto 6 : *Fosso Gerra* – a Monte della tombinatura località San Viletto;

Punto 7 : *Fosso Gerra* – a Monte della confluenza con la *Seriola Marchionale*;

Punto 8 : *Seriola Marchionale* – a Monte della confluenza con il *Fosso Gerra*;

Punto 9 : *Seriola Marchionale* – a Valle della confluenza con il *Fosso Gerra*.

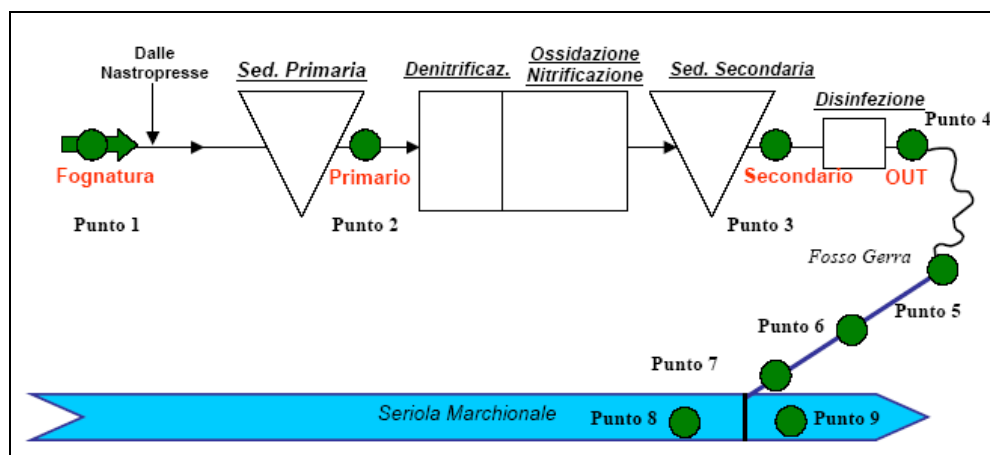
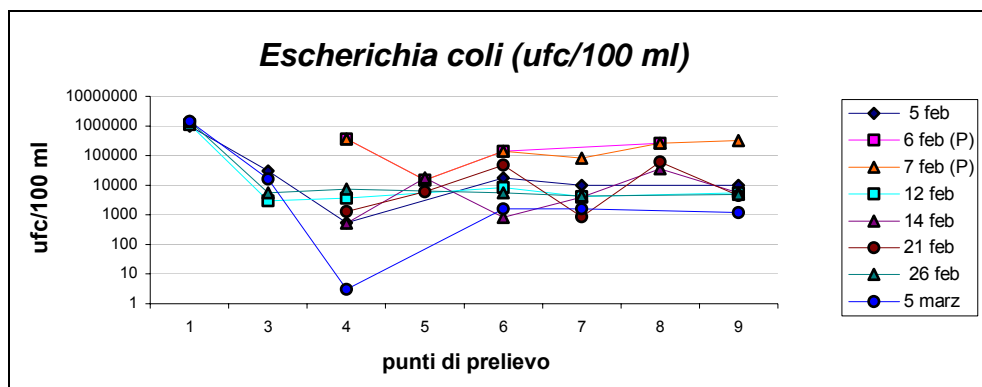


Figura 3.3: schema punti di monitoraggio Castiglione delle Stiviere

Si riportano di seguito i risultati dei parametri più significativi

ESCHERICHIA COLI

In ingresso all'impianto il valore del parametro microbiologico è sempre di 10^6 ufc/100mL, normale, in quanto il liquame in entrata proviene sostanzialmente da reflui civili. Il depuratore a fanghi attivi abbate di due unità logaritmiche la concentrazione: da 10^6 ufc/100 mL nel punto 1 a 10^4 ufc/100 mL nel punto 3. Questo significa che già il processo biologico permette un rendimento molto efficace (99%). Un ulteriore abbattimento di circa un'unità logaritmica può verificarsi grazie alla disinfezione. A valle di tale comparto talvolta si sono riscontrati campioni con concentrazioni sorprendentemente elevate, specialmente nei giorni 6-7 febbraio, in cui le condizioni meteorologiche (giorni di pioggia) hanno comportato un dilavamento del terreno. A valle dello scarico ovviamente le condizioni delle contaminazioni microbiologiche possono peggiorare in virtù della presenza di scarichi di aziende agrozootecniche nei corsi d'acqua. In conclusione, l'influenza del depuratore risulta essere trascurabile; sorprende però il fatto che la Seriola Marchionale presenti concentrazioni dell'ordine di 10^4 - 10^5 ufc/100mL a monte dell'ingresso del Fosso Gerra (punto 8).

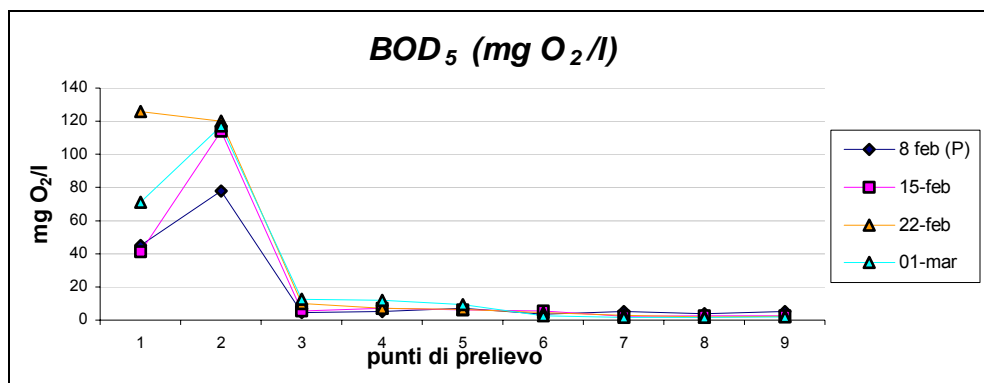


SALMONELLA

E' stata riscontrata la presenza di Salmonella, anche se non costantemente, sia nel liquame affluente al depuratore, sia in uscita dalla disinfezione, sia nella Seriola Marchionale. Peraltro il prelievo eseguito il giorno 5 marzo evidenzia la scomparsa di Salmonella a valle della disinfezione in concomitanza con l'abbattimento molto forte nei confronti di *Escherichia coli*.

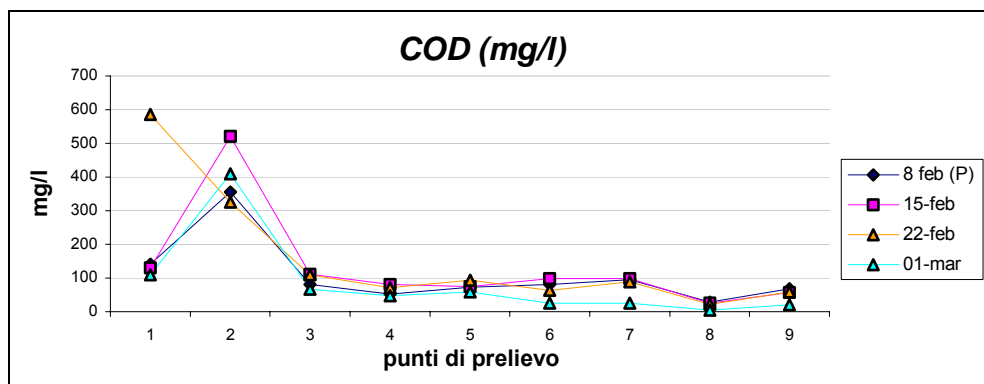
BOD₅

Il liquame in ingresso appare abbastanza diluito. I valori di BOD₅ risultano più elevati nel punto 2 rispetto al punto 1 poichè in quel determinato comparto rientrano i ricircoli della linea fanghi (nastropresse) ed i rifiuti liquidi (percolati di discarica). I dati dei punti 3 e 4 sono molto al di sotto dei limiti di legge ed evidenziano un buon funzionamento dell'impianto. All'esterno del depuratore si evince come il valore della concentrazione del punto 6 sia minore del valore della concentrazione del punto 5 per l'effetto di autodepurazione che avviene nel Fosso Gerra. Analogamente i valori bassi del punto 7 confermano il fatto che il corpo idrico recettore si autodepuri. Lungo la Seriola Marchionale, i punti 8 e 9 non denotano alcuna differenza significativa.



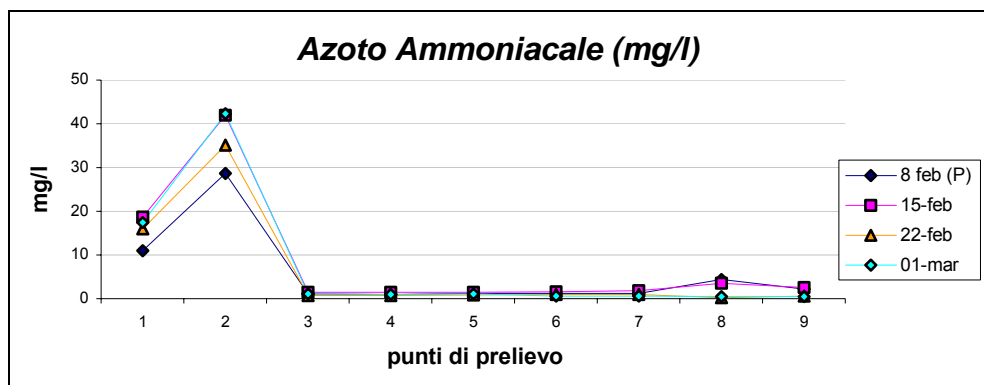
COD

Il liquame in entrata risulta diluito. I punti 3 e 4 denotano una buona efficienza depurativa in termini di COD, mantenendosi sotto i limiti stabiliti dalla legge. Al di fuori dell'impianto i punti 5, 6 e 7 sono analoghi: tutti e tre non risentono dell'autodepurazione in quanto il COD è costituito principalmente da sostanza organica non biodegradabile. Nel punto 8 e 9 si evidenzia l'effetto dell'ingresso del Fosso Gerra nella Seriola Marchionale, infatti i valori del punto 7 sono maggiori rispetto a quelli del punto 8. In conclusione la Seriola Marchionale risente del COD apportato dal corpo recettore proveniente dall'impianto.



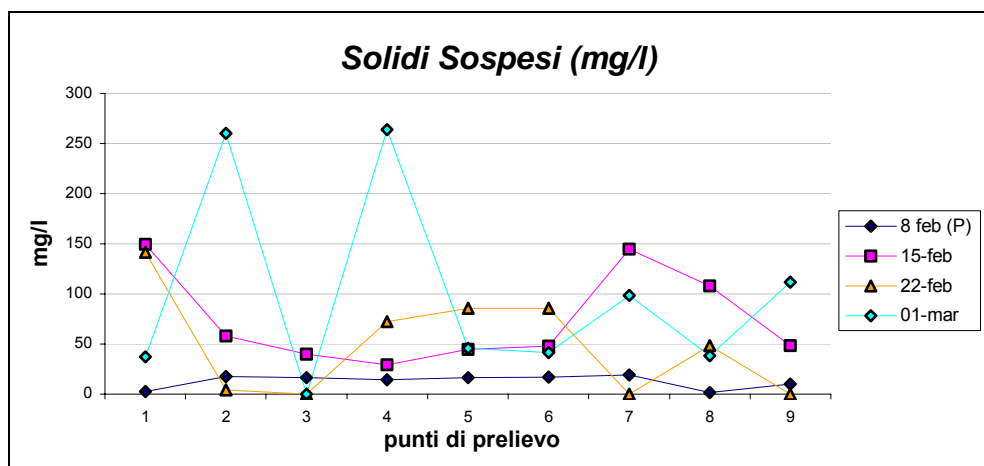
AZOTO AMMONIACALE

La concentrazione di azoto ammoniacale risulta più elevata dopo l'ingresso dei surnatanti e dei percolati di discarica; infatti le concentrazioni misurate nel punto 2 sono maggiori di quelle del punto 1. Lungo i punti 3 e 4 le concentrazioni si riducono notevolmente, mostrando un'efficienza di depurazione molto alta, raggiungendo valori inferiori a 2mg/l, al di sotto dei limiti di legge. La concentrazione si mantiene uguale lungo tutto il Fosso Gerra; al contrario, risulta che l'azoto ammoniacale nel canale Marchionale sia stato per due volte elevato e per due volte basso.



SOLIDI SOSPESI

L'andamento dei dati misurati risulta molto variabile. Questo comporta una difficile interpretazione in quanto i valori dei solidi sospesi risultano essere non coerenti tra loro. Infatti in determinati giorni (15 febbraio) il Fosso Gerra mostra concentrazioni più elevate rispetto allo scarico in uscita dal comparto della disinfezione.



TEMPERATURA

Le acque di scarico in uscita presentano generalmente un valore della temperatura più elevato rispetto ai due corpi idrici presi in esame. I valori superiori riscontrati a valle della disinfezione sono dovuti sia a scarichi civili sia a reflui caldi di provenienza industriale. Questi ultimi necessariamente hanno apportato al Fosso Gerra e al canale Marchionale un incremento della temperatura dell'ordine di 2-3 gradi centigradi senza però provocare effetti negativi su flora e fauna.

pH

I valori del pH non presentano elevate oscillazioni attestandosi in un range che va da 7,4 a 8,3. Peraltro si è osservata una diminuzione del pH tra ingresso ed uscita per effetto della nitrificazione. All'esterno dell'impianto però, man mano che ci si avvicina al Fosso Gerra e al canale Marchionale, il pH si alza di nuovo per effetto dell'attività delle alghe.

OSSIGENO DISCIOLTO

I valori dell'ossigeno registrati a valle della disinfezione risultano essere molto bassi, in particolare il giorno 6 febbraio (2,4 mg/l). Al contrario la concentrazione tende a risalire per effetto dell'attività delle alghe, consentendo una naturale riossigenazione lungo i due corpi idrici recettori presi in esame.

3.2.6 Considerazioni complessive

I risultati principali emersi durante l'attività di analisi dei dati storici presso l'impianto sono i seguenti:

Il depuratore di Castiglione delle Stiviere tratta una portata media giornaliera (13.700 m³/d per il 2005 e 14.900 m³/d per il 2006) che risulta essere conforme alla portata di progetto (15.000 m³/d).

I carichi presentano valori bassi per quanto riguarda il COD: 3.350 kg COD/d per l'inverno 2006 e 3.500 kg COD/d per l'estate 2006 in ingresso al comparto biologico, contro 5.400 kg COD/d di progetto. Al contrario il carico in ingresso al comparto biologico relativo all'azoto è sensibilmente superiore al dato di progetto (630 kg azoto/d per l'inverno 2006 e 670 kg azoto/d per l'estate 2006 contro 325 kg azoto/d di progetto).

I rendimenti di rimozione, calcolati per fasi (trattamento primario e secondario), riguardanti gli inquinanti principali (COD e azoto), non denotano sostanziali differenze tra inverno ed estate (2005-2006):

Complessivamente, analizzati i rendimenti di rimozione (paragrafo 3.2.4), l'efficienza dell'impianto è molto buona.

I risultati principali emersi dalla campagna di monitoraggio effettuata in collaborazione con alcuni Istituti Medi Superiori di Mantova sono i seguenti:

L'efficienza del depuratore di Castiglione delle Stiviere risulta essere molto elevata per quanto riguarda la rimozione della sostanza organica (BOD₅, COD), dei solidi sospesi e dell'azoto, a conferma di quanto sopra riportato.

La disinfezione è molto efficiente quando viene utilizzata in maniera ottimale, potendo in questo caso garantire una concentrazione di *Escherichia coli* in uscita inferiore a 10 ucf/100ml e assenza di Salmonella.

Lo scarico del depuratore influisce sulla qualità dei corpi idrici recettori in termini di COD e fosforo. Viceversa l'influenza è trascurabile per il BOD₅, solidi sospesi, *Escherichia coli* e forme azotate. Inoltre è da sottolineare il peggioramento della qualità dei corpi idrici recettori, indipendentemente dalla presenza del depuratore, in caso di pioggia.

Nel complesso, quindi, la ricerca ha dimostrato come il potenziale impatto dello scarico del depuratore sui corpi idrici recettori (peraltro di modesta portata) venga minimizzato grazie ad una corretta e attenta gestione dell'impianto stesso. Viceversa esistono altre forme di contaminazione di tipo concentrato (scarichi di attività zootecniche) e diffuso (dilavamento terreni) che possono risultare determinanti.

3.3 Il Depuratore di Mantova – TEA Acque

3.3.1 Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto di depurazione TEA *acque* è collocato nella città di Mantova, il cui territorio, come quello di Castiglione delle Stiviere si presenta particolarmente ampio e diversificato, con una grande varietà di situazioni produttive che si riflettono sulle caratteristiche quanti-qualitative dei reflui in ingresso.

L'impianto di Mantova è un impianto di depurazione biologica di medio-grande potenzialità (100.000 abitanti equivalenti) che effettua il trattamento dei reflui fognari prevalentemente di tipo misto della città di Mantova e dei comuni limitrofi di San Giorgio, Cerese e Virgilio.

I reflui fognari trattati sono di natura prevalentemente civile (88%) con una relativa percentuale di scarichi industriali (12%).

L'impianto è "*a fanghi attivi*", con digestione anaerobica dei fanghi di supero ed è autorizzato all'esercizio delle operazioni di smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi provenienti da terzi.

L'impianto è suddiviso in linea acque e linea fanghi, costituite rispettivamente dalle unità di trattamento di seguito elencate:

Linea Acque

Il trattamento delle acque viene effettuato con il seguente schema funzionale:
SOLLEVAMENTO - GRIGLIATURA; DISSABBIATURA / DISOLEATURA AEREATA; SEDIMENTAZIONE PRIMARIA; OSSIDAZIONE - NITRIFICAZIONE; SEDIMENTAZIONE FINALE; DISINFEZIONE FINALE DELL' EFFLUENTE.

Linea Fanghi

I fanghi misti (primari e secondari) vengono sottoposti al seguente trattamento:
PRE - ISPESSIMENTO; DIGESTIONE PRIMARIA; DIGESTIONE SECONDARIA – GASOMETRO; POST – ISPESSIMENTO; DISIDRATAZIONE MECCANICA; AMMASSO TEMPORANEO IN AREA CONFINATA.

DATI DI PROGETTO

Abitanti equivalenti (A.e.)	AE	100.000
Portata giornaliera (Q_d)	m ³ /d	24.000
Portata media oraria (Q_{24})	m ³ /h	1.000
BOD ₅ Ingresso impianto (BOD _{5in})	kg/d	6000
Volume Nitrificazione – Ossidazione (V_{ox})	m ³	3 X 1.250
		1 X 2.500
Volume totale Sedimentatori primari ($V_{Sed I}$)	m ³	3.000
Volume totale Sedimentatori secondari ($V_{Sed II}$)	m ³	4.800

Tabella 3.2: caratteristiche di progetto impianto di depurazione di Mantova

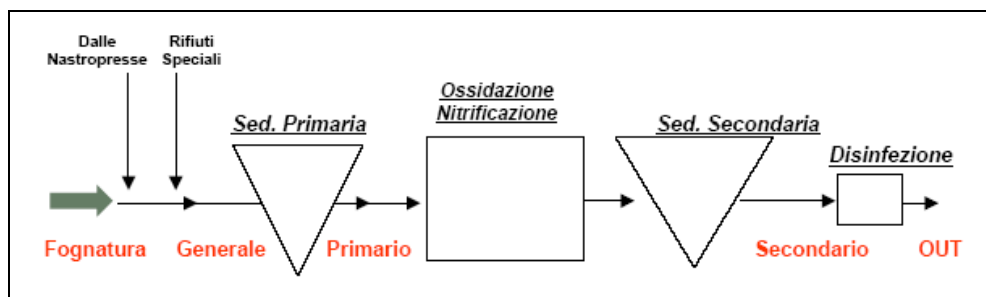


Figura 3.4: schema a blocchi impianto di depurazione di Mantova

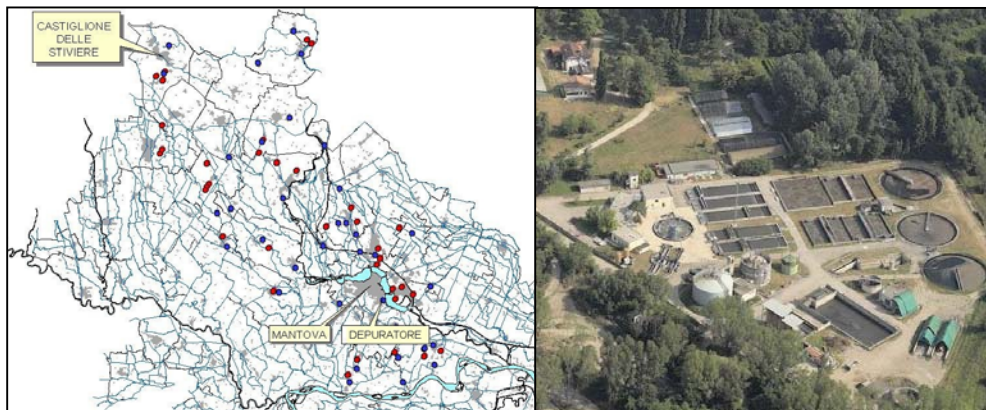


Figura 3.5: ubicazione del depuratore di Mantova

Foto 3.2: l'impianto di depurazione di Mantova

3.3.2 Andamento delle portate

Dalla analisi delle portate entranti nell'impianto si è individuata una portata media significativa giornaliera isolando i picchi positivi e negativi dovuti a situazioni straordinarie. Si è proceduto quindi ad un esame per verificare l'eventuale presenza di periodi dell'anno caratterizzati da portate significativamente diverse tra loro. A parte il periodo Aprile-Luglio del 2005 la portata risulta essere abbastanza stabile:

$$Q_{media} \text{ 2005} = 23.892,5 \text{ m}^3/\text{d}; \quad Q_{media} \text{ 2006} = 23.831,5 \text{ m}^3/\text{d}.$$

Dopo aver rilevato tutti i parametri gestionali inoltre, sono stati descritti gli andamenti temporali delle loro concentrazioni, analizzando per ciascun anno, tramite la stesura di grafici, le due linee lungo il percorso depurativo: ingresso, primario, secondario, uscita.

3.3.3 Carichi inquinanti e concentrazioni medie

Il carico in ingresso di COD è un po' aumentato dal 2005 al 2006; il carico effettivo entrante è stato stimato in circa 60.000AE, sensibilmente inferiore al dato di progetto (100.000 AE). Si ricorda, invece, che l'impianto riceve una portata pari a quella di progetto; ciò indica che il liquame è diluito. Questo si evince anche dall'esame delle tabelle relative alle concentrazioni.

Il carico di Azoto ammoniacale in ingresso è in linea con quello del COD.

3.3.4 Rendimenti di rimozione

Una volta ottenuti i carichi e le concentrazioni medie dei due anni presi in esame, si è proceduto al calcolo dei rendimenti di rimozione inerenti al trattamento biologico nell'anno 2006 e relativi ai due inquinanti principali:

COD: 1. $\eta_{\text{biol.}}$ (rendimento rimozione COD biologico).

Azoto: 1. $\eta_{\text{N TOT}}$ (rendimento di rimozione dell'azoto totale);

2. $\eta_{\text{NIT.}}$ (rendimento di Nitrificazione);

Si riscontra un buon rendimento di rimozione del COD nel settore biologico, intorno al 74%, e le concentrazioni degli inquinanti misurati in uscita rientrano nei parametri di legge.

Il rendimento di rimozione dell'azoto totale risulta essere basso, 11%, per la mancanza del processo di denitrificazione. Tuttavia è sufficiente a mantenere la concentrazione annua di azoto totale attorno a 15 mg/l.

Il rendimento della Nitrificazione si dimostra essere eccellente, stabilizzandosi intorno al 92%.

3.3.5 Campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio analitica si è svolta su sei punti di misura dislocati, sia all'interno del depuratore (3 punti), sia lungo il *Canale Franzina* (1 punto), il successivo corpo idrico ricettore, il canale *Paiolo Basso* (1 punto) e all'interno del lago *Vallazza* (1 punto). Le analisi chimico-fisiche hanno riguardato i seguenti parametri: COD, Azoto nelle diverse forme, Fosforo totale, Solidi Sospesi, Solidi Totali. Per le analisi di tipo biologico, è stato determinato *Escherichia Coli*. Oltre alla rilevazione dei parametri sopra elencati, sono stati misurati "in situ", per tutti i sei punti di campionamento: l'Ossigeno disciolto (O.D.), la temperatura (*T*) ed il pH.

Punti di Misura:

Punto 1 : Depuratore – INGRESSO;

Punto 2 : Depuratore – a Valle della sedimentazione Primaria;

Punto 3 : Depuratore – USCITA;

Punto 4 : *Canale Franzina* – a Valle dello scarico del depuratore;

Punto 5 : *Canale Paiolo Basso* – a Monte della confluenza con il *Canale Franzina*;

Punto 6 : *Lago Vallazza* – a Valle della grigliatura meccanica del *Canale Paiolo*;

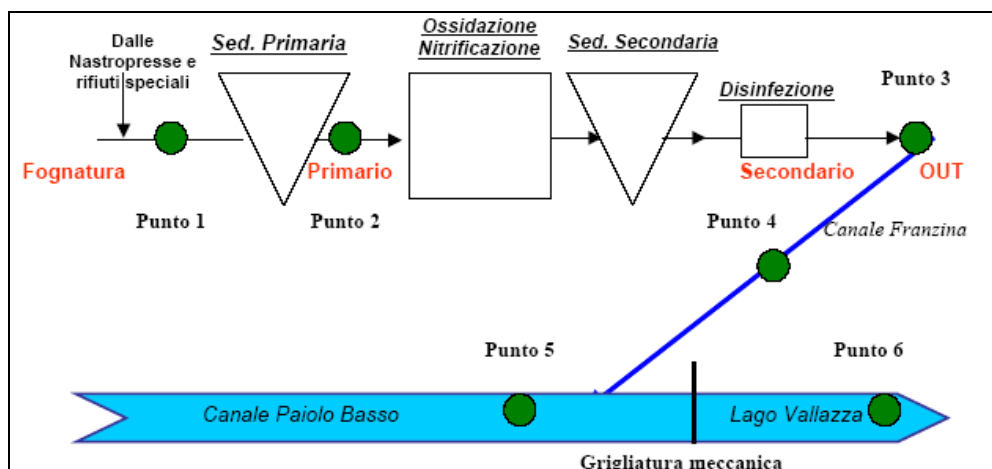


Figura 3.6: schema punti di monitoraggio Mantova



Foto 3.3: i punti 4, 5 e 6



Foto 3.4: campionamento nella Vallazza (punto 6)

Si riportano di seguito i risultati dei parametri più significativi:

ESCHERICHIA COLI

All'ingresso dell'impianto il valore del parametro microbiologico è sempre di 10^6 ufc/100mL, normale, in quanto il liquame in entrata proviene sostanzialmente da reflui civili. Il depuratore a fanghi attivi abbate di tre unità logaritmiche la concentrazione: da 10^6 ufc/100 ml nel punto 1 a 10^3 ufc/100 mL nel punto 3. Questo significa che la disinfezione all'uscita dell'impianto tramite ipoclorito di sodio, permette un rendimento efficace. A valle della disinfezione, sia nel canale Franzina che nel lago Vallazza, le concentrazioni rimangono nell'ordine di 10^3 - 10^4 senza peggiorare la contaminazione microbiologica. In conclusione, l'effluente del depuratore non altera il contenuto di Escherichia Coli dei corpi idrici ricettori.

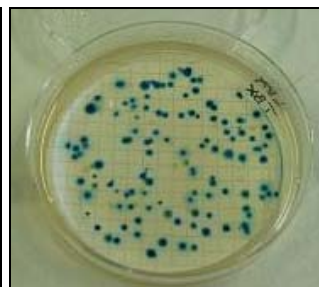
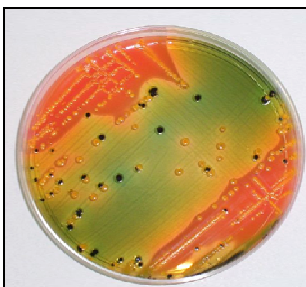
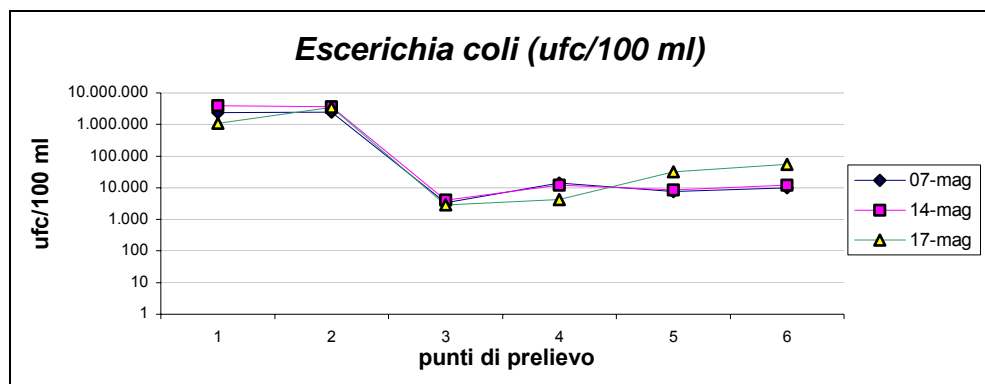
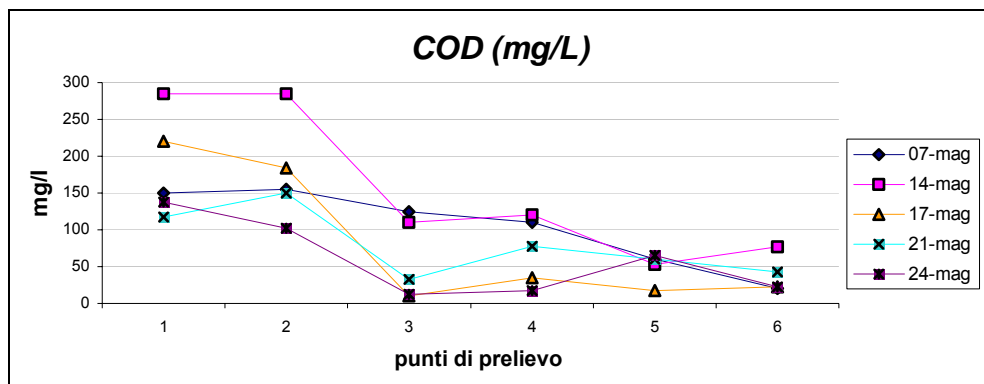


Foto 3.5, 3.6 e 3.7: ricerca salmonella e conta delle colonie di Escherichia coli eseguite dagli studenti degli Istituti Medi Superiori

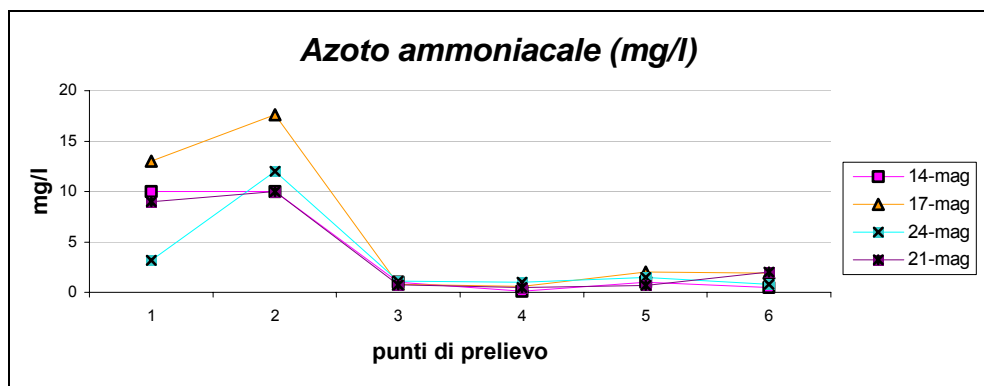
COD

Il liquame in entrata risulta diluito e il punto 3 denota una buona efficienza depurativa in termini di COD, mantenendosi sotto i limiti stabiliti dalla legge. Nel punto 5 si evidenzia l'effetto del *canale Paiolo Basso* che, a parte il 24 Maggio, abbassa la concentrazione di COD che poi non denota apprezzabili variazioni all'interno del *Lago Vallazza* (punto 6). Ciò significa che l'effetto del depuratore non risulta evidente.



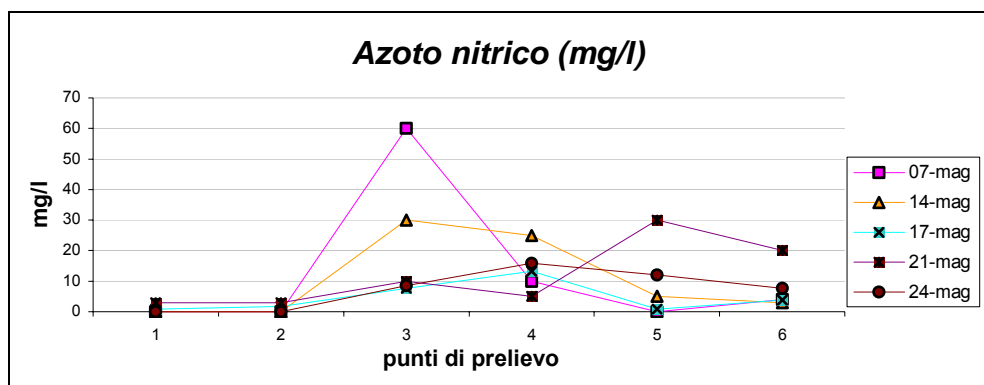
AZOTO AMMONIACALE

La concentrazione di Azoto Ammoniacale risulta più elevata a valle del comparto primario. Infatti le concentrazioni misurate nel punto 2 sono maggiori di quelle del punto 1. Lungo i punti 3 e 4 le concentrazioni si riducono notevolmente, mostrando un'efficienza di depurazione molto alta, in quanto raggiungono valori molto bassi, inferiori a 2mg/l. La concentrazione si mantiene pressoché costante sia nel Canale Paiolo che nel Lago Vallazza (punti 5 e 6) denotando caso mai una maggiore concentrazione "naturale" del canale Paiolo Basso rispetto all'effluente del depuratore.



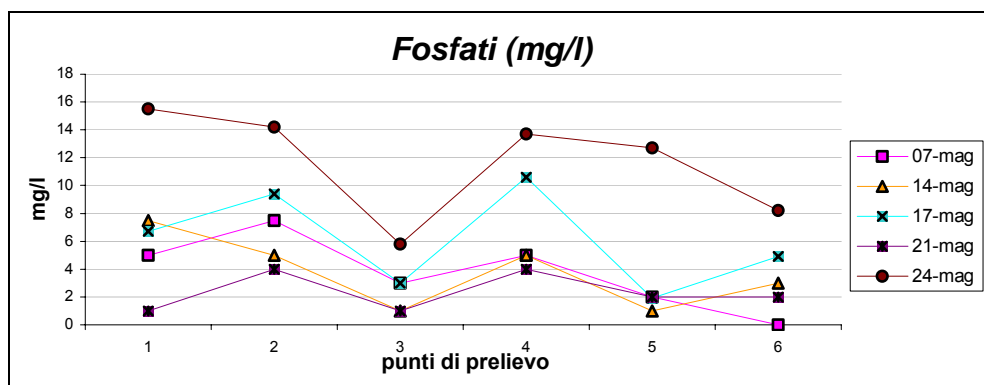
AZOTO NITRICO

I Nitrati presenti all'uscita dell'impianto nelle date 7 e 14 Maggio risultano molto elevati. Lungo i corpi idrici recettori l'influenza dell'impianto è apprezzabile in tre campioni su 5 presi in esame (17, 21, 24 Maggio), anche se si rileva la presenza di Nitrati, indipendenti dallo scarico del depuratore, nel *Canale Paiolo Basso*.



FOSFATI

Nonostante non sia prevista una fase specifica di defosfatazione, il punto 3 presenta valori inferiori ai limiti stabiliti dalla legge. All'esterno dell'impianto si può osservare come nel Canale Franzina la concentrazione tenda ad aumentare per poi diminuire di nuovo nei successivi punti 5 e 6. In questo caso l'apporto del depuratore non è trascurabile.

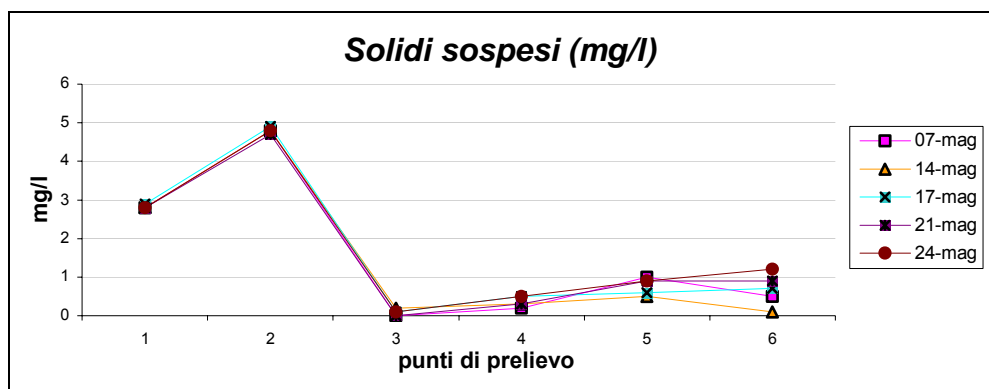


OSSIGENO DISCIOLTO

I valori dell'ossigeno registrati risultano simili tra loro (tranne per il 7 Maggio in cui le misure sono state effettuate dopo 6 ore dal prelievo) aumentando in uscita del depuratore (6mg/l) e diminuendo lungo i corpi idrici ricettori (4-2 mg/l).

SOLIDI SOSPESI

Si denota un andamento molto simile per tutte le analisi effettuate. In ogni data di campionamento si evidenzia una forte riduzione della concentrazione di solidi sospesi all'uscita del depuratore (punto 3). Successivamente, nei punti 4, 5 e 6, i valori dei solidi sospesi hanno una leggera risalita. In questo caso risulta determinate l'apporto del canale Paiolo Basso.



3.3.6 Considerazioni complessive

Per quanto riguarda l'*analisi dei dati gestionali*, per gli anni 2005 e 2006 presi in esame, possiamo evidenziare i seguenti risultati principali:

L'impianto tratta una portata pressoché costante durante l'anno, di 24.000 m³/d circa, che corrisponde al valore di progetto.

Il carico inquinante (stimato pari a 60.000 AE) risulta invece inferiore a quello di progetto (100.000 AE) e ciò denota una sensibile diluizione del liquame;

L'impianto presenta una rimozione della sostanza organica e dell'azoto molto buone con il rispetto sostanziale dei limiti di legge, anche se, essendo assente il comparto di denitrificazione, l'azoto nitrico risulta talvolta superiore ai 20 mg/l.

I risultati principali della campagna di monitoraggio effettuata nel Maggio 2007 sono i seguenti:

Nei corpi idrici a valle dell'impianto (canale Paiolo Basso e lago Vallazza) non si rilevano effetti significativi dovuti alla presenza del depuratore per i parametri *Escherichia coli*, COD, azoto ammoniacale, solidi totali e solidi sospesi; in alcuni casi, per esempio per l'azoto ammoniacale, il canale Paiolo Basso risulta più contaminato rispetto all'effluente del depuratore;

L'apporto del depuratore risulta non trascurabile per il fosforo e, saltuariamente, per i nitrati.

In conclusione, l'impianto di depurazione di Mantova TEA Acque mostra una buona funzionalità, nonostante il liquame in ingresso non abbia caratteristiche ottimali (marcata diluizione).

Il carico sversato nei corpi idrici ricettori risulta poco influente sulla qualità degli stessi. Gli unici parametri che evidenziano (pur nel rispetto sostanziale dei limiti di emissione) un lieve incremento nei corpi idrici a valle sono nitrati e fosforo; ciò però deriva da una carenza strutturale del depuratore, che non è dotato di denitrificazione e di trattamenti specifici per la defosfatazione.

4

4. LUNGO LE RIVE DELLA SERIOLA MARCHIONALE E DEL CANALE PAIOLO

I reflui dei depuratori di Castiglione delle Stiviere e di Mantova alimentano rispettivamente il Fosso Gerra, che dopo quasi tre chilometri nella campagna confluisce nella Seriola Marchionale, e il Canale Franzina, che si immette dopo alcune centinaia di metri nel Fosso Paiolo appena prima dell'ingresso nella Vallazza.

Nella Primavera del 2007 alcuni studenti di 5CB dell'IPSIA Vinci, con i docenti Pigari e Codurri, hanno valutato la qualità delle acque del Gerra e della Marchionale utilizzando i macroinvertebrati bentonici.

Il metodo utilizza la comunità macrobentonica, presente in un tratto di un corso d'acqua, come bioindicatrice della sua qualità in quella stazione, secondo il metodo IBE (Indice Biotico Esteso, nella versione definitiva di P.F. Ghetti, 1995, ufficialmente riconosciuto dalla Legislazione Italiana con il Decreto Legislativo 130/92, per valutare lo stato di qualità ambientale dei reticoli idrografici, il grado di conservazione di aree fluviali di particolare pregio ambientale, l'efficacia dei piani di risanamento delle acque, gli impatti prodotti da scarichi puntiformi o diffusi e più in generale l'impatto antropico).

La comunità di macroinvertebrati è sensibile a numerosi fattori alteranti: oltre all'inquinamento puntiforme (depuratori, sversamenti di collettori di varie attività produttive, immissioni costanti o saltuarie di tossici-nocivi) e a quello diffuso (da attività agricola, dilavamento suoli ed aree urbane), alle variazioni delle portate, dovute alle derivazioni a scopi irrigui o industriali, all'immissione di acque con temperature maggiori (attività produttive, centrali termoelettriche), all'alterazione-semplificazione del corso d'acqua, delle sue rive e del territorio circostante (canalizzazione, riduzione-eliminazione della vegetazione riparia), all'introduzione di specie vegetali ed animali esotiche o aliene.

Sono state monitorate complessivamente 5 stazioni:

3 lungo la Seriola Marchionale nel Comune di Castiglione delle Stiviere (Gozzolina e S. Vigilio)

2 lungo il Fosso Gerra, affluente della Marchionale, nel Comune di Castiglione delle Stiviere (località S. Viletto e S. Vigilio).

I campionamenti sono stati effettuati nei giorni 4 e 6 Aprile 2007.

Classi di qualità	Valore I.B.E.	Giudizio	Colori di riferimento
Classe I	> 10	Non inquinato	Azzurro
Classe II	9 – 8	Leggermente inquinato	Verde
Classe III	7 – 6	Inquinato	Giallo
Classe IV	5 – 4	Molto Inquinato	Arancione
Classe V	0 – 3	Fortemente Inquinato	Rosso

Tabella 4.1: criteri di conversione dei valori di I.B.E. in classi di qualità

SERIOLA MARCHIONALE

Gozzolina di Castiglione Stiv. (SM1): poco a valle dell'antico e imponente capofonte, detto "fontanone", la Marchionale scorre tra i campi (con l'incombenza di capannoni artigianali e industriali sempre più diffusi nel territorio) con una fascia riparia ancora ben strutturata, il fondo ghiaioso, coperto da macrofite in cui dominano alghe filamentose (Cladophora).

L'alveo bagnato è largo poco più di 1-1,5 m e vi scorre un rivolo d'acqua. Il proprietario del fondo dice che generalmente questo tratto è asciutto e riceve acqua dal canale Novagli, quando questo ne ha troppa e che quasi tutti gli agricoltori hanno scavato pozzi per l'irrigazione. Quando vi scorreva regolarmente l'acqua questo tratto di Marchionale era ricco di pesce pregiato.

La comunità di macroinvertebrati è incompleta: tuttavia nel campione sono presenti due esemplari di Plecotteri (genere *Nemoura*, primo rinvenimento dall'inizio del progetto) e abbondanti Tricotteri (genere *Limnaephilidae*): in totale 13 US corrispondenti ad un valore di IBE6 e ad una III classe di qualità.

S.Vigilio, monte Fosso Gerra (SM2-VM8): a valle di una latteria la Marchionale ha un alveo bagnato largo circa 3-4 m e profondo mediamente 40-50 cm; il fondo ghiaioso è coperto da uno strato soffice di deposito e da macrofite, che smosso produce una nube nera e maleodorante. Scorre con velocità media e laminare in aperta campagna tra sponde completamente erbacee (riceve acqua dal Reale, proveniente da Parco Pastore e da una fabbrica di calze).

La comunità di macroinvertebrati è decisamente sbilanciata verso gruppi sistematici poco esigenti, con una abbondanza, mai vista prima, di Irudinei soprattutto dei generi *Erpobdella* e *Dina*. Le US totali sono 14 corrispondenti ad un valore di IBE 5 e ad una classe di qualità IV.

S.Vigilio, valle Fosso Gerra (SM3-VM9): dopo aver ricevuto le acque del Fosso Gerra le acque sono decisamente torbide, la portata aumenta e il fondo è ancora più ricoperto da sedimento, con rade macrofite.

Notevole il ponte in mattoni che lo attraversa in questo punto, con i pochi alberi nei suoi pressi. La Comunità di macroinvertebrati decisamente più povera della stazione precedente, distante meno di 100 m: 6 US, valore di IBE3-2 e corrispondente classe di qualità V

FOSSO GERRA

Il Fosso Gerra raccoglie le acque reflue del depuratore di Castiglione delle Stiviere, a monte di Gozzolina, e dopo 2,8 km in aperta campagna confluisce nella Seriola Marchionale.

Le sue acque sono bruno scure appena a valle del depuratore e bruno chiare nel tratto distale.

Fosso Gerra, loc S. Viletto di Castiglione delle Stiviere (FG1-VM6): a circa 2 km dal depuratore il piccolo corso d'acqua scorre in fregio alla strada tra i campi, con velocità media e laminare, su un fondo ghiaioso coperto da deposito fangoso bruno scuro ad eccezione del tratto centrale, in cui maggiore è la corrente, e da abbondanti macrofite, con buona presenza di alghe filamentose.

La comunità di macroinvertebrati è dominata da Anellidi e Ditteri, con un totale di 9 US, corrispondenti ad un valore di IBE 5 e ad una classe di qualità IV.

Fosso Gerra, foce (FG2-VM7): prima di immettersi nella Seriola Marchionale, a valle del piccolo borgo di S. Vigilio e di allevamenti bovini, il Gerra scorre nei campi, in un alveo più profondo rispetto alla stazione precedente. L'acqua scorre abbastanza velocemente e il fondo smosso libera detrito color bruno chiaro. La discreta copertura macrofita è costituita da un *Potamogeton* già rinvenuto a valle di scarichi di depuratori.

La classe di qualità rimane IV, tuttavia le US aumentano ad 11 con relativo valore di IBE 5-4

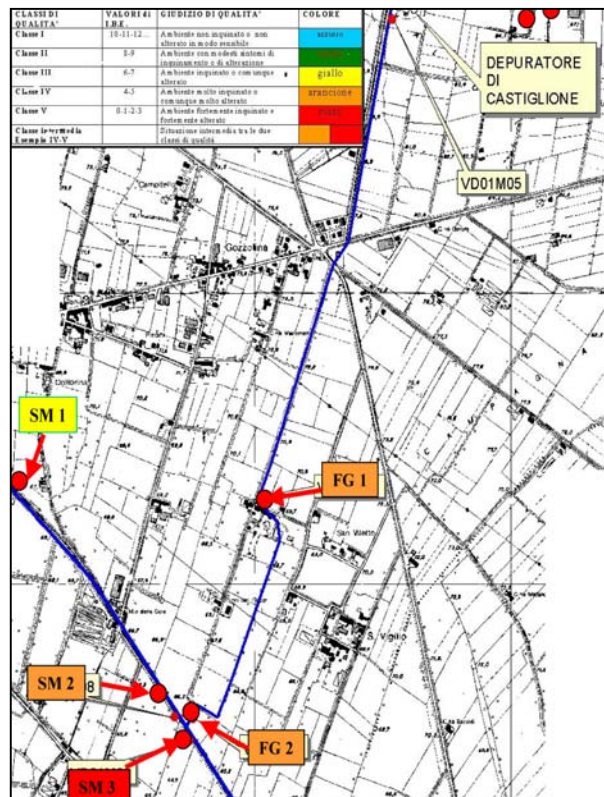


Figura 4.1: il fosso Gerra e la Seriola Marchionale



Percorrendo le rive della Seriola Marchionale dalla risorgiva in località Novagli di Carpendolo (l'antico Fontanone, da anni ormai completamente asciutto per l'abbassamento della falda dovuta all'eccessivo emungimento dal sottosuolo), al suo ingresso nell'Osona in prossimità della strada che congiunge le Grazie di Curtatone con Rivalta sul Mincio si nota che, tranne il primo tratto a monte di Gozzolina nel Comune di Castiglione delle Siviere, il corso d'acqua è canalizzato, senza fascia riparia, con acque quasi costantemente torbide, anche lontano dall'ingresso dei reflui dei depuratori civili.

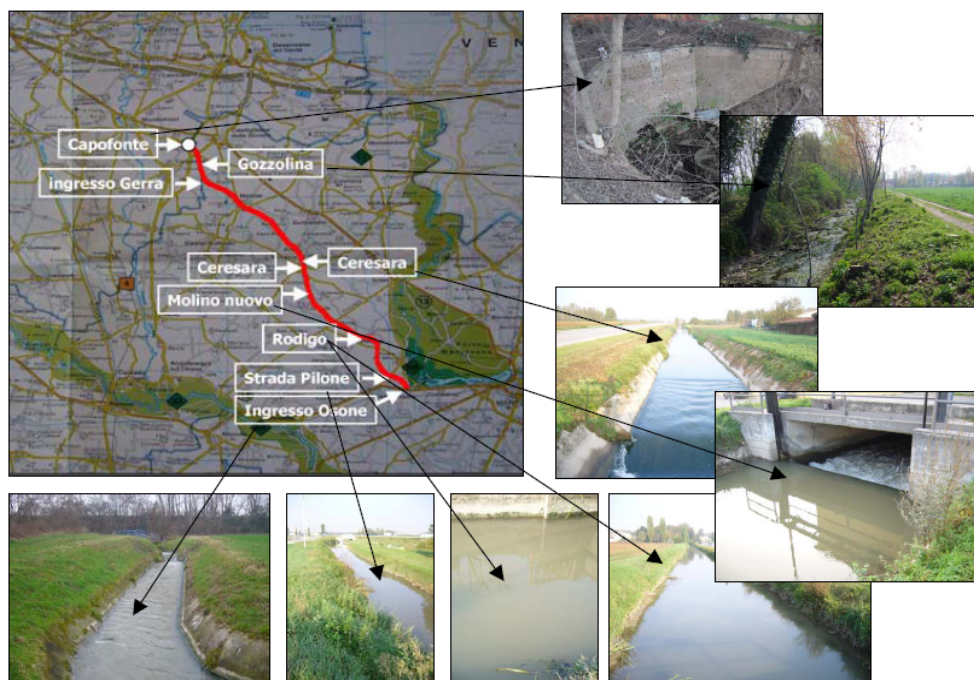


Figura 4.2: la Seriola Marchionale

Il Fosso Paiolo origina dal Lago Superiore, attraversa i Giardini Nuvolari come piccolo corso d'acqua che passa tombato il quartiere Paiolo per riaffiorare a valle dello stesso con portata decisamente superiore ed acque molto scure e maleodoranti. Permangono visivamente queste condizioni lungo il suo percorso attraverso l'area verde del Trincerone, all'incrocio con la Cisa nei pressi di Cerese e di nuovo nei campi fino all'ingresso in Vallazza, immediatamente prima del quale riceve i reflui del depuratore di Mantova, con acque decisamente più trasparenti di quelle del Paiolo.

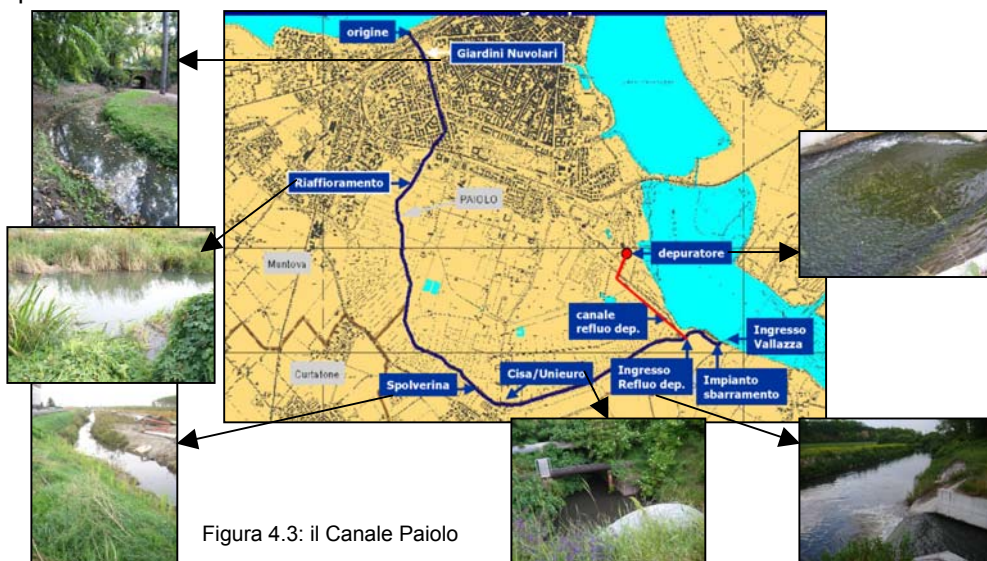


Figura 4.3: il Canale Paiolo

CONCLUSIONI

Il progetto VerDe Mincio, oltre a inquadrare la situazione attuale inerente gli impianti di depurazione presenti nel bacino del Mincio attraverso un censimento e una elaborazione dei carichi inquinanti apportati dagli stessi, ha sviluppato la prima fase del processo di verifica di funzionalità dei due maggiori impianti di depurazione presenti nella provincia di Mantova: quello di Castiglione delle Stiviere e quello di Mantova.

I dati delle analisi routinarie degli ultimi due anni e di un ulteriore monitoraggio effettuato durante il progetto sono stati elaborati e interpretati fino a pervenire ad un giudizio circa il grado di funzionalità dei due impianti presi in considerazione.

A completamento dello studio è stata valutata la qualità delle acque del Fosso Gerra e della Seriola Marchionale utilizzando i macroinvertebrati bentonici, secondo il metodo IBE (indice biotico esteso).

Nel complesso la ricerca, i cui principali risultati sono riassunti nel presente volume, ha dimostrato il buon funzionamento di entrambi gli impianti e che il carico sversato nei corpi idrici ricettori risulta poco influente sulla qualità degli stessi che risentono invece fortemente di altre forme di contaminazione di tipo concentrato e diffuso che possono risultare determinanti.



Campionamenti presso i depuratori e i corpi idrici ricettori



Gli studenti degli Istituti Medi Superiori durante la presentazione dei risultati del progetto nell'aula magna della Fondazione Università di Mantova.