
57° Giornata di Studio
di Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Università di Parma
4 Giugno 2019

Economia circolare applicata al trattamento delle acque
Realizzazioni e programmi del recente passato
(Bergamo, Prato, Firenze, Ferrara)

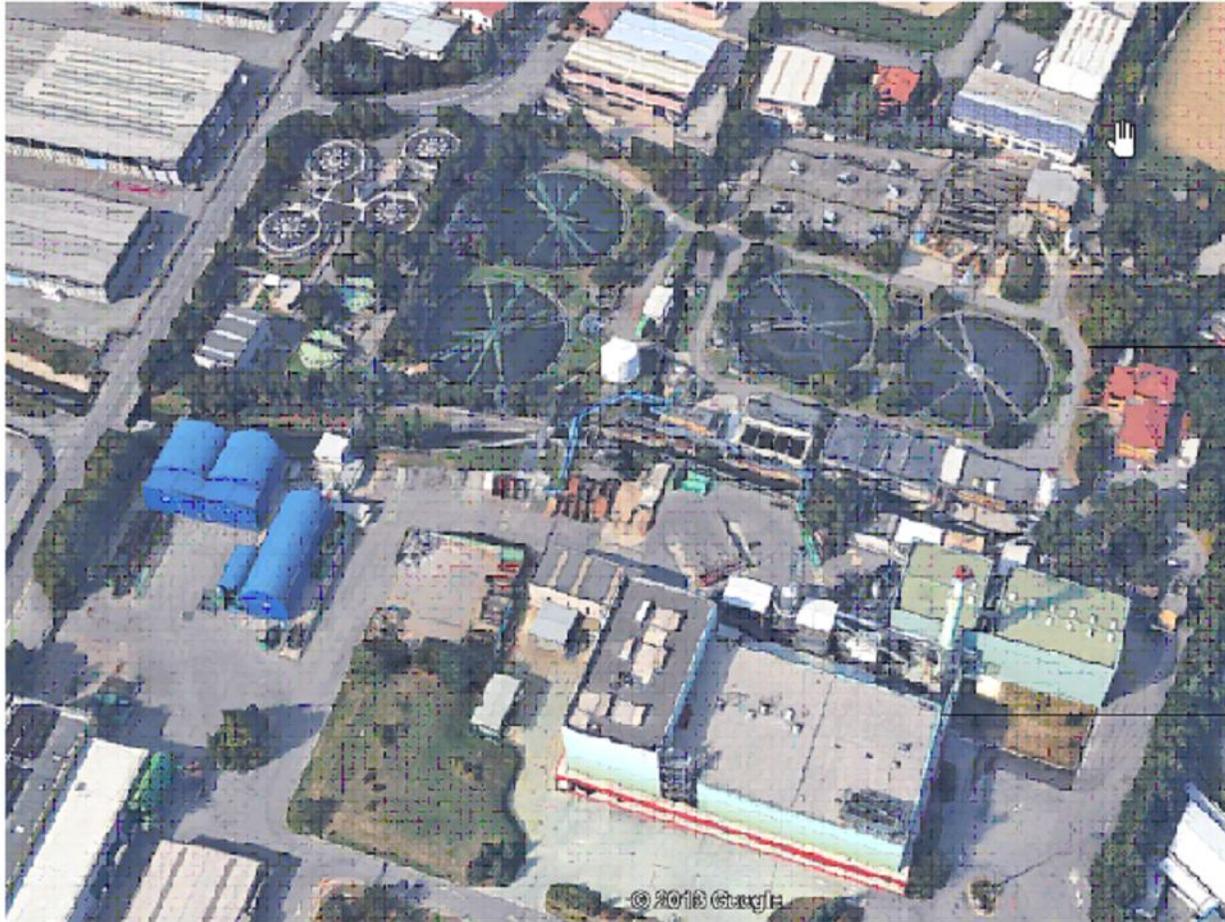
Prof. Ing. Luigi Masotti
già Associato di Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ferrara

Due realizzazioni concepite negli anni '70: **Bergamo e Prato**

BERGAMO (da 1970)

Lungimiranza dell'Amministrazione comunale di allora:
Costituzione "**Area Impianti Bergamo**" con costruzione impianto di incenerimento dei rifiuti solidi strettamente adiacente all'area per il futuro depuratore centralizzato acque reflue civili ed industriali

Configurazione attuale

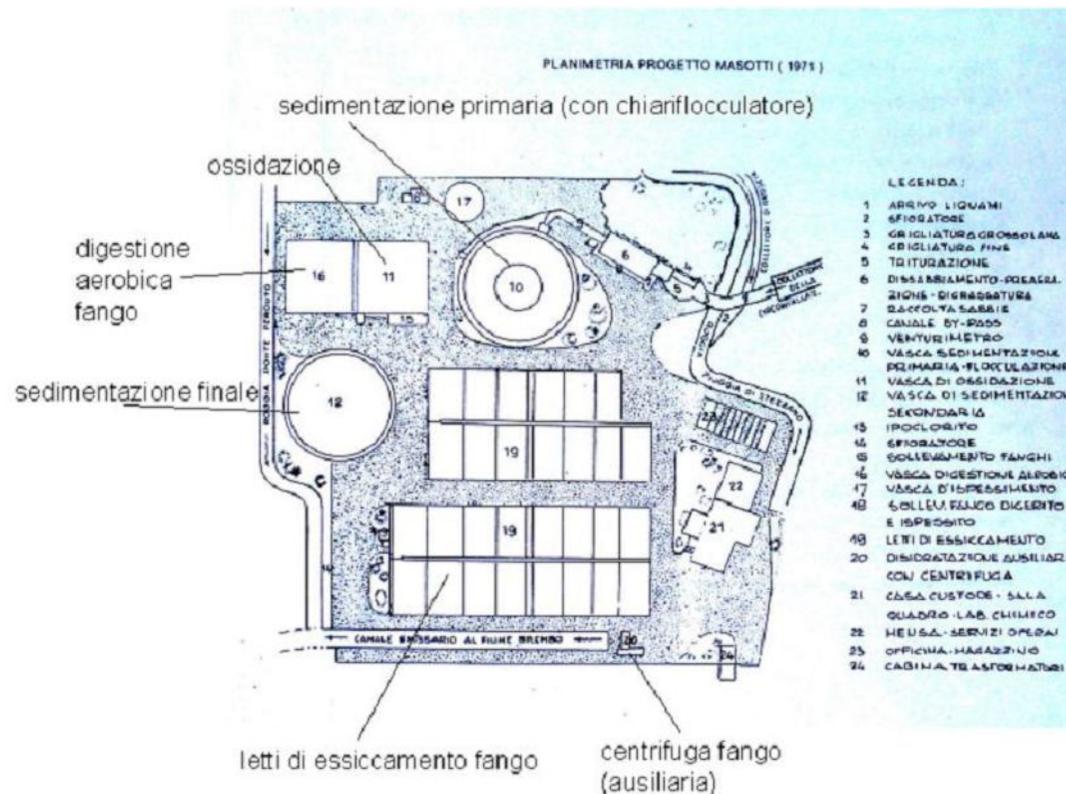


impianto di depurazione
acque reflue

impianto di trattamento
rifiuti solidi

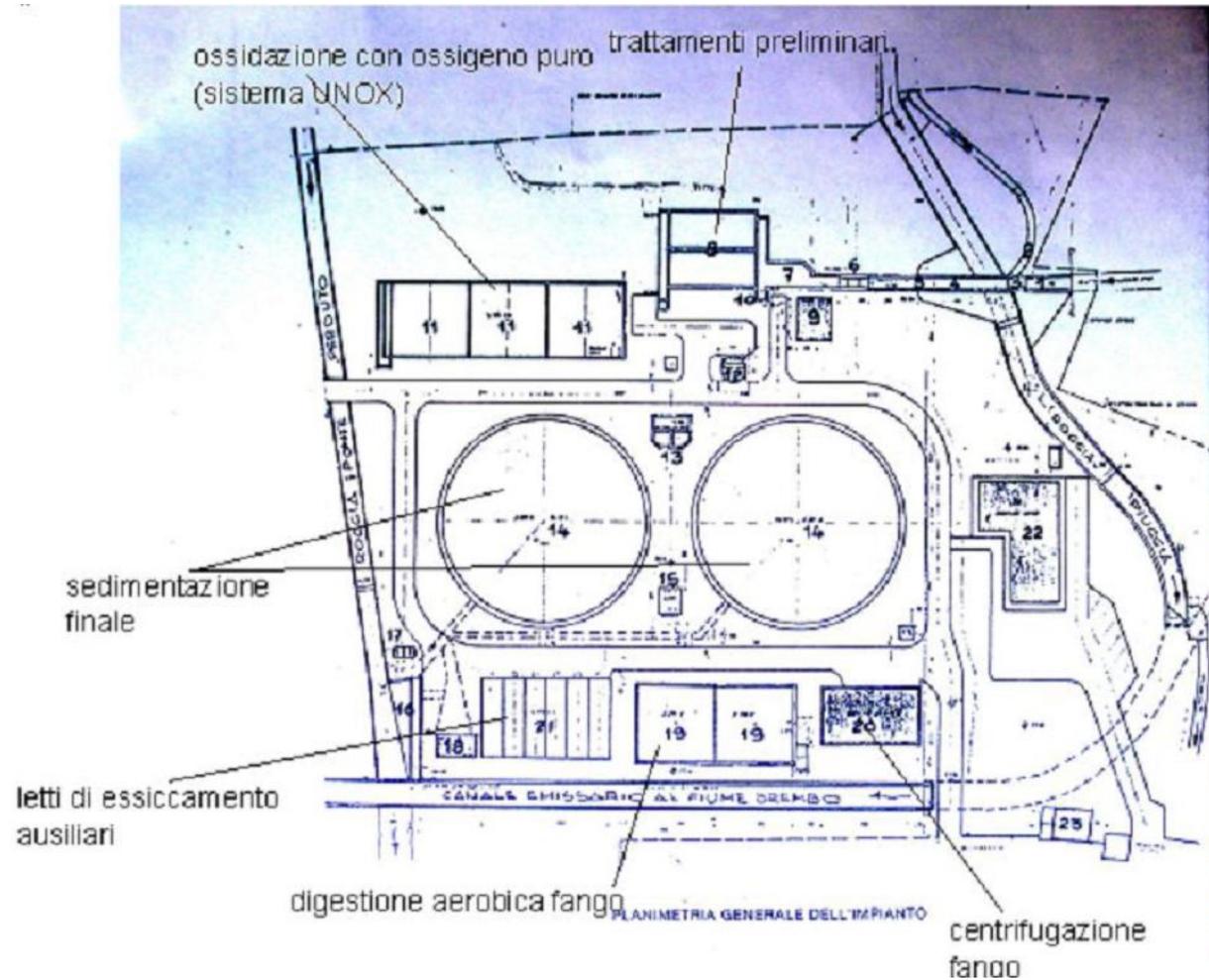
Depuratore acque reflue

PROGETTO DELL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE (1971)



I Lotto del Progetto di riferimento dell'Amministrazione Comunale di Bergamo- 80.000 A.E

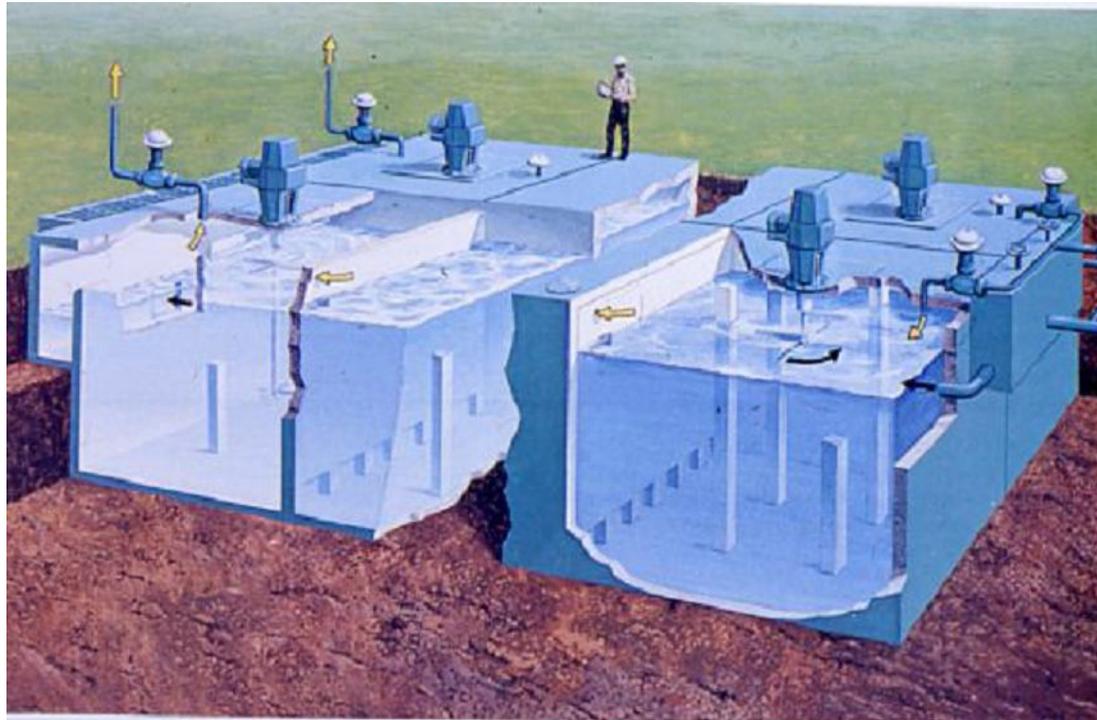
Progetto del I Lotto vincitore della gara di Appalto-Concorso (1976)



Particolarmente curati gli **aspetti ambientali** in considerazione della stretta adiacenza di aree fortemente abitate

- eliminazione della sedimentazione primaria (sempre all'origine di maleodorazioni.....)
- digestione aerobica del fango
- trattamento biologico a fanghi attivi con ossigeno puro sistema UNOX con vasche chiuse

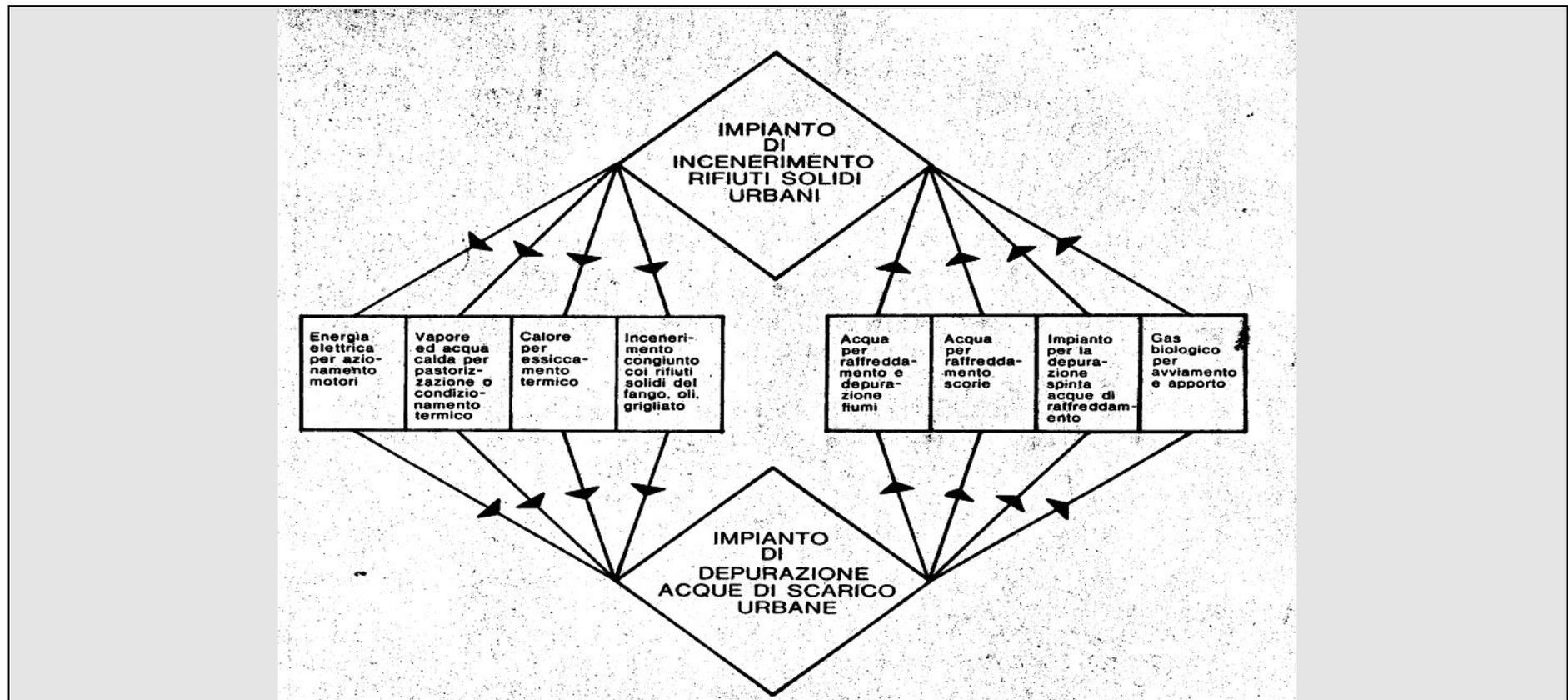
Impianto ad ossigeno puro



Quello di Bergamo è stato il primo impianto ad ossigeno puro realizzato in Italia; ad esso hanno poi fatto seguito altri impianti, il più significativo quello di Bologna.

Impianto di Bergamo attualmente 220.000 AE

Nel 1975 furono studiate in dettaglio ipotesi di interconnessione fra i due impianti contigui di incenerimento dei rifiuti e di depurazione delle acque, molte realizzate



"Incenerimento-depurazione: impianti combinati d'incenerimento dei rifiuti solidi urbani e di depurazione delle acque di scarico civili" pubblicata su "Acqua e Aria", pagg; 104-115 e pagg. 158-172, 1975

TERMO
VALORIZZATORE
BERGAMO



ATTUALMENTE.....

Progetto 2001 completato nel 2003



Tendenza ad arrivare a 100.000 t/anno

Produzione energia elettrica. Teleriscaldamento

Attualmente depurazione dei fumi **totalmente a secco**

Interscambio con il depuratore adiacente.....

- ❖ energia elettrica prodotta dal termovalorizzatore utilizzata nel depuratore acque
- ❖ calore del condensatore della centrale di produzione utilizzato nell'adiacente impianto di depurazione per attivare la nitrificazione dell'effluente finale anche nelle stagioni invernali

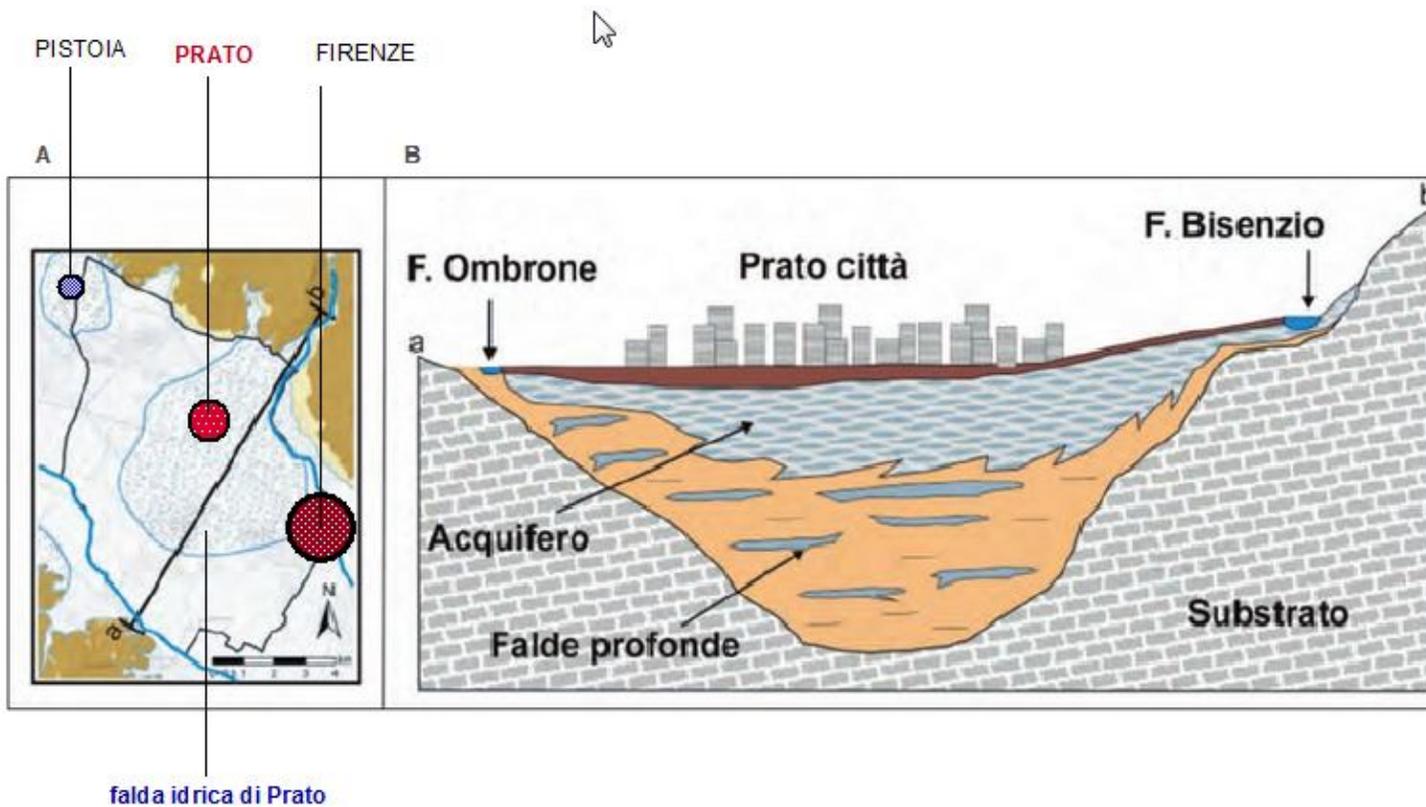
Fase di nitrificazione



Vasche (ex digestione aerobica I Lotto) utilizzate per la nitrificazione finale accelerata con l'innalzamento di temperatura prodotto dal calore del condensatore dell'adiacente termovalorizzatore

Sistema MBBR

PRATO (da 1974)



A) Schema piana Firenze-Prato-Pistoia con posizione della falda idrica Pratese

B) Sezione schematica della falda idrica pratese (da Consumi, Bonamini, Montini, Boscaino, 2016)

La falda idrica pratese, direttamente sottostante la Città, fino al 1974 è stata in pratica l'unica consistente fonte di approvvigionamento della Popolazione civile e delle Industrie "umide" pratesi del settore tessile.....alla base dello straordinario sviluppo del settore.

Falda alimentata da precipitazioni dirette, ma soprattutto dal Fiume **BISENZIO**

Falda idrica capacità di accumulo 60-100 milioni di m³

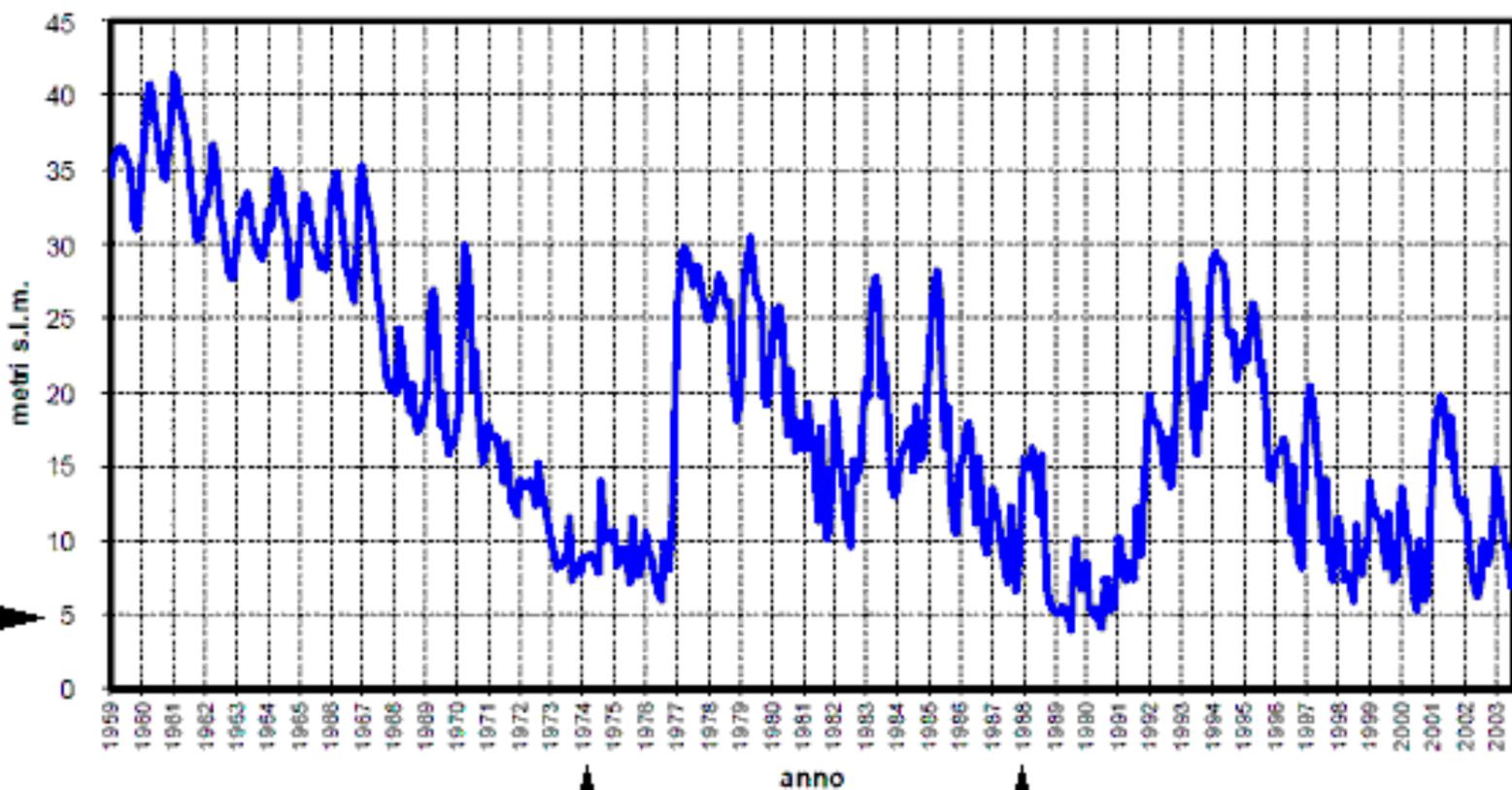
Acqua prelevata con oltre 2.400 pozzi, di cui circa 100 gestiti dall'Azienda pubblica (ora Publiacqua). e i restanti ad uso industriale

Lotta **disordinata** fra la Municipalità e le industrie per accaparrarsi la parte migliore della risorsa

Risultato: progressivo depauperamento della risorsa con grave **abbassamento del livello** e sistematiche gravi carenze di acqua nelle parti alte della Città (le più sfavorite)

livello della falda idrica

5 m slm



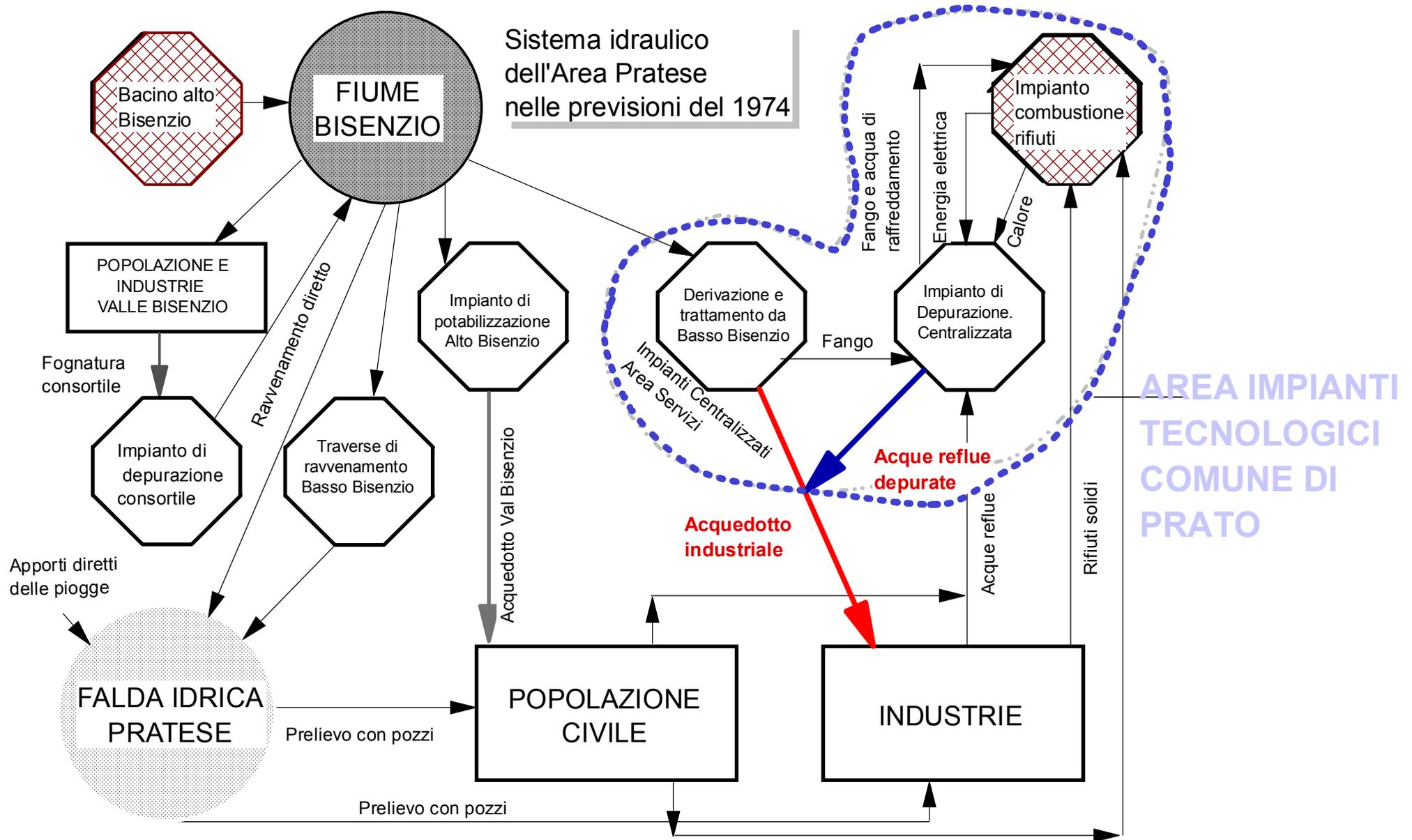
1974

1988 anno critico.....!!!!

Programma di lavoro elaborato nel 1974.

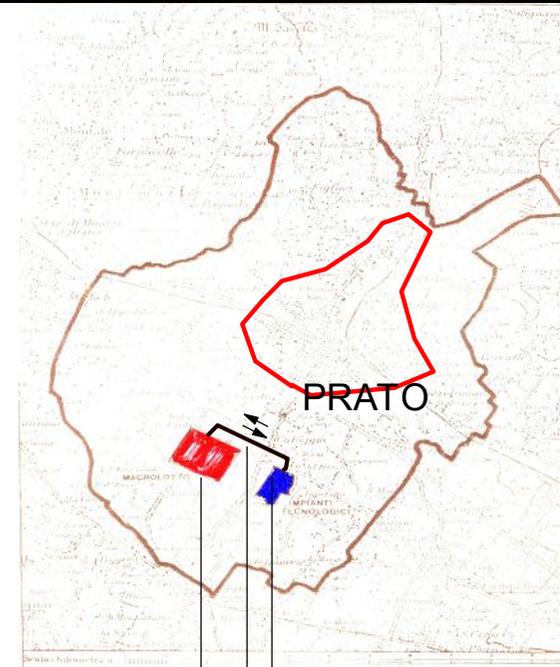
Valorizzazione dell'"area impianti tecnologici", come per Bergamo, realizzata con lungimiranza dal Comune di Prato ipotizzando ivi la costruzione di un impianto centralizzato di depurazione delle acque reflue civili ed industriali (**impianto di BACIACAVALLO**) con riuso dell'acqua di rifiuto depurata ad integrazione dell'approvvigionamento industriale, distribuita tramite apposito **ACQUEDOTTO INDUSTRIALE**.

Realizzazione nella stessa area di un impianto di trattamento delle acque del Fiume Bisenzio per l'alimentazione stagionale delle industrie con acque superficiali



Programma delle Industrie di centralizzare e razionalizzare l'attività industriale in un' apposita area attrezzata (PRIMO MACROLOTTO INDUSTRIALE) in una zona con ancora disponibili consistenti residue disponibilità di acque di falda

La posizione del depuratore centralizzato di Baciacavallo e del I° Macrolotto industriale con I° Acquedotto Industriale di collegamento e tubazione di ritorno



I° Macrolotto industriale

Depuratore centralizzato di Baciacavallo

I° acquedotto industriale

Fiera opposizione dell'Azienda Servizi Municipalizzati alle pretese degli Industriali di rifornire il I° Maccrolotto Industriale con acqua di pozzo prelevata dalla falda

1975 Testo della Convenzione di lottizzazione, fra il Comune di Prato e il Consorzio Industriali: il Capitolo sull'approvvigionamento idrico, inizia con la seguente enunciazione di principio:

"L'approvvigionamento idrico delle industrie site nell'area "Macrolotto Ovest" avverrà esclusivamente con acqua superficiale depurata, o con acqua di rifiuto depurata e ricircolata.

L'acqua della falda, per le sue preziose caratteristiche di costanza della temperatura, caratteristiche fisiche, chimiche ed organolettiche, e per la efficace protezione dagli inquinamenti, resta riservata all'approvvigionamento idrico della popolazione civile".

Alla fine degli anni '70 la realizzazione dell'impianto di depurazione centralizzata (750.000 A.E.) e del I Macrolotto era una realtà, come anche il I° tratto dell'acquedotto industriale approvvigionato con acqua fornita dall'impianto di depurazione.

**Vista dall'alto del depuratore centralizzato di Prato-Baciacavallo
(750.000 AE)**



Vista (parziale) delle infrastrutture del I° Macrolotto Industriale



Gravissime crisi negli anni 1988-1990

Mancanza di acqua per la popolazione civile

1988 Intervento della Protezione Civile posa nell'alveo del Fiume Bisenzio di una tubazione lunga 25 km (in 1 mese) per captare l'acqua defluente dal fondo della galleria "direttissima" FFSS Prato-Bologna

Mancanza di acqua per le industrie.

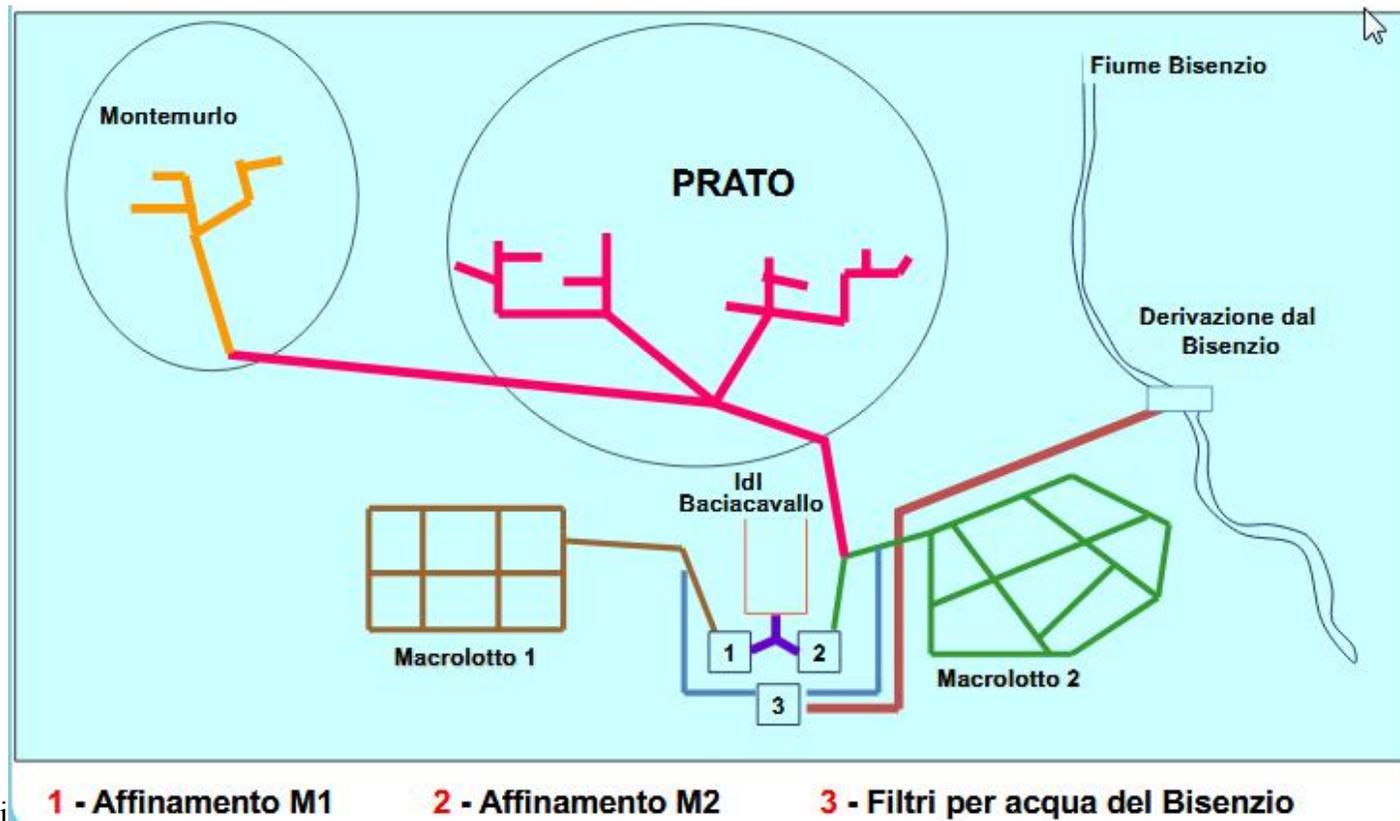
molte industrie approvvigionate con le autobotti, ma.....

.....l'acqua non mancava alle Industrie nel Macrolotto.....!!!!

hanno accelerato l'estensione dell'acquedotto industriale.

Dal I Macrolotto l'acquedotto industriale si è esteso al II Macrolotto, e quindi al tessuto cittadino, per servire anche le industrie "umide" isolate non integrate nei Macrolotti, e anche un Comune vicino (Montemurlo)

La configurazione attuale dell'acquedotto industriale (lunghezza di 75 km) di Prato e dei relativi impianti

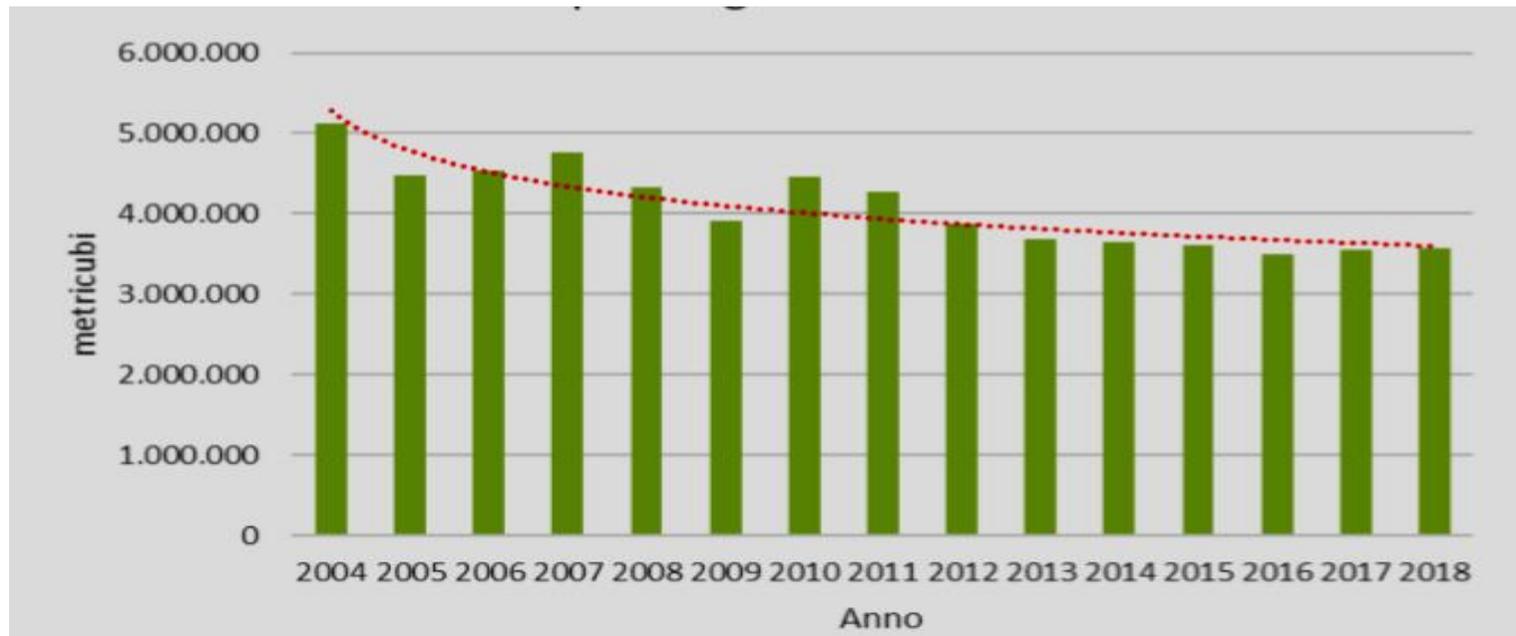


Bassetti

Ferretti S. *Un modello circolare a livello urbano per l'acqua: l'acquedotto industriale pratese di Gida*
Festival dell'economia circolare, 21-24 marzo 2019

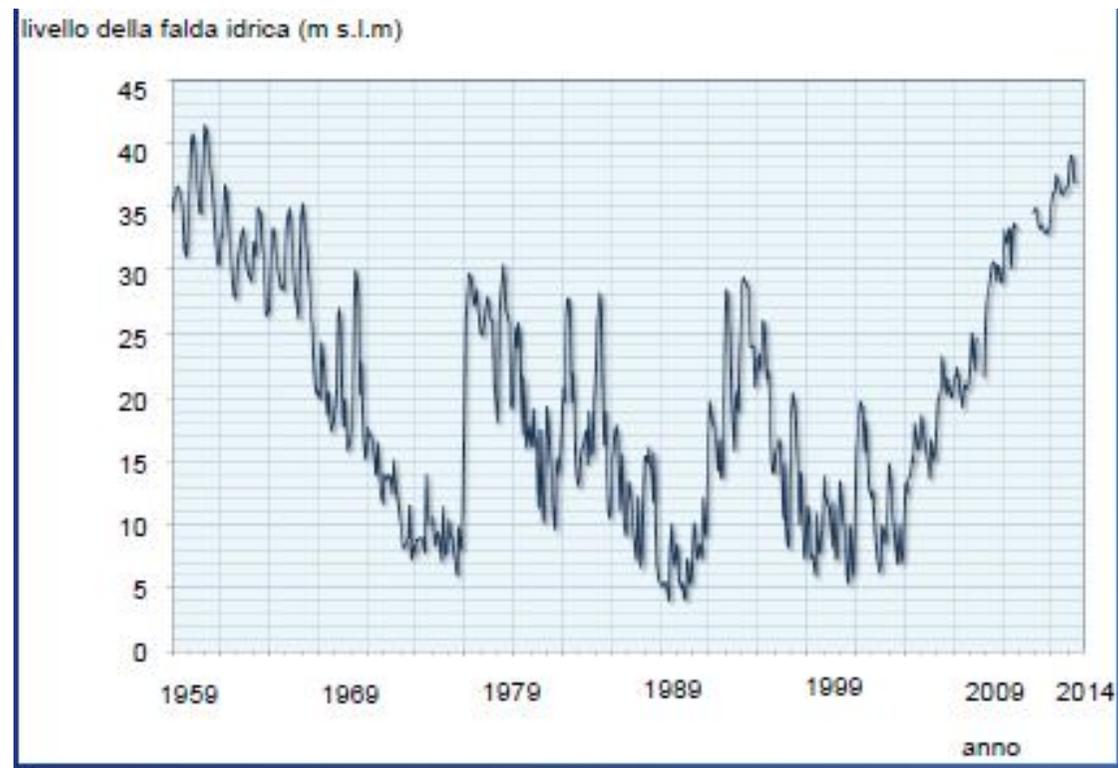
La crisi economica dell'industria tessile e la conseguente diminuzione dei consumi di acqua ad uso industriale

Acqua erogata dall'Acquedotto Industriale a partire dal 2004 (metricubi/anno)



Da Ferretti (2019)

La conseguente risalita dei livelli della falda



Esattamente come a Milano

L'acquedotto industriale continua comunque la sua preziosa funzione irrigazione aree verdi cittadine, antincendio, approvvigionamento di **elevata affidabilità**.

Si confida che una netta ripresa dell'attività industriale consenta la continuazione della piena utilizzazione di questo importantissimo patrimonio

**DUE PROGRAMMI RELATIVAMENTE RECENTI:
FIRENZE E FERRARA**

FIRENZE e comprensorio **(1988-2008)**

L'impianto centralizzato di depurazione delle acque di Firenze e 13 Comuni del Comprensorio è stato uno degli ultimi grandi impianti realizzati in Italia in ordine di tempo, per le esasperate opposizioni da parte della Popolazione, ogni volta che si ipotizzava una localizzazione.

Per questo ritardo, ha goduto della possibilità di attivare uno schema di trattamento molto aggiornato, godendo per giunta del vantaggio di essere realizzato da un'unica Impresa e con una unica Direzione Tecnica.

I presidi ambientali adottati hanno fatto sì che, ad impianto completato ed operativo, nessuna opposizione emergesse da parte della Popolazione strettamente adiacente, inizialmente violentemente contraria alla costruzione, ed in seguito, invece, altamente collaborativa.

Nell'ambito del contenimento del "carico ambientale", ed in un'impostazione di "economia circolare", è l'allontanamento dei fanghi prodotti dal depuratore tramite "fangodotto", tubazione della lunghezza di oltre 8 km, fino all'Impianto centralizzato di Compostaggio dell'Area Fiorentina. Altro provvedimento programmato di "economia circolare" è l'impianto di filtrazione finale, già completamente elaborato a livello esecutivo, addirittura con prolungate prove su impianto "pilota", e l'acquedotto per la distribuzione dell'acqua depurata ad uso agricolo ed industriale, integrata con il sistema Pratese e Pistoiese.

Purtroppo non ha avuto ancora seguito, per carenze finanziarie, e anche per l'opposizione da parte di Prato, interessata a riversare le risorse disponibili sul proprio già consolidato sistema.

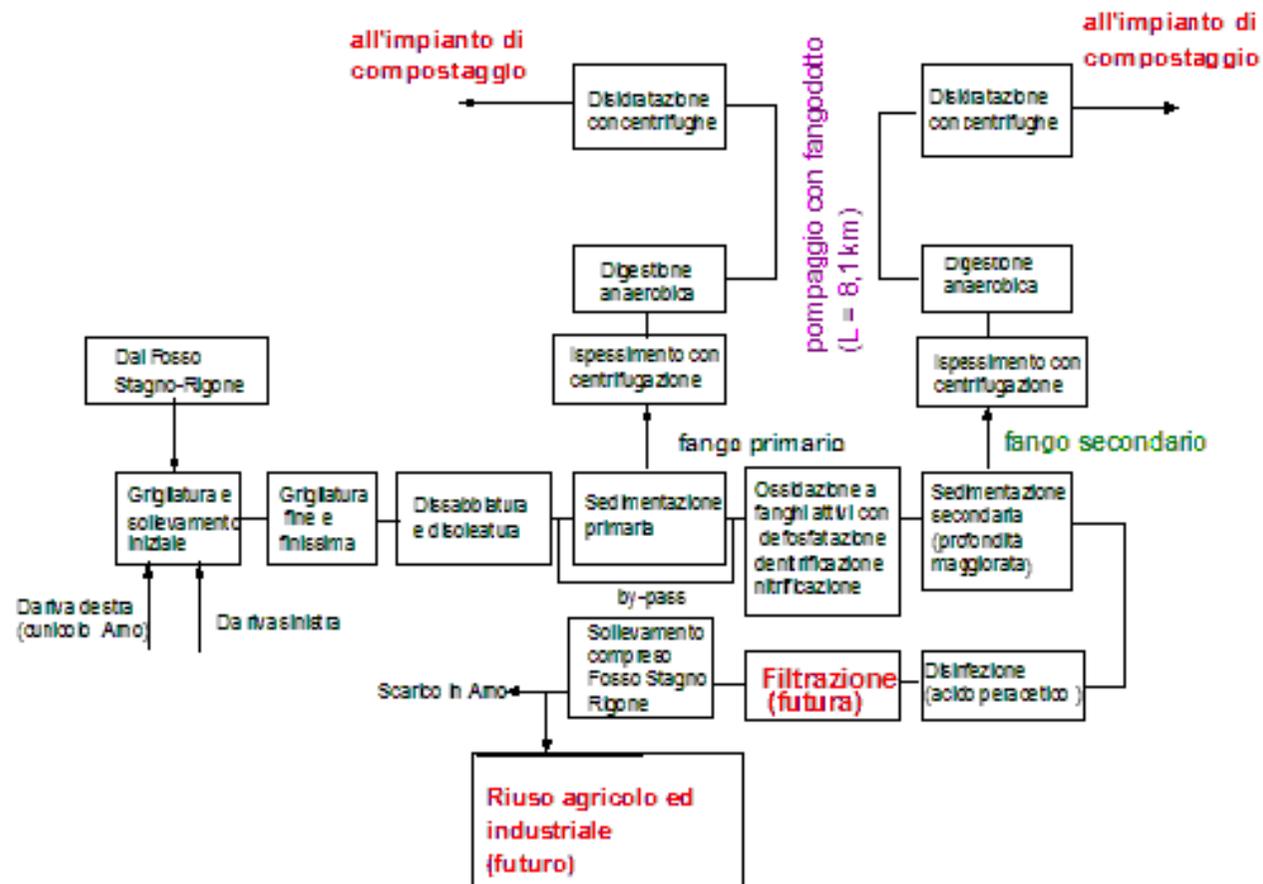
Conseguentemente, anche la tubazione di interconnessione (nel caso doppia tubazione, una per acque ad uso agricolo l'altra per acque ad uso industriale) non ha avuto seguito, ma resta come importante prospettiva.

In realtà, la qualità dell'acqua dell'effluente finale del Depuratore del Comprensorio Fiorentino è **ottima per uso agricolo** (a differenza dell'acqua dei depuratori di Prato, purtroppo affetta da elevata salinità.....)



600.000 AE

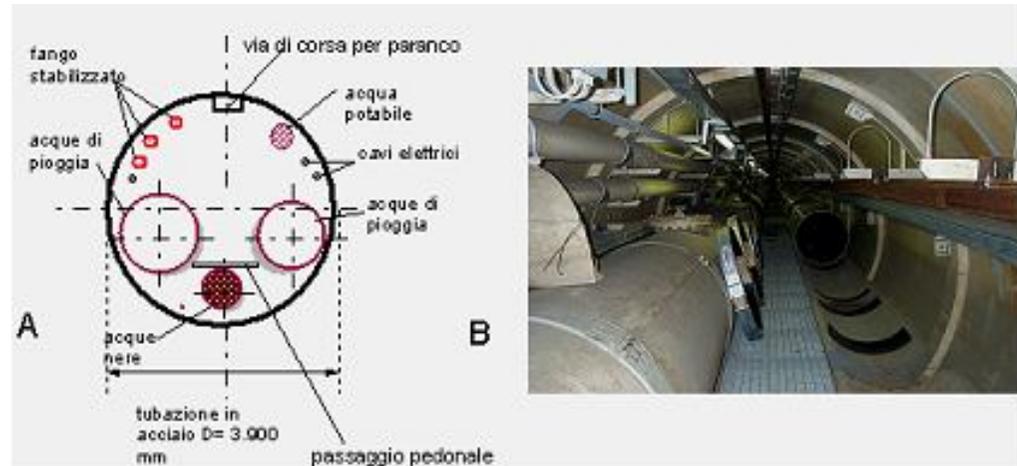
Schema dell'impianto



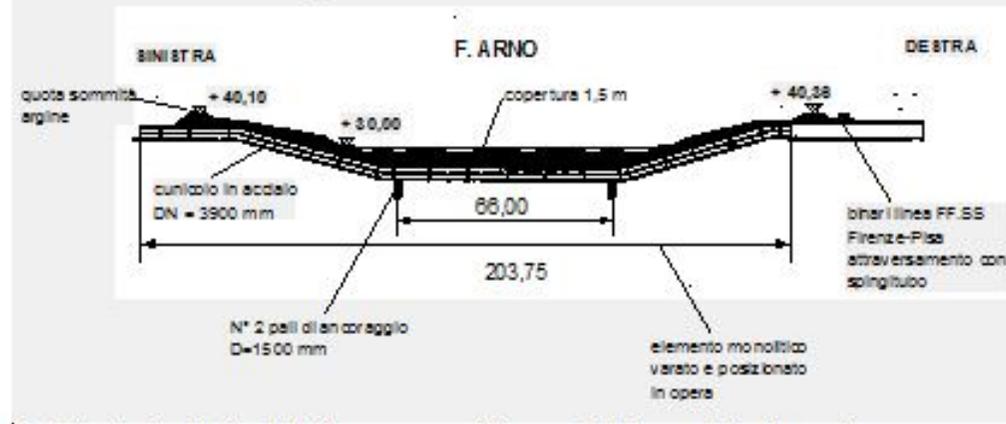
L'interconnessione tramite "fangodotto" con l'impianto di compostaggio della Città di Firenze e Comuni limitrofi



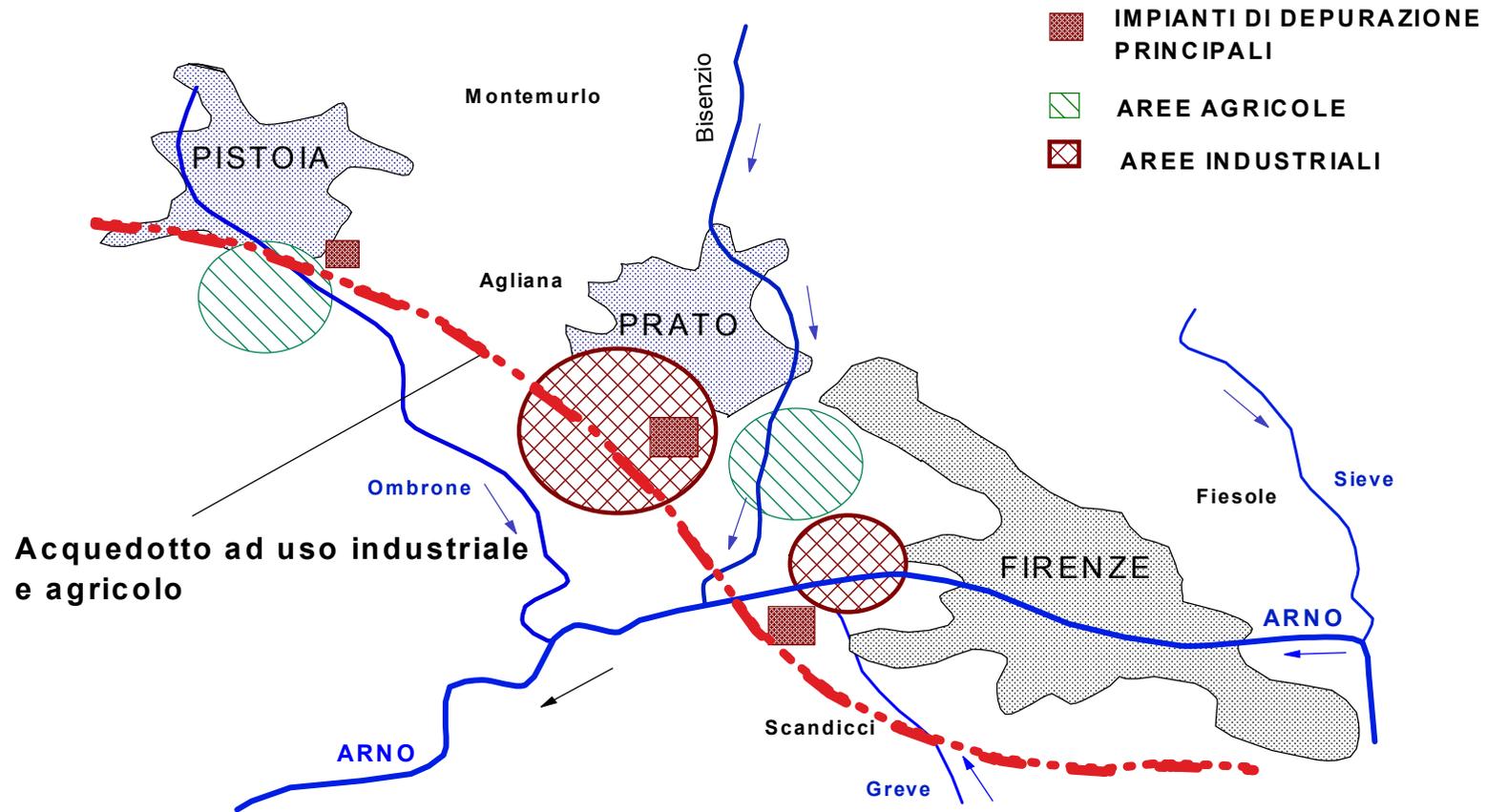
Dettagli attraversamento Fiume Arno (con tubazioni acqua e con "fangodotto")



Cunicolo di attraversamento del F. Arno. A) Sezione manufatto B) Vista del manufatto (una tubazione è in fase di posa).



Programma di infrastruttura di "*Acquedotto ad uso industriale ed agricolo*" per la distribuzione delle acque reflue depurate ed affinate prodotte dai principali impianti di Depurazione della piana Firenze-Prato-Pistoia



FERRARA (2005-2006)

Progetto Interreg IIIA ADRIA SAFE FIDEP

*Affinamento dell'effluente finale del depuratore generale delle acque reflue della
città di Ferrara
e suo scarico nel Po Grande*

Comune di Ferrara e Provincia di Ferrara

Studio finanziato dal Comune di Ferrara
e dalla Provincia di Ferrara
(2005-006)

Idea dell'On.le
Alessandro Bratti
attualmente Direttore
ISPRA

AFFINAMENTO DELL'EFFLUENTE DEL DEPURATORE DELLA CITTA' DI FERRARA CON FITODEPURAZIONE

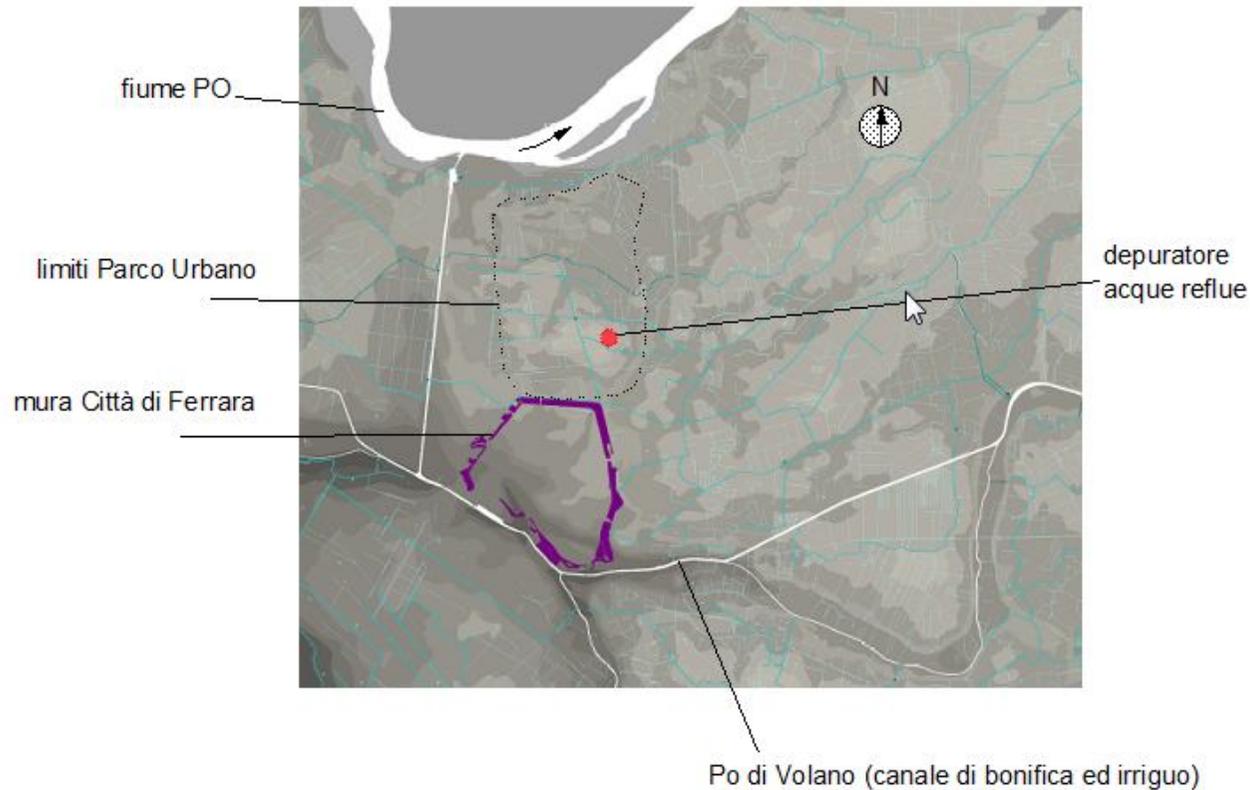
L'idea trainante è stata quella di cambiare il recapito finale delle acque reflue prodotte dal depuratore centralizzato della Città di Ferrara, che attualmente confluiscono in un canale irriguo (il Po di Volano) ove sono all'origine di pesanti fenomeni di eutrofizzazione, e contribuiscono ad un progressivo accumulo di sedimento sul fondo del canale.

Il progetto prevede di addurle al Po Grande, ivi immettendole previo un affinamento spinto, realizzato con fitodepurazione.

Il sistema di depurazione previsto si sposa pienamente - per le possibilità estetiche attivabili - con l'ambiente confinante - il Parco Urbano "Giorgio Bassani" della Città di Ferrara - con una estensione attualmente di circa 1.200 ettari ma in fase di ampliamento, con la disponibilità anche di acqua depurata di elevata qualità per l'irrigazione del Parco Urbano, dell'adiacente Campo da Golf, e di aree agricole limitrofe.

Il progetto, per il trattamento delle acque reflue dell'intera portata del depuratore (max di 650 l/s), prevede un importo complessivo di circa € 8.500.000.

Il perimetro delle mura della Città di Ferrara, i limiti del Parco Urbano, la posizione del Depuratore delle acque reflue, il Po di Volano (canale attualmente recapito finale del Depuratore) il Po Grande (futuro recapito)



Lo stato di degrado dell'attuale ricettore delle acque del depuratore (Po di Volano)

Eutrofizzazione (Maggio 2018)



Accumulo di sedimenti

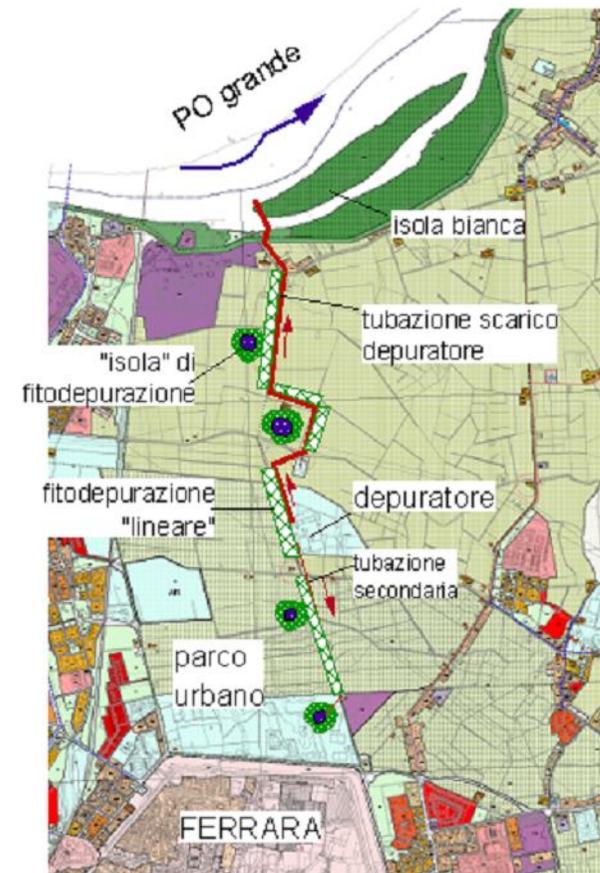
PARCO URBANO DI FERRARA "GIORGIO BASSANI" (confinante con il sistema di fitodepurazione)



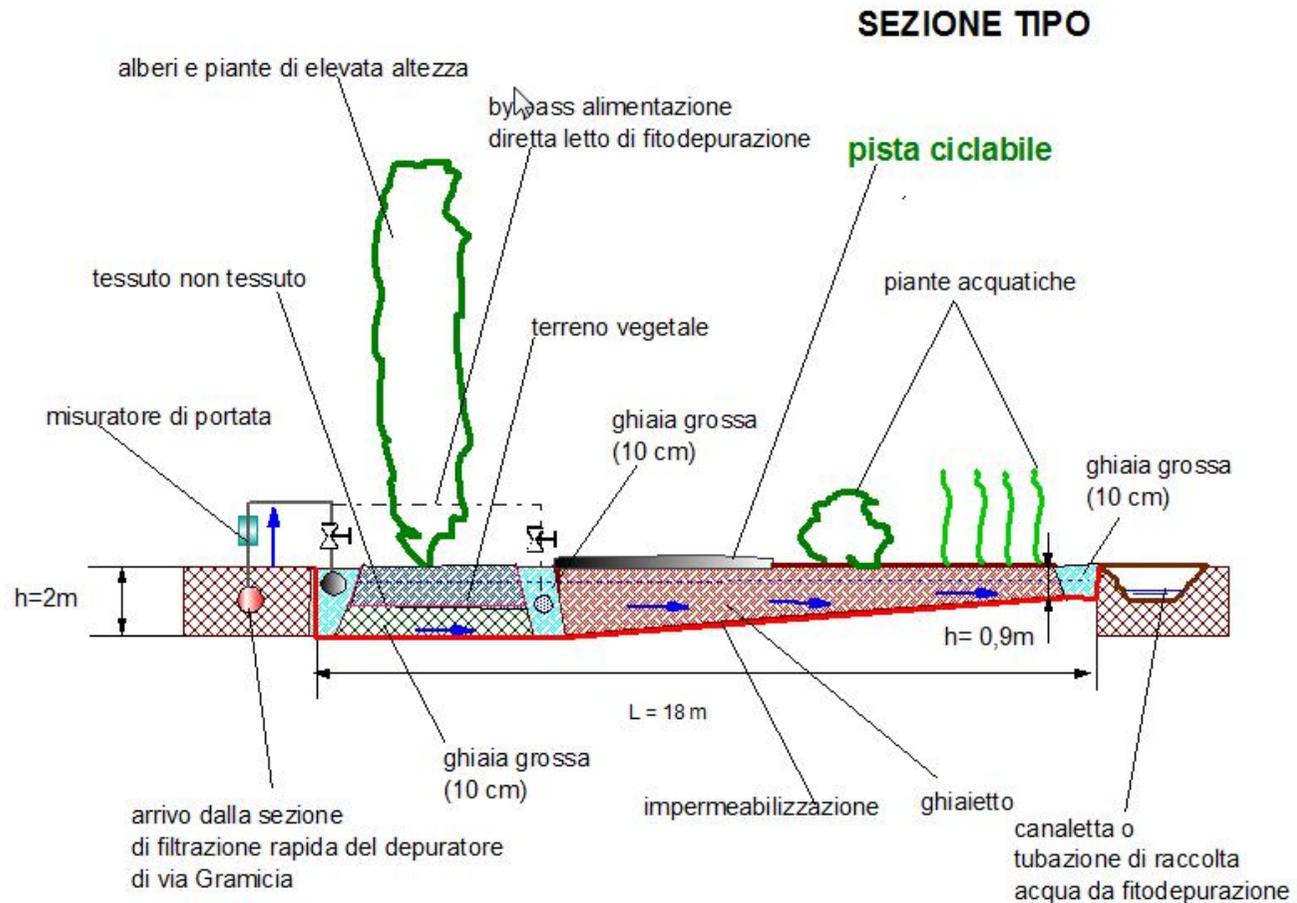
IL NUOVO RECAPITO



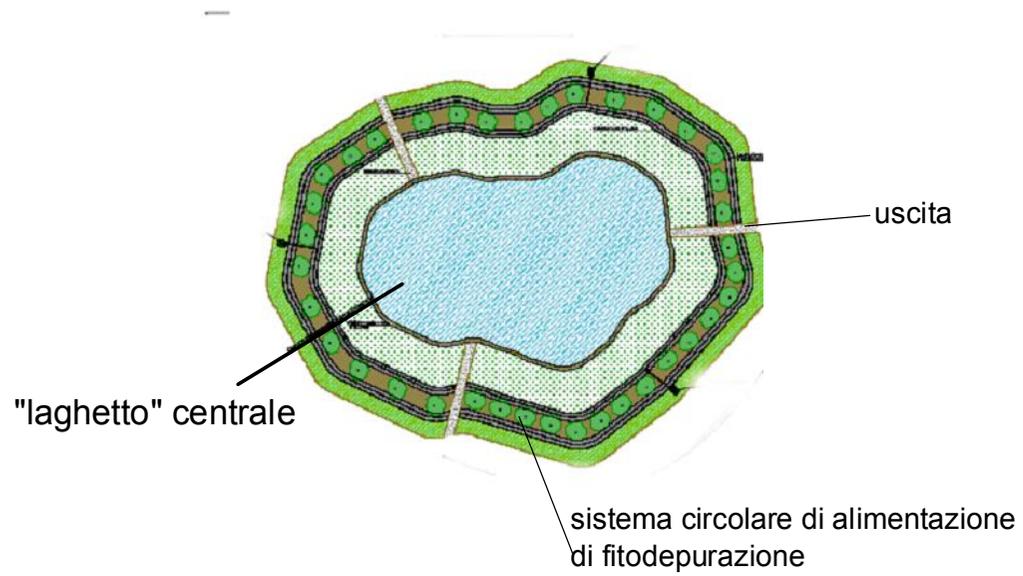
L'IMPIANTO



FITODEPURAZIONE "LINEARE"



"ISOLE" DI FITODEPURAZIONE



Tipi di piantumazioni a corredo del sistema di fitodepurazione pienamente integrabili con il "parco urbano" direttamente confinante



Risultati attesi dall'immissione dell'effluente del Depuratore nel Po Grande e dal concomitante affinamento per fitodepurazione

-  Alleggerimento del carico inquinante residuo su corpi idrici a ricambio particolarmente debole;
-  Possibilità di riuso locale di importanti quote di acqua di elevata qualità per il riuso irriguo nell'alimentazione del Parco Urbano e delle utenze agricole limitrofe, e di altre utenze specializzate (ad es. il campo da Golf);
-  Valorizzazione estetica-ambientale delle acque del Depuratore con vantaggi nei rapporti con i Cittadini, che frequentano il Parco Urbano, che sono in grado di valutare ed apprezzare in modo diretto i benefici conseguibili con la depurazione spinta ottenuta.