

# Potabiliz

DI ACQUE CON M



# zzazione

## MEMBRANE

**Sempre più diffusi esempi di impianti applicati presso acque superficiali stanno provando l'efficienza dei sistemi di potabilizzazione con membrane: una tecnologia in evoluzione, ma soprattutto in affermazione.**

La necessità di garantire l'approvvigionamento di acque con caratteristiche adatte al consumo umano a partire da acque superficiali, stagnanti o correnti (laghi, serbatoi, fiumi, torrenti) o sotterranee (pozzi e sorgenti) o acque di mare o salmastre, anche di caratteristiche qualitative non ottimali, ha portato allo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative per la soluzione di specifici problemi sia per la realizzazione di nuovi impianti sia per il miglioramento di impianti esistenti. Tra le tecnologie che semplificano la filiera di trattamento di acque superficiali caratterizzate da concentrazioni saline compatibili con gli utilizzi finali ma con presenza di solidi sospesi e cariche batteriche si segnala lo sviluppo dell'impiego di tecnologie che utilizzano membrane che consentono la rimozione della torbidità, di sostanze inorganiche, organiche e microorganismi in un solo passaggio.

L'efficienza dei processi di separazione con membrane dipende dalle dimensioni dei pori attraverso i quali vegono filtrate le sostanze presenti in forma di solidi sospesi ed i microorganismi come mostrato dal grafico classico di Figura 1, utilizzato come riferimento per la capacità di separazione dei diversi processi con membrane.

### **Vantaggi dell'ultrafiltrazione**

L'impiego di membrane di ultrafiltrazione consente di ridurre il consumo di prodotti chimici per la separazione della componente presente nella forma di solidi sospesi si dimostra parti-

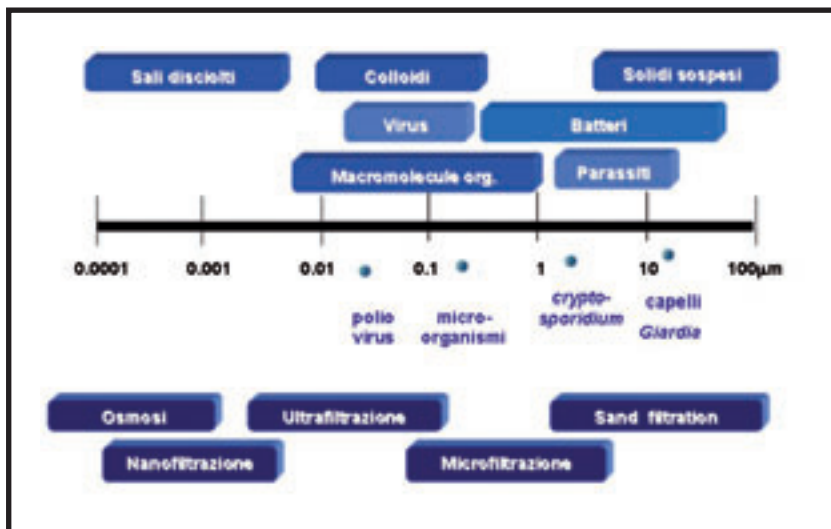


Figura 1 - Efficienza di rimozione per diversi processi di filtrazione.

colarmente efficace per la rimozione di spore (*giardia intestinalis* e *cryptosporidium parvum*) e carica batterica consentendo di ridurre il dosaggio di composti ossidanti e cloro per la copertura in rete. Inoltre la combinazione di processi di ossidazione, coagulazione, coprecipitazione permette di ottenere ottimi risultati di rimozione di sostanze disciolte. La Tabella 2 riassume i dati presentati da un recente studio relativo alla rimozione di *giardia* e *criptosporidium* realizzato dall'American Water Works Foundation e da Epa, mentre la Tabella 3 riassu-

me i dati proposti per le concentrazioni tipicamente rilevabili a valle di processi di trattamento che utilizzano membrane di ultrafiltrazione proposti da Zenon. Lo sviluppo delle membrane di ultrafiltrazione immerse ha consentito di realizzare impianti di capacità adeguata alla fornitura di acque potabili per comunità di dimensioni medie e grandi e linee di pretrattamento per acque di processo con costi di installazione e gestione competitivi. Impianti per la potabilizzazione di acque con l'applicazione di membrane di microfiltrazione e ultrafiltrazione sono già diffusi, in particolare nel Nord America, per il controllo della torbidità, rimozione del colore, rimozione di ferro e manganese e di patogeni quali enterovirus, coliformi, *giardia* e *criptosporidium*. Il grafico di Figura 3 presenta i dati operativi ottenuti da un impianto con membrane di ultrafiltrazione per la separazione della torbidità che evidenzia come a fronte di valori di torbidità relativamente elevati il permeato non superi mai 0,1 Ntu/mL salvo nella fase iniziale.

**Monitoraggio**

Particolarmente importanti al fine di garantire la continuità nella



Microorganismi	Dimensioni tipiche micron
Enterovirus	0,03-1,0
Coliformi fecali	1-4
<i>Cryptosporidium</i>	4-7
<i>Giardia</i>	7-16

Tabella 1 - Dimensioni tipiche di diversi microrganismi.

distribuzione di acque potabili di ottima qualità, con torbidità inferiore ai limiti più restrittivi ed esenti da patogeni, sono le strategie di monitoraggio per i principali indicatori di qualità dell'acqua trattata che prevedano, ad esempio, controlli di torbidità e conta delle particelle presenti a valle del trattamento. Nel caso di tecnologie che utilizzano membrane sono stati sviluppati test specifici per la verifica dell'integrità delle membrane impiegate che permettano la correlazione con la capacità di rimozione dei microrganismi. La Figura 4 presenta la comparazione tra uno schema classico di trattamento che comprende le fasi di pre-ozonazione, coagulazione seguita da sedimentazione, filtrazione, ozonazione principale, carboni attivi e cloro copertura con una sequenza di trattamento con membrane di ultrafiltrazione immerse costituita da un pretrattamento di filtrazione seguito da ultrafiltrazione con fibre cave, carboni attivi e cloro copertura. È in ogni caso possibile integrare la sezione di filtrazione con membrane in diversi schemi di processo in funzione degli obiettivi specifici della specifica installazione, come mostrato dalla Figura 5.



### Il valore della sperimentazione

Recentemente a seguito di sperimentazioni con impianti pilota si segnalano le prime realizzazioni con impianti funzionanti anche in Italia. Esempi di sperimentazione come quello realizzato da Filterpar con membrane Flamec in collaborazione con il Comune di Casnigo, Bas (Bergamo Ambiente e Servizi) per il trattamento della Sorgente del Dragone, che risultava talvolta contaminata microbiologicamente con intorbidamenti legati a precipitazioni atmosferiche anche di media intensità, risalgono al 1999-2000. L'unità di ultrafiltrazione pilota integrata successivamente con una sezione ad ultravioletti è stata installata a Casnigo in parallelo alla linea di filtrazione esistente come mostrato dallo schema di Figura 6. I risultati ottenuti hanno dimostrato l'efficacia dell'ultrafiltrazione per il controllo delle cariche batteriche e delle sostanze presenti in sospensione. E tale efficacia è stata confermata con le prove di filtrazione realizzate per le acque prelevate dal fiume Arno nel 2005-2006.

La Figura 7 mostra le immagini di impianti Filterpar nella configurazione in aspirazione ed in pressione. Gli impianti Filterpar non hanno trovato immediata applicazione per la produzione di acque potabili ma sono utilizzati con successo in diverse applicazioni industriali per il pretrattamento di acque di processo per utilizzi industriali nel settore tessile dove viene richiesto l'impiego di acqua osmotizzata nella

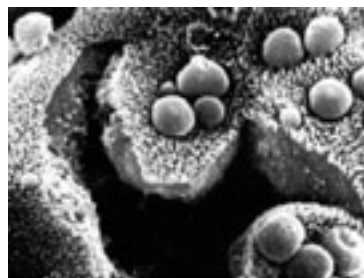
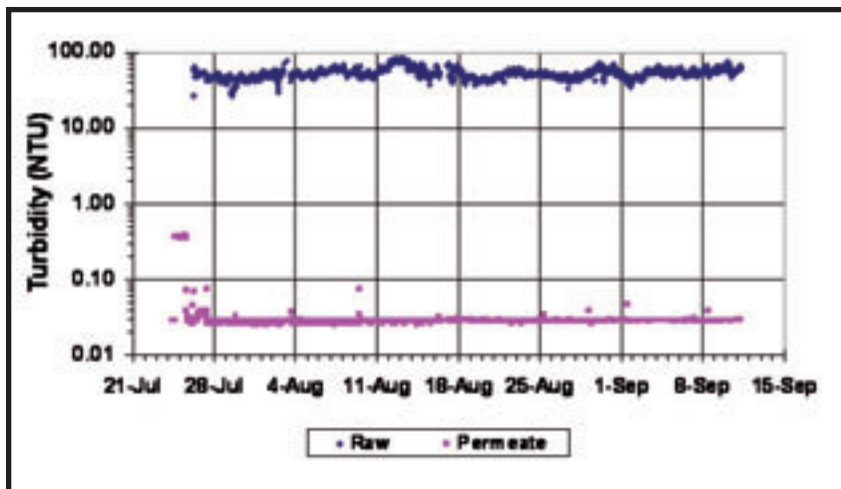


Figura 2 - Ingrandimenti di cryptosporidium e guardia.

Figura 3 - Torbidità a monte ed a valle della sezione con membrane di ultrafiltrazione.



Acque grezza	Torbidità (Ntu)	Coliformi totali	protozoi (cfu/100ml)	Ingresso Cisti/l Oocisti/l	Rimozione (Log)
Lago Elsmann	3,4	13	<i>Giardia</i>	2,8E+4	>6,4
S. Jose, CA			<i>Cryptosporidium</i>	7,4E+4	>6,9
Bull Reservoir	0,7	9	<i>Giardia</i>	7,9E+4	>6,9
Portland, OR			<i>Cryptosporidium</i>	1,3E+4	>6,1
Senna	15,4	47.700	<i>Giardia</i>	1,3E+4	>7,0
Vigneux, FR			<i>Cryptosporidium</i>	2,8E+4	>6,3

*Tabella 2 - Dati di rimozione di giardia e cryptosporidium studio Awwf e Epa con membrane di ultrafiltrazione.*

*Tabella 3 - Qualità attesa per acque trattate con processi di ultrafiltrazione (Zenon).*

Ingresso	Qualità acqua trattata
<i>Giardia e Cryptosporidium</i>	Non rilevabile
Coliformi	< 10 cfu/ml
Solidi sospesi	Non rilevabile
Torbidità	< 0,1 Ntu
Ferro	<0,1 mg/L con aerazione
Manganese	< 0,5 mg/L con ossidazione Mn
Colore	50-95% rimozione con coagulante
Toc	45-80% rimozione con coagulante
Conta particelle	Inferiore 10 particelle /mL
Solfuro di idrogeno	Non rilevabile
Sdi (indice di intasabilità)	Inferiore a 3 100% del tempo

fase di filatura. Grazie alla sezione Filterpar di pretrattamento con ultrafiltrazione, la disponibilità di acque di ottima qualità per tutti gli utilizzi industriali garantisce la protezione della sezione di osmosi.

### Compattezza e mobilità

La semplicità dei sistemi di trattamento di acque con presenza di solidi sospesi e contaminazioni batteriologiche che utilizzano

membrane di ultrafiltrazione e la possibilità di realizzare impianti di dimensioni compatte e facilmente spostabili hanno portato alla realizzazione di unità mobili adatte a situazioni di emergenza o a campi di lavoro mobili. È il caso del Perfactor E che prevede l'impiego di membrane di

ultrafiltrazione e ultravioletti per il trattamento di acque superficiali provvedendo alla separazione di solidi sospesi e il controllo di cariche batteriche per portate fino a 2 m<sup>3</sup>/h. Impianti con configurazioni semplificate, analoghe a quelle descritte nei precedenti paragrafi, già diffusi in Nord America per il trattamento diretto di acque superficiali da diverse aziende che realizzano impianti di ultrafiltrazione, sono stati realizzati anche in Italia. Due unità sono installate e funzionanti a Granarolo Faentino ed a Macerone di Cesena per il trattamento delle acque prelevate dal Canale Emiliano Romagnolo. La produzione richiesta a progetto per ognuno dei due impianti, pari a 40 L/s a 5°C, con un fattore di recupero del 92%, richiede una portata di alimento di 43,5 L/s e corrisponde alla dotazione idrica per circa 12.000 abitanti. La Tabella 4 riassume i parametri qualitativi definiti come base di

*Figura 7 - Impianti di filtrazione Filterpar.*

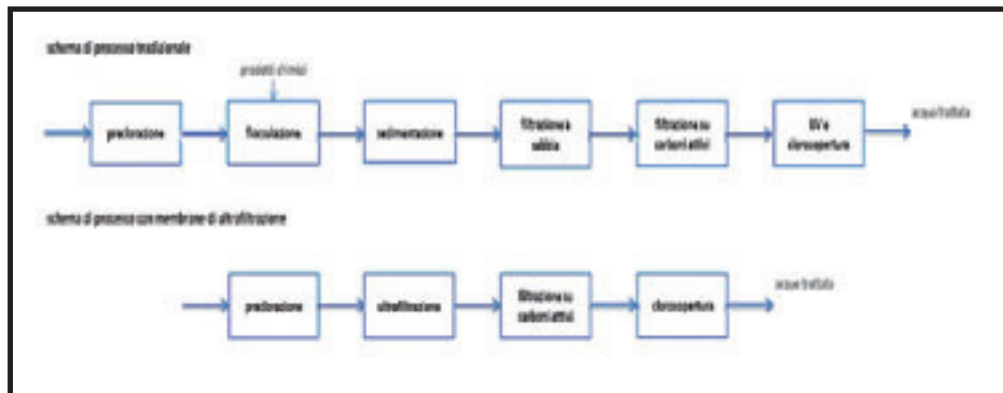


progetto per le acque da trattare. I due impianti sono molto simili e la Figura 9 presenta lo schema di processo adottato che prevede la stazione di sollevamento da fiume, una sezione di grigliatura fine dell'acqua grezza con passaggi da 500 µm, un serbatoio di stoccaggio e contatto per la preclorazione con biossido di cloro, l'unità di ultrafiltrazione con membrane cave immerse tipo ZeeWeed 500D completa di gruppo di dosaggio prodotti chimici per la pulizia delle membrane, sezione di adsorbimento su carbone attivo, accumulo acque trattate e rilancio in rete. Ognuno degli impianti occupa una superficie di circa 300 m<sup>2</sup> e, salvo gli accorgimenti richiesti per l'inserimento ambientale in relazione alla conformazione dell'area prescelta, i due impianti hanno sviluppi planimetrici molto simili. La Figura 10 presenta la planimetria dell'impianto di Granarolo Faentino mentre la Figura 11 ne mostra un'immagine di assieme.

**A Barberino del Mugello**

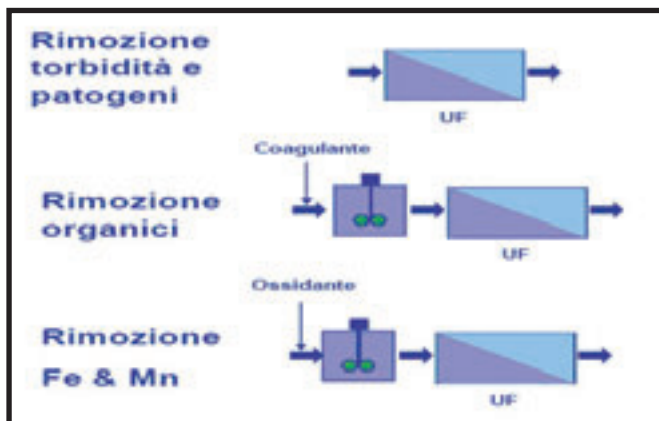
L'impianto realizzato da Publi-acqua per il trattamento delle acque del lago del Bilancino presso Barberino del Mugello, oltre al controllo della torbidità,

*Figura 8 - Unità mobili compatte con membrane di ultrafiltrazione, Perfector E e Zenon.*



*Figura 4 - Comparazione schemi di processo tradizionale e con membrane.*

ha come obiettivo la riduzione ed il controllo della carica batterica in modo da ridurre le necessità di dosaggio di cloro anche con temperature ridotte, come evidenziato dalla temperatura minima prevista a progetto. Per garantire la massima flessibilità operativa e la possibilità di operare, in caso di necessità, anche in presenza di composti organici, tracce di colore e sostanze flocculabili, è prevista la possibilità di dosare polichloruro di alluminio e di carbone attivo in polvere. L'impianto prevede due linee di filtrazione ed è dimensionato per una capacità di produzione di permeato di 60 m<sup>3</sup>/h ovvero di 30 m<sup>3</sup>/h per linea, con la possibilità di operare ad una portata massima di 40 m<sup>3</sup>/h per linea. Obiettivo dell'impianto di potabilizzazione dell'acqua del lago del Bilancino è garantire una torbidità inferiore a 0,1 Ntu/mL e con una conta di particelle con dimensioni superiori a 2 µm non superiore a 100 per il 95% del tem-



*Figura 5 - Schemi di processo tipici con membrane di ultrafiltrazione immerse.*



Parametro	Valore Medio	Um
pH	8,1	mg/L
Torbidità	30	Ntu
Temperatura	15	°C
Rame	0,026	mg/L
Alluminio	0,338	mg/L
Calcio	50	mg/L
Ammoniaca	1,42	mg/L
Toc	3,5	mg/L
Alcalinità	152	mg/L
Tss	30	mg/L

*Tabella 4 - Dati di progetto per gli impianti di trattamento delle acque realizzati per il Canale Emiliano Romagnolo.*

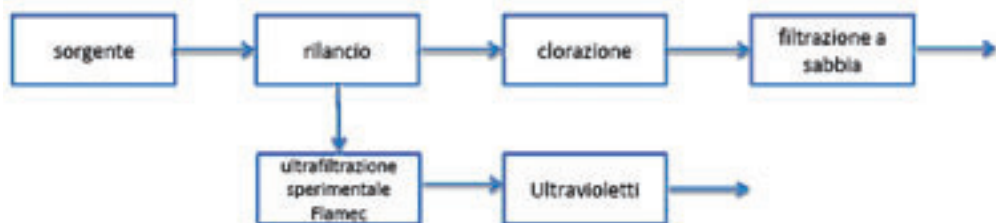


Figura 6 - Schema di processo per le prove con ultrafiltrazione a Casnigo.

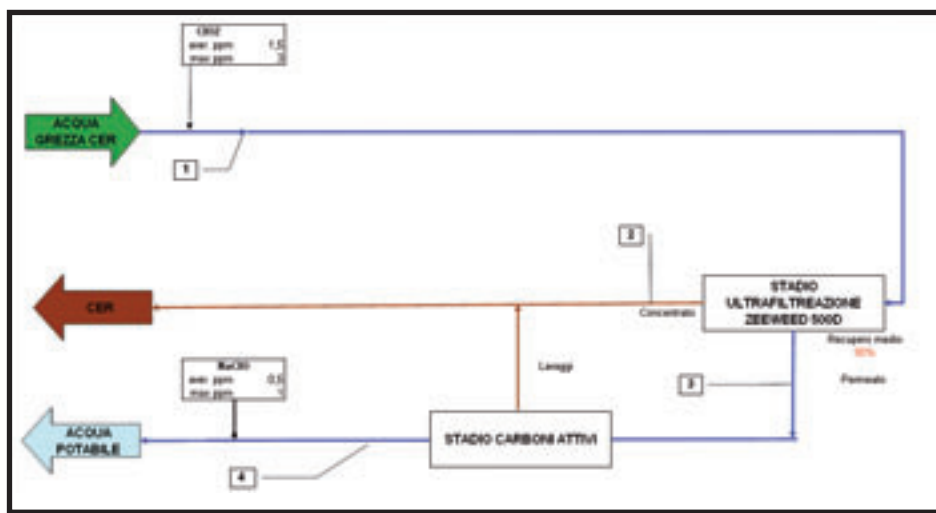


Figura 9 - Schema di processo adottato per gli impianti di Granarolo Faentino ed a Macerone di Cesena.

po di funzionamento per il 95% del tempo; inoltre non sono ammessi valori di torbidità superiori a 0,2 Ntu/mL per acque in ingresso con caratteristiche compatibili con i dati di progetto riassunti in Tabella 5. La Figura 11 presenta una vista dell'impianto del Bilancino a fine montaggi.

Figura 11 - Immagine d'assieme dell'impianto di Granarolo Faentino.

### A Poggibonsi

Un'applicazione particolarmente interessante riguarda la realizzazione presso l'impianto di Poggibonsi (SI) realizzata dalla società Acque che prevede il pretrattamento delle acque del fiume Elsa con una sezione di ultrafiltrazione che ha lo scopo di proteggere l'unità ad osmosi inversa dedicata alla riduzione della concentrazione dei solfati presenti. Lo schema di trattamento dell'impianto prevede: la presa a fiume, una prefiltrazione di sicurezza con luci di pas-

saggio da 500 µm, un primo stoccaggio dell'acqua grezza, la sezione di ultrafiltrazione che impiega membrane ZeeWeed 500D, il serbatoio di stoccaggio dell'acqua ultrafiltrata, la sezione di osmosi inversa ed infine uno stoccaggio per l'acqua potabile con dosaggio di copertura di biossido di cloro per la distribuzione. L'impianto è dimensionato per una capacità di produzione di 205 m<sup>3</sup>/h alla temperatura invernale minima di 5°C, mentre la portata massima trattabile è pari 243 m<sup>3</sup>/h per le condizioni di massima temperatura di 25°C; in entrambi i casi il rapporto di recupero medio previsto per la sezione di ultrafiltrazione è del 90%. L'alimentazione con acqua ultrafiltrata garantisce le migliori condizioni operative per la sezione delle membrane di osmosi inversa dedicate alla rimozione dei solfati. L'impianto di ultrafiltrazione è progettato per le caratteristiche dell'acqua prelevata dal fiume Elsa (compatibili con i valori riassunti nella Tabella 5 alimentate in arrivo al sistema di trattamento di ultrafiltrazione: particolarmente interessante risulta il valore di punta previsto per la torbidità che può rendere gravoso il funzionamento della sezione di ultrafiltrazione.

### Conclusioni

Gli esempi riportati sopra confermano come la necessità di utilizzare in modo sempre più diffuso acque superficiali per l'approvvigionamento di acque per usi potabili e le richieste qualitative sempre più pressan-



Parametro	Concentrazione	Um
Conta batterica Totale 22°C	200-1.200	Ufc/mL
Conta batterica Totale 37°C	10-500	Ufc/mL
Escherichia Coli	0-100	Mpn/100 mL
Enterococchi	1-10	Mpn/100 mL
Toc	2-5	mg/L
Torbidità	3-20	Ntu
Unità algali	10-5.000	N°/mL
Temperatura minima	>2	°C
pH	6,5 - 8,5	pH

Parametro	Medio	Punta	U.m
pH	7	-	mg/L
Torbidità	40	600	Ntu
Temperatura	10	25	°C
Conducibilità elettrica specifica	1.393		µS/cm a 20°C
Fluoruri	0,48		mg/L
Cloruri	61,0		mg/L
Bromuri	0,22		mg/L
Nitrati	4,0		mg/L
Solfati	552		mg/L
Bicarbonati	309		mg/L
Sodio	39,9		mg/L
Potassio	2,7		mg/L
Calcio	236		mg/L
Magnesio	60,2		mg/L

ti, incluso il controllo di spore e virus, rendano interessanti le soluzioni che prevedono l'impiego di membrane di ultrafiltrazione anche in impianti di medie dimensioni con portate comprese

tra i 10 ed i 60 L/s (30-200 m<sup>3</sup>/h) che possono coprire le necessità di insediamenti per popolazioni comprese tra 2.500 e 15.000 abitanti.

**Tabella 5**

*Caratteristiche delle acque da trattare per l'impianto di potabilizzazione del lago del Bilancino.*

**Tabella 6**

*Caratteristiche delle acque del fiume Elsa utilizzate per la progettazione della sezione di ultrafiltrazione dell'impianto di potabilizzazione di Poggibonsi.*

## BIBLIOGRAFIA

P. Berbenni, C. Bernini. "Indagini sul chimismo delle acque che alimentano l'acquedotto della città di Parma ed interventi per non renderle aggressive", Amps Parma, maggio 1988.

J. Schippers, "Membrane technology in drinking and industrial water treatment", Intensive course, Delft, 5-9 febbraio 2001.

L. Rossi, C. Lubello, O. Griffini in "Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale", Taormina, Palazzo dei Congressi, 23-26 giugno 2004.

L. Rossi, C. Lubello, O. Griffini in "4th Iwa World Water Congress", 19-24 settembre 2004, Marrakech, Marocco.

L. Rossi *et al.*, in "World Water Congress (Iwa)", Melbourne, 7-12 aprile 2002.

E. Van Houtte, J. Verbauwheide, in "Ultra and Nano filtration in water treatment; Workshop on 'Operational experience and research results'", Aachen, 14 dicembre 2006.

Membrane Filtration Guidance Manual Epa e Microbial laboratory guidance manual LT 2 ES Wtr Apa.

J.-M. Lainé, in "L'eau et les techniques membranaires. Journées internationales d'étude du Cebedeau", Liegi, 4-5 aprile 2000.

P. J. Roeleveld, W. Maaskant, "A feasibility study on ultrafiltration of industrialeffluents". Water, Science&Technology, 1999, **39(5)**, 73.

E. Dioli, F. Macedonio. "New integrated water treatments and production modes for city planning". Research institute on Membrane technology (Irm Chr). Dipartimento di ingegneria e materiali - Università della Calabria.

**Figura 10 - Planimetria impianto di Granarolo Faentino.**

