



Traitement des eaux usées et des  
boues résiduelles par filtres plantés  
et usage agricole durable



PROGETTO COFINANZIATO  
DALL'UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA  
ITALIANA



REPUBBLICA  
TUNISINA



REGIONE SICILIANA  
PRESIDENZA

CONFERENZA 8 settembre 2023 - Scicli (RG)

Palazzo Spadaro – Via Francesco Mormino Penna

# La fitodepurazione una soluzione sostenibile per il trattamento ed il riuso delle acque reflue nei piccoli e medi insediamenti

Giuseppe CIRELLI, Feliciana LICCIARDELLO,  
Vincenzo SCAVERA, Salvatore BARRESI

Uni  
ct AGRICOLTURA,  
ALIMENTAZIONE  
E AMBIENTE

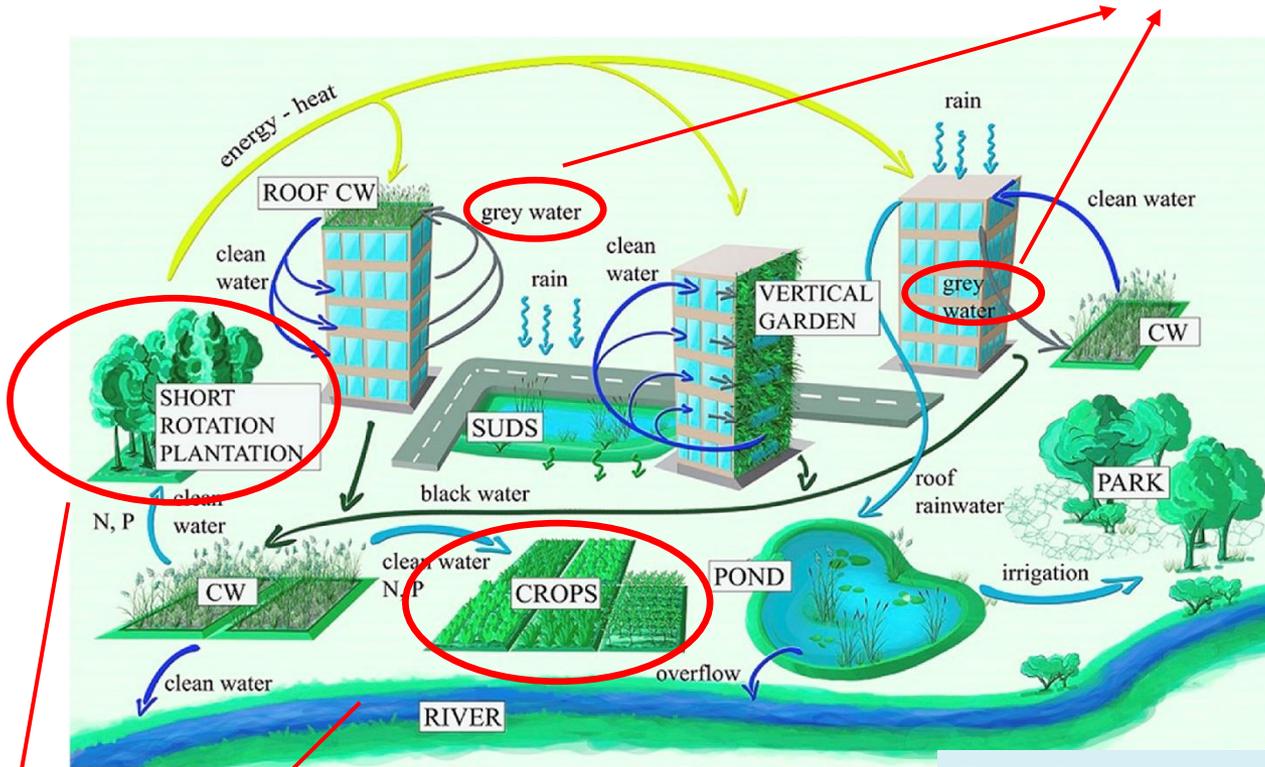
[giuseppe.cirelli@unict.it](mailto:giuseppe.cirelli@unict.it)



# Sustainable sanitation (Ingegneria sanitaria sostenibile)

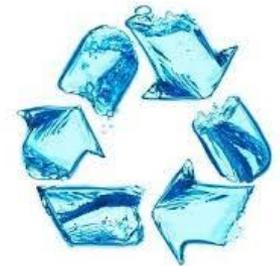
Impianti di trattamento decentralizzati adattabili alle diverse situazioni economiche e sociali

Separazione alla fonte della sostanza organica di origine fecale (acque nere e acque grigie) nei nuovi edifici



Fonte: Masi et al., 2018

**TRATTA...**



**...RIUSA!!**

Riuso delle acque reflue (il più vicino possibile al punto di origine) e recupero di sostanze fertilizzanti

Tecnologie di trattamento dei reflui a basso costo e a basso impatto ambientale

# Il trattamento delle acque reflue nei piccoli e medi insediamenti civili ed agro-industriali

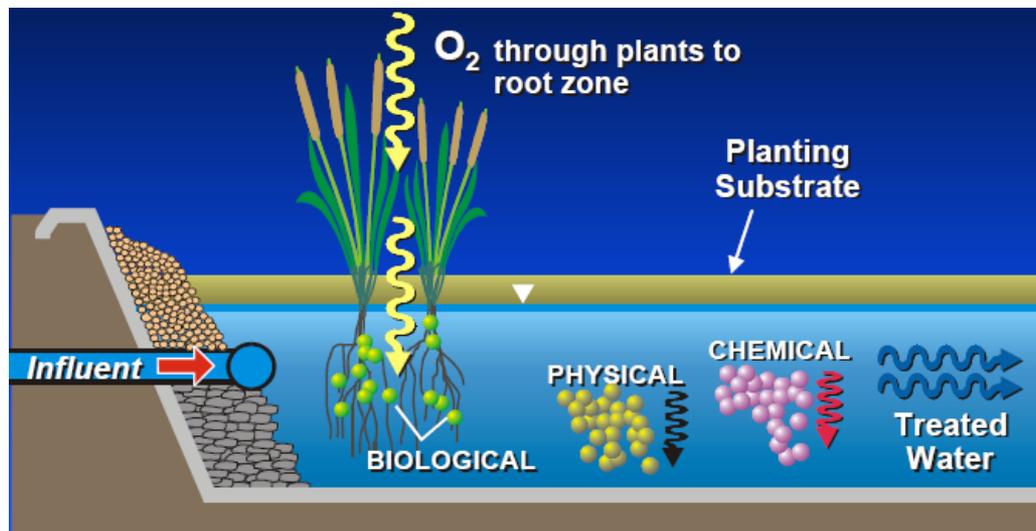
- Notevole variabilità del carico idraulico (volume di acque reflue) e del carico organico (kg BOD5/giorno) giornaliero e stagionale
- Assenza di operatori qualificati
- Smaltimento dei fanghi di depurazione
- Rischio di lunghi periodi di fuori esercizio per guasti delle apparecchiature elettromeccaniche

**Le soluzioni impiantistiche «intensive» adottate non sono idonee:**

- Modesta elasticità di esercizio
- Elevati consumi energetici (emissione di CO<sub>2</sub>)
- Produzione di fanghi con costi di smaltimento elevati (fino a 100-130 euro/m<sup>3</sup>)

**Esigenza di tecnologie a basso costo e a basso impatto ambientale**

# Nature based solution NBS: i sistemi di trattamento naturale delle acque reflue



I sistemi di depurazione naturale sono ecosistemi artificiali in cui le varie **componenti biotiche e abiotiche** (piante, animali, microrganismi, terreno, radiazioni solari) contribuiscono alla rimozione degli inquinanti presenti nelle acque reflue, mediante **processi fisici, chimici e biologici** (filtrazione, adsorbimento, assimilazione da parte degli organismi vegetali, degradazione batterica)

lagunaggio



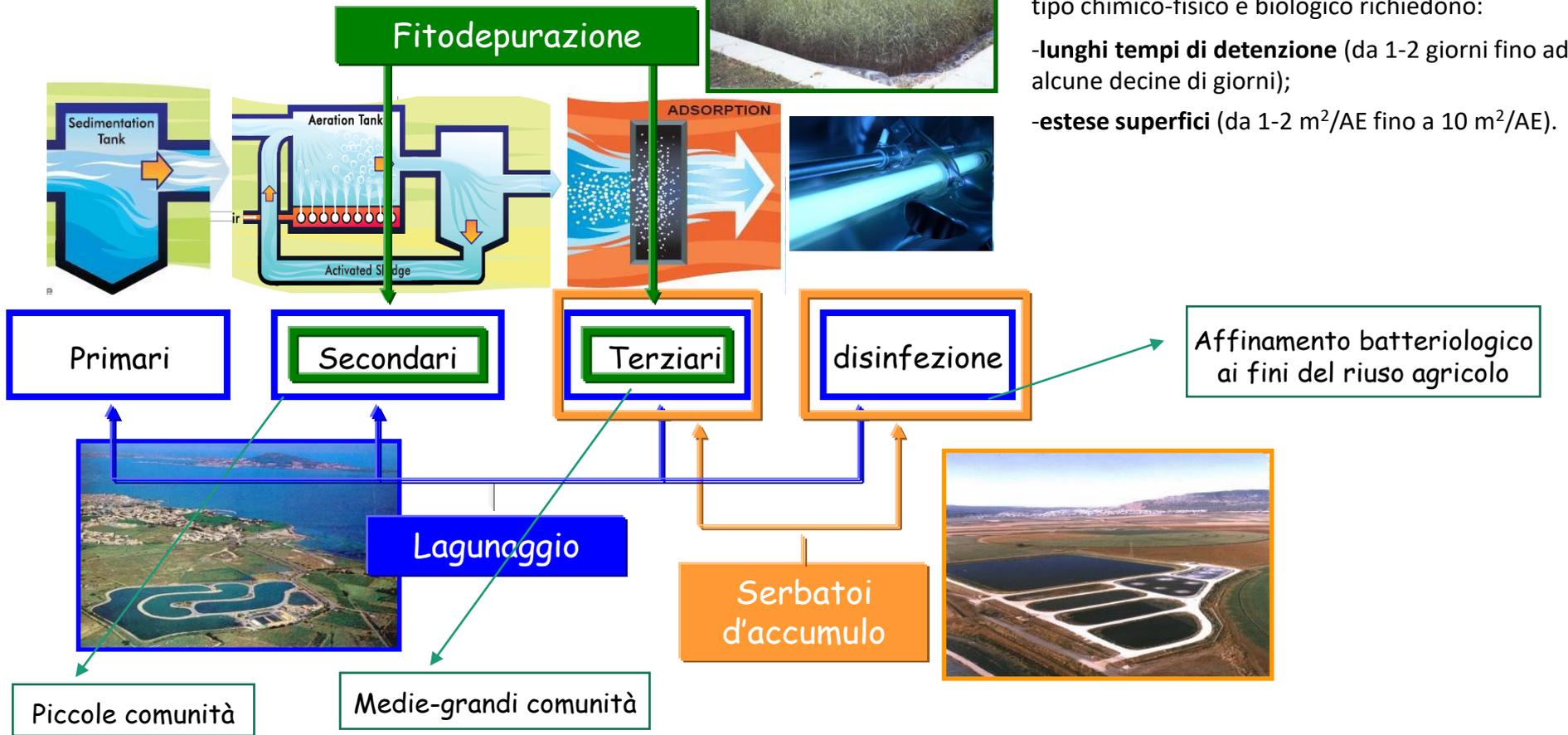
fitodepurazione



Serbatoi di accumulo



# I sistemi di trattamento naturale delle acque reflue



I **trattamenti naturali** vengono denominati anche estensivi in quanto i processi di depurazione di tipo chimico-fisico e biologico richiedono:

- lungi tempi di detenzione** (da 1-2 giorni fino ad alcune decine di giorni);
- estese superfici** (da 1-2 m<sup>2</sup>/AE fino a 10 m<sup>2</sup>/AE).

## NORMATIVA IN ITALIA

- Il D.Lgs. 152/99 - allegato 5 (aggiornato con D.Lgs. 152/2006) prescrive:

“Per tutti gli insediamenti con popolazione equivalente tra **50** e **2000 AE** si ritiene auspicabile il ricorso a tecnologie di depurazione naturale quali il **lagunaggio o la fitodepurazione...**”

*Inoltre*

“...**Tali trattamenti** si prestano, per gli insediamenti di maggiori dimensione con popolazione equivalente compresa tra i **2000** e i **25000 AE**, anche a soluzioni integrate con impianti a fanghi attivi o a biomassa adesa, a valle del trattamento, con funzione di affinamento.”

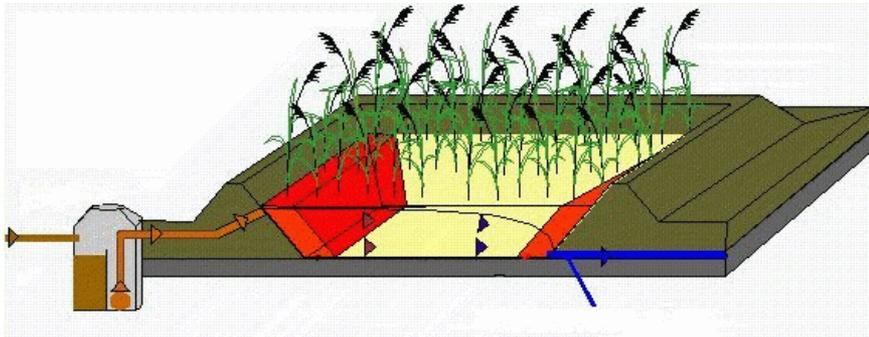


UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

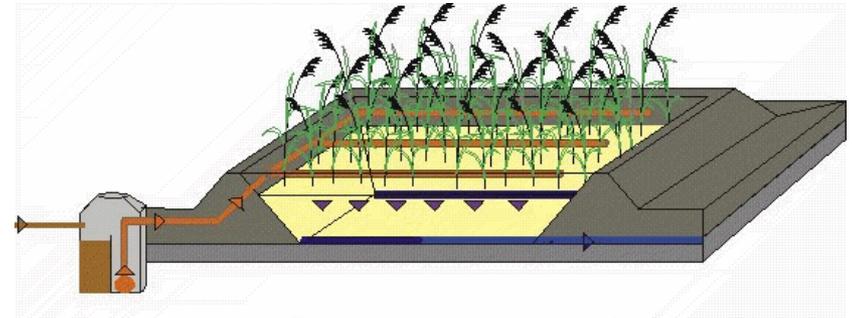
DIPARTIMENTO DI

**AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE**

## NBS per il trattamento delle acque



Sistema a flusso sommerso orizzontale (H-SSF)



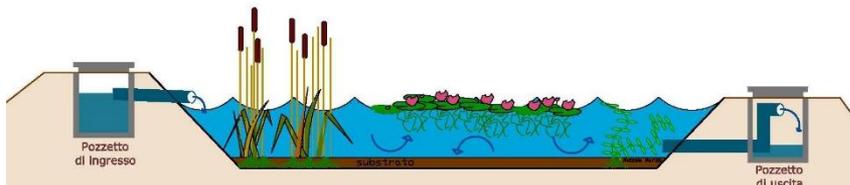
Sistema a flusso sommerso verticale (V-SSF)

- **Impianti di fitodepurazione o «constructed wetlands»**

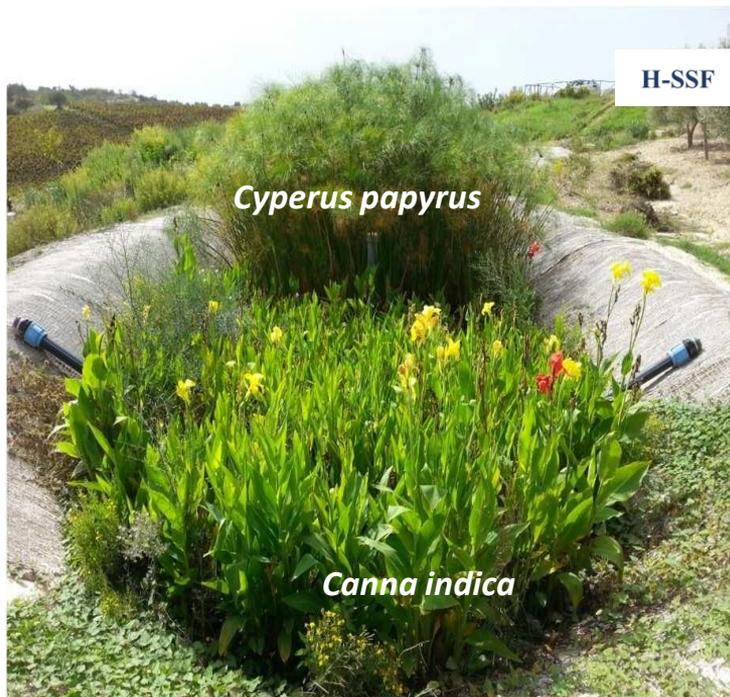
Progettazione:

- Idraulica
- Substrato filtrante
- Vegetazione

Impianti singoli o  
combinati = multistadio



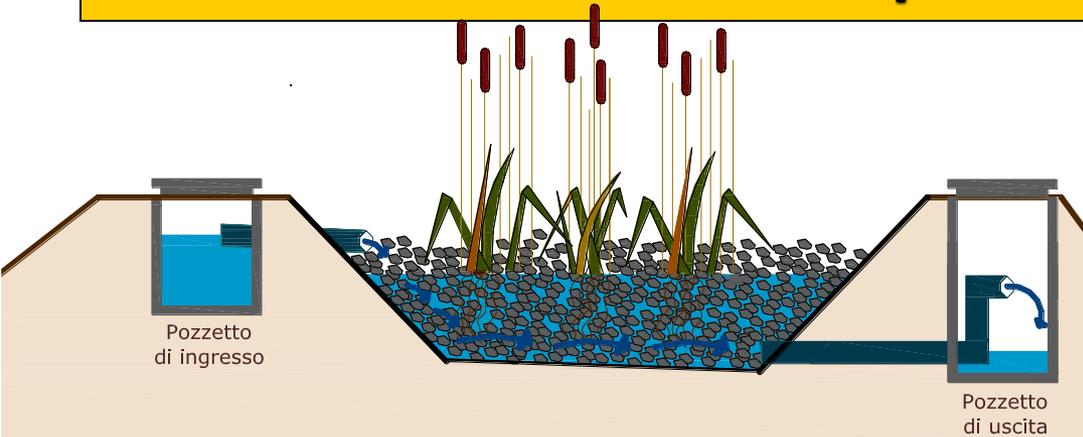
## SISTEMA SUBSUPERFICIALE ORIZZONTALE



## SISTEMA SUBSUPERFICIALE VERTICALE



# Sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF)



- bacini impermeabilizzati di forma rettangolare allungata e altezza intorno a 60 cm
- riempimento in materiale ghiaioso o misto ghiaioso-sabbioso con **granulometria pressoché uguale**
- il liquame viene fatto fluire **orizzontalmente** in continuo attraverso il terreno in cui sono radicate le macrofite (prevalentemente *Phragmites sp.*)
- funzionamento in condizioni di terreno saturo, ma con il **livello idrico non affiorante**
- trattamento secondario a servizio di piccole o piccolissime comunità ( si consiglia di realizzare una sedimentazione primaria a monte !!!)
- Semplicità ed economia gestionale
- Presenta modeste perdite di carico
- Assenza di acqua libera (sviluppo di insetti modesto)
- Superficie occupata  $\approx 4-5 \text{ m}^2/\text{AE}$  (trattamenti secondari) e  $1-2 \text{ m}^2/\text{AE}$  (trattamenti terziari)
- Molto efficace nella rimozione di sostanza organica e SST, meno per la rimozione dei nutrienti
- Interessanti prestazioni nella riduzione della carica batterica
- Molto utilizzato in Europa, numerose applicazioni anche in Italia

## Sistema a flusso subsuperficiale orizzontale - HSSF



(fonte IRIDRA)

# Tipologia di piante generalmente utilizzate: macrofite

radicate emergenti



**Mazza di tamburo**

(*Typha latifolia*)



**Cannuccia di palude**

(*Phragmites australis*)



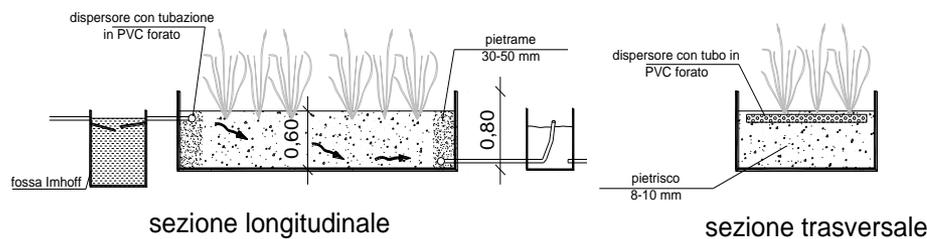
**Papiro**

(*Cyperus papyrus*)

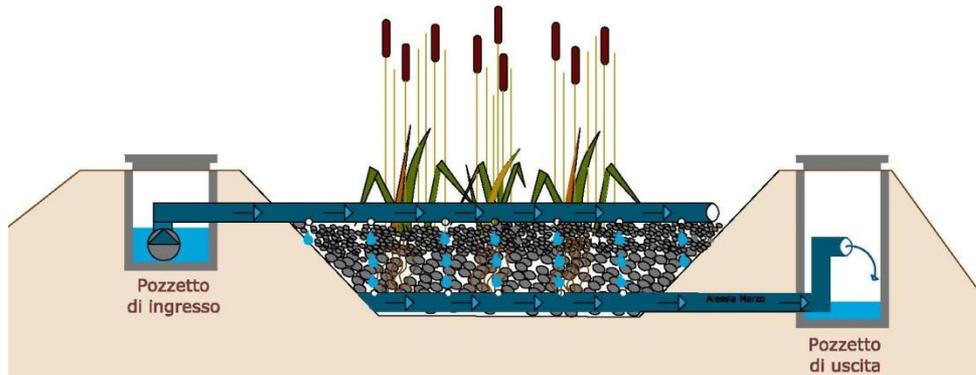
# Progetto VIENERGY – Vigna Energetica – co-finanziato dall’Unione Europea nell’ambito del Programma Operativo Italia-Malta 2007 – 2013



- ✓ a.e.: 4
- ✓ Area superficiale sistema H-SSF: 5 m<sup>2</sup>
- ✓ Quantitativo di acque grigie trattate, disponibili per il riutilizzo: 0,4 m<sup>3</sup>/giorno
- ✓ Vegetazione: *Canna indica*, Banano (*Musa L.*)



## Sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF)



- bacini impermeabilizzati di forma rettangolare e altezza variabile da 40 a oltre 80 cm
- riempimento in materiale ghiaioso e sabbioso con **stratificazioni a granulometria variabile**
- il liquame viene fatto fluire **verticalmente** attraverso il terreno in cui sono radicate le macrofite
- funzionamento con **cicli di riempimento-svuotamento** in modo da migliorare al massimo l'aerazione del terreno
- usati efficacemente come **trattamento secondario o terziario**
- Sviluppati come alternativa al flusso orizzontale, allo scopo di migliorare l'aerazione del terreno, favorendo i **processi aerobici**
- Presentano **rendimenti migliori** rispetto al flusso orizzontale (riduzione fino al 50% delle superfici a parità di rendimento)
- Sono in grado di **nitrificare efficacemente**, e spesso utilizzato a questo scopo in accoppiamento ai sistemi orizzontali
- Perdite di carico maggiori dei sistemi orizzontali
- Distribuzione omogenea del liquame su tutta la superficie costituisce un **problema idraulico non banale**
- **Maggiore complessità costruttiva e gestionale**

# Sistema a flusso subsuperficiale verticale - VSSF



**PALERMO**

Home

Cronaca

Sport

Foto

Ristoranti

Annunci Lo

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA

ISCRIVITI A UNO DEI NOSTRI CORSI DI LAUR

## Catania, un impianto di fitodepurazione "made in Sicily" per i punti Ikea di tutta Europa

*Tre vasche di depurazione di oltre 1500 metri quadrati progettate dal Centro studi di Economia e dall'università di Catania e realizzate con materiali locali e manodopera locale. Riducono l'impatto ambientale e le emissioni di Co2*

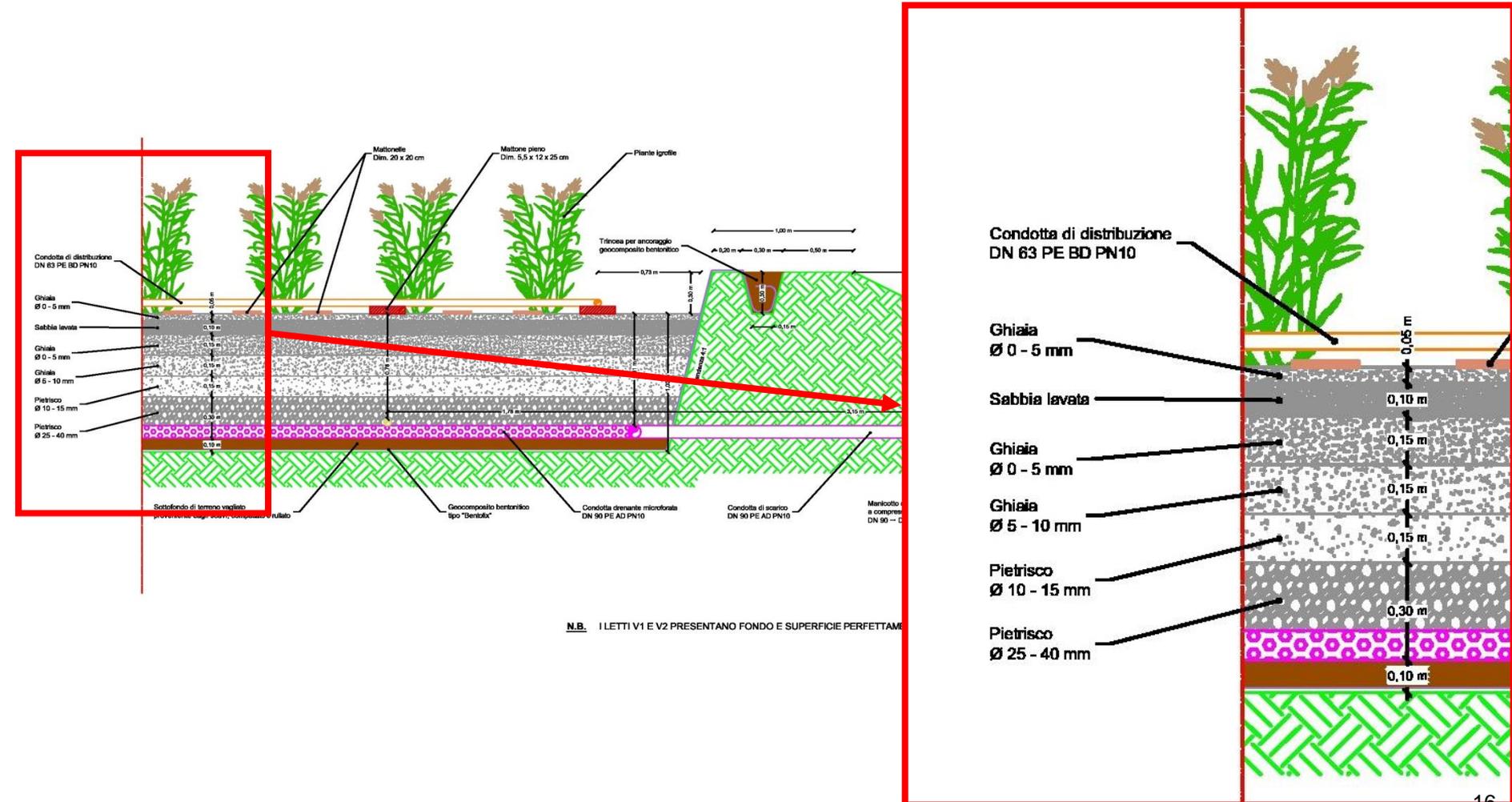
di NATALE BRUNO



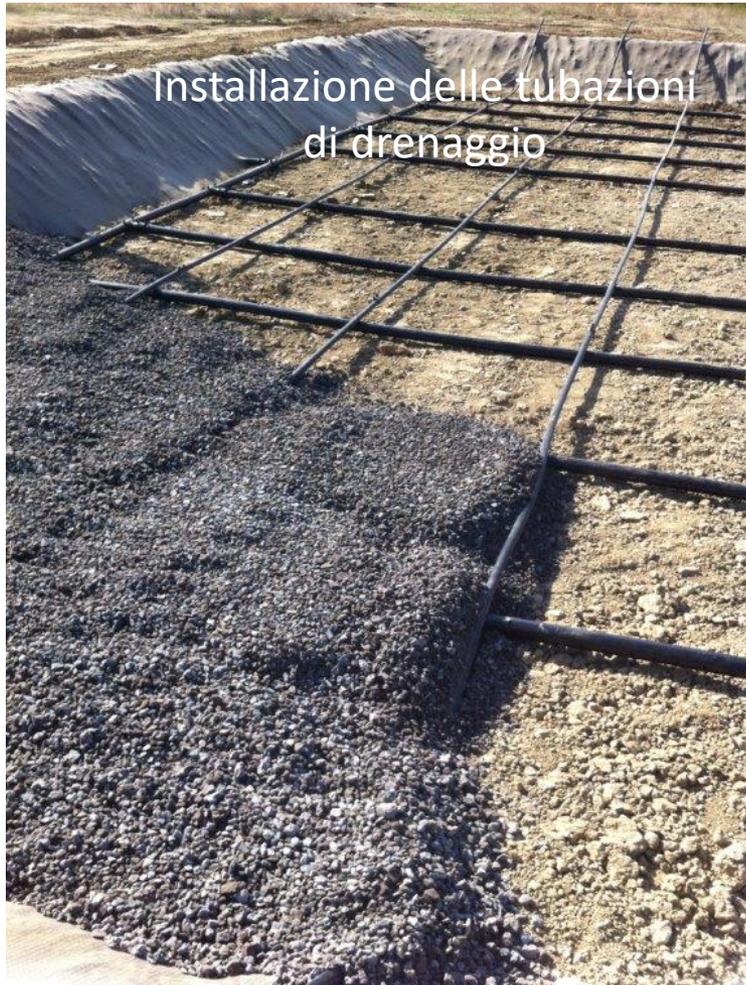
**IKEA – CATANIA (Cirelli e Barbagallo 2014)**

# IKEA Store di Catania – Sezione longitudinale di V-SSF

- materiale di riempimento: sabbia vulcanica (circa 0.05-10 mm), per una profondità 0.40 m, e pietrisco lavico (circa 10-40 mm) come strato drenante.

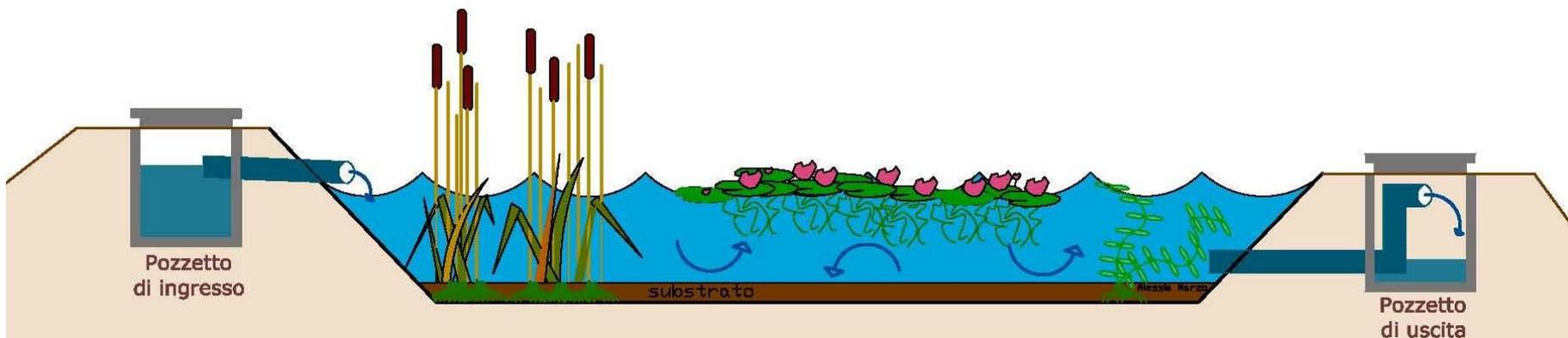


# IKEA Store di Catania – Fase di costruzione letti V1 e V2



## Sistema a flusso superficiale (FWS)

- Bacini di forma allungata e bassa profondità
- Utilizzati prevalentemente come trattamento terziario
- Prestazioni significativamente variabili con le stagioni (poco applicabile in climi rigidi)
- Problemi di impatto ambientale
- Superficie occupata (oltre 3-4 m<sup>2</sup>/AE per un trattamento terziario)
- Pochi esempi di applicazione in Europa e in Italia



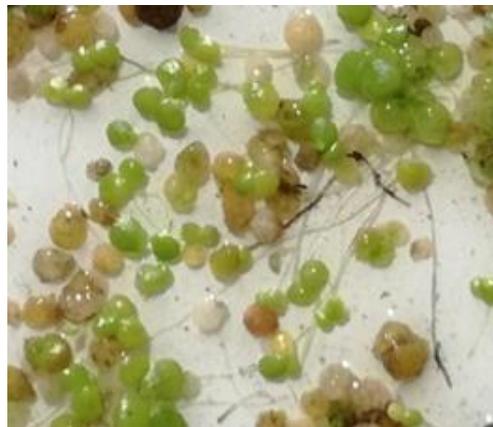


**Sistemi a flusso superficiale**

# Macrofite galleggianti



**Giacinto d'acqua**  
(*Eichornia crassipes*)



**Lenticchia d'acqua**  
(*Lemna spp.*)



**Castagna d'acqua**  
(*Trapa natans spp.*)

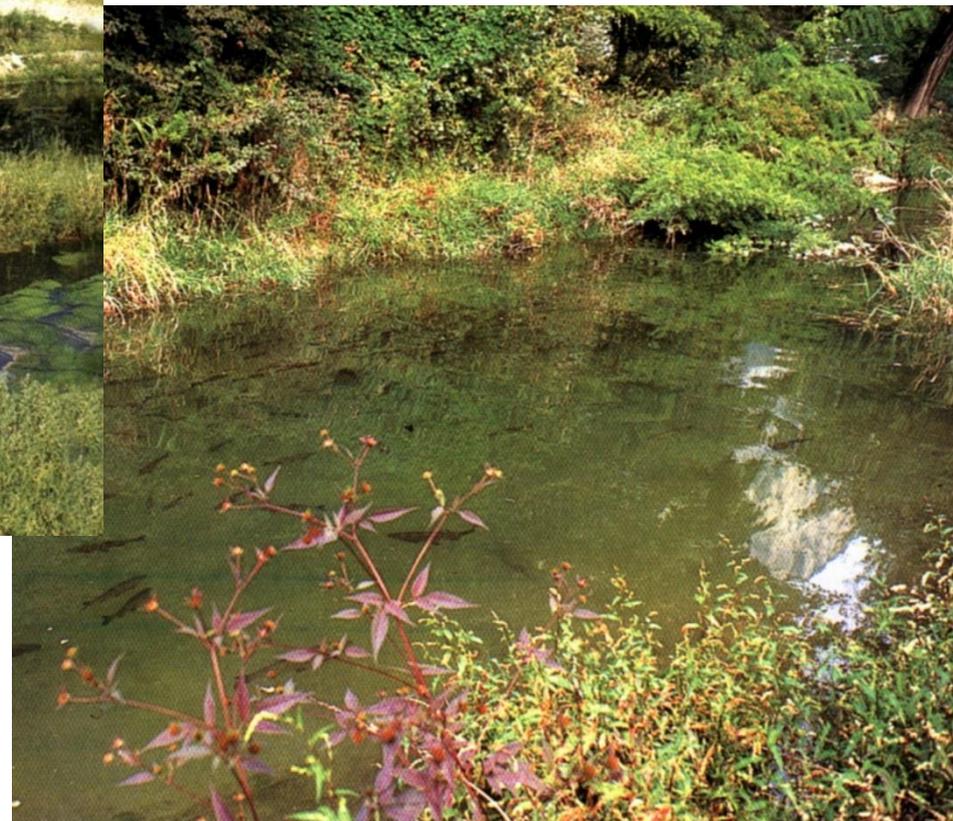


**Lattuga d'acqua**  
(*Pistia stratiotes*)

## ■ impianti di fitodepurazione “in cascata” su terrazzamenti



Superficie complessiva bacini  
8.400 m<sup>2</sup>



Francia

## Purdue's Kampen campo da Golf, West Lafayette, Indiana

3 impianti di  
*fitodepurazione a  
flusso superficiale*  
raccolgono le acque  
reflue di un centro  
urbano e di un resort  
per poi riutilizzarle  
per l'irrigazione del  
campo da golf

(Fonte: Zachary Reicher, Vickie Poole, Ron Turco, Amanda Lopez and Jon Harbor, Purdue University Nov 2000)



**FWS – Free Water Surface: fitodepurazione a flusso libero superficiale**

## **Sistemi flottanti**

- **Problema: intercettare flussi inquinanti all'interno di corpi idrici**
  - naturali
  - artificiali
- **Soluzione: realizzare barriere vegetate con piante non radicate**
  - Galleggianti
  - Non galleggianti e inserite in strutture flottanti





# Esperienze di fitodepurazione in Sicilia

❖ Esperienze sui sistemi di fitodepurazione a servizio di insediamenti civili e produttivi in Sicilia:

**Comune di San Michele di Ganzaria (Catania)**



**IKEA Store di Catania**



**Aziende agrituristiche:**

- Valle dei Margi (Catania)
- Le Querce di Cota (Enna)



**Cantina Marabino (Siracusa)**

**Cantina Poggio di Bortolone (Chiaromonte Gulfi, RG)**

**Cantina Santa Tresa (Vittoria, RG)**

**Cantina Paolo Calì (Vittoria, RG)**

**Cantina Feudi del Pisciotto (Niscemi, CL)**



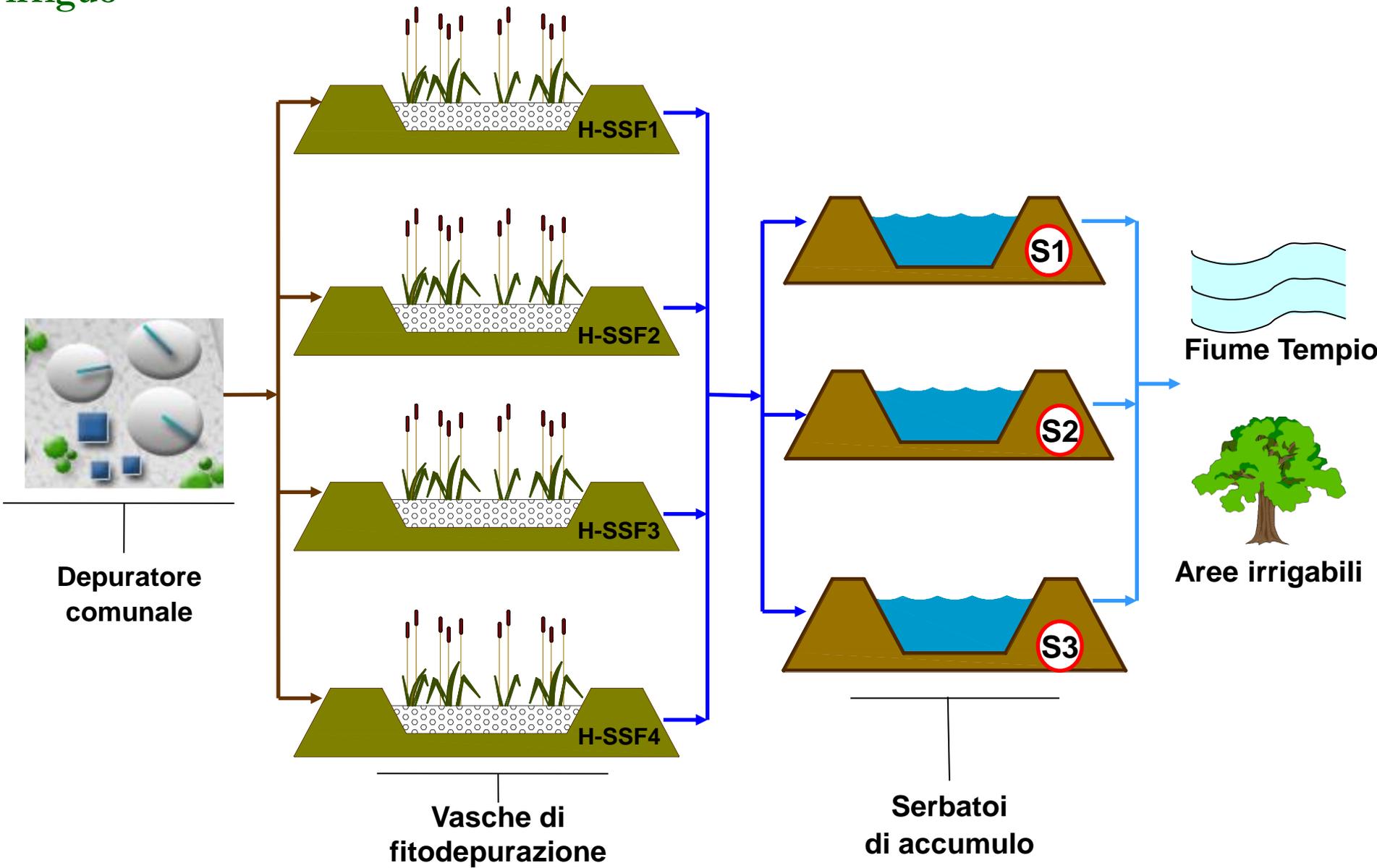
San Michele di Ganzaria – Sistema di affinamento delle acque reflue tramite fitodepurazione e serbatoi di accumulo (2001-2015)

# COMUNE DI SAN MICHELE DI GANZARIA

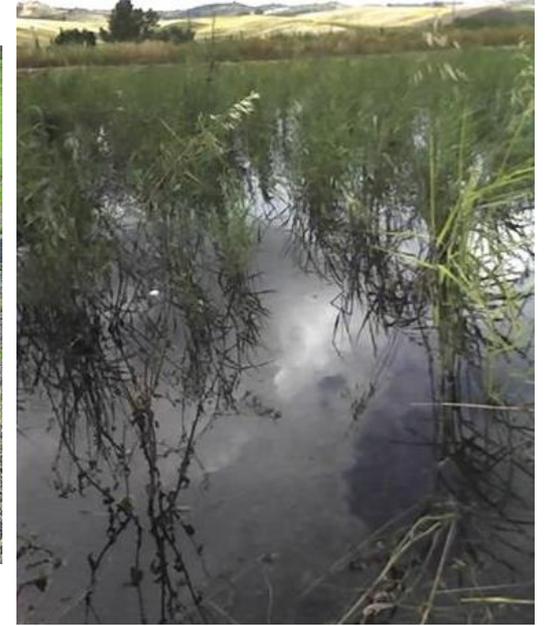


# San Michele di Ganzaria - Schema dell'impianto di affinamento per il riuso irriguo

irriguo

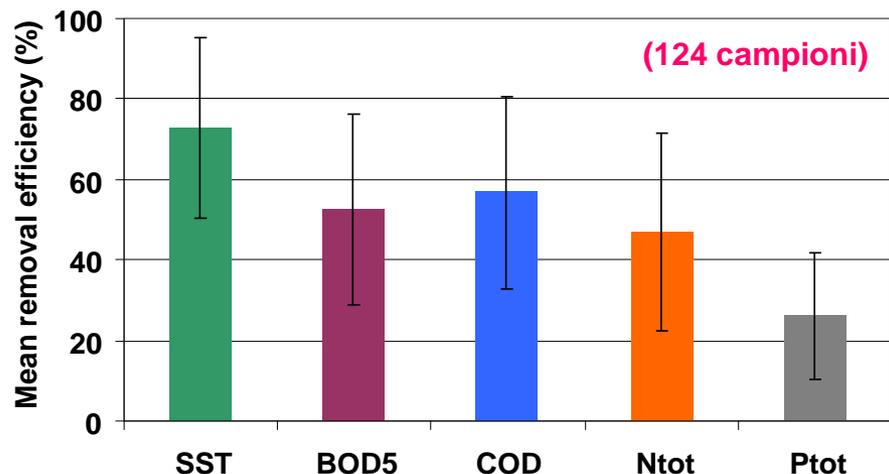


# San Michele di Ganzaria

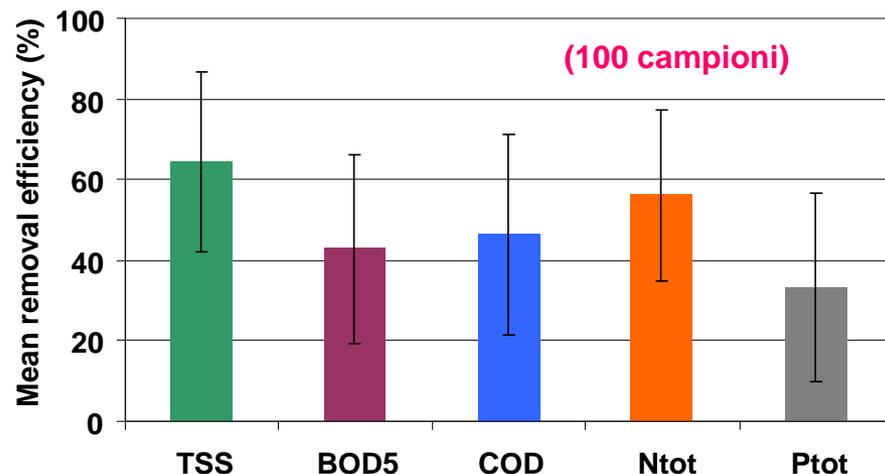


# San Michele di Ganzaria - Efficienza di rimozione dei parametri chimico-fisici

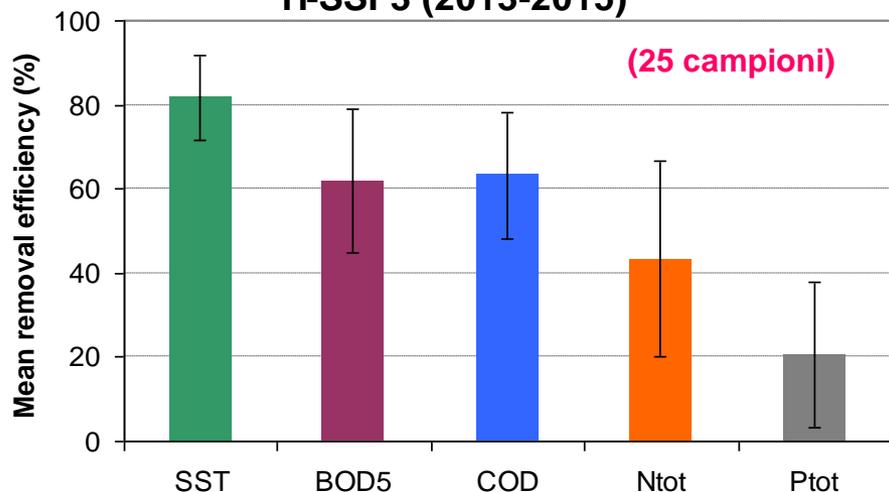
## H1 (2001-2013)



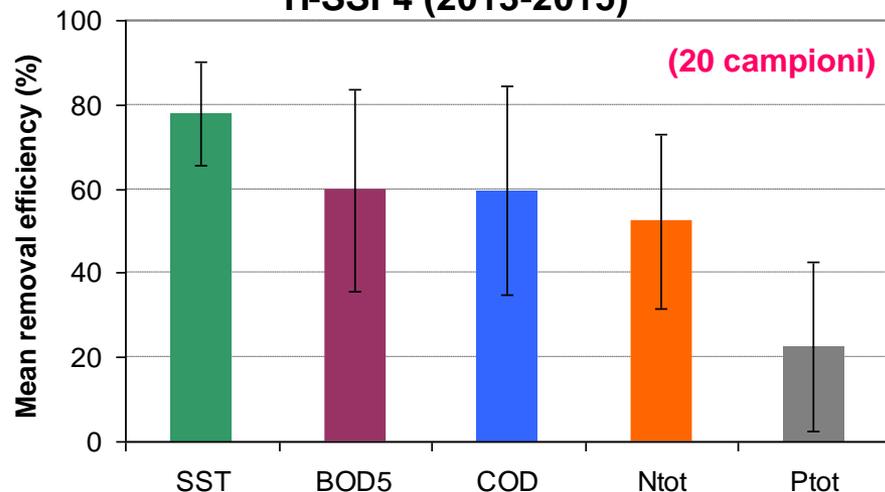
## H2 (2007-2015)



## H-SSF3 (2013-2015)



## H-SSF4 (2013-2015)



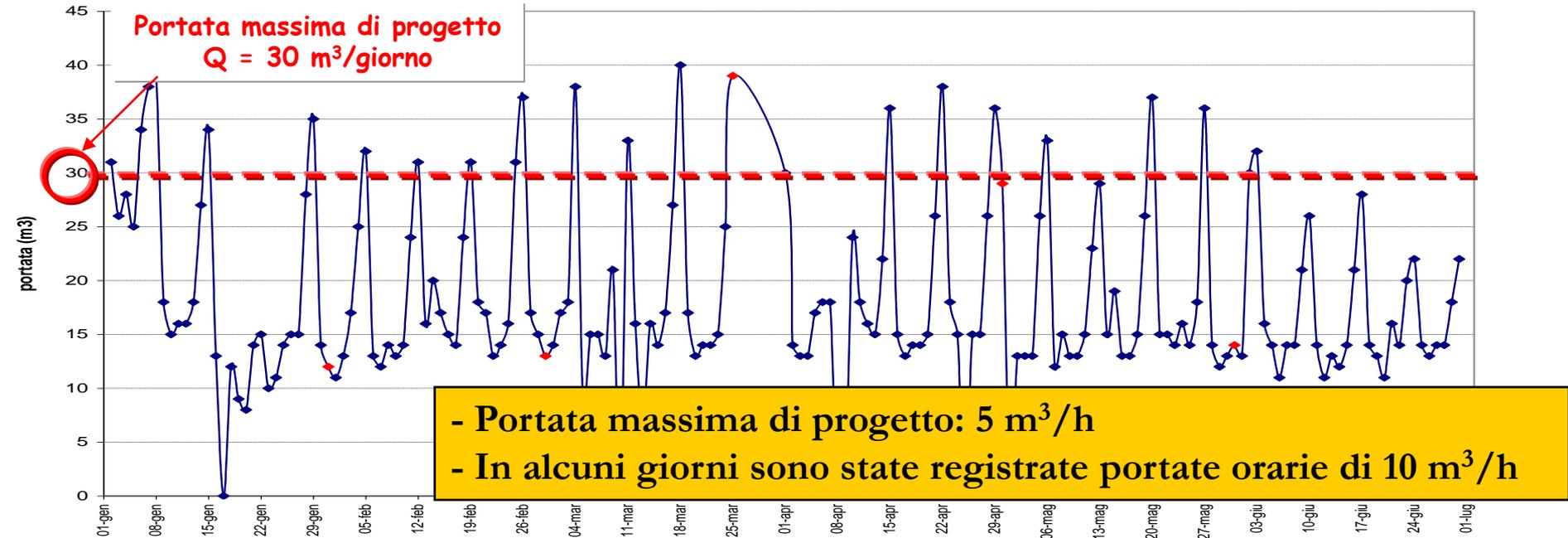
Ottimi risultati in termini di rimozione dei principali parametri chimico-fisici. Le concentrazioni di SST, COD e BOD<sub>5</sub> sono risultate inferiori ai limiti imposti dal D.Lgs. 152/06 per lo scarico nei corpi idrici superficiali nel 90% dei campioni

# IKEA STORE DI CATANIA



# IKEA Store di Catania – Valutazione quantitativa dell'acqua di scarico

Da gennaio a maggio 2012, sono stati misurati, tramite i contatori volumetrici, il volume di acqua reflue effluenti da lavabi, WC, docce, lavelli cucina, ecc.



**Statistiche del periodo Gennaio-Maggio 2012**

Min value	m <sup>3</sup> /day	7
Max value	m <sup>3</sup> /day	40
Range	m <sup>3</sup> /day	33
Mean value	m <sup>3</sup> /day	18,24

**Statistiche dei giorni feriali**

Min value	m <sup>3</sup> /day	7
Max value	m <sup>3</sup> /day	27
Range	m <sup>3</sup> /day	20
Mean value	m <sup>3</sup> /day	14,73

**Statistiche dei giorni prefestivi e festivi**

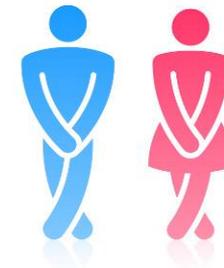
Min value	m <sup>3</sup> /day	15
Max value	m <sup>3</sup> /day	40
Range	m <sup>3</sup> /day	25
Mean value	m <sup>3</sup> /day	27,85

# IKEA Store di Catania – Valutazione qualitativa delle acque di scarico non trattate

Parametro	Unità di misura	Campionamenti			
		25/01/2012	06/03/2012	26/05/2012	27/05/2012
		In	In	In	In
pH	unità	7,69	7,83	7,44	7,93
SST	mg/L	160	120	160	230
BOD <sub>5</sub>	mg/L	333	207	286	303
COD	mg/L	620	660	600	740
Solfati (SO <sub>4</sub> )	mg/L	124	82,4	21,6	54,6
Cloruri	mg/L	211	241	245	237
Fosforo totale	mg/L	18,04	16,1	16,84	17,92
Azoto ammoniacale (NH <sub>4</sub> )	mg/L	229	217	213	201
Azoto nitroso	mg/L	<0,01	0,07	<0,01	<0,01
Azoto nitrico	mg/L	<0,22	<0,22	<0,22	<0,22
Grassi e oli animali/vegetali	mg/L	<0,01	34,7	51,5	111,6
Tensioattivi MBAS	mg/L	12,8	16,4	45,8	21,7

## Valori medi di alcuni parametri

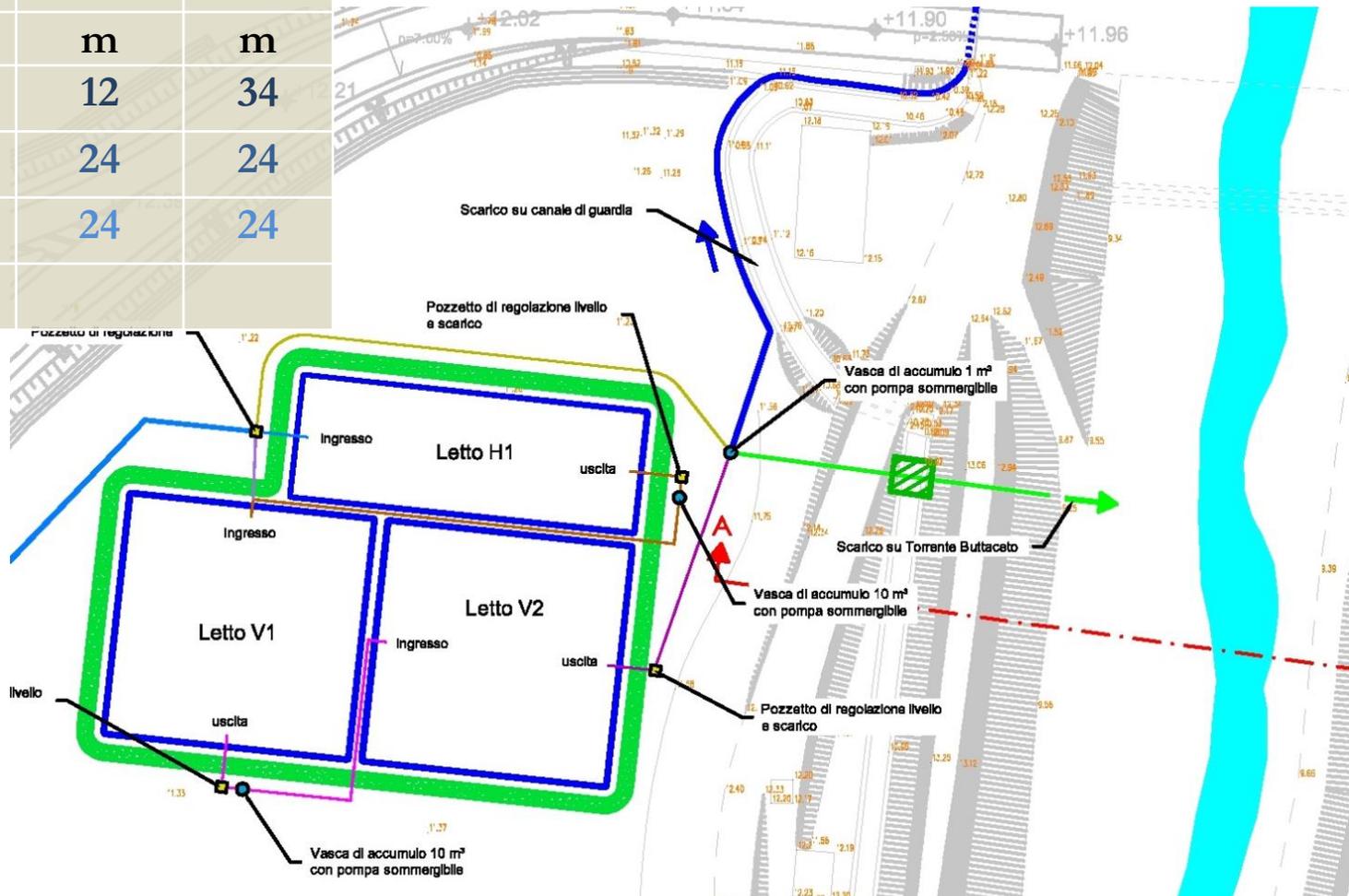
Solidi Sospesi Totali (SST)	mg/L	167,5
BOD <sub>5</sub>	mg/L	282,3
COD	mg/L	655
Fosforo	mg/L	17,2
Azoto ammoniacale (NH <sub>4</sub> )	mg/L	215



Concentrazione di progetto di azoto totale è di 135 mg/L

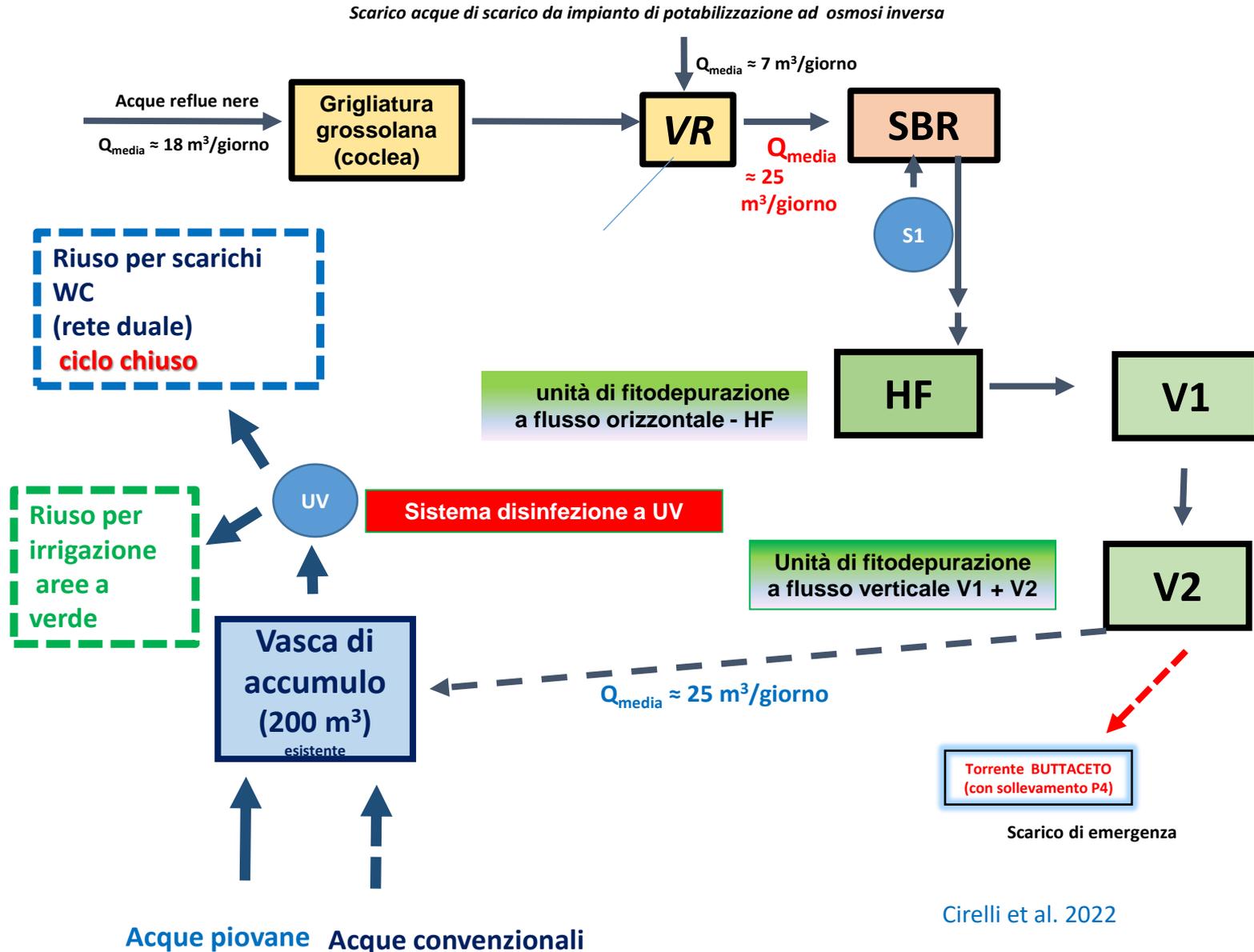
# IKEA Store di Catania – Caratteristiche impianto di fitodepurazione

	A	W	L
	m <sup>2</sup>	m	m
Letto H1	400	12	34
Letto V1	530	24	24
Letto V2	530	24	24
TOT	1460		



- Portata di progetto: 45-50 m<sup>3</sup>/giorno
- Funzionamento dei letti di fitodepurazione in serie: H1 > V1 > V2 > SCARICO (in corpo idrico)

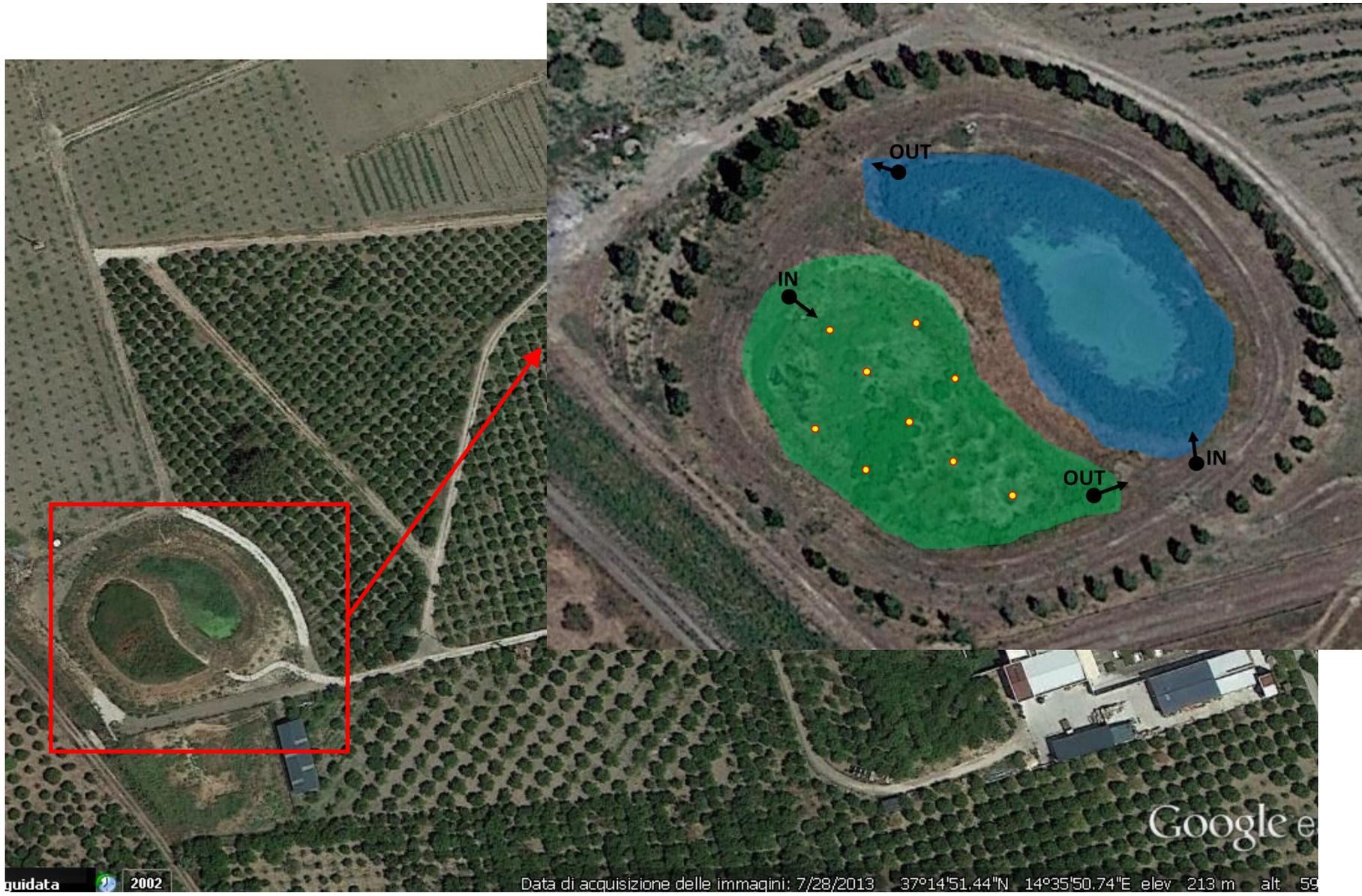
# IKEA CATANIA: SISTEMA DI FITODEPURAZIONE E RIUSO DELLE ACQUE REFLUE



# IKEA Store di Catania – Stato di fatto



# Agriturismo Valle dei Margi – Impianto di fitodepurazione H-SSF+FWS



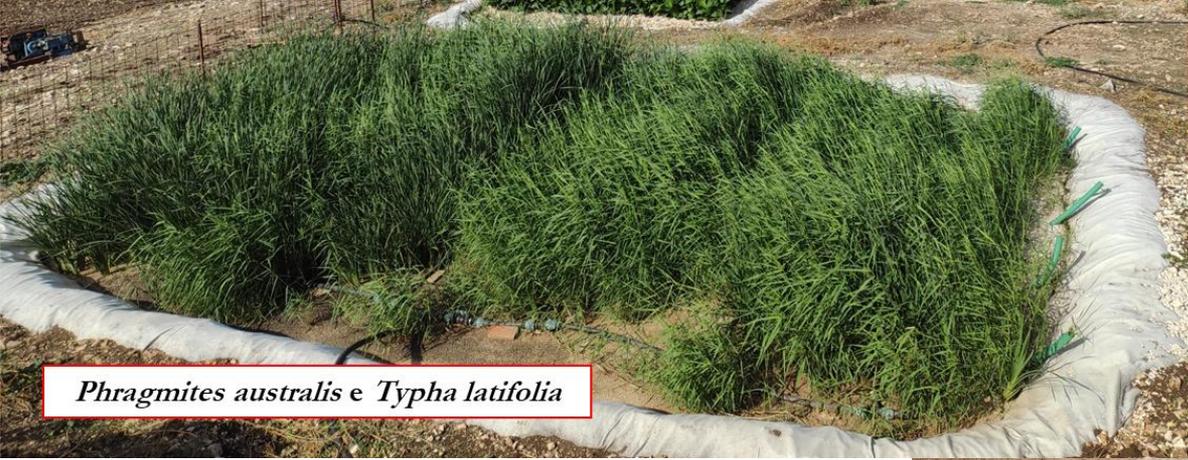
# Agriturismo Valle dei Margi





PROGETTO:  
“Tradizioni produttive casearie  
a basso impatto ambientale  
da spillare – TPCbiAs”

Azienda Gulino -  
Chiararamonte Gulfi



*Phragmites australis* e *Typha latifolia*

Azienda Mezzasalma -  
Marina di Ragusa



*Canna indica*

fitodepurazione di reflui lattiero-caseari

*Progetto VITINNOVA Tecniche innovative e  
sostenibili nel trattamento e recupero degli scarti e  
dei reflui della filiera vitivinicola  
Misura 16.2*

➤ Azienda Poggio Bortolone  
Chiaramonte Gulfi (RG)

➤ Cantina Santa Tresa  
Vittoria (RG)

➤ Cantina Paolo Cali  
Vittoria (RG)

➤ Azienda Feudi del Pisciotto  
Niscemi (CL)



## **PRO & CONTRO** dei sistemi di fitodepurazione

- Relativa facilità di realizzazione anche da imprese locali;
- Assenza (quasi sempre) di apparecchiature elettro-meccaniche;
- Produzione di fanghi molto modesta;
- Semplicità ed economicità di gestione e manutenzione;
- Affidabilità ed elevata efficienza nella rimozione dei principali inquinanti;
- Ottima capacità “tampona” per assorbire punte di carico idraulico ed organico;
- Ottimo inserimento ambientale e recupero di aree marginali

- Occorrono superfici maggiori rispetto ad un impianto di tipo convenzionale;
- Competenza specifica nella fase di progettazione e direzione lavori

# CONCLUSIONI

Gli **impianti di fitodepurazione** rappresentano una soluzione efficiente ed ecosostenibile, ideale per il trattamento delle acque reflue per i piccoli e medi centri abitati. Tale soluzione consentirebbe una riduzione dei costi complessivi nel trattamento delle acque reflue con indubbi e notevoli benefici di carattere ambientale e socio-economico.

Occorre una **maggiore consapevolezza e competenza** da parte dei professionisti e tecnici (agronomi, ingegneri, architetti.....) sulle potenzialità della fitodepurazione.

Dal punto di vista normativo l'Italia ha riconosciuto e approvato l'impiego dei sistemi di depurazione naturali, già a partire dal 1999, ciò ha favorito certamente il lavoro ai progettisti, tuttavia **le pubbliche amministrazioni non hanno ancora recepito la possibilità di affidarsi a queste soluzioni e non hanno contribuito a diffonderle sul territorio.**

**NECESSITA DI FORMAZIONE E DIFFUSIONE DELLE COMPETENZE**



Traitement des eaux usées et des  
boues résiduelles par filtres plantés  
et usage agricole durable



Projet cofinancé  
par l'Union Européenne



*Grazie per la Vostra attenzione*

[www.tresorprojet.eu](http://www.tresorprojet.eu)

[\*giuseppe.cirelli@unict.it\*](mailto:giuseppe.cirelli@unict.it)



Università  
di Catania

Uni  
ct AGRICOLTURA,  
ALIMENTAZIONE  
E AMBIENTE

