



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



Projet cofinancé  
par l'Union Européenne



CONFERENZA

8 settembre 2023 - Scicli (RG)

Palazzo Spadaro – Via Francesco Mormino Penna

Il ruolo della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione

Antonio Carlo BARBERA

[antonio.barbera@unict.it](mailto:antonio.barbera@unict.it)



Università  
di Catania

Uni  
ct

AGRICOLTURA,  
ALIMENTAZIONE  
E AMBIENTE



# Premessa

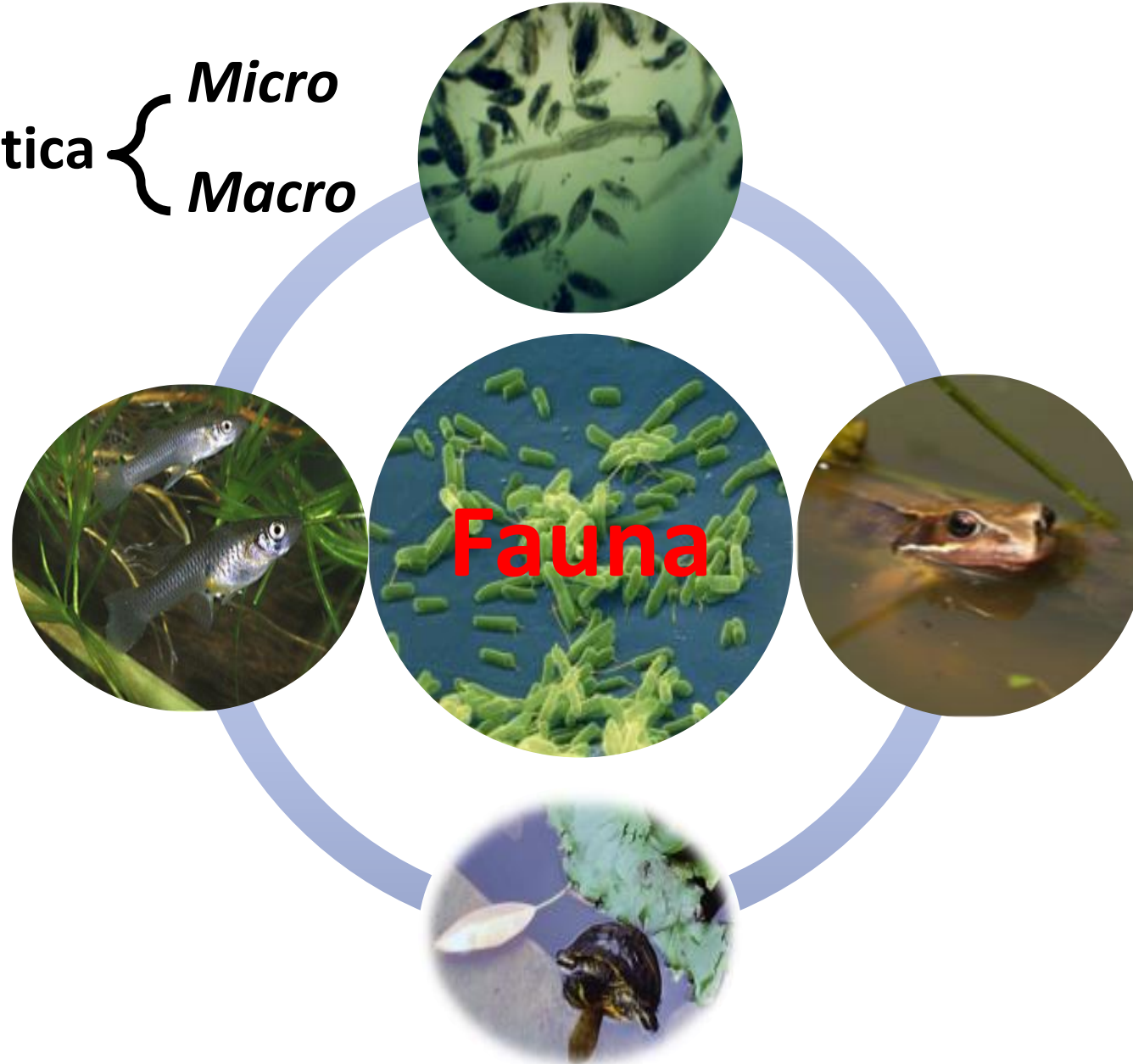
• **Abiotica**



• **Biotica**



- La fauna acquatica  $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Micro} \\ \textit{Macro} \end{array} \right.$



# Microfite

**Microfite**

**Chlorella (Alge Verdi)**

[www.microscopyuk.org.uk/mag/wimsmall/green.html](http://www.microscopyuk.org.uk/mag/wimsmall/green.html)



**Scenedesmus quadricauda**

**Macrofite**

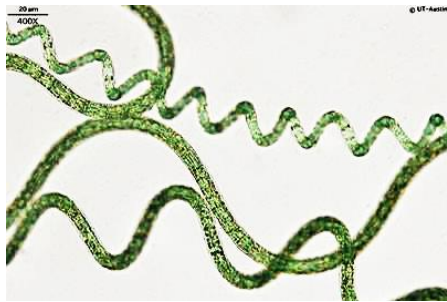


**De Benedetti, et al 2013.**

**La vegetazione acquatica**



**Klebsormidium sp**



**Arthrospira platensis**

## Impiego delle alghe in sistemi di depurazione a flusso superficiale per il riuso dell'effluente



- L'utilizzo di alghe per la depurazione di acque non convenzionali un'alternativa economica e di possibile integrazione ai sistemi 'tradizionali' di fitodepurazione.
- Diverse specie possono essere impiegate per trattare le acque reflue - in base al tipo di contaminanti e allo scopo del riutilizzo:
  - a. acqua di drenaggio per reimpiego irriguo:
    - *Azolla* - elevate concentrazioni di azoto totale;
    - *Clorella* e *Spirulina* per la rimozione del Fosforo Totale.
  - b. Acque reflue urbane, (contaminate biologicamente) tutte le microalghe per l'inibizione dei coliformi totali e fecali (Yehia *et al.* 2021).
  - c. Acque reflue industriali la *Spirulina* si è dimostrata la più efficiente nell'estrazione di metalli come Al, Fe e Mn.



- La biomassa algale offre potenzialmente molti sottoprodotti (biocarburanti, polisaccaridi, vitamine, pigmenti, aminoacidi, etc.)

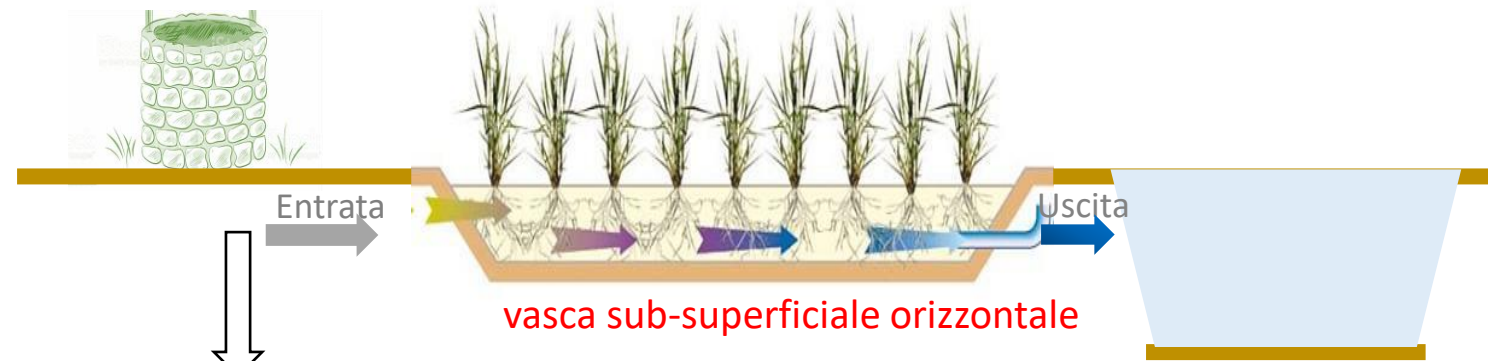
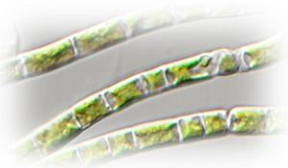
Article

# Comparative phycoremediation performance of three microalgae species in two different magnitude of pollutants in wastewater from farm-house

Emanuele La Bella <sup>1†</sup>, Paride Salvatore Occhipinti <sup>1†</sup>, Ivana Puglisi <sup>1\*</sup>, Ferdinando Fragalà <sup>1</sup>, Rossella Saccone <sup>1</sup>, Nunziatina Russo <sup>1</sup>, Cinzia Lucia Randazzo <sup>1,2</sup>, Cinzia Caggia <sup>1,2</sup> and Andrea Baglieri <sup>1</sup>

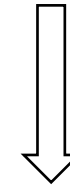
Tre ceppi di microalghe:

1. *Chlorella vulgaris*,
2. *Scenedesmus quadricauda*
3. *Klebsormidium* sp. K39

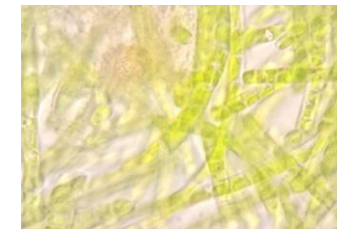


Per decontaminazione

Acqua reflua Urbana



Per isolamento *Klebsormidium* sp. K39



Inquinanti	Rimozione (%)
Azoto totale	93 al 96
Fosforo totale	62 al 74
COD	96 al 97
<i>E. coli</i>	100

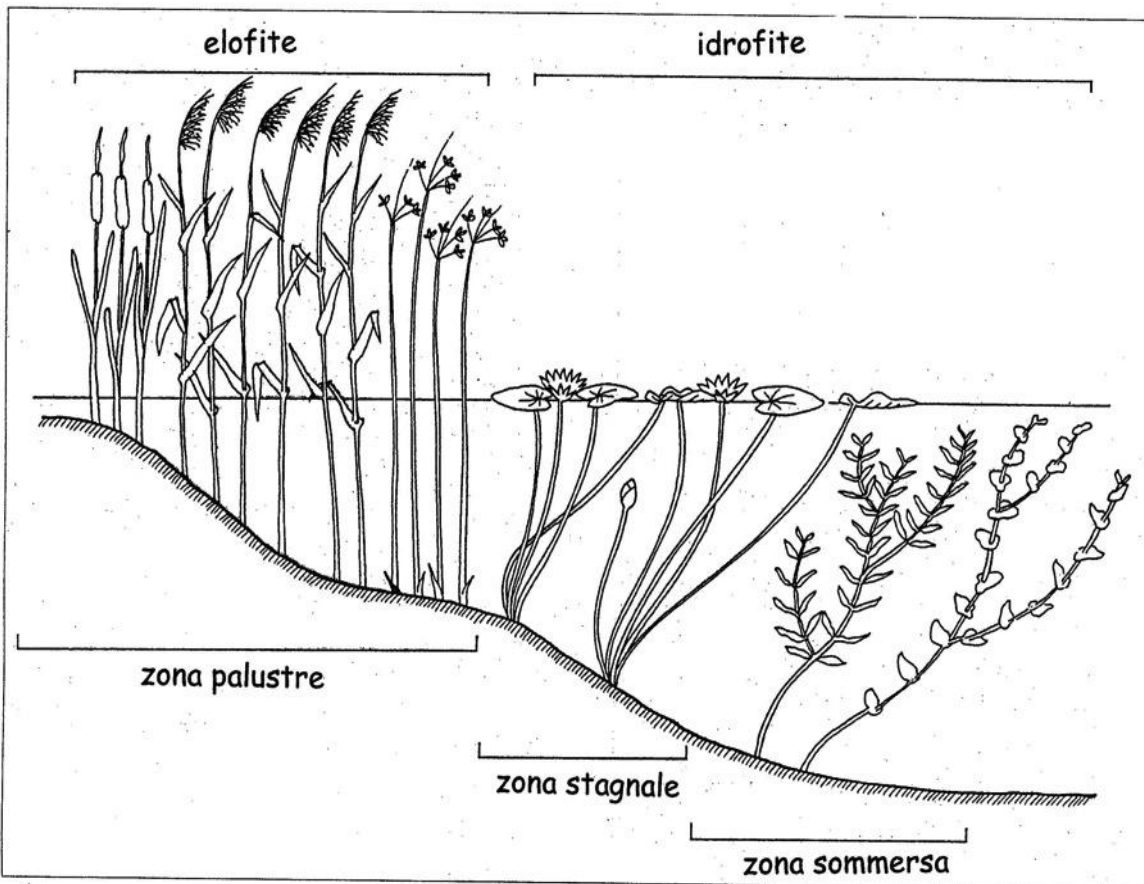
## La vegetazione acquatica

**Macrofite**

**Microfite**

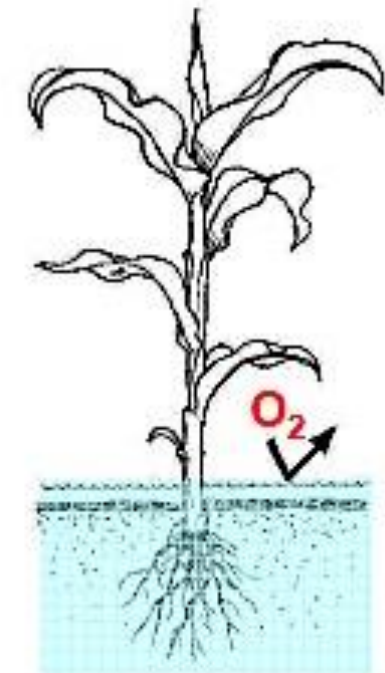
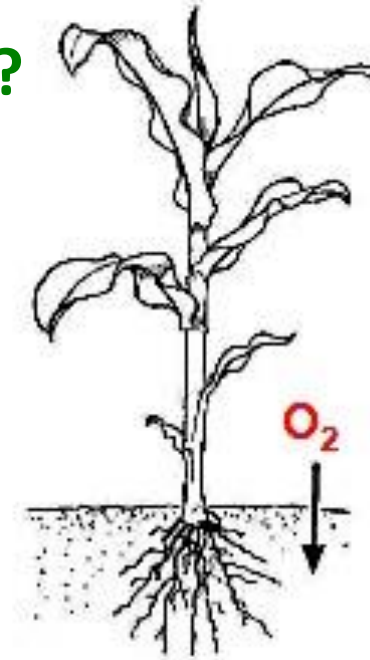
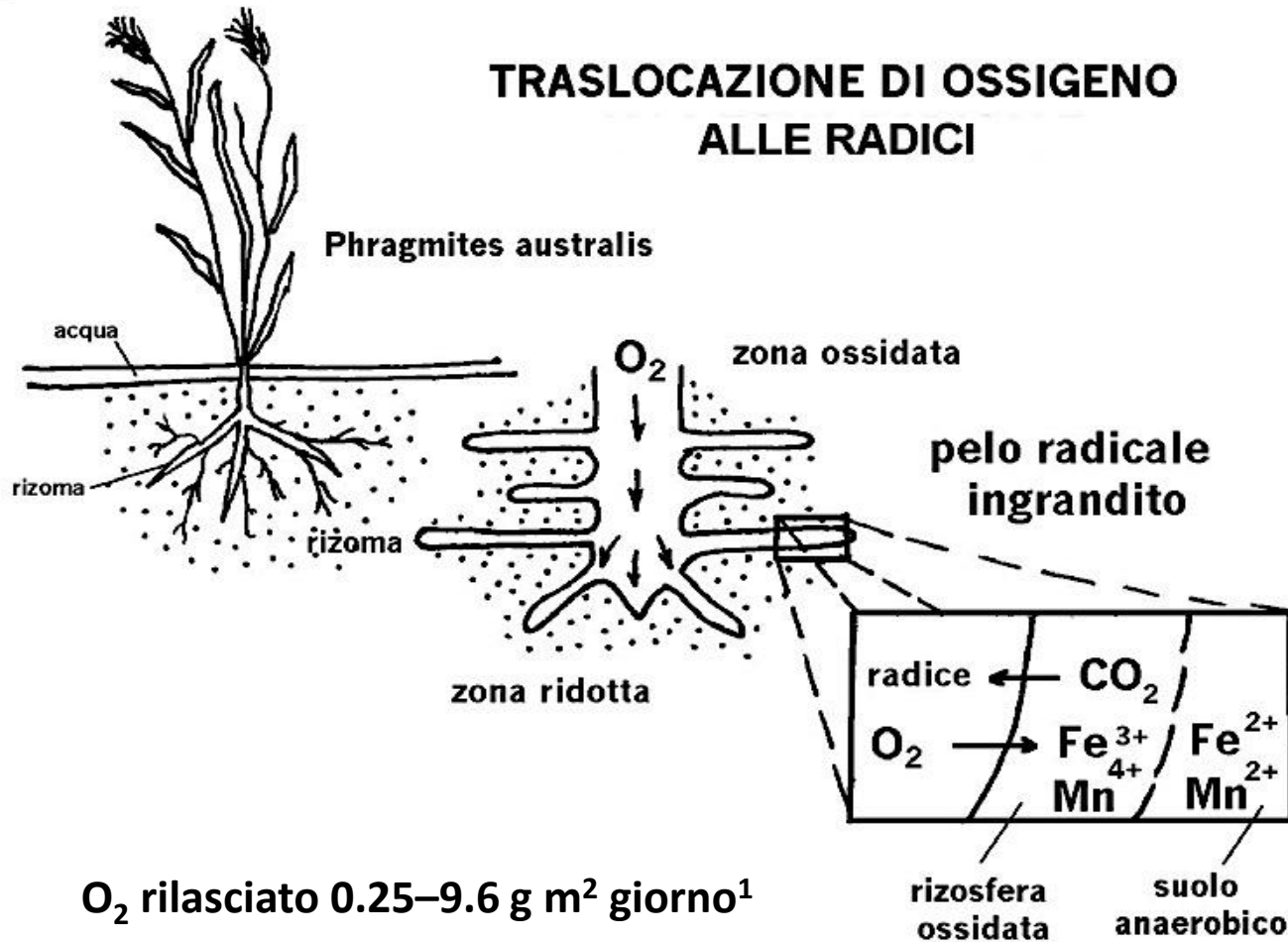
Più 6700 specie palustri obbligate o facoltative, legnose o erbacee, e, fra queste specie annuali o perenni. A seconda dell'ambiente di crescita esse sono classificabili in:

- idrofite**: piante completamente o quasi completamente sommerse, possono essere liberamente galleggianti e non radicate o radicate al fondo con foglie e fiori semi sommersi;
- elofite**: piante che rimangono con l'apparato radicale e la parte basale quasi sempre sommersi, mentre le foglie e i fiori emergono dall'acqua;
- igrofite**: piante che presentano elevate esigenze idriche e vivono in condizioni di elevata umidità.



# Macrofite caratteristiche

Che cos'è una pianta da aree umide?





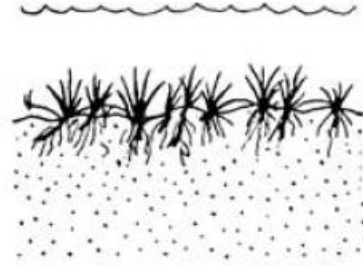
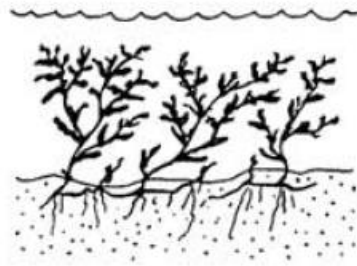
# Caratteristiche delle Macrofite

Specie	Durata fase anossica (giorni)	Accrescimento della parte aerea
<i>Carex rostrata</i>	4	nullo
<i>Juncus effusus</i>	4-7	nullo
<i>Mentha aquatica</i>	4	nullo
<i>Glyceria maxima</i>	7-21	occasionale
<i>Spartina anglica</i>	> 28	nullo
<i>Iris pseudacorus</i>	> 28	nullo
<i>Phragmites australis</i>	> 28	nullo
<i>Typha sp.</i>	> 28	frequente
<i>Scirpus lacustris</i>	> 90	frequente

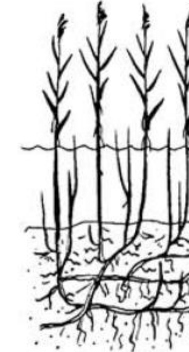
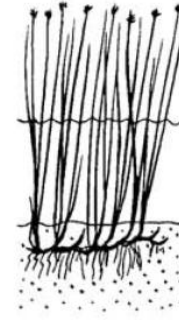


# Classificazione -Tipologie di piante acquatiche

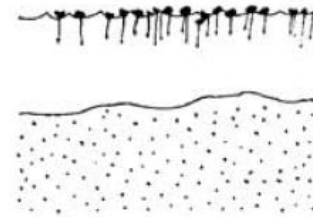
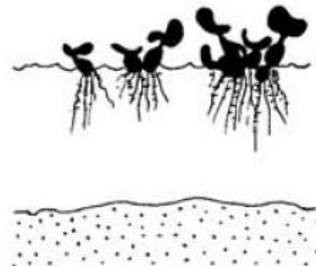
radicate sommerse



radicate emergenti



galleggianti



Più di 150 specie sono state valutate in impianti di fitodepurazione ma solo poche sono usate di frequente

# Macrofite radicate sommerse



*Miriophyllum* spp.



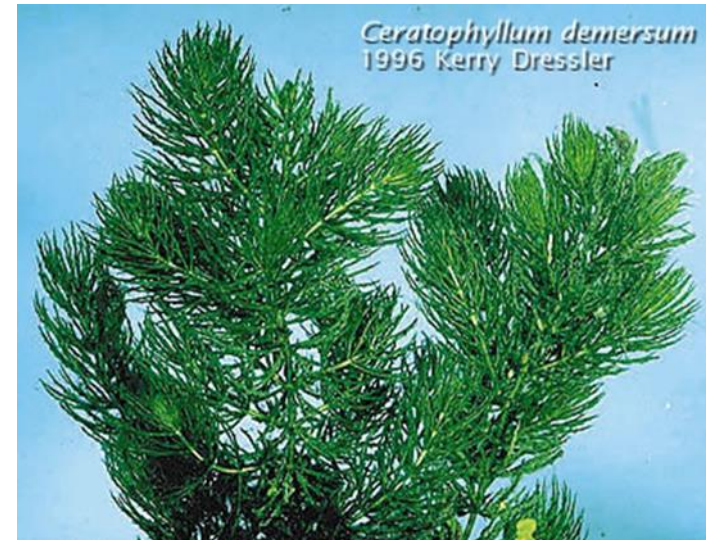
*Elodea* spp.



*Ceratophyllum* spp.



*Potamogeton* spp.



# Macrofite radicate emergenti (1/2)



***Iris pseudacorus* - L.**



***Lythrum salicaria***



***Nasturtium officinale***

[xoomer.virgilio.it/liceocurcio/fiumeirminio.htm](http://xoomer.virgilio.it/liceocurcio/fiumeirminio.htm)



***Carex pendula***

ISPRA, Manuali e Linee Guida 81/2012  
ISBN 978-88-448-0548-7

## ELOFITE

Nome scientifico	Nome comune
<i>Phragmites australis</i> (o <i>communis</i> )	Cannuccia di palude
<i>Thypha latifolia</i>	Mazzasorda, Sala
<i>Thypha minima</i>	Mazzasorda
<i>Thypha angustifolia</i>	Stiancia
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Giunco da corde
<i>Juncus</i> spp.	Giunco
<i>Butomus umbellatus</i>	Giunco fiorito
<i>Caltha palustris</i>	Farferugine
<i>Carex fusca</i>	Carice nera
<i>Carex hirta</i>	Carice eretta
<i>Carex elata</i>	Carice spondicola
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris giallo
<i>Epatorium cannabinum</i>	Canapa d'acqua
<i>Mentha aquatica</i>	Menta acquatica
<i>Epilobium irsutum</i>	Epilobio maggiore
<i>Alisma plantago aquatica</i>	Mestolaccia
<i>Lythrum salicaria</i>	Salcerella
<i>Stachys palustris</i>	Mastricale palustre
<i>Sparganium erectum</i>	Coltellaccio, bido
<i>Glyceria maxima</i>	Gramigna di palude

## Macrofite radicate emergenti (2/2)



Cannuccia di palude

(*Phragmites australis*)



Mazza di tamburo

(*Typha latifolia*)



Papiro

(*Cyperus papyrus*)



Canna d'India o  
Indica

(*Canna indica* L.)



Giunco

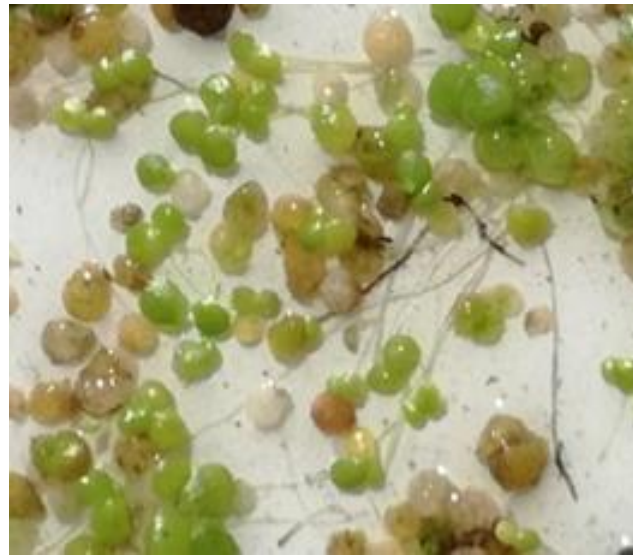
(*Juncus* spp)

Le macrofite radicate emergenti sono le piante maggiormente impiegate negli impianti di fitodepurazione.

# Macrofite galleggianti



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



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



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

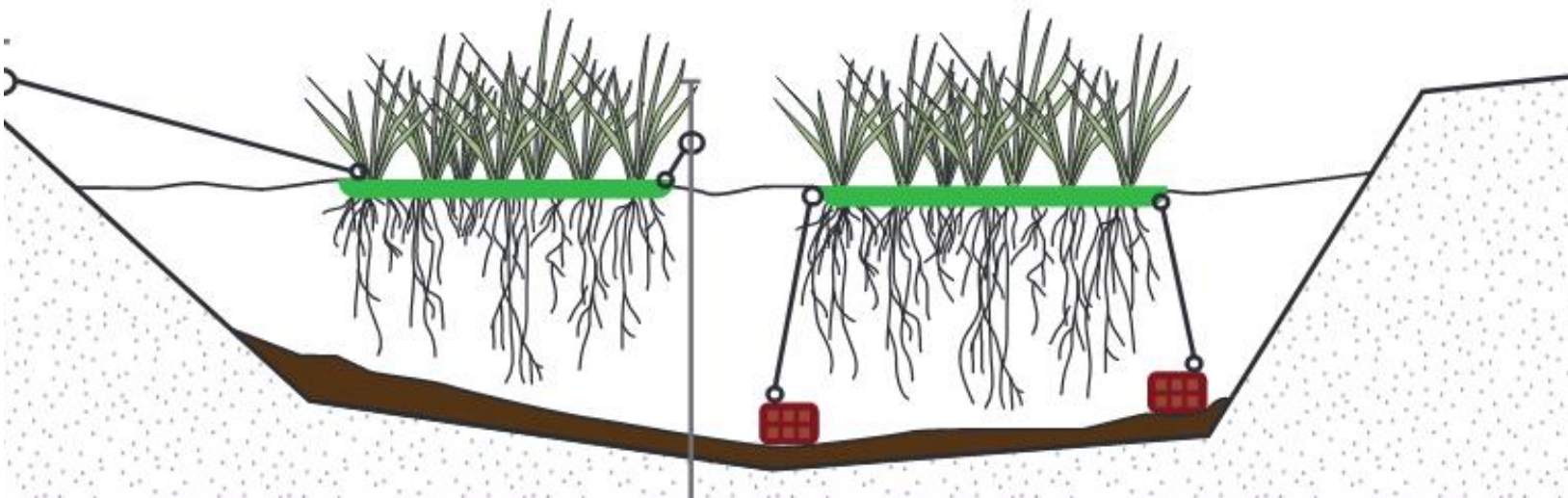
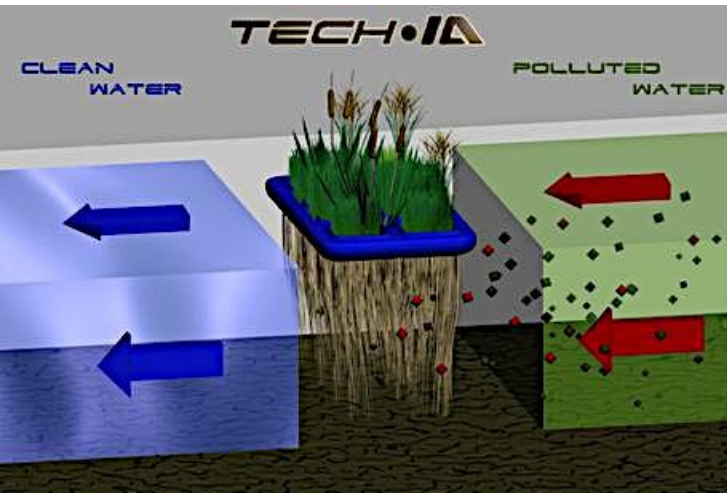
**Castagna d'acqua**  
(*Trapa natans spp.*)



**l'erba pesce**  
(*Salvinia natans*)



# Sistemi flottanti



## Le Piante sono necessarie nei sistemi di fitodepurazione ?

I ruoli delle macrofite nei sistemi di fitodepurazione possono essere correlati:

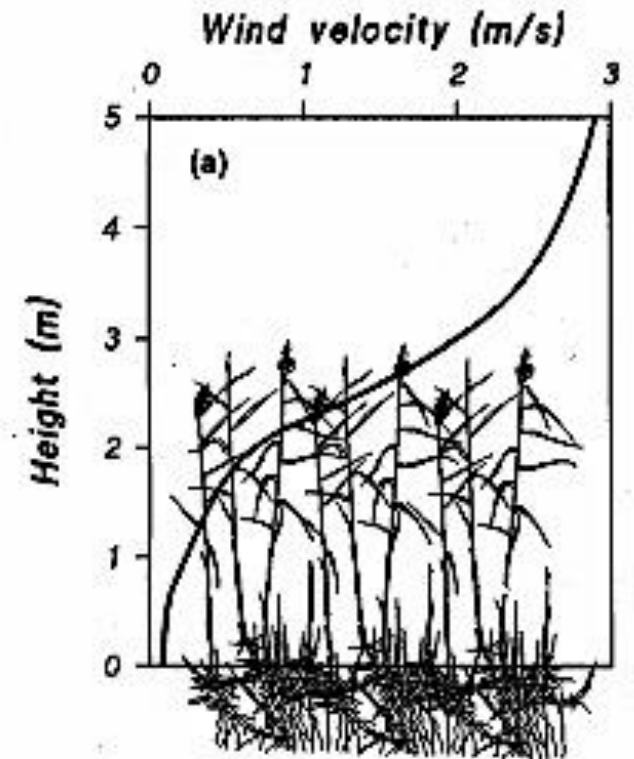
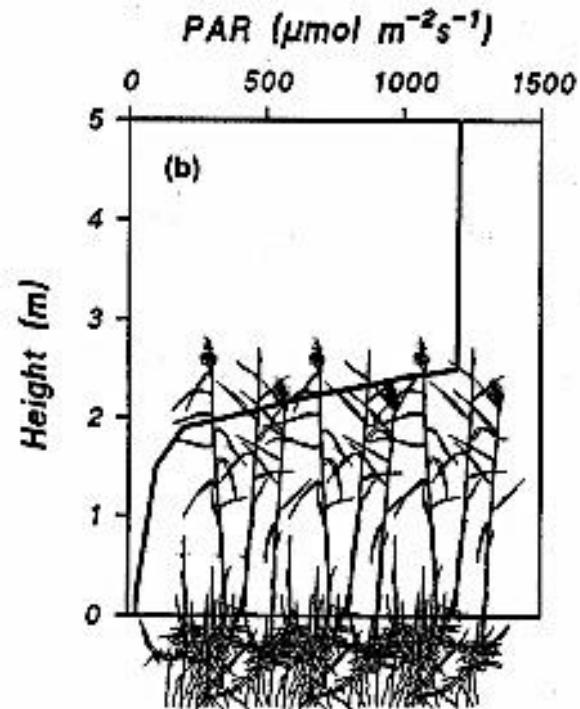
- 1. Alla presenza 'fisica' delle piante (effetti fisici)*
- 2. Alla loro fisiologia (effetti biologici)*
- 3. Ad altri ruoli*



# Effetti fisici delle piante nei sistemi di fitodepurazione (1/2)

Le piante riducono:

1. La velocità del flusso favorendo la filtrazione delle acque e la sedimentazione dei solidi sospesi;
2. La velocità del vento sulla superficie dello specchio d'acqua riducendone l'effetto di agitazione e relativa risospensione dei sedimenti;
3. L'intensità luminosa ombreggiando il fitoplancton (riduzione solidi sospesi e UV)



## Effetti fisici delle piante nei sistemi di fitodepurazione (2/2)

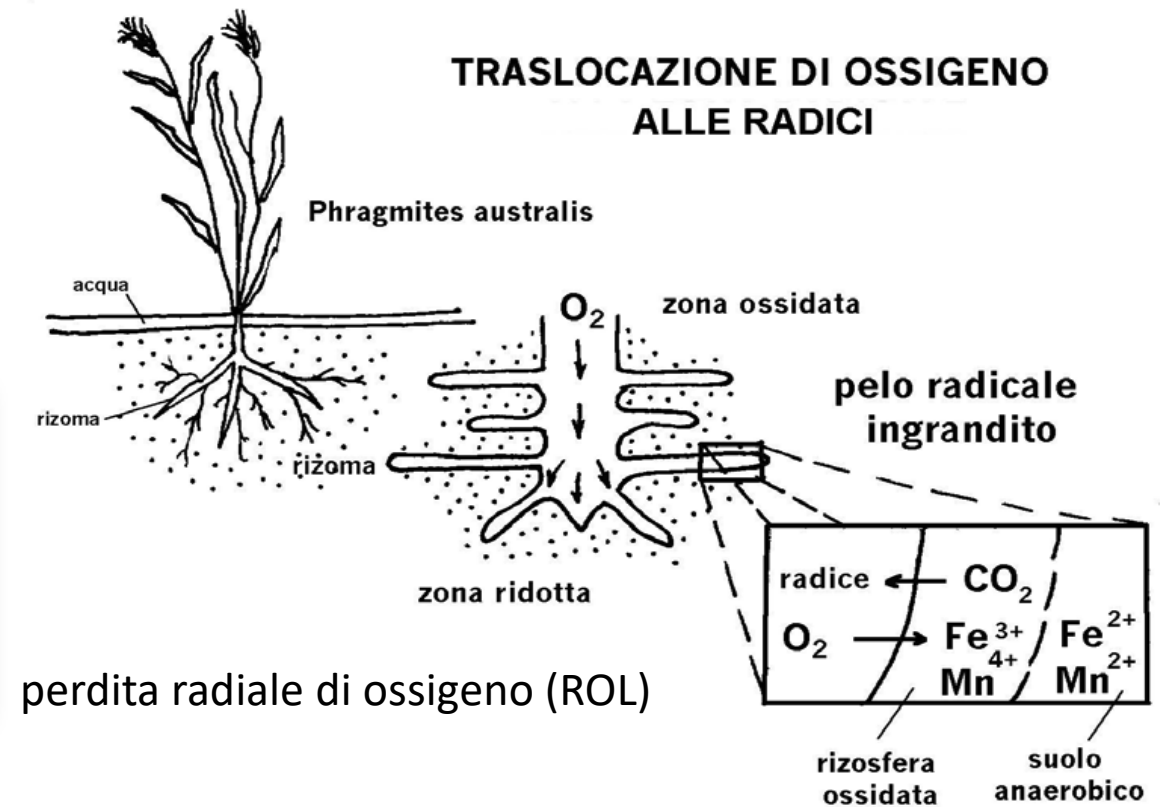


4. **Stabilizzano** il substrato dei letti prevenendo la formazione di canali di erosione;
5. L'apparato radicale ed il movimento delle piante **contrastano** il possibile intasamento del substrato;
6. La superficie delle piante **fornisce** un'ampia area di colonizzazione per la fauna ed i microrganismi;
7. La lettiera, con il suo effetto pacciamante, **previene** il congelamento dell'acqua;

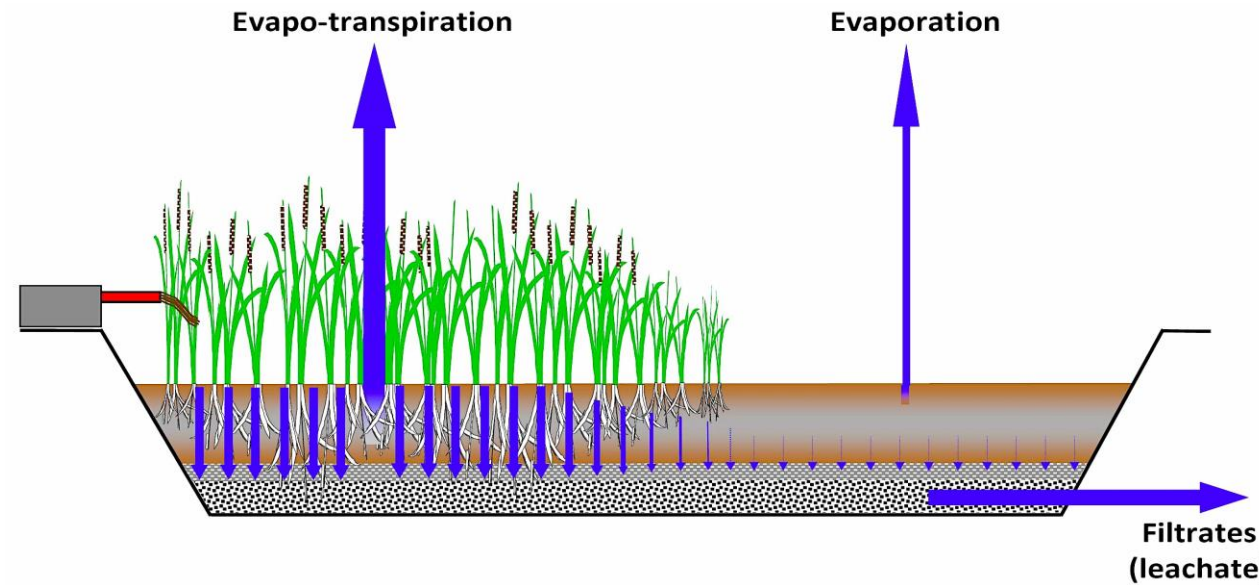


# Effetti biologici – apparato radicale 1/3

1. assorbimento di inquinanti (N, P, ecc.)
2. essudati radicali forniscono C organico, ecc. ai batteri (denitrificazione, etc.) - favoriscono la chelazione di metalli pesanti (fitorisanamento) rilascio di *antibiotici*, fitochelatine e metallotioneine (Brix 1994, Vretare, 2000, Ederli et al., 2004) => Alufasi, et al.2017.
3. rilascio di ossigeno dall'apparato radicale (ROL) (iron plaque);
4. superficie di adesione per biofilm



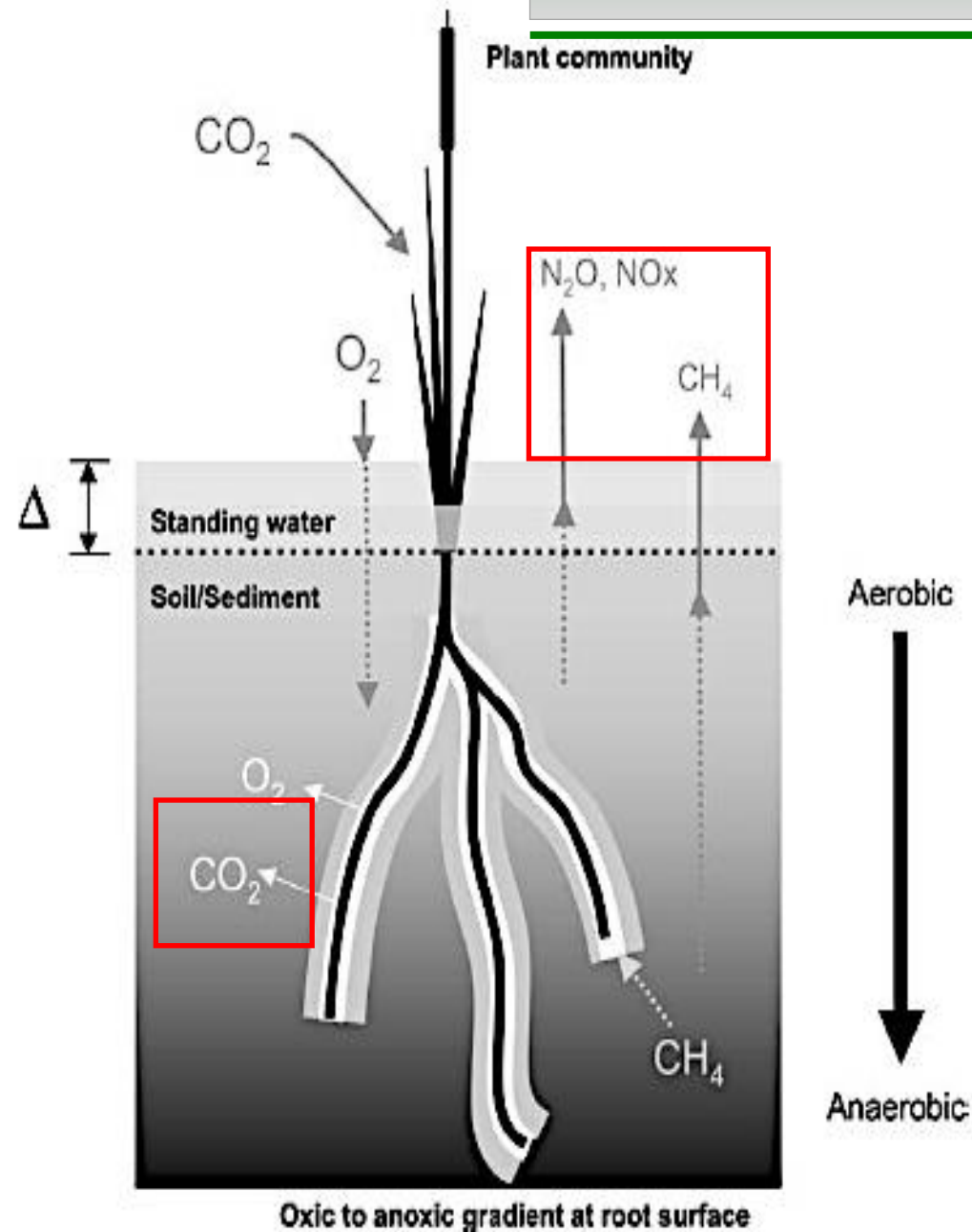
## 5. Allontanano l'acqua dal sistema mediante l'evapotraspirazione;



## Tassi di evapotraspirazione di *Phragmites australis* in alcuni impianti di fitodepurazione

Location	Wetland type	Investigation period	ET (mm d <sup>-1</sup> )	Reference
Nebraska (USA)	Reed prairie wetland	Early and peak growth	2.5 – 6.5	Burba et al., 1999
		Senescence	0.5 – 3.1	
Northern Germany (Germany)	Reed natural wetland	Annual scale	2.3 – 3.6	Herbst and Kappen, 1999
England (UK)	Reed natural wetland	Annual scale	0.2 – 6.3	Fermor et al., 2001
Kent (UK)	Reed bed	May – Aug	0.5 – 5.0	Peacock and Hess, 2004
Northeast China (China)	Marsh	May – Sep	0.5 – 5.8 (2.1 average)	Zhou and Zhou, 2009
Curienne (France)	Reed Bed	May – Aug	7.74 (average)	Chazarenc et al., 2003
Lesonice (Czech Republic)	Pilot Reed Bed	May – Oct	16.87 (average)	Rozkošný et al., 2006
Rabat (Morocco)	H-SSF CW	Six months	57 (average)	Hamouri et al., 2007
Veneto (Italy)	Vegetated tank	June – Sep	24.2 (average)	Borin et al., 2011
Sicily (Italy)	Pilot CW	April - Nov	1.5 – 50.4 24 (average)	Milani and Toscano, 2013

# Effetti biologici – apparato radicale 3/3



- Gas serra... anche in relazione alla loro gestione...

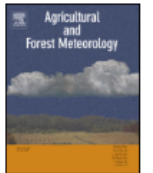
Agricultural and Forest Meteorology 236 (2017) 175–193



Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural and Forest Meteorology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/agrformet](http://www.elsevier.com/locate/agrformet)



Review

A review on the main affecting factors of greenhouse gases emission in constructed wetlands



Carmelo Maucieri<sup>a</sup>, Antonio C. Barbera<sup>b,\*</sup>, Jan Vymazal<sup>c</sup>, Maurizio Borin<sup>a</sup>

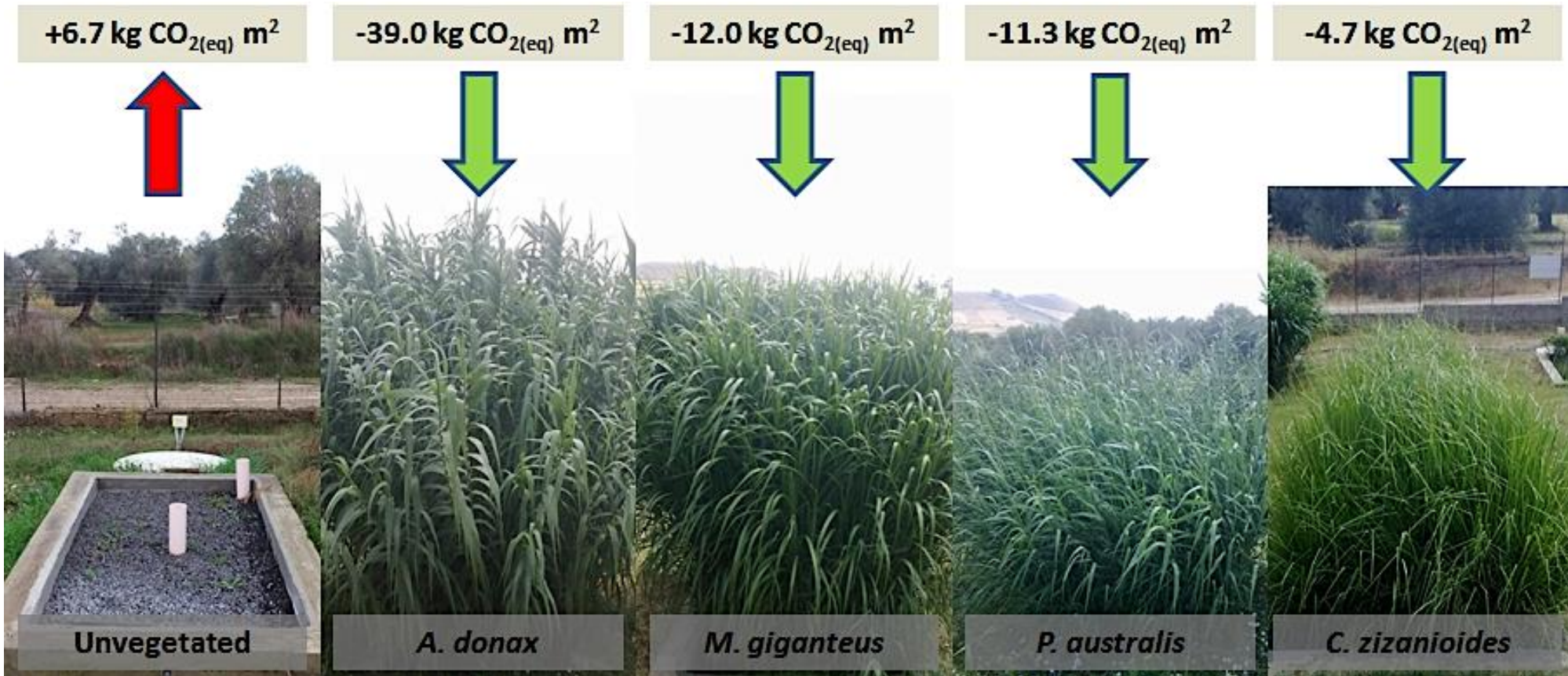
<sup>a</sup> Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment, DAFNE, University of Padova, Agricolo Campus, 35020 S. Giovanni Lupatoto, Italy

Potenziale di riscaldamento – Global Warming Potential (GWP) coefficienti sono: 1 per CO<sub>2</sub>; 310 per N<sub>2</sub>O; 21 per CH<sub>4</sub>

# Effetti biologici – apparato radicale 3/3 bis

## Emissioni gas climalteranti – *Effetto vegetazione*

**Canna** > Cyperus > Phragmites for **CO<sub>2</sub>**;  
Phragmites > **Canna** > Cyperus for **CH<sub>4</sub>**;  
Cyperus > Phragmites > **Canna** for **N<sub>2</sub>O**.  
Yang and Yuan (2019)



# Altri ruoli della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione

1. Forniscono un buon habitat per la fauna selvatica;



# Altri ruoli della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione

2. Estetico - Offrono un ambiente con un aspetto gradevole;



*Iris pseudacorus*



*Canna indica L.*



*Lythrum salicaria*



*Nymphaea spp.*



# Uso di piante da fiore ornamentali in fitodepurazione

- Da Sandoval, *et al.* (2019), su 87 CWs di 21 paesi i generi di vegetazione ornamentale da fiore comunemente usati sono:

- Canna,
- Iris,
- Heliconia,
- Zantedeschia.



[https://www.vivaiguardini.it/prodotti/64\\_PERENNI/7708\\_CALLA-ZANTEDESCHIA.htm](https://www.vivaiguardini.it/prodotti/64_PERENNI/7708_CALLA-ZANTEDESCHIA.htm)



*Heliconia latispatha* - By Justin Lebar - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=951141>

# Uso di piante da fiore ornamentali in fitodepurazione

## Impianto Donnalucata (Scicli) progetto Tresor

*Canna indica* L.



*Persicaria maculosa* Gray  
(*Polygonum persicaria* L.)



<https://www.actaplantarum.org/forum/viewtopic.php?t=132964>



**Table 1.** Bioaccumulation of polyphenol and mineral in macrophyte ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Macrophyte	<i>Persicaria punctata</i>	<i>Persicaria maculosa</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Polyphenol	20,800 $\pm$ 410	18,950 $\pm$ 370	12,970 $\pm$ 250
Flavonoid	9,300 $\pm$ 178	11,760 $\pm$ 230	10,100 $\pm$ 198

(Sahu *et al.*, 2020)

# Impianto Fitodepurazione Donnalucata (Scicli) progetto Tresor

**Unità HF1**



**fitodisidratazione**



**Unità VF**



## 3. Produzione di biomassa per impieghi diversi



# 'Nuovi ruoli' della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione

4. Fitorisanamento acque salmastre;
5. Bioindicatori;



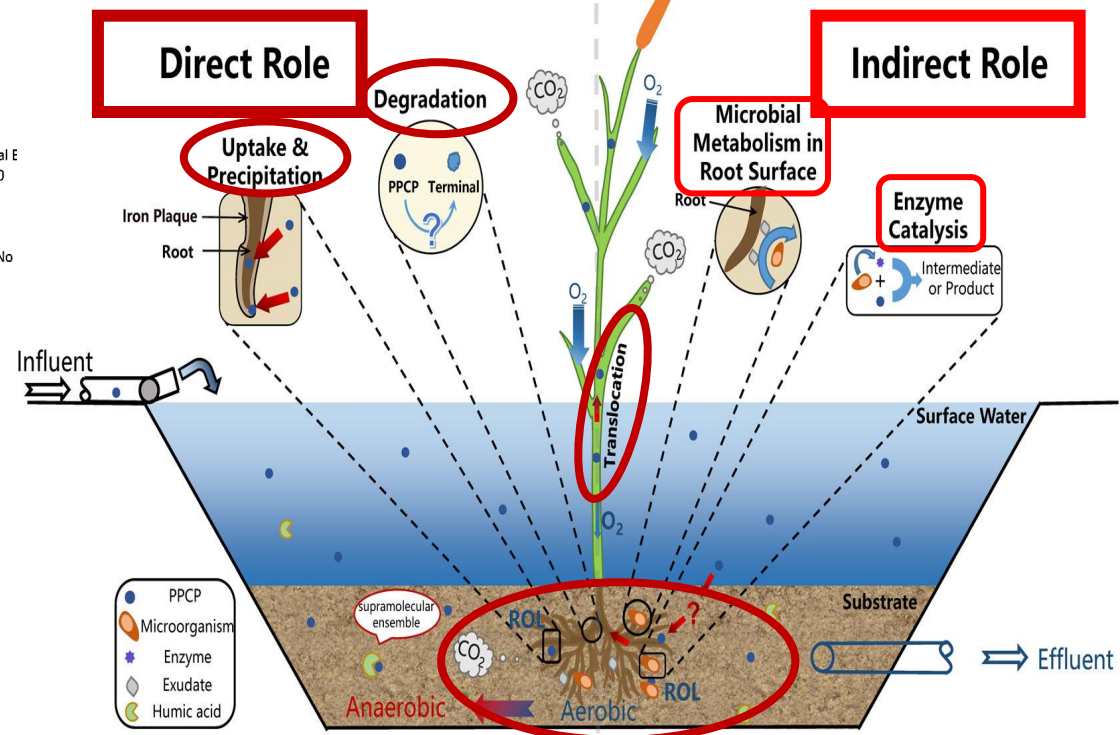
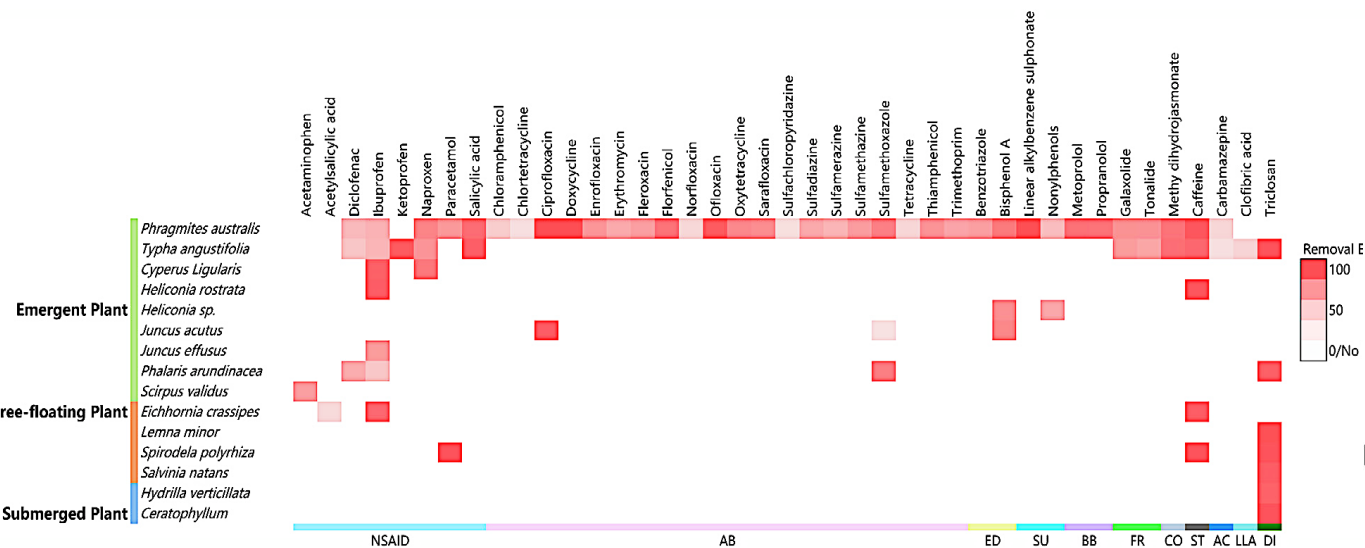
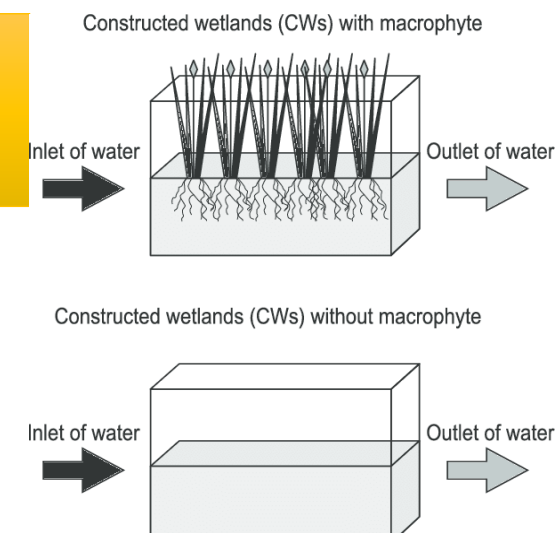
# 'Nuovi ruoli' della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione rimozione di prodotti farmaceutici e per la cura della persona.

## Planted CWs vs unplanted CWs

l'efficienza di rimozione dei PPCPs, da parte dei letti vegetati è significativamente > rispetto a quelli nudi.

(Hijosa-Valsero et al., 2010; Zhang et al., 2012; Matamoros e Salvado, 2012).

## PPCPs removal performance by CWs planted with different plant



Effects of pharmaceuticals (Caffeine and Ibuprofen) and AMF inoculation on the growth and yield of *Oryza sativa* L.

Antonio Carlo Barbera<sup>a,\*</sup>, Giovanni Leonardi<sup>a</sup>, Margherita Ferrante<sup>b</sup>, Pietro Zuccarello<sup>b</sup>, Carmelo Maucieri<sup>c</sup>

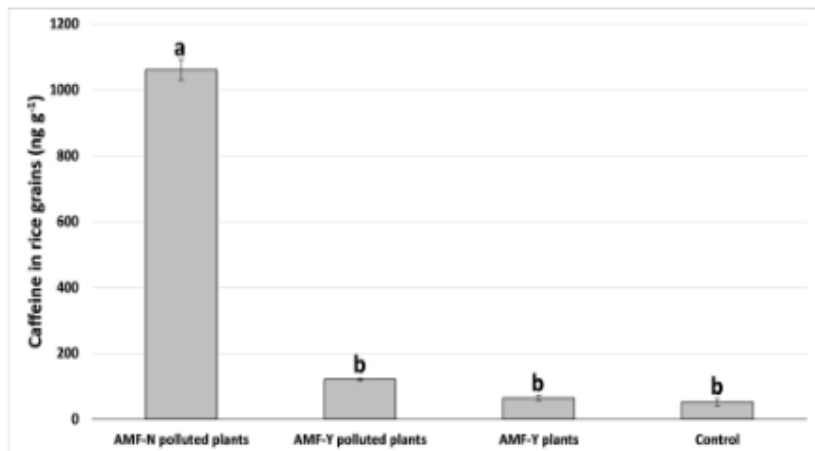
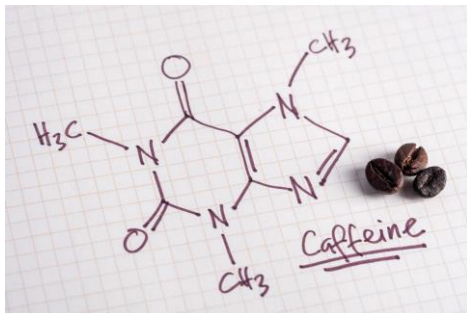


Fig. 6. Caffeine concentrations in rice grains. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.01$  with Fisher's LSD test.

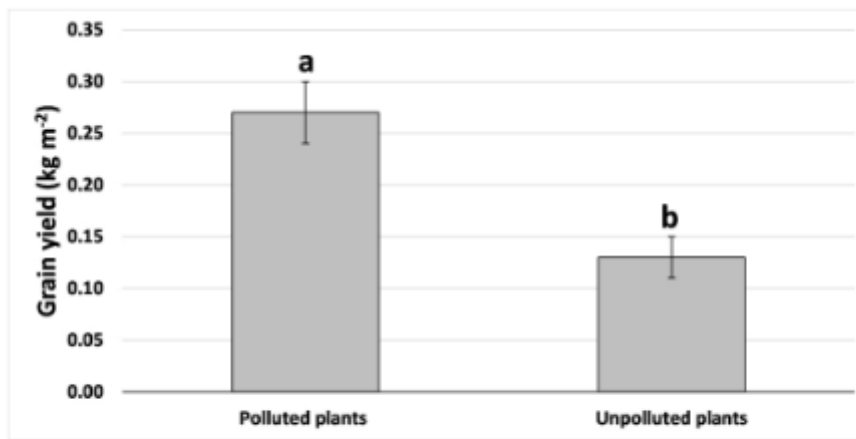


Fig. 1. Effect of polluting treatment on rice yield. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.01$  with Fisher's LSD test.

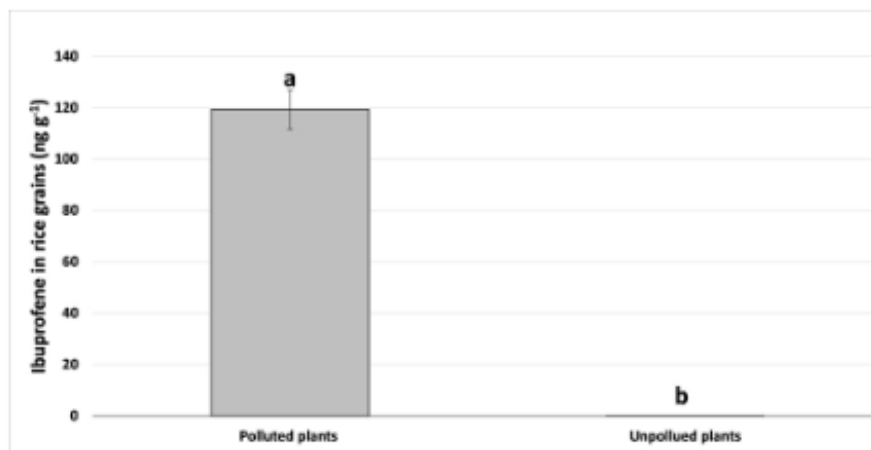
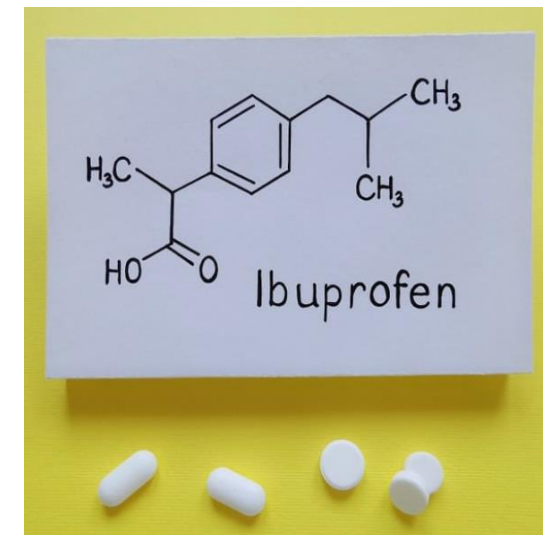


Fig. 7. Ibuprofen concentrations in rice grains. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.01$  with Fisher's LSD test.





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



Projet cofinancé  
par l'Union Européenne



**CONFERENCE FINALE**  
**8 septembre 2023 - Scicli (RG)**

**Palazzo Spadaro – Via Francesco Mormino Penna**

**Antonio Carlo BARBERA**  
[antonio.barbera@unict.it](mailto:antonio.barbera@unict.it)



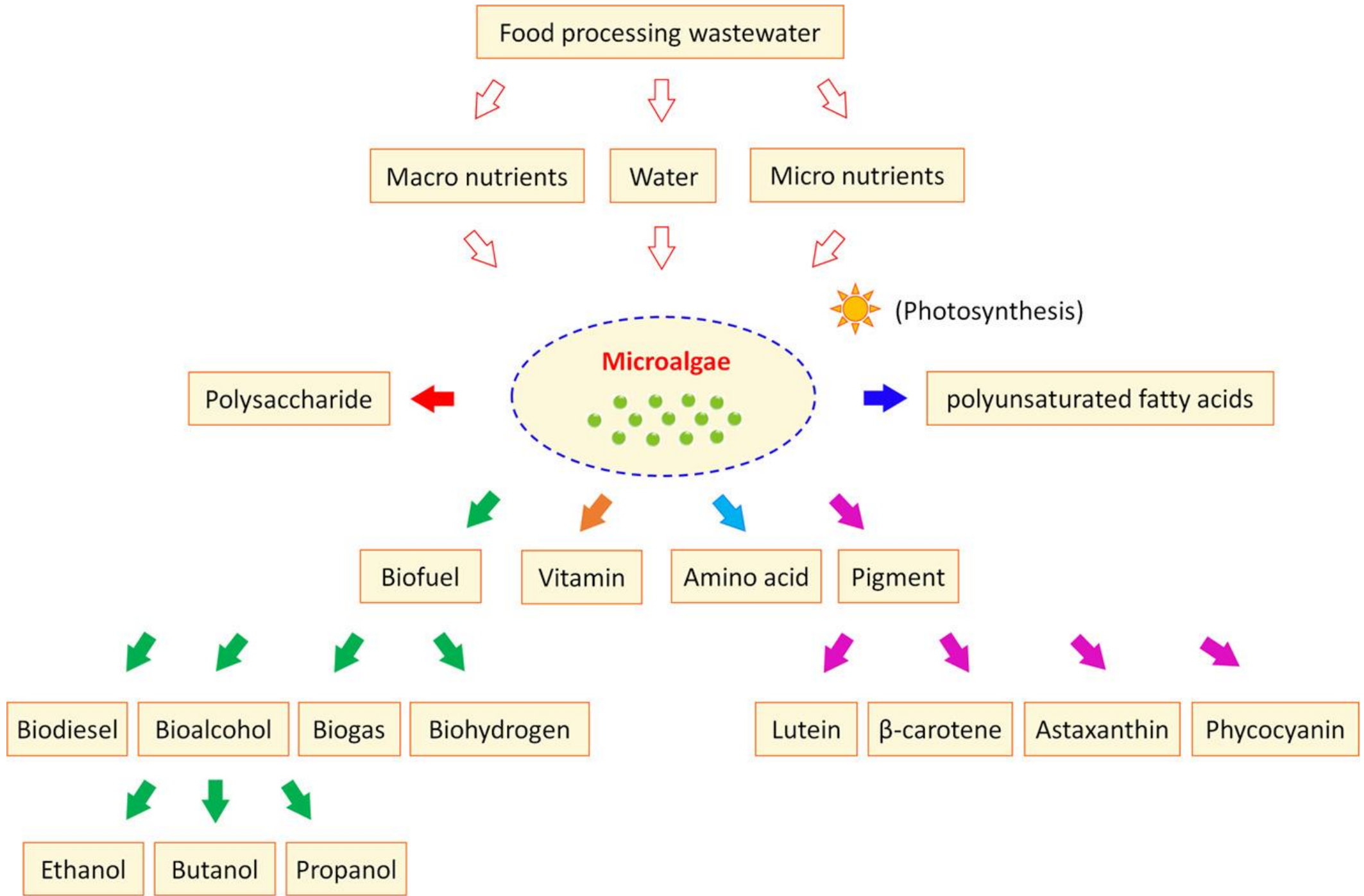




# Organismi presenti nei sistemi di fitodepurazione



- **La vegetazione acquatica**  $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Microfite} \\ \textit{Macrofite} \end{array} \right.$



# Fitodepurazione

$O_2$  released  $0.25\text{--}9.6\text{ g m}^2\text{ day}^{-1}$

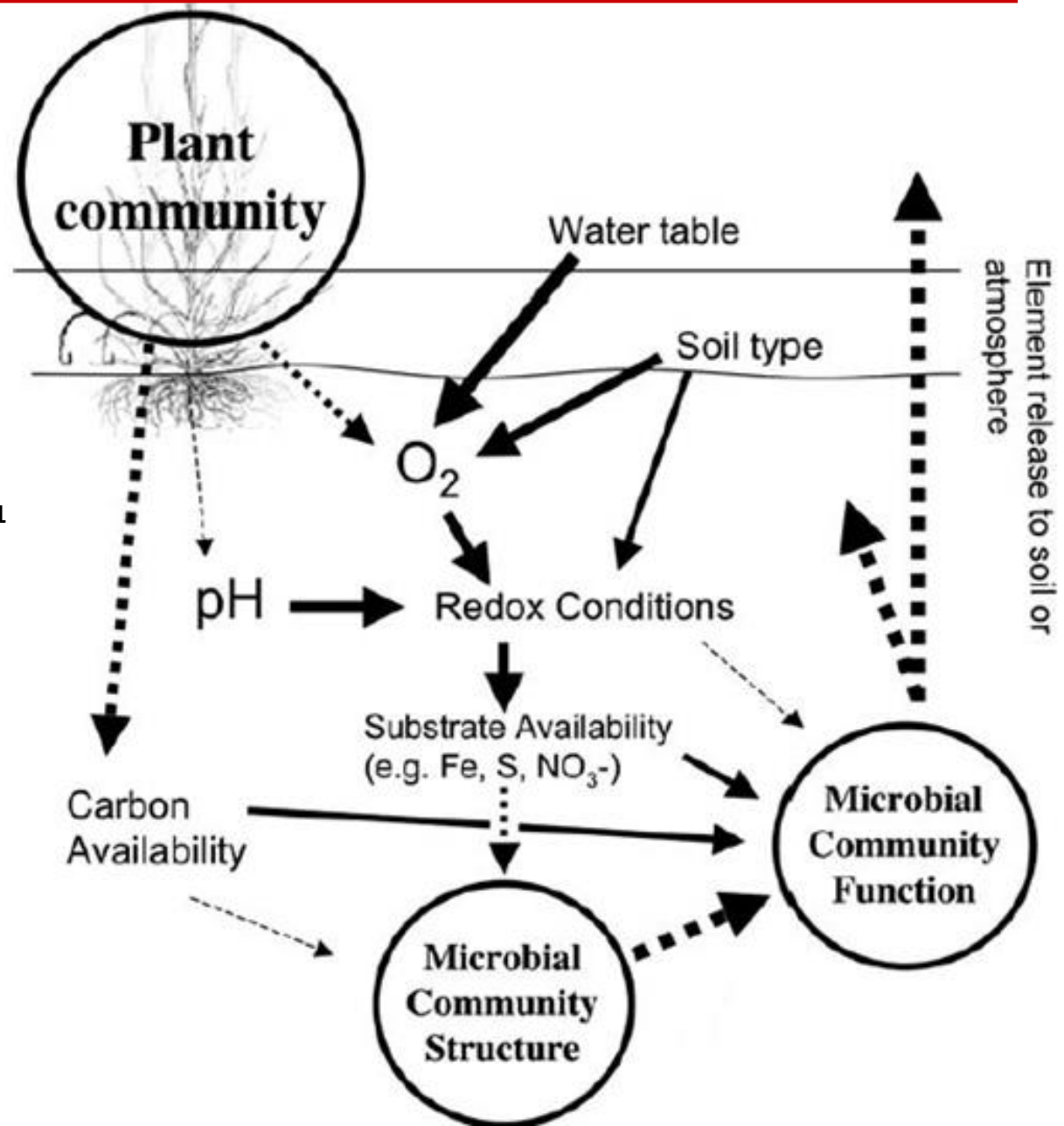


Foto di radici di una specie di *Puccinellia* tollerante al sale. È molto evidente l'effetto del pH nella formazione delle placche (da sinistra: radici bianche senza placche poiché la soluzione non conteneva ferro ridotto, e poi pH 4, 6 e 8 in presenza di alte concentrazioni di ferro).

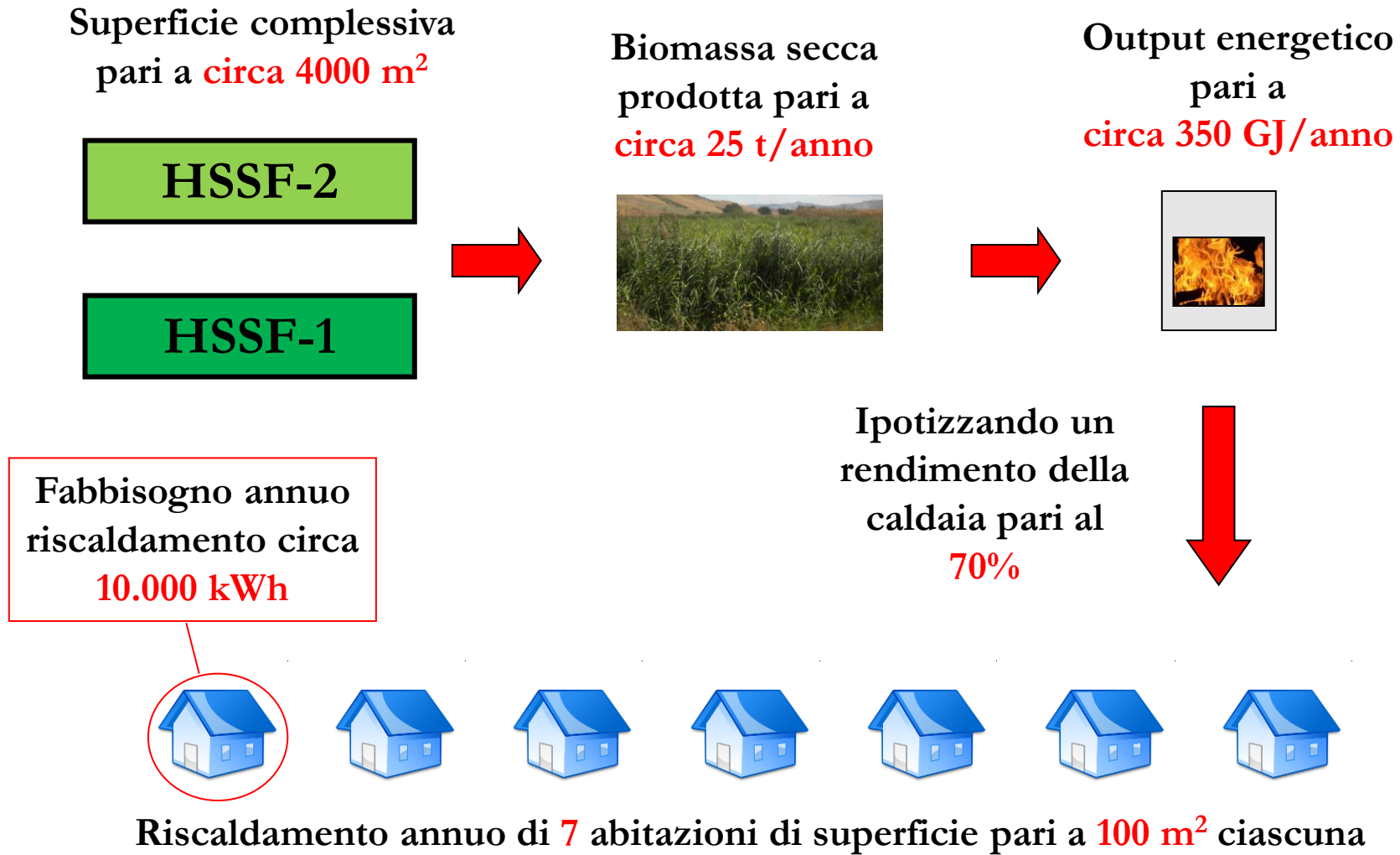


<https://flooding.dk/blog/iron-plaque-formation-on-roots-of-wetland-plants>

# Importanza della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione

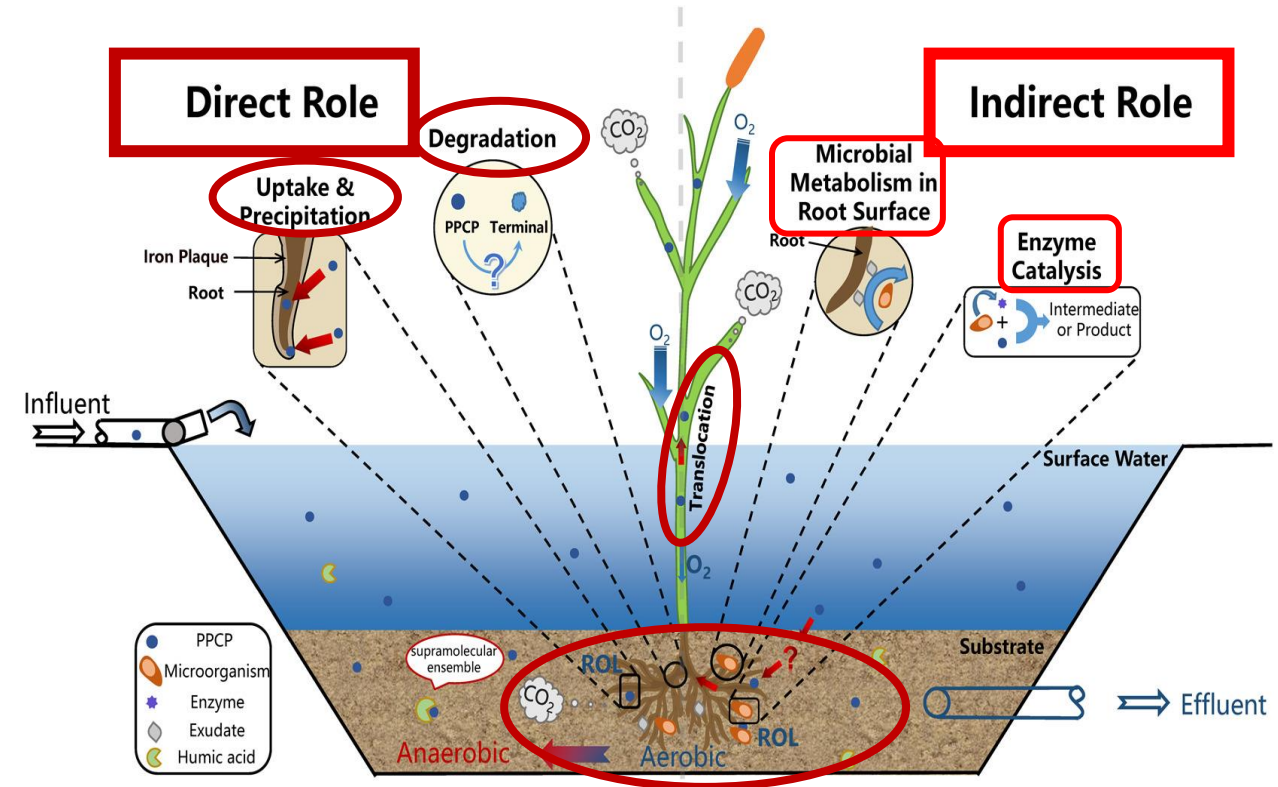
Spazio impiegato m <sup>2</sup> /ae	➤20 <b>Flusso superficiale</b>	5-10 <b>Flusso sub-sup. Orizz.</b>	2-5 <b>Flusso sub-sup. vert.</b>
<b>RUOLO</b>			
<b>Stabilizzare i letti</b>	*****	*****	+++
<b>Prevenire intasamento</b>	-	-	*****
<b>Ridurre la velocità del flusso</b>	***	-	-
<b>Attenuare la luce</b>	*****	++	+
<b>Isolamento term.</b>	***	***	***
<b>Sup.adesione microb.</b>	*****	+++	+
<b>Assorb.nutrienti</b>	*****	+	-
<b>Rilascio O<sub>2</sub></b>	+	++	+
<b>Habitat fauna</b>	*****	++	+
<b>estetico</b>	*****	****	***

# Altri ruoli della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione



# 'Nuovi ruoli' della vegetazione nei sistemi di fitodepurazione rimozione di prodotti farmaceutici e per la cura della persona.

c. Ruolo della vegetazione nella rimozione di prodotti farmaceutici e per la cura della persona.



Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)