



Gestione Sostenibile delle risorse idriche in Val di Cornia come laboratorio di soluzioni innovative

RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE IN AGRICOLTURA

15 GIUGNO 2020

IL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA: IL QUADRO EUROPEO E L'ESPERIENZA DELL'IRSA



Pompilio Vergine - Istituto di Ricerca sulle Acque



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa



Italian Water Research Institute - Main features



Established in 1968 (18 years before Ministry of Environment)

Important role in the national context (involved in Ministries task forces and legislation, reference for analytical methods, etc.)

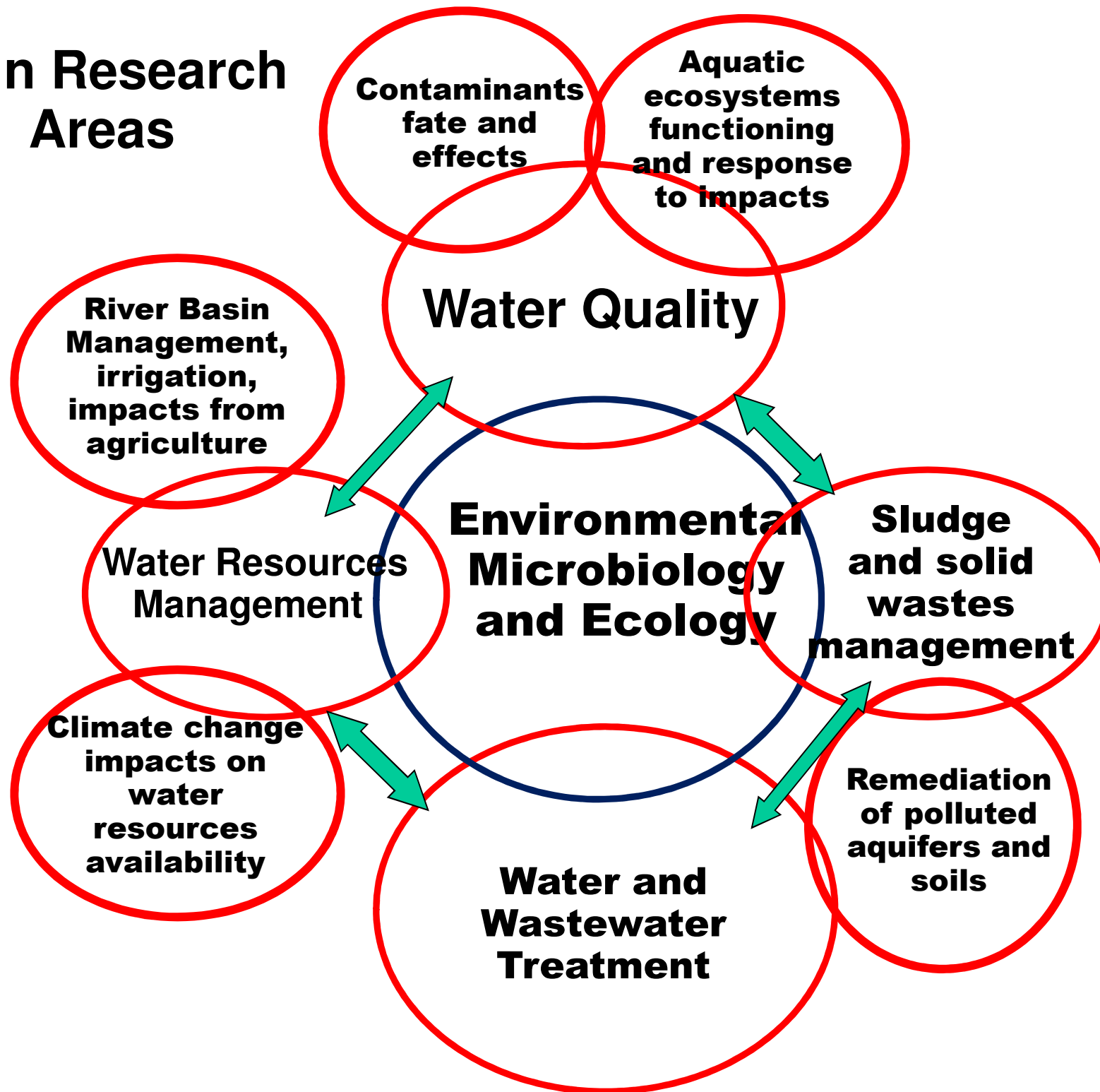
Active role also in the European context (participation and coordination of European research projects, member of various networks of research organizations, etc.)

Key feature: multidisciplinary expertise and approach

L'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)



Main Research Areas



Italian Water Research Institute - Thematic areas



Study of aquatic ecosystems, contaminant behaviour and related effects

Sustainable management of water resources

Analytical methods for water analysis

Recovery of energy and resources from wastewater and sludge

Innovative processes for water and wastewater treatment and for contaminated soil remediation



STRESS IDRICO e RIUSO ACQUE

Come affrontare lo stress idrico



Aumento domanda

- Aumento demografico
- Aumento di consumo di cibo
- Industrializzazione

Gestione della domanda

- Contrasto alle perdite
- Efficienti tecniche di irrigazione
- Formazione
- Misure economiche (incentivi e penali)

Riduzione della disponibilità idrica

- Cambiamenti climatici
- Impoverimento delle risorse naturali
- Uso improprio delle risorse idriche
- Salinizzazione costiera

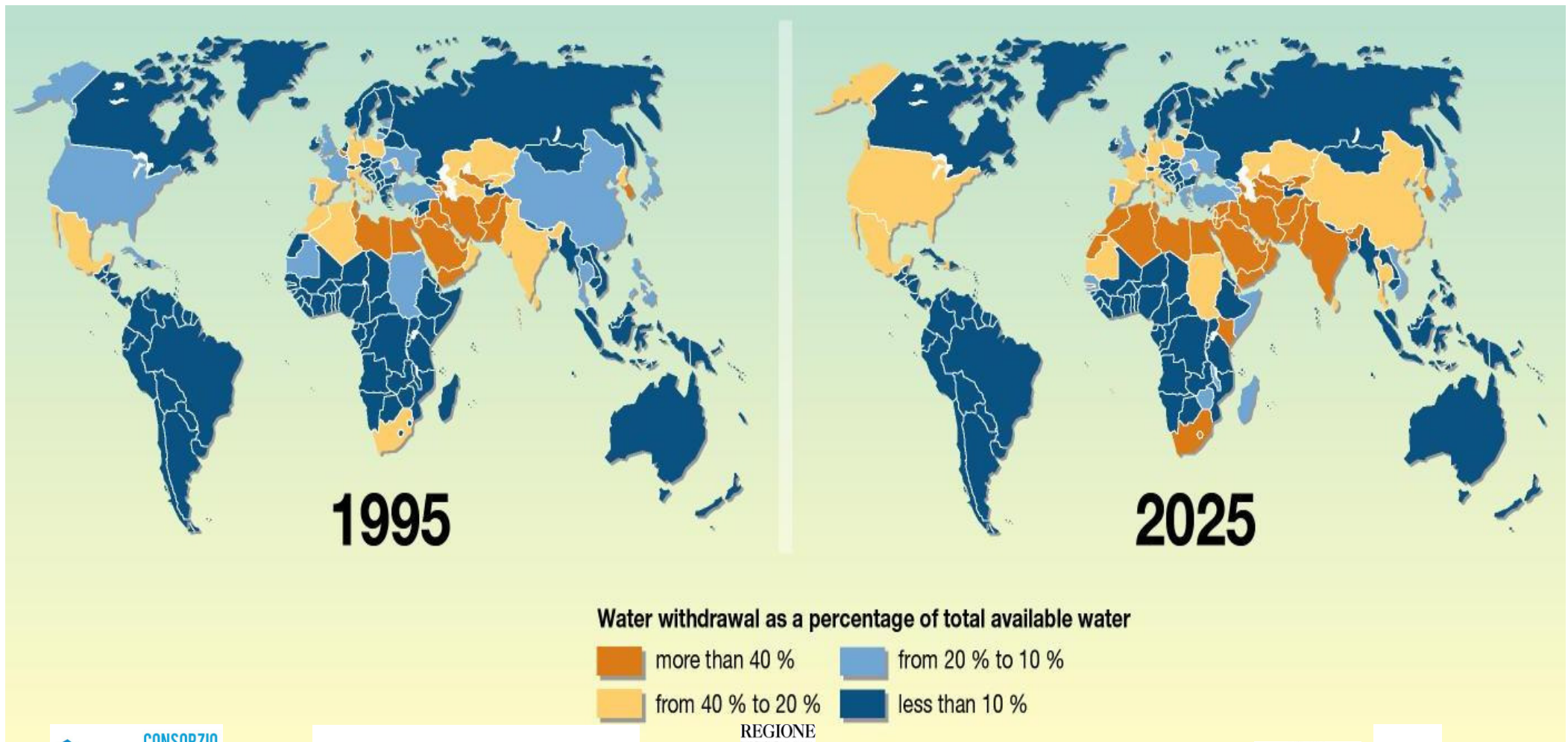
Aumento della disponibilità idrica

- Desalinizzazione (mare)
- Riutilizzo acque reflue depurate
- Raccolta acque piovane

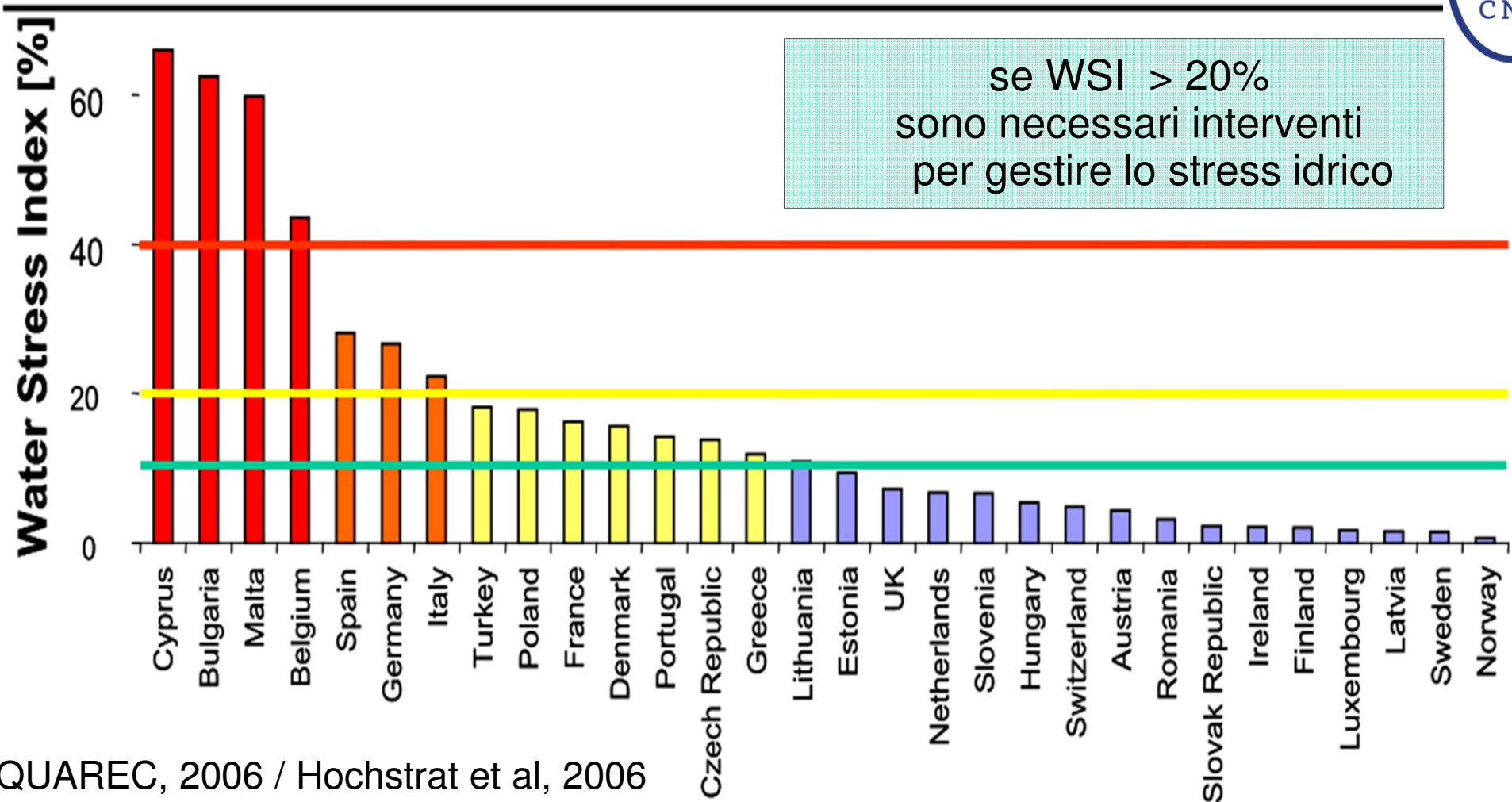


Stress idrico nel mondo

$$\text{Water Stress Index} = \frac{\text{Prelievo idrico}}{\text{Risorse idriche naturali rinnovabili}}$$



Stress idrico nell'Unione Europea



AQUAREC, 2006 / Hochstrat et al, 2006

Stress idrico nell'Unione Europea



SITUAZIONE ETEROGENEA riguardo la gestione delle risorse idriche

L'UE può essere divisa in zone con differenti priorità:

- Zone con sufficiente disponibilità idrica, in quantità e qualità;
- Zone con problemi di qualità;
- Zone con problemi di qualità e quantità.

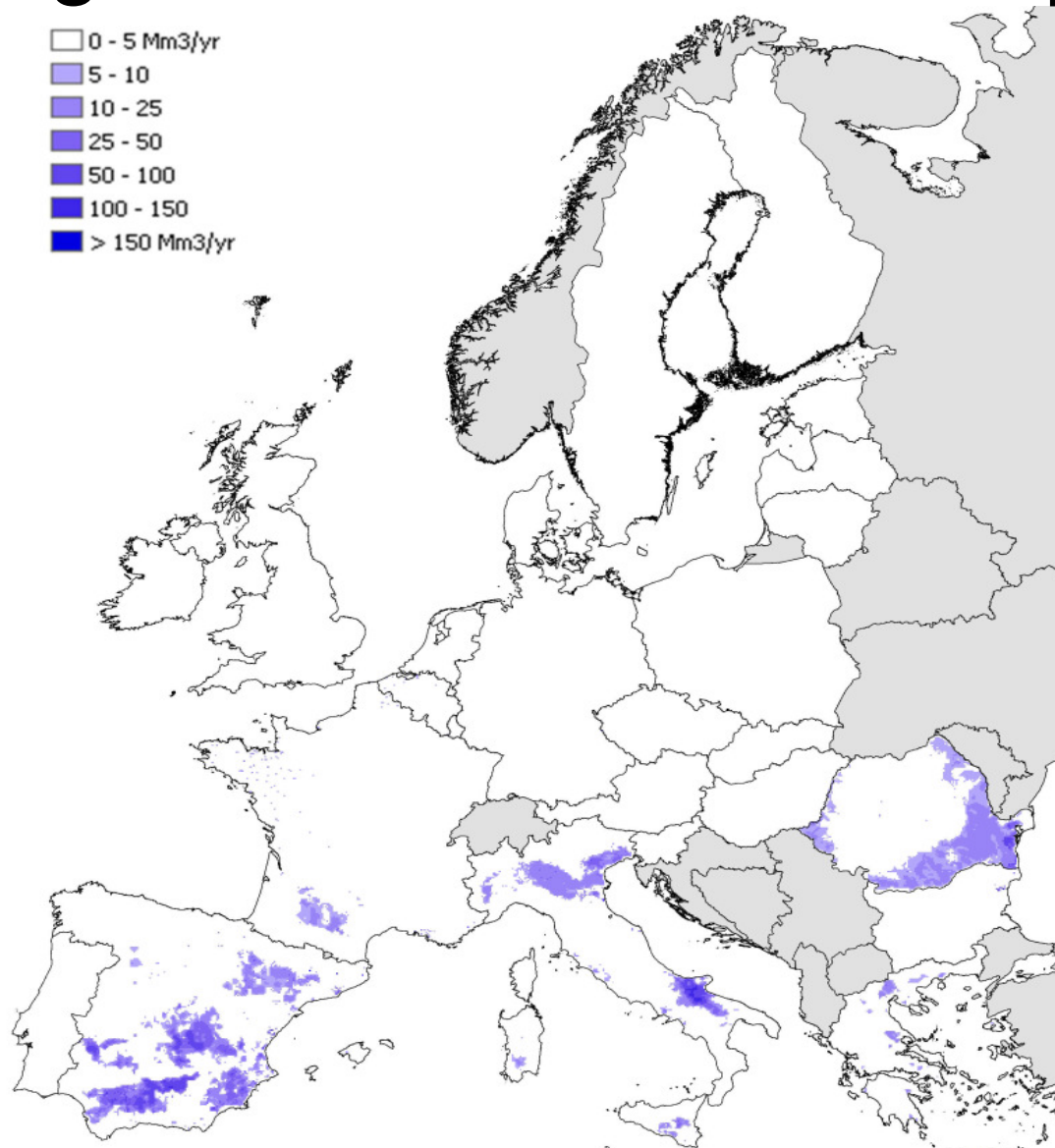
UE Continentale: Elevati standard qualitativi, pochi problemi in termini di quantità. Forte attenzione ai microinquinanti (CEC).

UE Mediterranea: Elevata domanda di recupero acqua e nutrienti per irrigazione e ricarica falde (anche per contrastare la salinizzazione). Attenzione a salinità e microbiologia.

Criterio generale legato alla latitudine, con eccezioni in aree costiere, grandi città, etc



Stress idrico nel settore agricolo nell'Unione Europea



Aree nelle quali la disponibilità idrica è insufficiente per soddisfare le necessità irrigue

(media 1990-2010, Mm³/anno) Fonte: JRC 2012

Stress idrico nei Paesi del Mediterraneo



I Paesi del Mediterraneo (UE, Africa e Asia) sono caratterizzati da:

- Scarse piogge
- Poche risorse idriche naturali, in alcuni casi sovrasfruttate
- Urbanizzazione costiera, che può causare salinizzazione delle falde

Recentemente, aumento dello stress idrico stagionale (primavera-estate) a causa del concomitante aumento di:

- Turismo
- Necessità agricole
- Precipitazioni irregolari ed elevate temperature (cambiamento climatico)



Vantaggi del riuso delle acque reflue depurate in agricoltura



- Le acque reflue sono una fonte continua
- Per grande parte non sfruttata (e di solito disponibile ad un costo non elevato)
- Evita una contaminazione (relativa allo scarico di acque reflue)
- Può avere un significativo contributo come fertilizzante



Rischi del riuso delle acque reflue depurate in agricoltura



- Possibili effetti su suolo e piante irrigati con acque reflue depurate di scarsa qualità (salinizzazione, accumulo di metalli, etc.)
- Sicurezza microbiologica, se le piante sono irrigate con acque solo parzialmente disinfettate
- Diffusione di batteri resistenti agli antibiotici? (under investigation)
- Assorbimento di microinquinanti (CEC) nelle piante. Effetti negativi per i consumatori? (under investigation)



RIUSO ACQUE

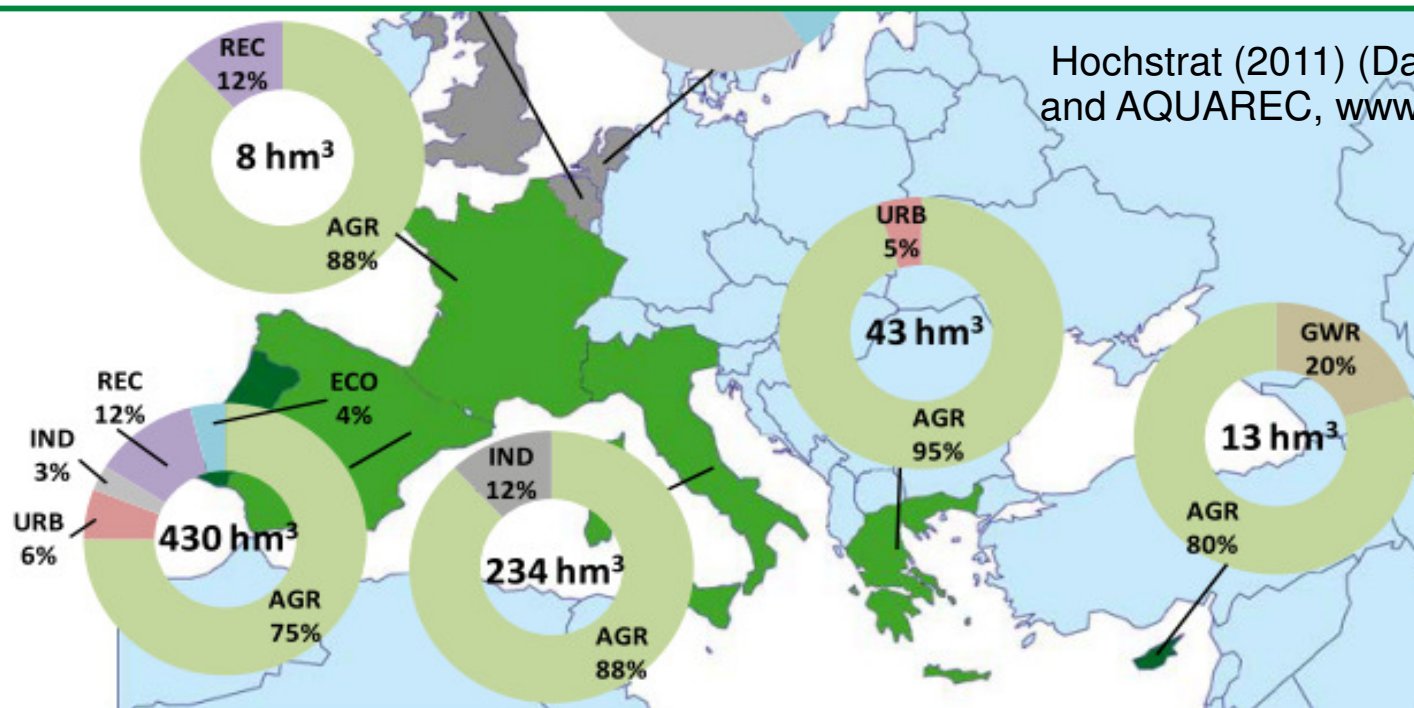
Quadro normativo in Europa

Principali casi di riuso acque depurate in Europa

Nei Paesi del Mediterraneo

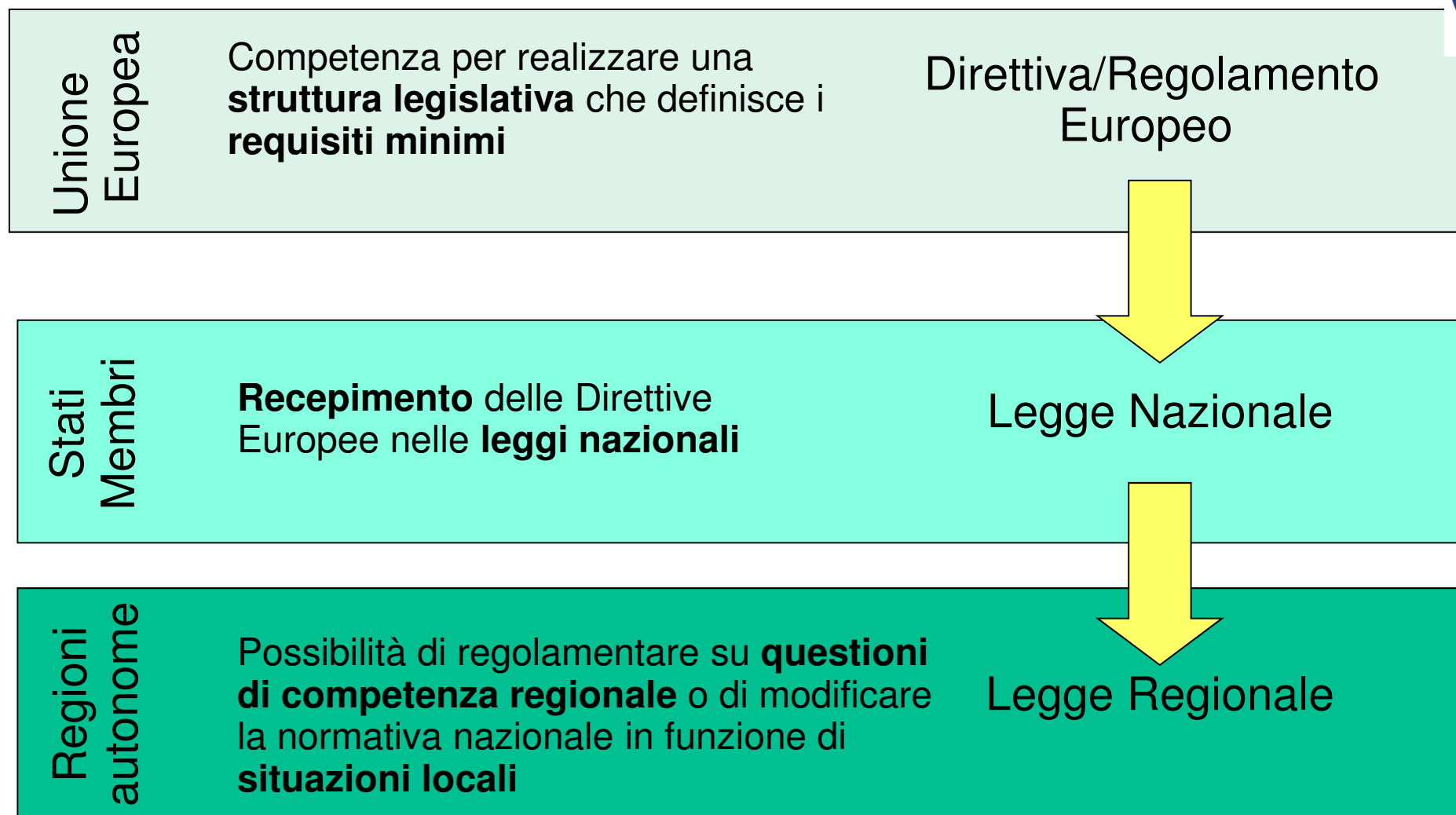
L'agricoltura preleva oltre il 50 % delle fonti idriche convenzionali

L'irrigazione delle piante è la principale applicazione di riuso dei reflui depurati



Riuso delle acque in agricoltura

La struttura legislativa in UE



Riuso delle acque in agricoltura Verso un regolamento UE



Al momento c'è una PROPOSTA di Regolamento UE

2015: CE Comunicazione al Parlamento e al Consiglio "Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy".

Include il RIUSO DELLE ACQUE

Lista di iniziative a seguire (definite nell'ALLEGATO):

1. Il riuso delle acque all'interno di un piano di gestione integrato – LINEE GUIDA
2. Requisiti minimi di qualità per il riutilizzo delle acque depurate per l'irrigazione e la ricarica della falda - Proposta di Regolamento
3. Riuso industriale delle acque - BREFs (Best Available Techniques Reference Document)
4. Supporto a ricerca e innovazione
5. Fondi UE per investimenti nel riuso delle acque





JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge

Towards a water reuse regulatory instrument at EU level

Alcalde-Sanz, L. and Gawlik, B.M.

2017



Riuso delle acque in agricoltura

Verso un regolamento UE



2017: Requisiti minimi di qualità per il riutilizzo delle acque depurate per l'irrigazione e la ricarica della falda

Proposta di Regolamento

Si basa su due pilastri:

- **“Fit for purpose”**. La qualità dell'acqua prodotta deve essere appropriata all'uso che se ne vuole fare (tipo di piante irrigate).
- Definizione di **pratiche di gestione del rischio**. Questo criterio risponde alla necessità di salvaguardia della salute pubblica e protezione ambientale



Riuso delle acque in agricoltura

Verso un regolamento UE



Livello di qualità delle acque (Classe)

Table 3. Classes of reclaimed water quality, and the associated agricultural use and irrigation method considered.

Crop category	Minimum reclaimed water quality class	Irrigation method
All food crops, including root crops consumed raw and food crops where the edible portion is in direct contact with reclaimed water	Class A	All irrigation methods allowed
Food crops consumed raw where the edible portion is produced above ground and is not in direct contact with reclaimed water	Class B	All irrigation methods allowed
	Class C	Drip irrigation only
Processed food crops	Class B	All irrigation methods allowed
	Class C	Drip irrigation only
Non-food crops including crops to feed milk- or meat-producing animals	Class B	All irrigation methods allowed
	Class C	Drip irrigation only
Industrial, energy, and seeded crops	Class D	All irrigation methods allowed



Riuso delle acque in agricoltura

Verso un regolamento UE

Requisiti minimi di qualità

Table 2. Reclaimed water quality criteria for agricultural irrigation.

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality criteria				
		<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Additional criteria
Class A	Secondary treatment, filtration, and disinfection (advanced water treatments)	≤10 or below detection limit	≤10	≤10	≤5	
Class B	Secondary treatment, and disinfection	≤100	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC		
Class C	Secondary treatment, and disinfection	≤1,000	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC		
Class D	Secondary treatment, and disinfection	≤10,000	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC		

Standard qualitativi specifici possono essere aggiunti d'accordo con i risultati della valutazione del rischio. Per esempio: :

- Metalli pesanti
- Pesticidi
- Sottoprodotti della disinfezione
- Farmmaci
- Altri CEC
- Resistenza agli antibiotici

Riuso delle acque in agricoltura

Normative nazionali



Forti differenze tra Paesi Europei in termine di:

- Approccio (trattamenti minimi richiesti o conformità con limiti di legge; favorire il riutilizzo delle acque o altre pratiche; etc.)
- Standard di qualità (ad es., differenze sino a più di un ordine di grandezza per gli indicatori fecali)
- Misure economiche per sostenere il riutilizzo delle acque

La mancanza di omogeneità tra i Paesi Europei limita l'applicazione del riutilizzo delle acque in agricoltura e influenza la libera circolazione dei prodotti agricoli irrigati con acque depurate



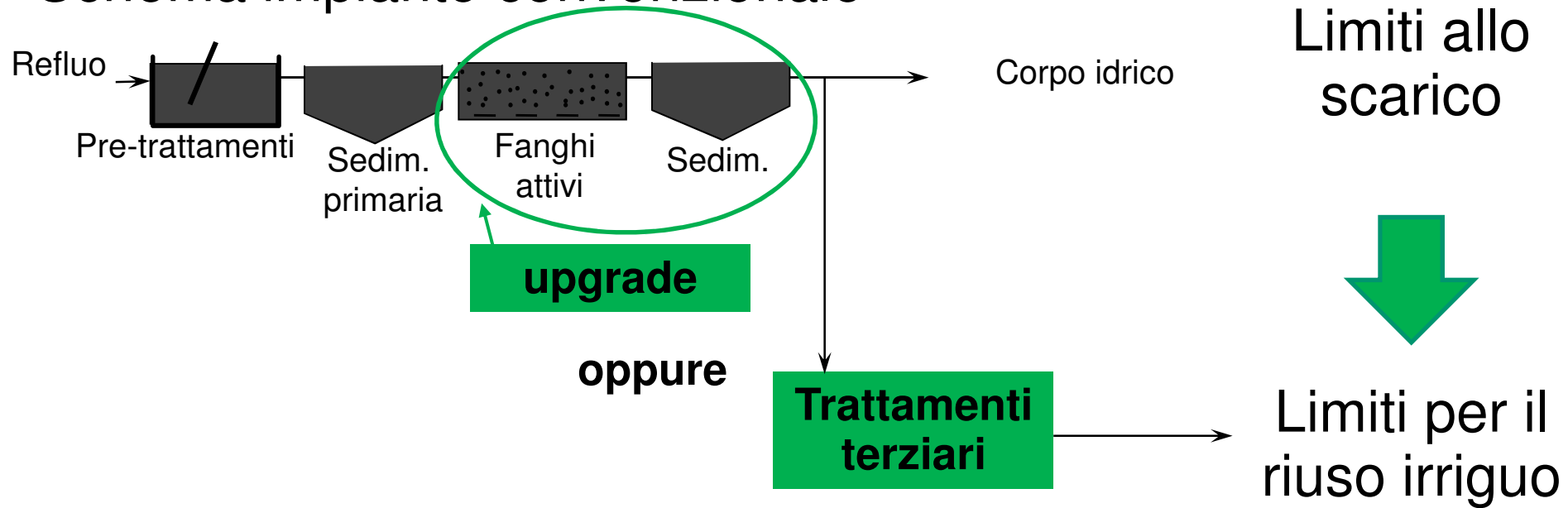
RIUSO ACQUE

**Principali aspetti tecnici
da considerare**

Aspetti tecnici

1. Trattamento acque

Schema impianto convenzionale



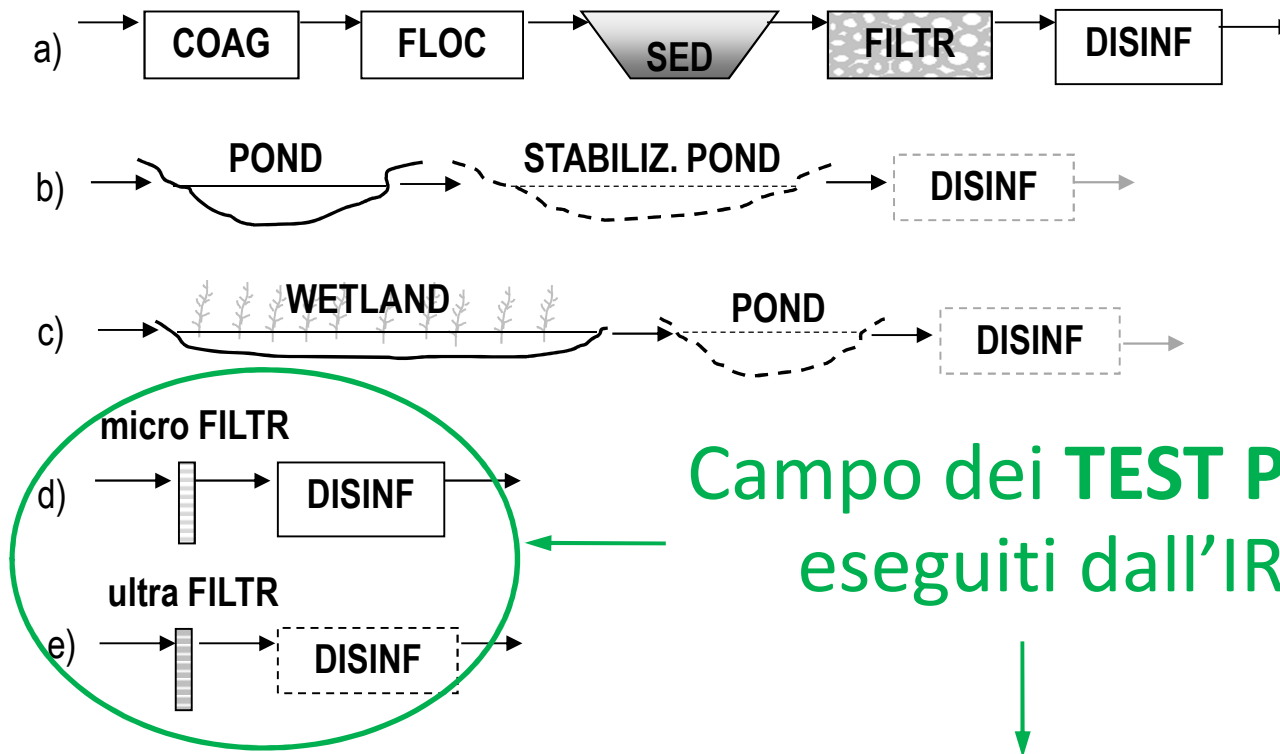
Principali parametri per riuso:

- Solidi sospesi
- Indicatori di patogeni
- Sostanza organica

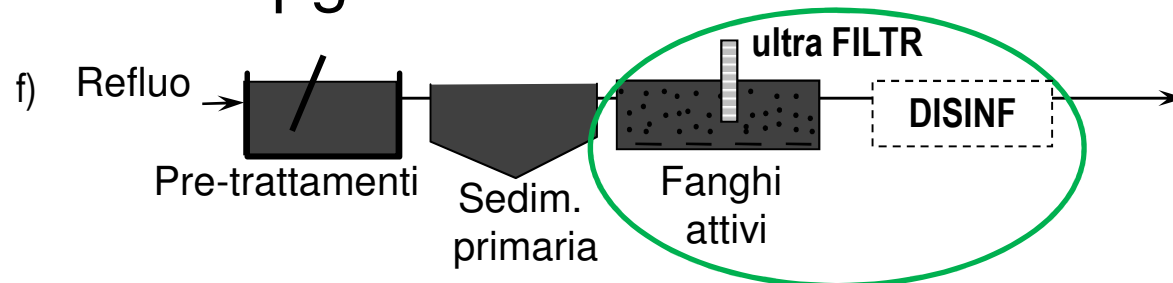
Aspetti tecnici

1. Trattamento acque

Trattamenti terziari:



WWTP upgrade:



Aspetti tecnici

2. Stoccaggio e distribuzione

Questioni da tenere in conto:

- **Ricrescita batterica** durante lo stoccaggio
- Possibile **ricontaminazione** delle acque depurate
- **Reti di distribuzione** da costruire (e gestire) tra impianto di trattamento acque reflue e campi irrigati
- Trovare **destinazioni alternative** per le acque depurate in caso di malfunzionamento o scarsa richiesta idrica (periodo non irriguo)

Aspetti tecnici

3. Sostenibilità e accettabilità



Mancanza di informazione - Gli agricoltori di solito sovrastimano i possibili rischi

Benefici ambientali - Non possono essere monetizzati facilmente (es., scarico contaminanti evitato, sovrasfruttamento delle risorse idriche naturali evitato)

Sostenibilità economica - Dipende da condizioni locali

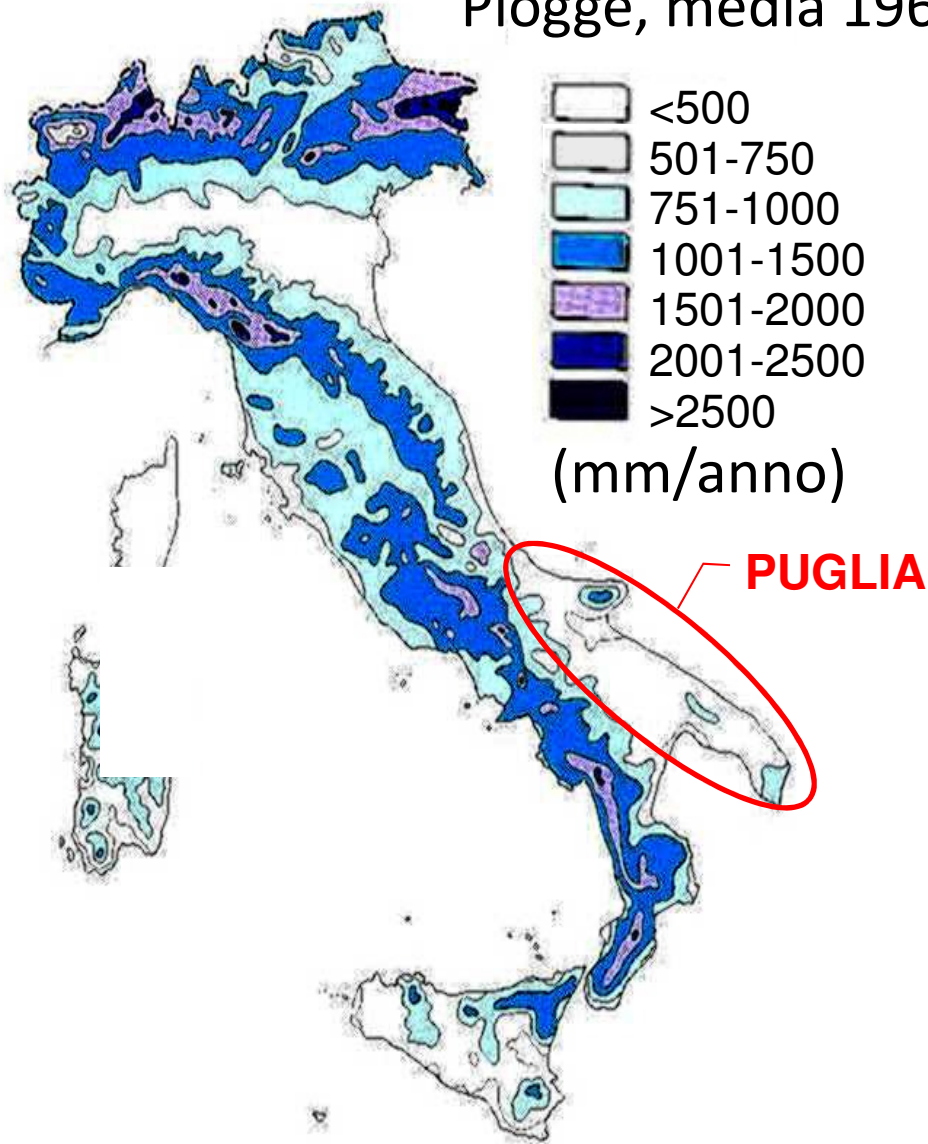


**L'esperienza IRSA in Puglia
nel campo del riuso**

**Oltre 10 anni di attività di
ricerca**

Le risorse idriche in Puglia

Piogge, media 1960-2010



Bassa piovosità

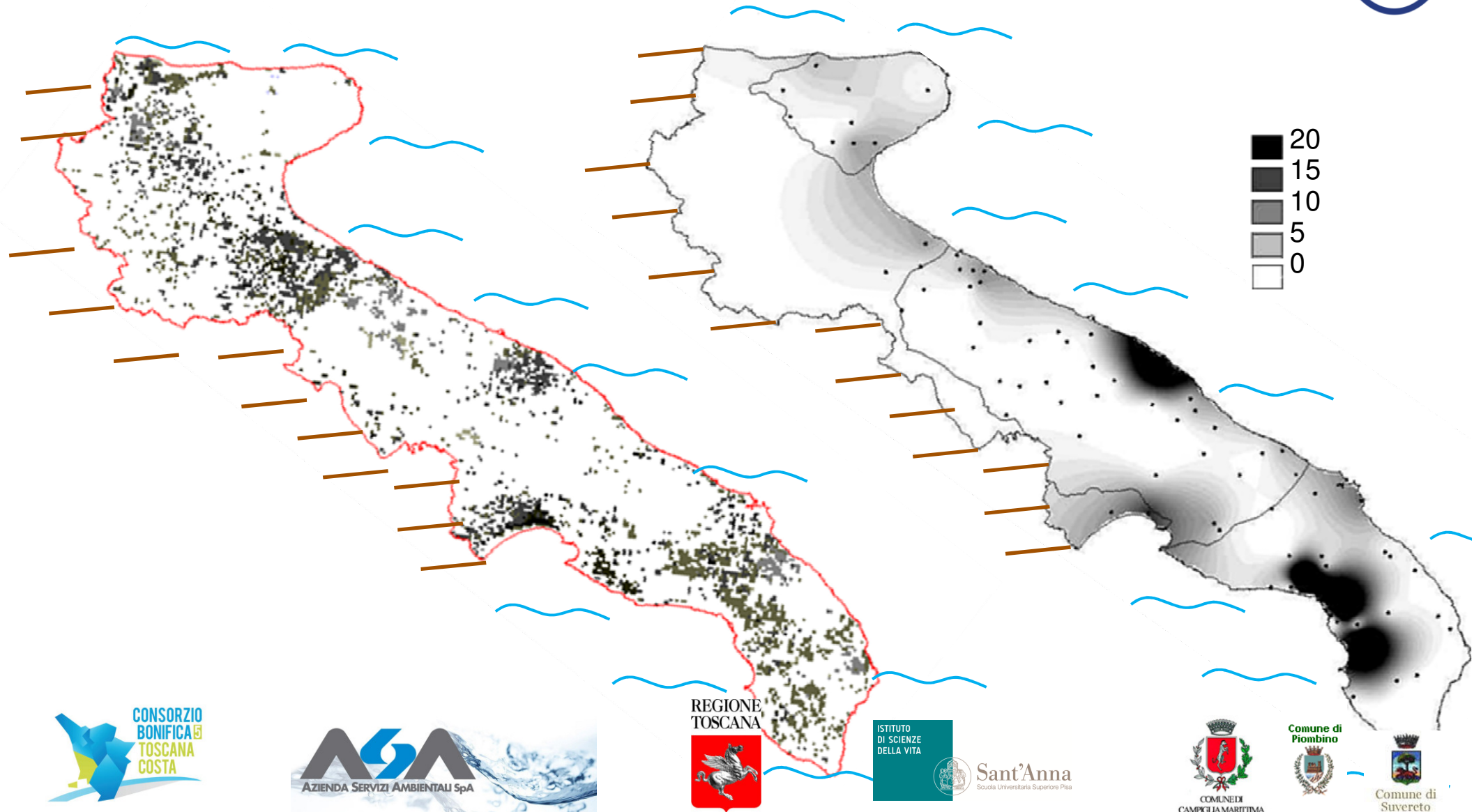
Assenza di corpi idrici
superficiali permanenti

La Regione Puglia
presenta uno stress
idrico considerevole

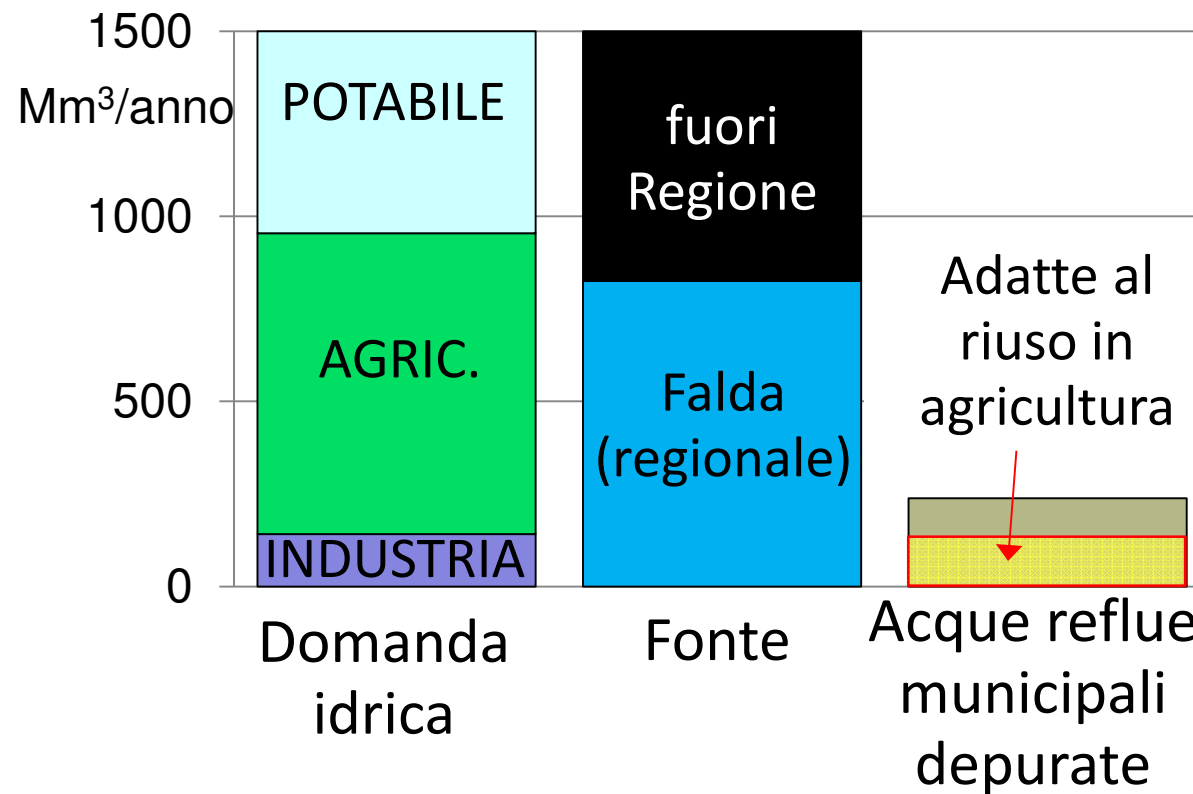
Le risorse idriche in Puglia

Prelievi da falda per irrigazione
(mm/anno)

Conducibilità Elettrica in falda
(mS/cm)



Le risorse idriche in Puglia

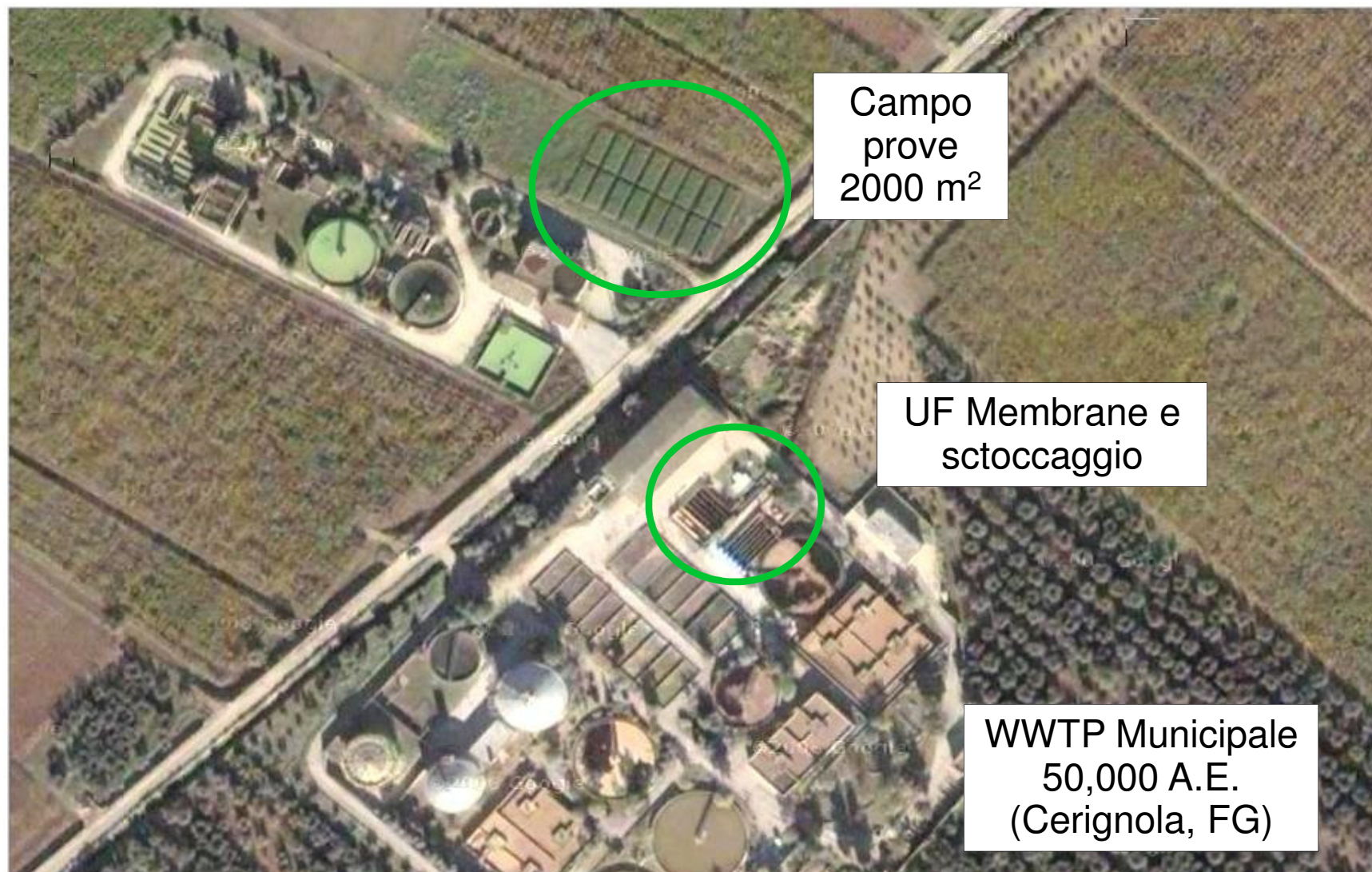


Acque reflue municipali depurate appropriate al riuso irriguo = 18% della domanda idrica in agricoltura

Meno del 5 % del riuso irriguo potenziale è effettivamente realizzato

Caso studio 1. Trattamento terziario e campo prove

(2002-2006) Cerignola (FG)



Caso studio 1. Trattamento terziario e campo prove

(2002-2006) Cerignola (FG)

Impianto terziario pilota

Capacità: 700 L/h

Membrane ZeeWeed250
(Zenon)

Stoccaggio: 30 m³



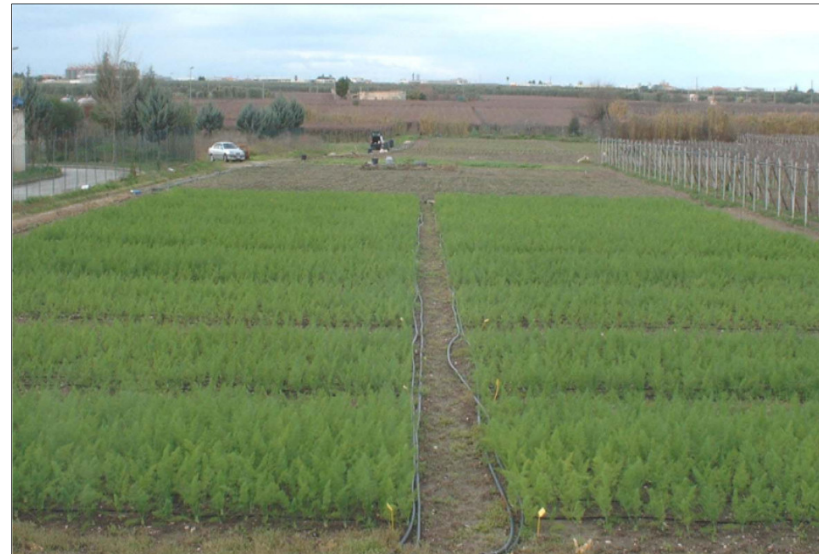
Campo prove

Coltivazioni tipiche
locali

16 parcelle 5x24 m

Irrigation a goccia

(SWD 35 %)



Caso studio 1. Trattamento terziario e campo prove

(2002-2006) Cerignola (FG)

Parameter	Unit	Treated Wastewater	Conventional Source	Regional limits (*)
TSS	mg/L	< d.l.	< d.l.	10
COD	mgO ₂ /L	43	32	50
N-NH ₄ ⁺	mg/L	1.0	0.3	2
NO ₃ ⁻	mg/L	9.5	5.8	
P-PO ₄ ⁻	mg/L	2.3	2.3	10
Na ⁺	mg/L	329	124	
Ca ⁺⁺	mg/L	45	44	
Mg ⁺⁺	mg/L	27	51	
Cl ⁻	mg/L	460	256	500
K ⁺	mg/L	30	18	
B	mg/L	1.0	0.1	2.0
Fe	mg/L	0.0	0.0	2.0
Mn	mg/L	0.0	0.0	0.2
ECw	dS/m	2.4	1.5	3.0
S.A.R.		13	4	10
<i>Total coliforms</i>	Cfu/100mL	146	293	
<i>Faecal coliforms</i>	Cfu/100mL	38	73	
<i>Escherichia Coli</i>	Cfu/100mL	11	9	10
<i>Salmonellae</i>	Cfu/100mL	0	0	0

Caso studio 2. MBR, campo prove. Destino *E. coli*

Pilota MBR (BioReattore a Membrane)

Membrane Zenon ZW10

Portata 15 L/h



Caso studio 2. MBR, campo prove. Destino *E. coli*



(2010-2014) sede IRSA



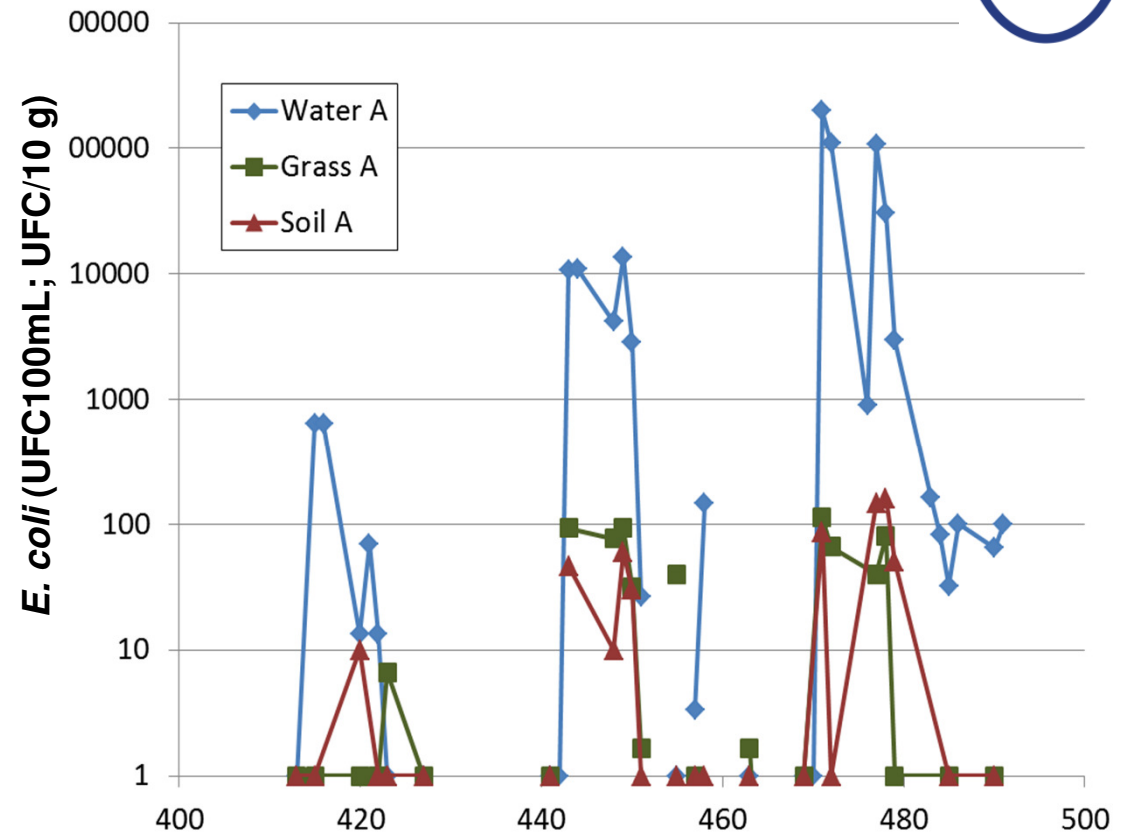
Campo prove

2 zone (4x4 m)

2 tipi di acque: 1) Controllo; 2) Effluente MBR + aggiunte *E. Coli* (simulando rottura membrane)



Caso studio 2. MBR, campo prove. Destino *E. coli*



Limitata persistenza di *E. coli* su suolo e erba dopo irrigazione (massimo 15 d)

Caso studio 2. MBR, campo prove. Destino *E. coli*



Soil columns irrigated with raw wastewater (simulating pollution event)

What is the persistence of *E. coli* in top-soil?

Can *E. coli* reach groundwater?

Caso studio 2. MBR, campo prove. Destino *E. coli*

Contaminazione (C)

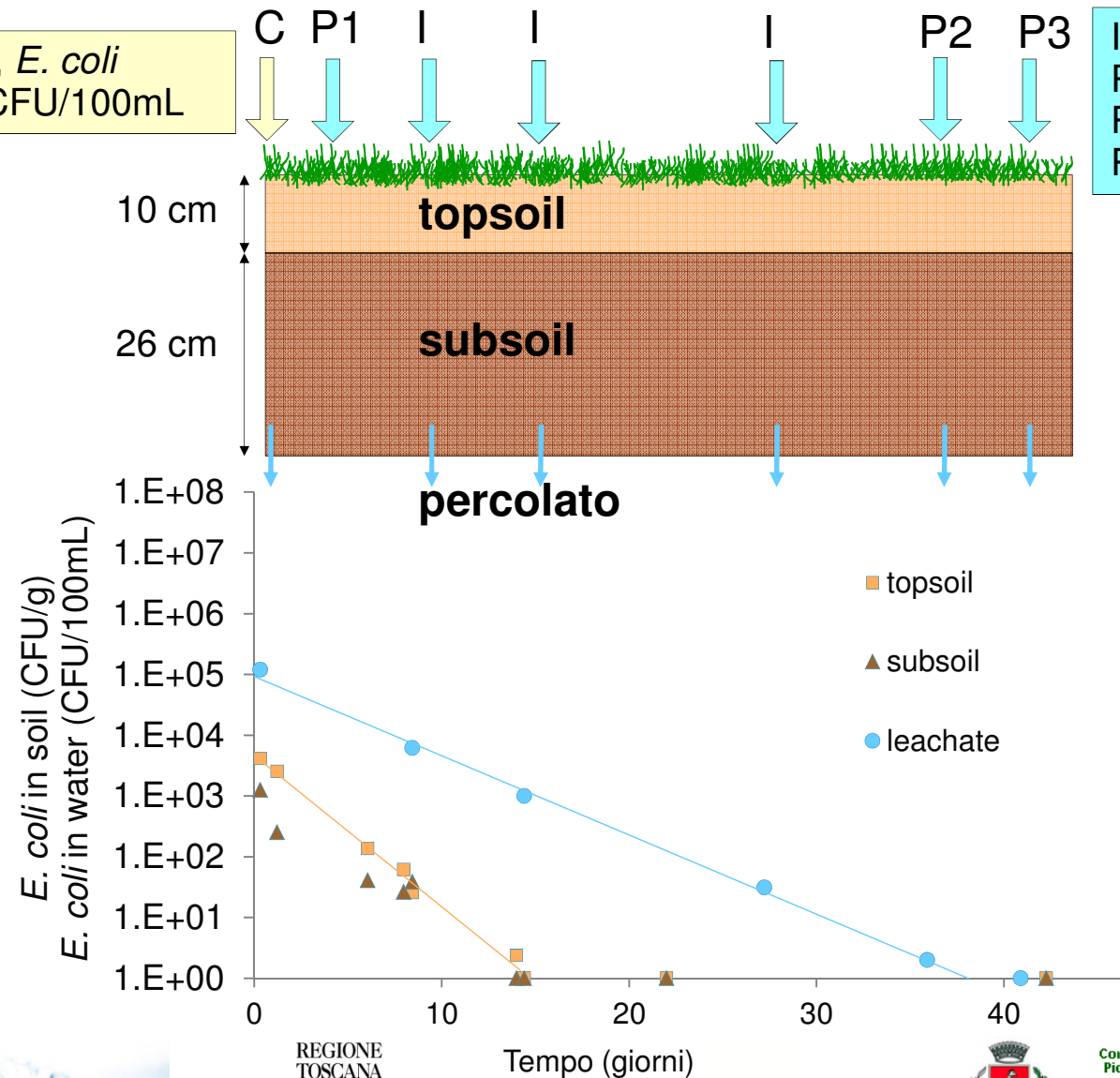
Pioggia (P) e Irrigazione con acqua di rete (I)

C: 48 mm, *E. coli*
1.0E+07 CFU/100mL

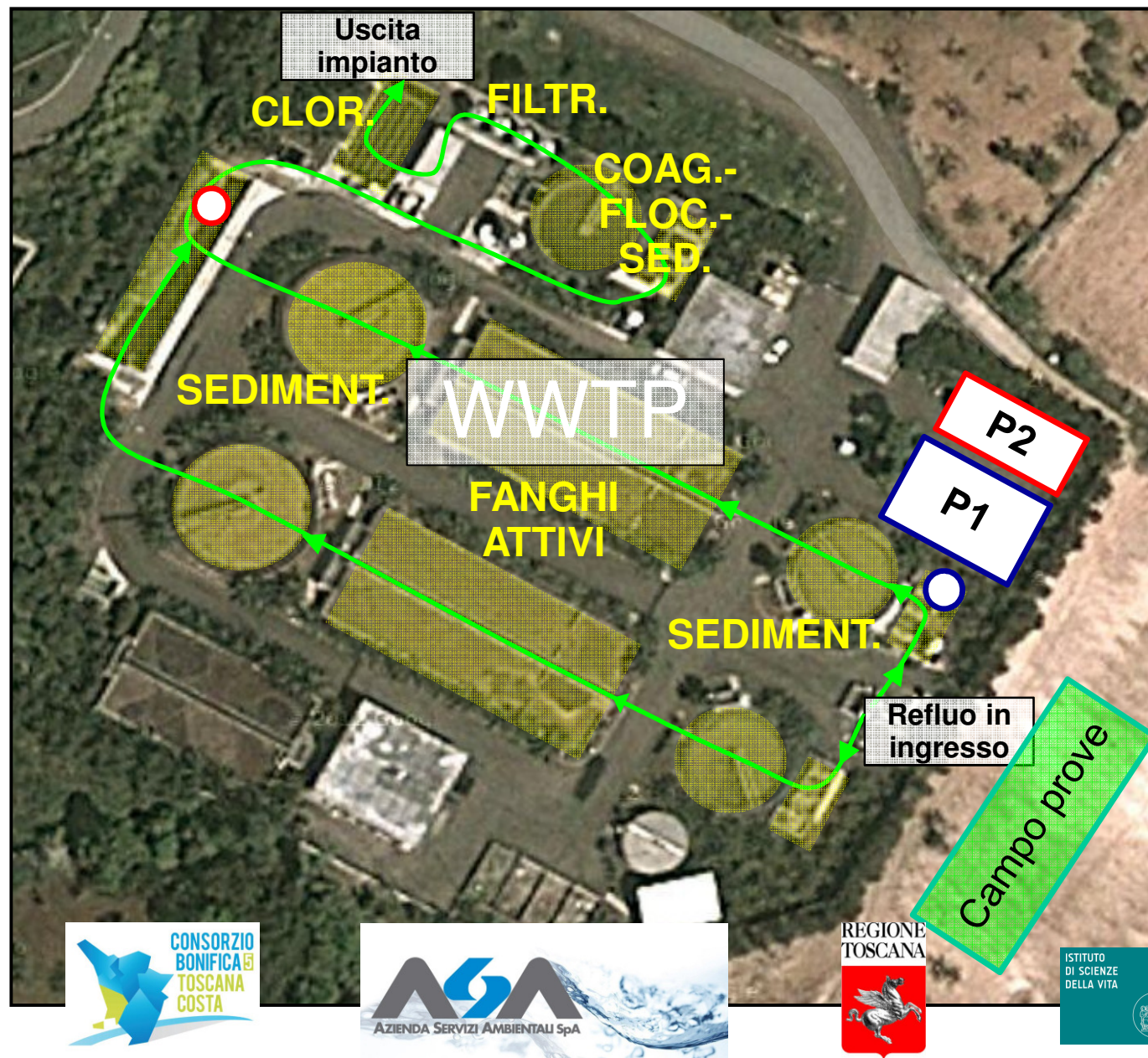
I: 48 mm
P1: 9 mm
P2: 50mm
P3: 5 mm



Vergine et al. (2015) Water Research 85, 66-73



Caso studio 3. Varie tipologie di trattamento. Campo prove



P1) IFAS-MBR + UV
Impianto completo
(tratta refluo grezzo)

P2) FDG + UV
Trattamento terziario
(su effluente sed. sec.)

Campo prove (5000 m²)
Irrigato con 4 tipi di
acque (effluenti dei 2
pilota, impianto in piena
scala, controllo)

Caso studio 3. Varie tipologie di trattamento. Campo prove

(2011-2016)
Castellana G. (BA)



P1 - Integrated Fixed-Activated Sludge Membrane BioReactor



P2 – Filtro Dischi Gravità



P1 – Disinfezione UV a tubo (in pressione)



P2 – Disinfezione UV in canale (in pressione)

Caso studio 3. Varie tipologie di trattamento. Campo prove



(2011-2016)
Castellana G. (BA)



Fennel Cv. Archimede
Set 2013-Gen 2014
Filare singolo, 10 piante/m²
Irrigazione a goccia
Soglia: 16 mm ETc



Lettuce Cv. Canasta
Apr-Giu 2013
Filare singolo, 6.7 piante/m²
Irrigazione a goccia
Soglia: 10 mm ETc



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa

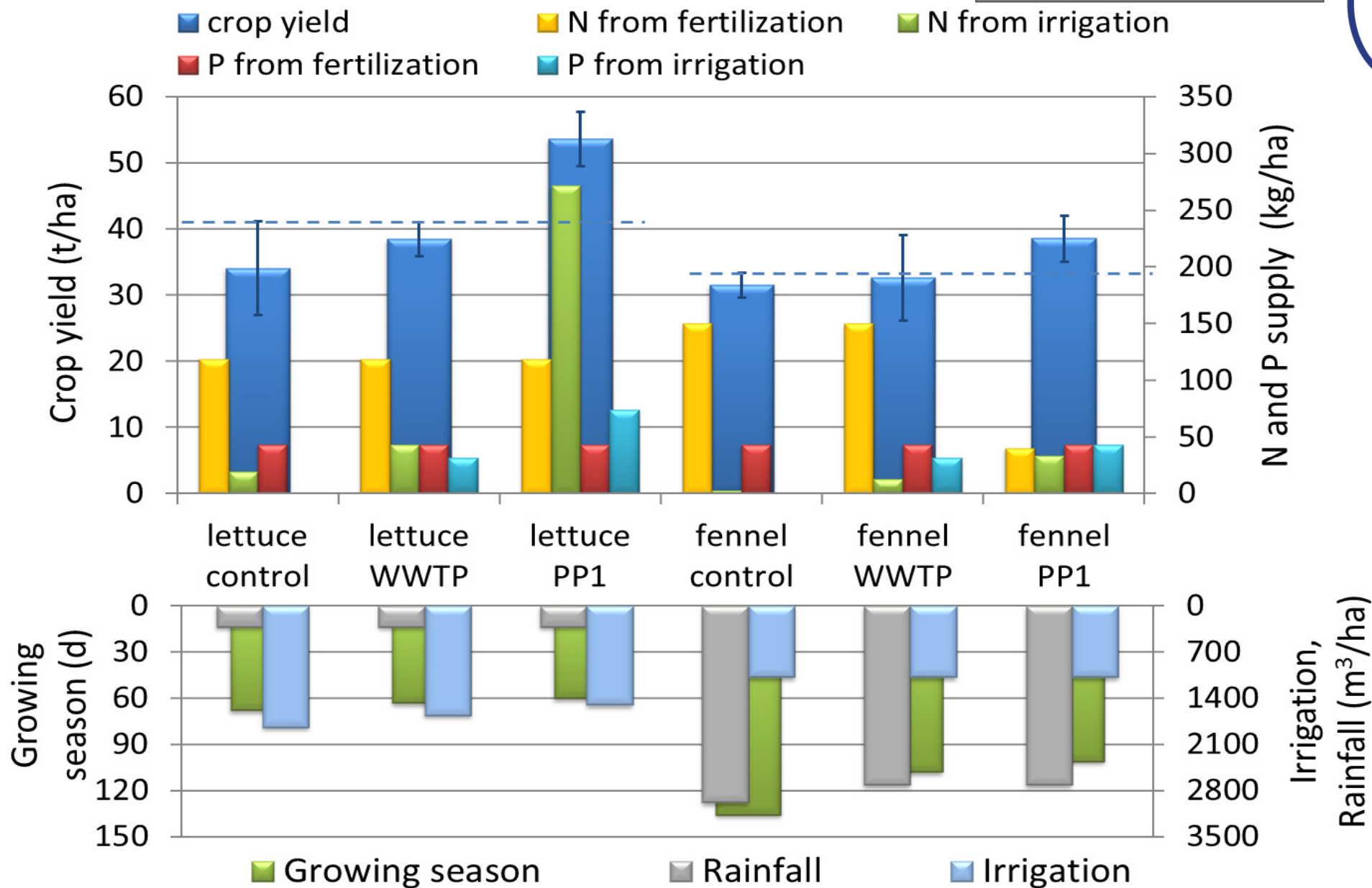


Caso studio 3. Varie tipologie di trattamento. Campo prove

Parametr	Controllo	Effluente piena scala	Effluente MBR	Effluente FDG	Limiti per riuso irriguo
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1160 \pm 368	988 \pm 224	790 \pm 99	704 \pm 54	3000
pH (-)	7.2 \pm 0.2	7,7 \pm 0.1	7.1 \pm 0.5	7.2 \pm 0.2	6.0-9.5
COD (mgO_2/L)	<15	20.6 \pm 3.8	20.8 \pm 5.3	27.8 \pm 9.0	100
NH ₄ ⁺ (mgN/L)	<1	<1	4.6 \pm 9.2	<1	2
NO ₃ ⁻ (mgN/L)	2.4 \pm 0.8	6.4 \pm 5.7	28.2 \pm 20.7	8.2 \pm 7.2	35 ^(*)
Fosforo totale (mgP/L)	0 \pm 0	4.6 \pm 3.0	8.3 \pm 5.7	5.0 \pm 2.9	10
Solidi sospesi (mg/L)	<2	4.8 \pm 1.0	<2	13.5 \pm 9.5	10
Cloro libero (mg/L)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2
SAR (-)	0.9 \pm 0.8	1.1 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1	1.1 \pm 0.1	10
<i>E.coli</i> (CFU/100mL)	0 \pm 0	1462 \pm 1536	1 \pm 2	206 \pm 247	10 ^(**)
Salmonella spp	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

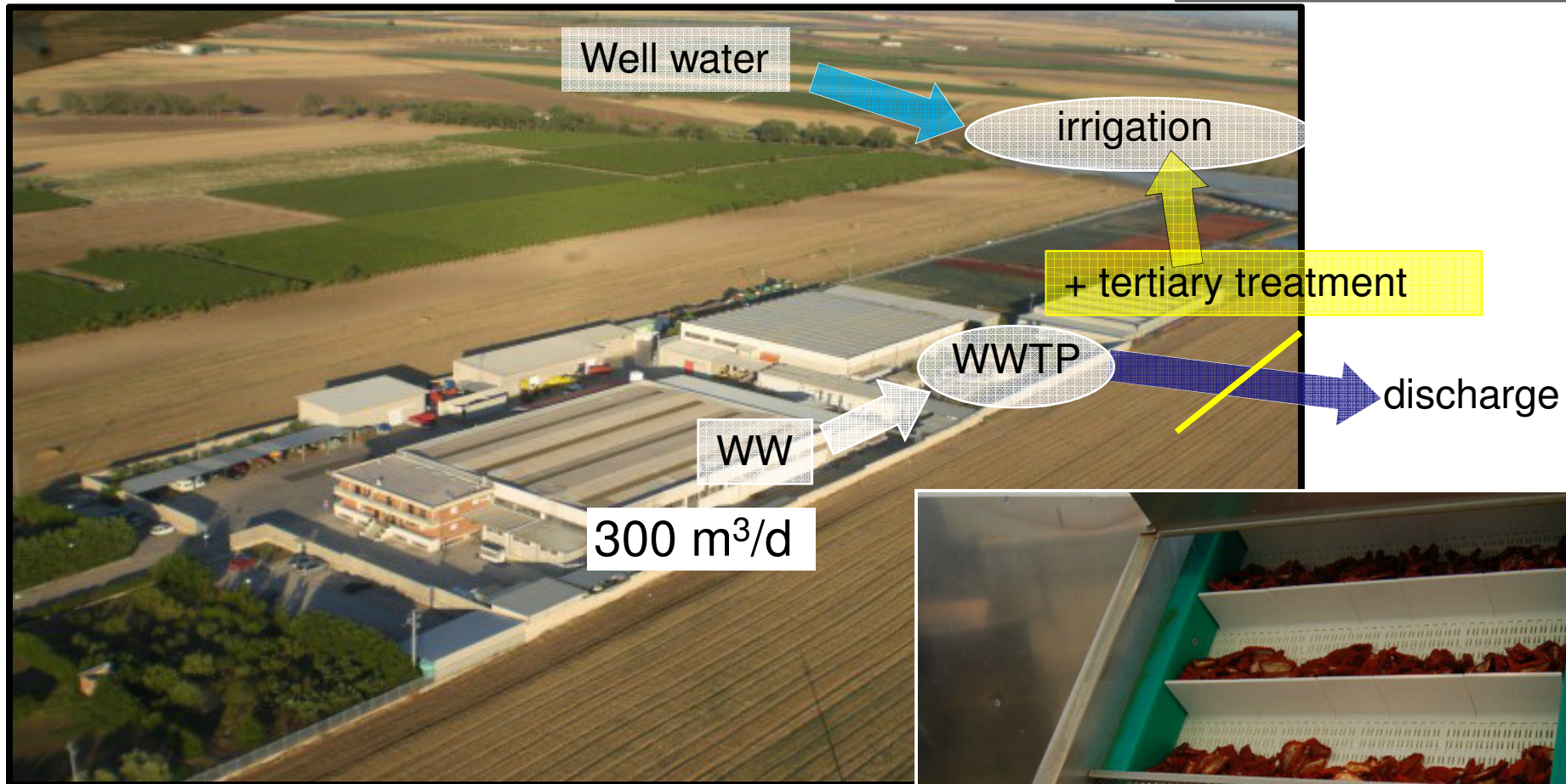
Caso studio 3. Varie tipologie di trattamento. Campo prove

(2011-2016)
Castellana G. (BA)

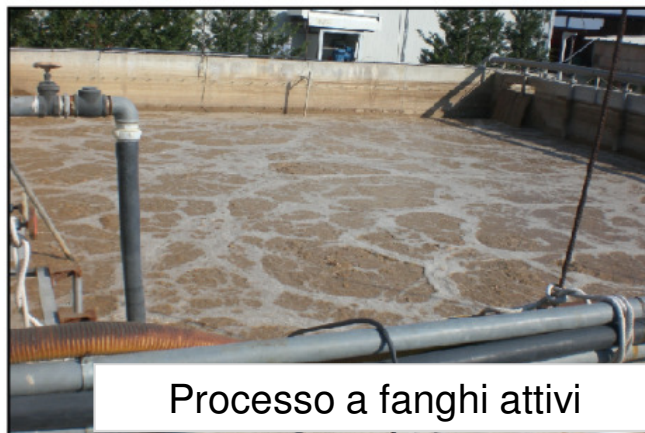


Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare

(2011-2016)
Stornarella (FG)

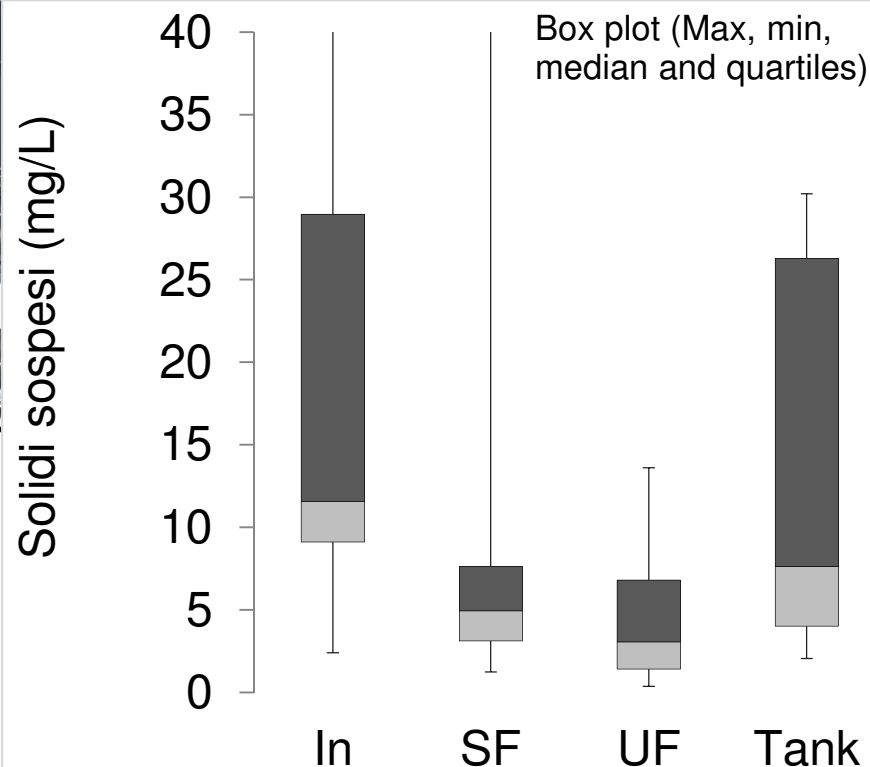
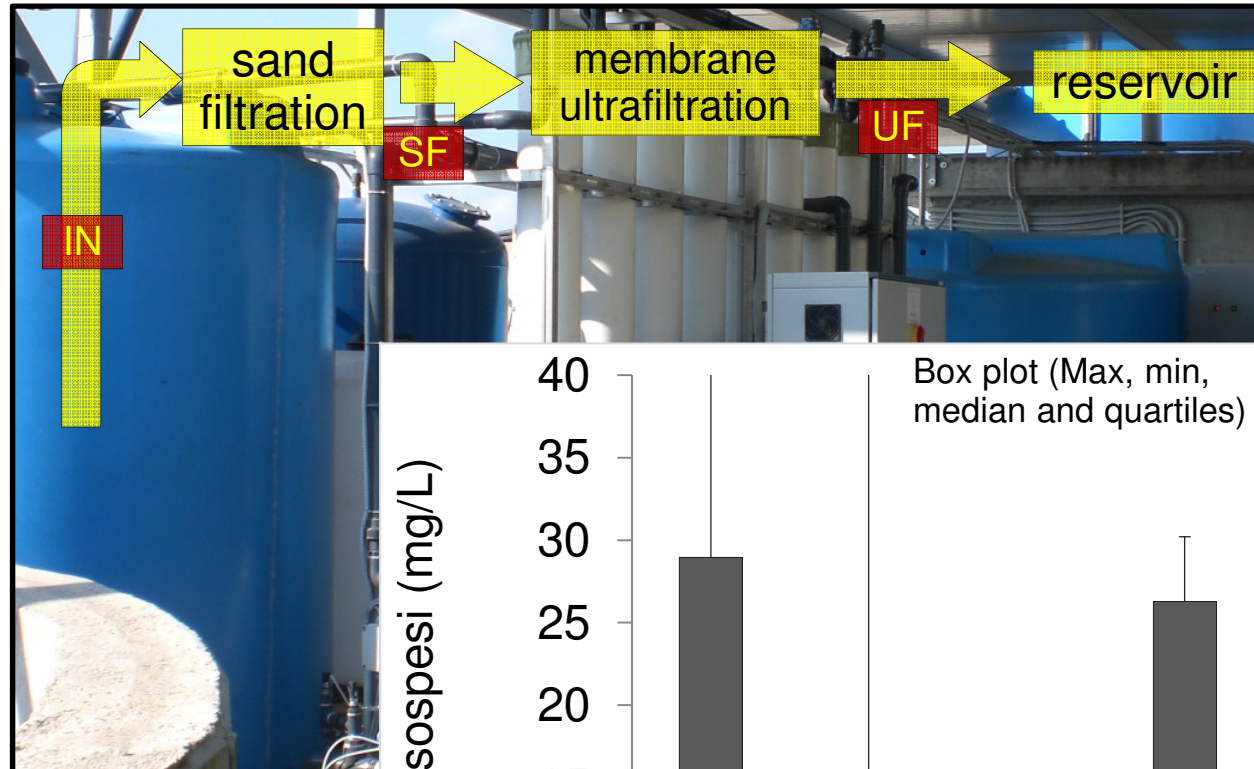


Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare



Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare

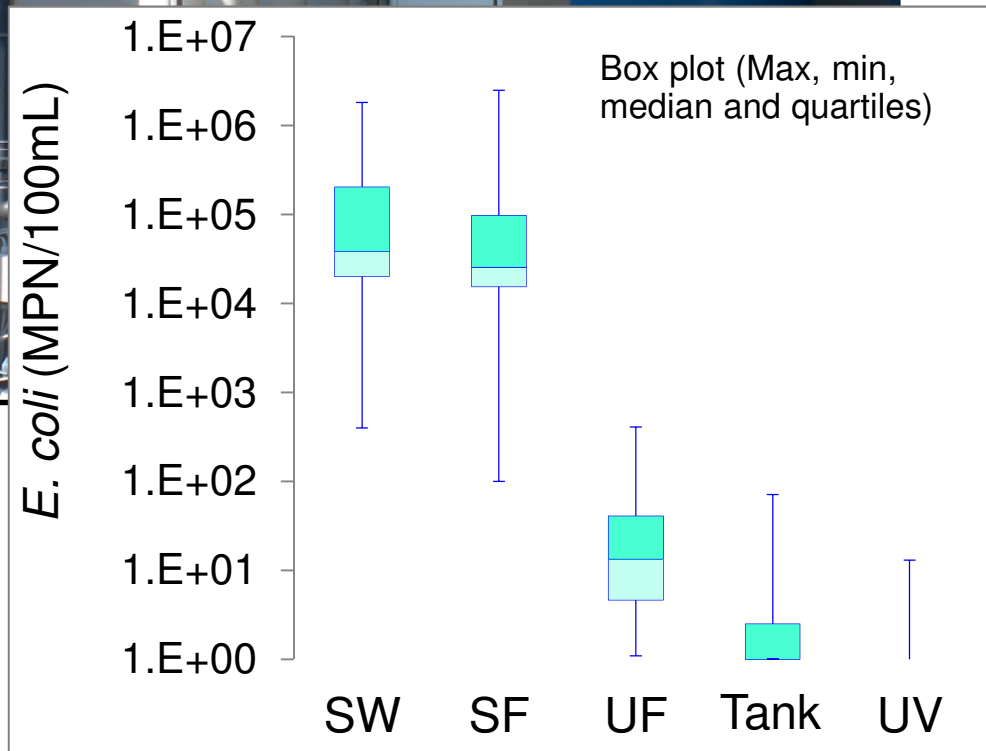
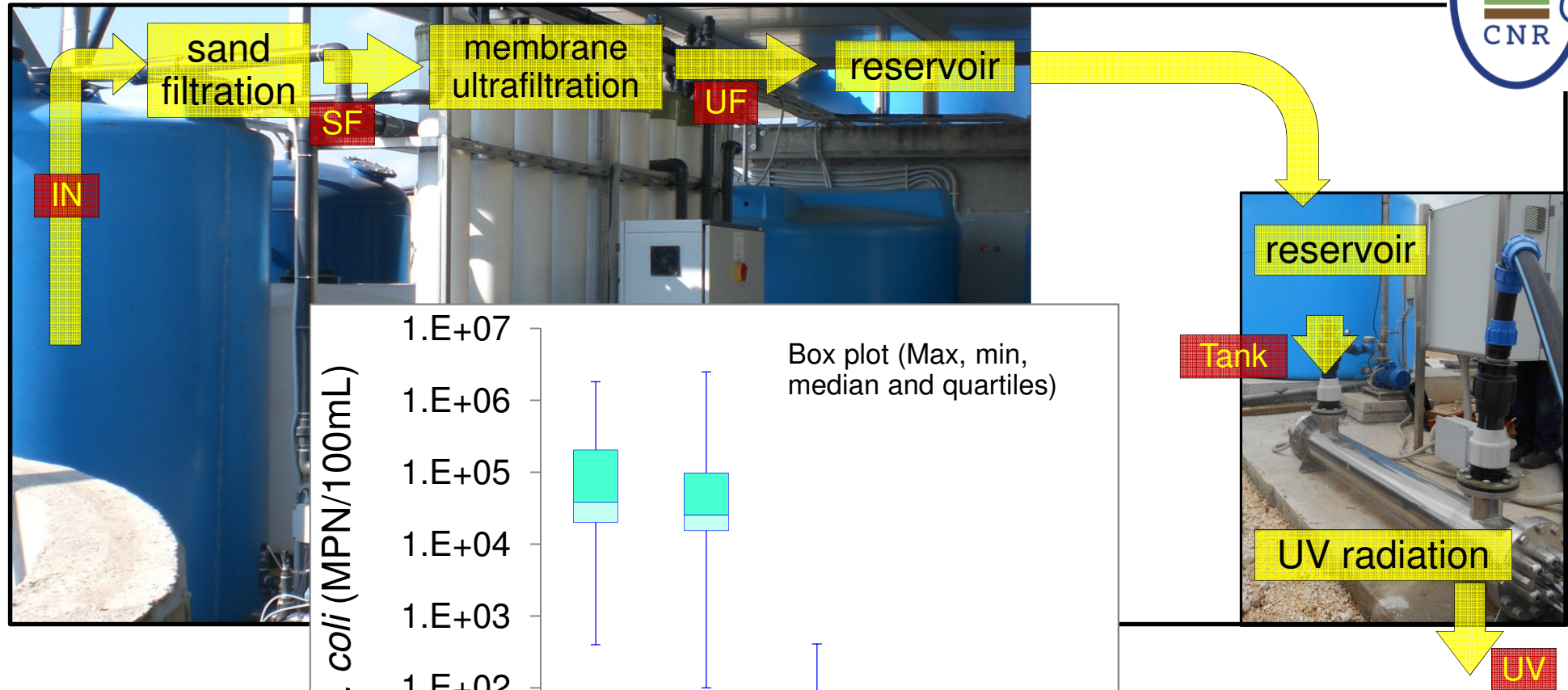
(2011-2016)
Stornarella (FG)



Stoccaggio (1-7 d) provoca
aumento solidi sospesi
(ricrescita batterica)

Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare

(2011-2016)
Stornarella (FG)



Stoccaggio (1-7 d)
provoca scomparsa
E. Coli

Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare

Nutrienti nelle acque reflue
(da bagni e processi industriale)

Nutrienti in falda
(da precedenti fertilizz. eccessive)

Nutrienti nelle acque reflue (media annua)	
Azoto	30 ± 8 mgN/L
Fosforo	6 ± 3 mgP/L

Nutrienti nell'effluente depurato (media annua)	
Azoto	4 ± 3 mgN/L
Fosforo	0.4 ± 0.3 mgP/L
Potassio	60 ± 4 mgK/L



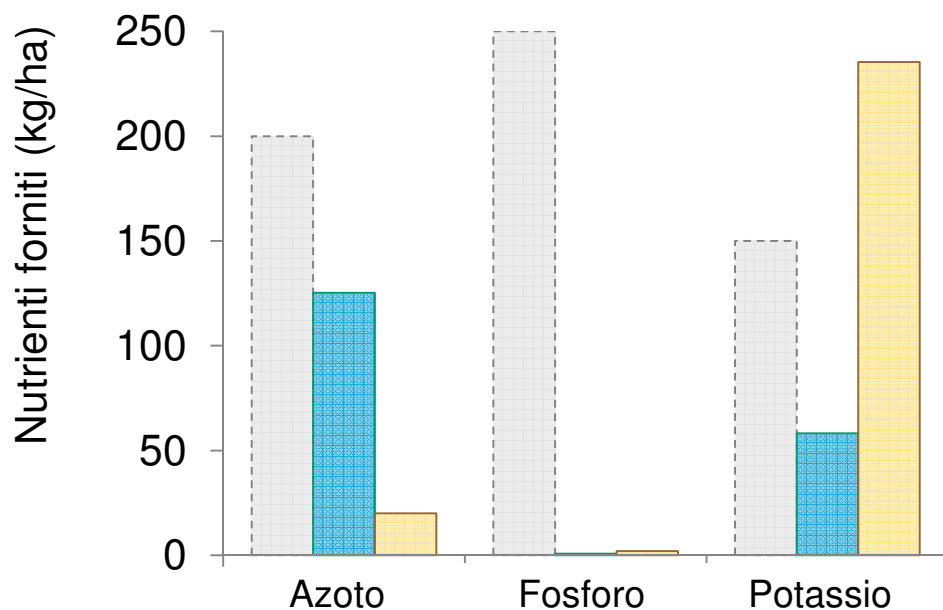
Nutrienti in falda (media annua)	
Azoto	22 ± 3 mgN/L
Fosforo	0.0 ± 0.0 mgP/L
Potassio	11 ± 2 mgK/L

Caso studio 4. Acque di industria agro-alimentare

(2011-2016)
Stornarella (FG)

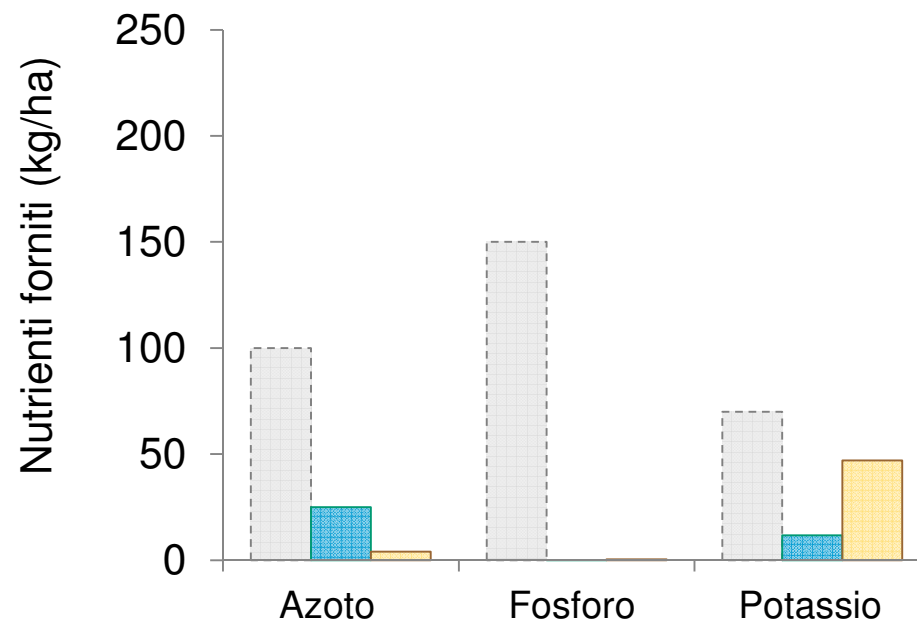
Recupero nutrienti

- Necessità di fertilizzante (pomodori)
- Recupero da acque di pozzo
- Recupero da acque reflue depurate



POMODORI

- Necessità di fertilizzante (broccoli)
- Recupero da acque di pozzo
- Recupero da acque reflue depurate

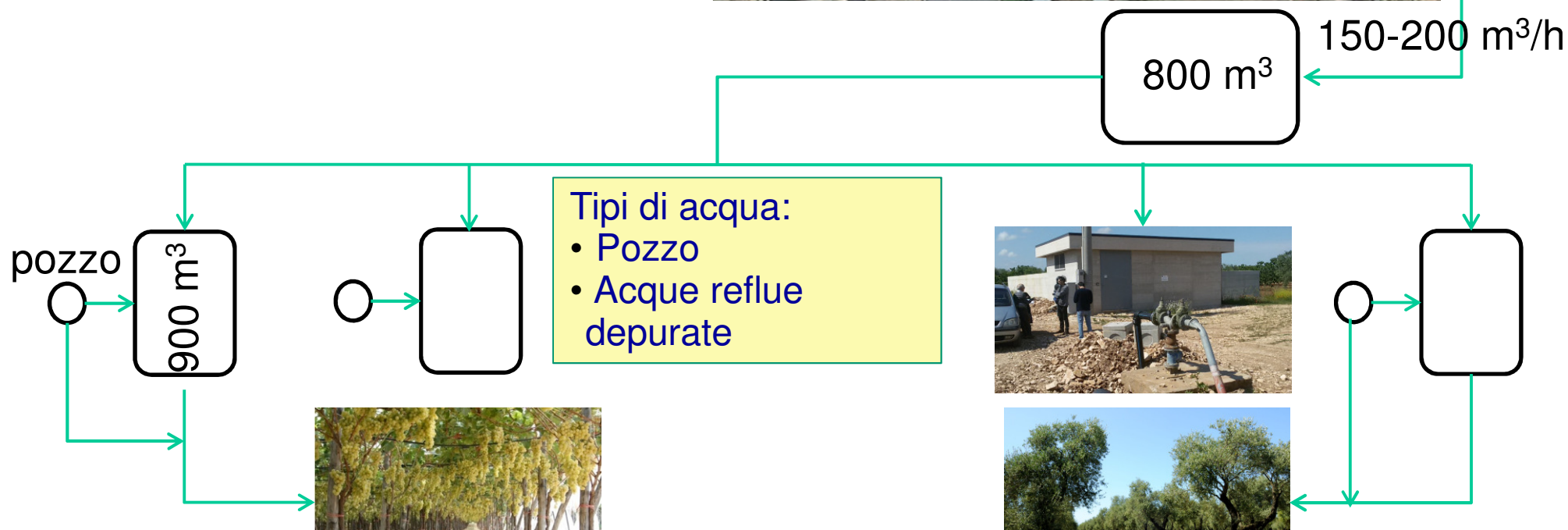


BROCCOLI

Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

Stakeholder:

- Cooperativa agricoltori
- Agenzia servizi idrici
- Enti locali (Comune, Regione)



Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

QUALITA' ACQUE

Parametro	Acque di pozzo	Acque reflue depurate	Limiti per il riuso irriguo
pH (-)	7.3±0.3	7.4±0.3	6.0-9.5
Electrical Conductivity (mS/cm)	0.7±0.1	1.1±0.2	3.0
Chemical Oxygen Demand (mgO ₂ /L)	<15.0	29.4±10.9	100
Total Nitrogen (mgN/L)	1.5±0.5	10.9±2.3	35 ⁽²⁾
NH ₄ ⁺ (mgN/L)	0.1±0.0	1.1±1.8	2
NO ₃ ⁻ (mgN/L)	0.8±0.0	7.4±2.6	-
Total Phosphorus (mgP/L)	0.1±0.0	3.4±2.7	10 ⁽²⁾
Potassium (mg/L)	<10	17.9±3.0	-
Ca (meq/L)	47.4±5.6	53.9±1.6	-
Mg (meq/L)	37.2±1.1	23.6±1.6	-
Sodium (meq/L)	19.7±1.2	94.6±7.8	-
SAR (-)	0.5±0.0	2.7±0.2	10
Hardness (°fH)	36.5±5.0	32.6±2.85	-
Chlorides (mg/L)	26.2±2.0	104.9±15.9	250
Turbidity (NTU)	0.8±0.2	4.3±6.2	-
Total suspended solids (mg/L)	1.7±0.9	3.1±2.1	10
Total Coliforms (MPN/100mL)	211±320	157±174	-
Escherichia Coli (MPN/100mL)	0±0	10±18	10; 100

Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

SOSTENIBILITA' ECONOMICA E AMBIENTALE



(2017-2020)
Acquaviva d. F. (BA)



Irrigation Water Footprint index

$$I_{w,i}[-] = (WF_{blue,i}) / (P_{a,i} - WF_{green,i}) = \frac{\text{Blue water consumption}}{\text{Water availability in a given area}}$$

Dati usati:

- Dati climatici (per stimare ET, etc)
- Caratteristiche delle piante (K_c , A_i , Rooting Depth);
- Caratteristiche del suolo (Acqua disponibile, Tasso di infiltrazione, etc)

Irrigation Water-Cost Footprint Index

$$I_{e,i}[-] = C_{w,i} / E_{lp,i} = \frac{\text{Water cost}}{\text{Economic land Productivity}}$$

Dati usati:

- Tariffa idrica (€/m³)
- Consumo energetico (kWh/m³)
- Tariffa energetica (€/kWh)
- Produttività economica della pianta (€/ha)



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa



Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

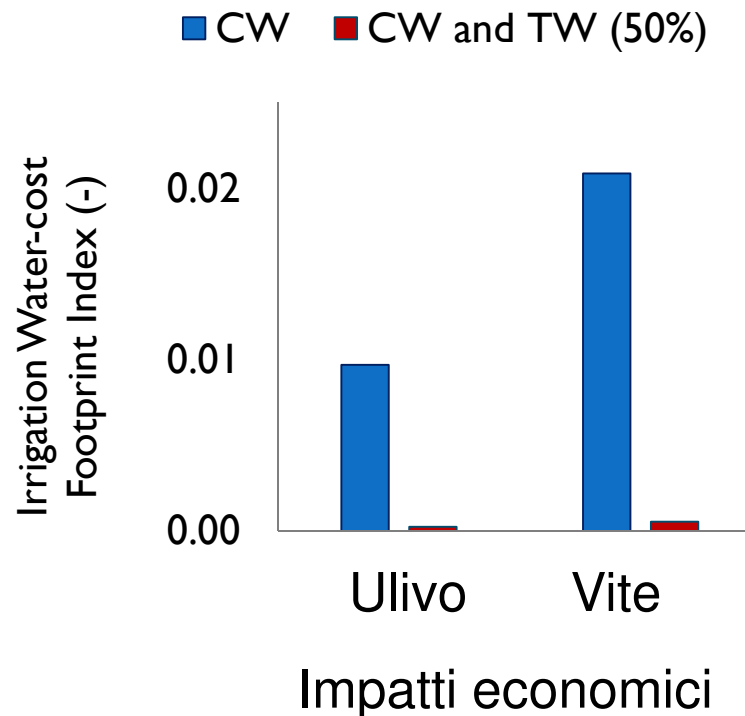
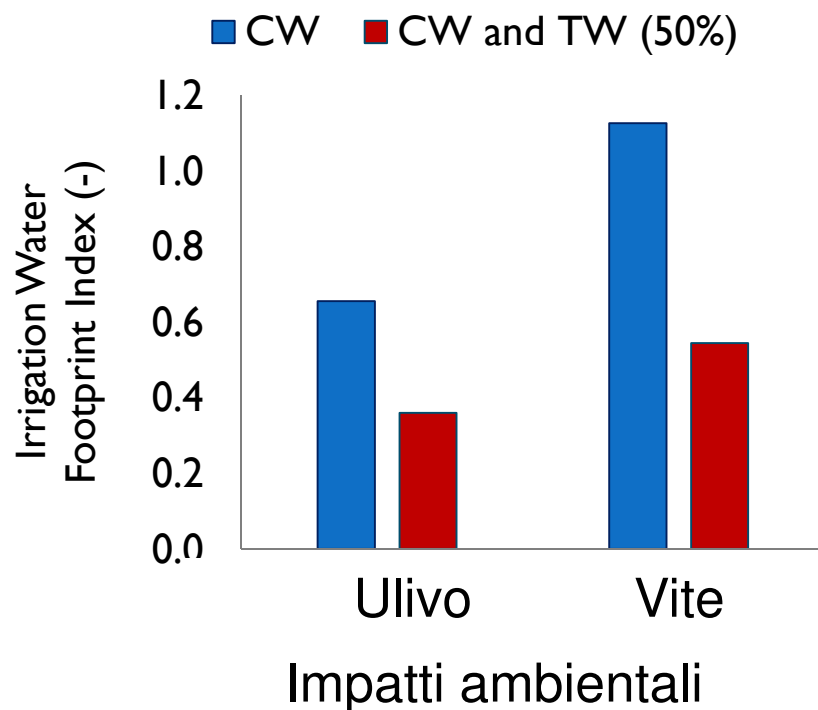
SOSTENIBILITA' ECONOMICA E AMBIENTALE



(2017-2020)
Acquaviva d. F. (BA)



Confronto tra fonte irrigua attualmente utilizzata dalla Cooperativa (pozzo) e scenario riuso (50% acqua depurata, 50% pozzo)



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa



Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

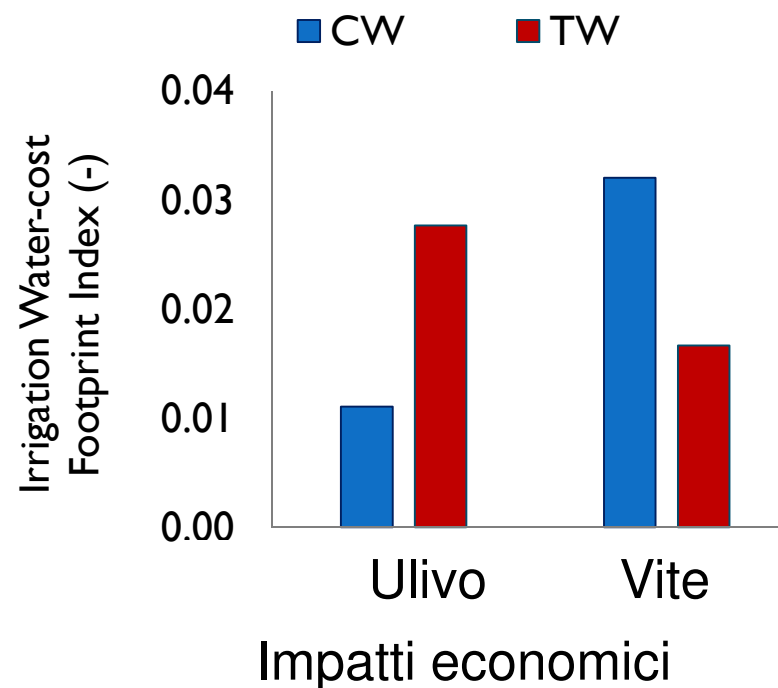
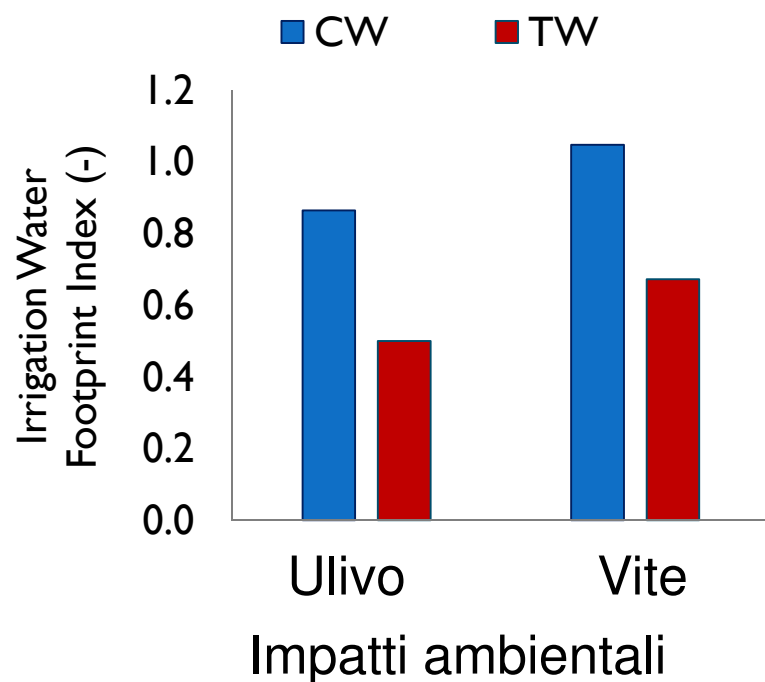
SOSTENIBILITA' ECONOMICA E AMBIENTALE



**CASO STUDIO IN
SPAGNA**



Confronto tra le due fonti irrigue attualmente utilizzate nel sito spagnolo (pozzo e acqua depurata)



Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

ACCETTABILITA' DA PARTE DEGLI STAKEHOLDER



(2017-2020)
Acquaviva d. F. (BA)



Stakeholder analysis - obiettivi

- Identificare le barriere che limitano l'implementazione del riuso irriguo
- Cercare le cause dei “conflitti” tra i vari stakeholders (differenti visioni)
- Favorire l'accettabilità del riuso irriguo da parte degli stakeholders

Stakeholder analysis - metodo

- **Individuare i principali attori** coinvolti nel sistema considerato e analizzare il loro ruolo.
- **Questionari** sviluppati per capire e strutturare il comportamento dei vari attori
- **Realizzazione dei “modelli mentali”** per ciascun attore coinvolto e per l'intero sistema



Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

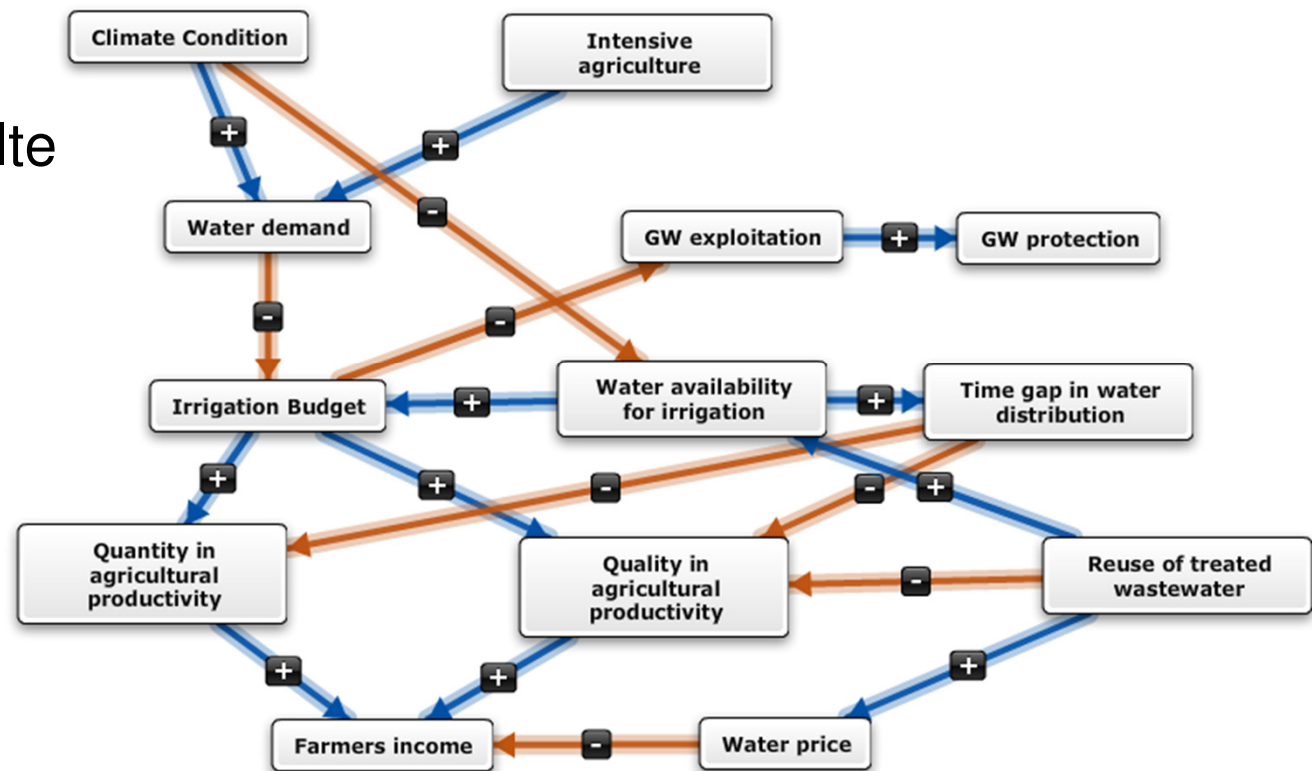
ACCETTABILITA' DA PARTE DEGLI STAKEHOLDER

Un **modello mentale** è una struttura che descrive la relazione causa-effetto per ciascuna delle variabili significative del sistema.

Si basa su:

- Questionari
- Altre informazioni raccolte

Il tutto è rielaborato dall'esperto, che costruisce un possibile modello mentale, da validare insieme ai singoli stakeholders.



ACCETTABILITA' DA PARTE DEGLI STAKEHOLDER



Modello mentale degli agricoltori (COOPERATIVA)

The diagram illustrates the mental model of farmers in a cooperative, showing the relationships between various factors and the resulting feedback loops.

Variables and their relationships:

- Precipitation** and **Temperature** influence **Irrigation water available during irrigation season** (+).
- Irrigation water available during irrigation season** influences **Irrigated area** (+), **Crops productivity** (+), and **Crops quality** (+).
- GW pumping** influences **Irrigation water available during irrigation season** (+) and **GW depth** (+).
- GW depth** influences **Irrigation water available during irrigation season** (-) and **Irrigation cost** (+).
- Irrigated area** influences **Crops productivity** (+).
- Crops productivity** and **Crops quality** influence **Farmer's income** (+).
- Farmer's income** influences **Search for affordable water source** (-) and **Irrigation with TW** (+).
- Search for affordable water source** influences **Irrigation with TW** (+).
- Irrigation with TW** influences **Irrigation cost** (+) and **Fear of negative effects of TW on soil and crops** (-).
- Irrigation cost** and **Distribution cost** influence **Search for affordable water source** (+).
- Fear of negative effects of TW on soil and crops** influences **Irrigation with TW** (-).

Feedback Loops:

- B1:** Irrigation with TW (+) → Search for affordable water source (+) → Irrigation with TW (+).
- B2:** Crops productivity (+) → Farmer's income (+) → Search for affordable water source (+) → Irrigation with TW (+) → Irrigation cost (+) → Search for affordable water source (+).
- B3:** GW pumping (+) → Irrigation water available during irrigation season (+) → Irrigated area (+) → Crops productivity (+) → Farmer's income (+) → Search for affordable water source (+) → Irrigation with TW (+) → Irrigation cost (+) → Search for affordable water source (+).
- B4:** GW pumping (+) → GW depth (+) → Irrigation water available during irrigation season (-) → Irrigated area (+) → Crops productivity (+) → Farmer's income (+) → Search for affordable water source (+) → Irrigation with TW (+) → Irrigation cost (+) → Search for affordable water source (+).

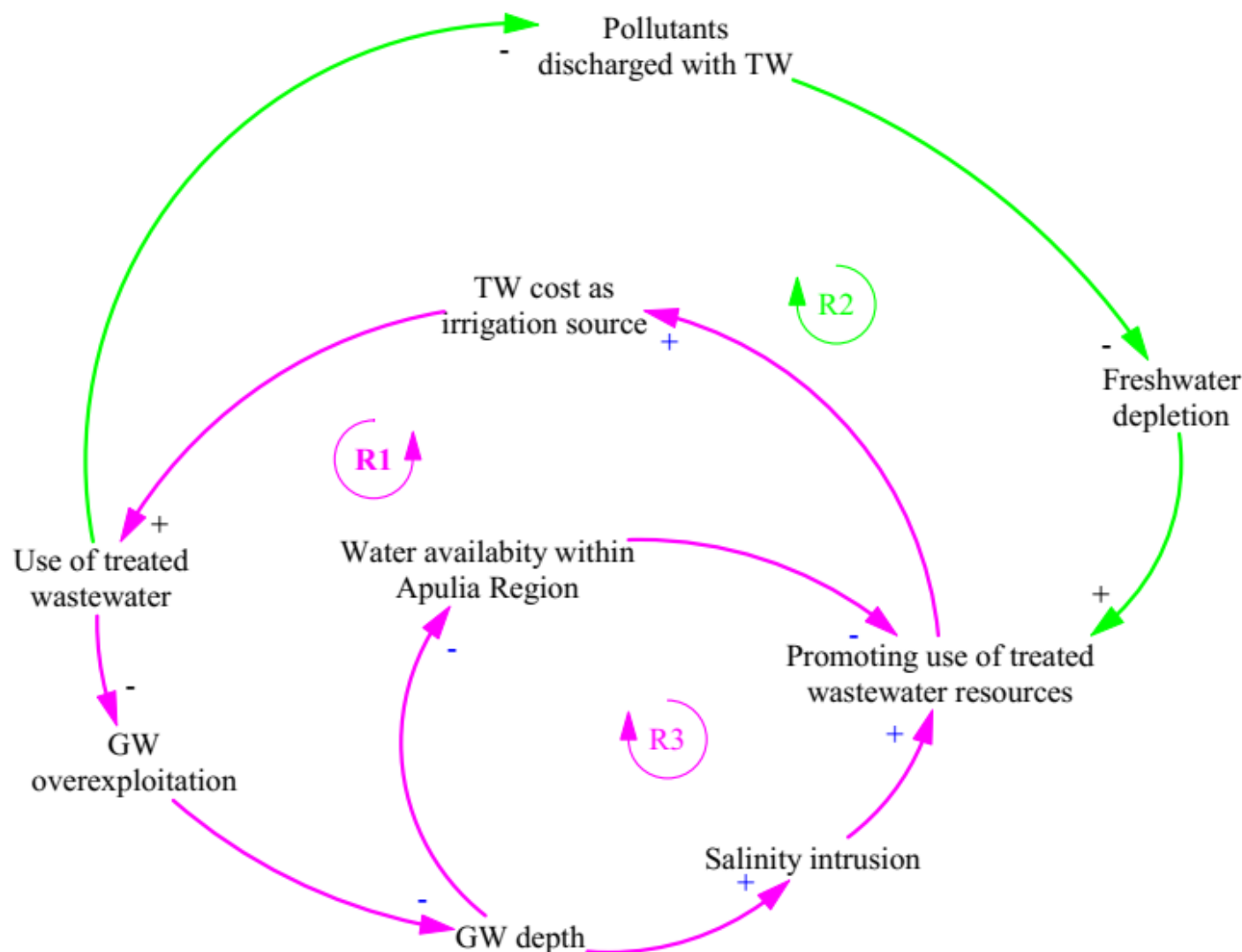


Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

ACCETTABILITA' DA PARTE DEGLI STAKEHOLDER

(2017-2020)
Acquaviva d. F. (BA)

Modello mentale dell'Autorità pubblica (REGIONE PUGLIA)

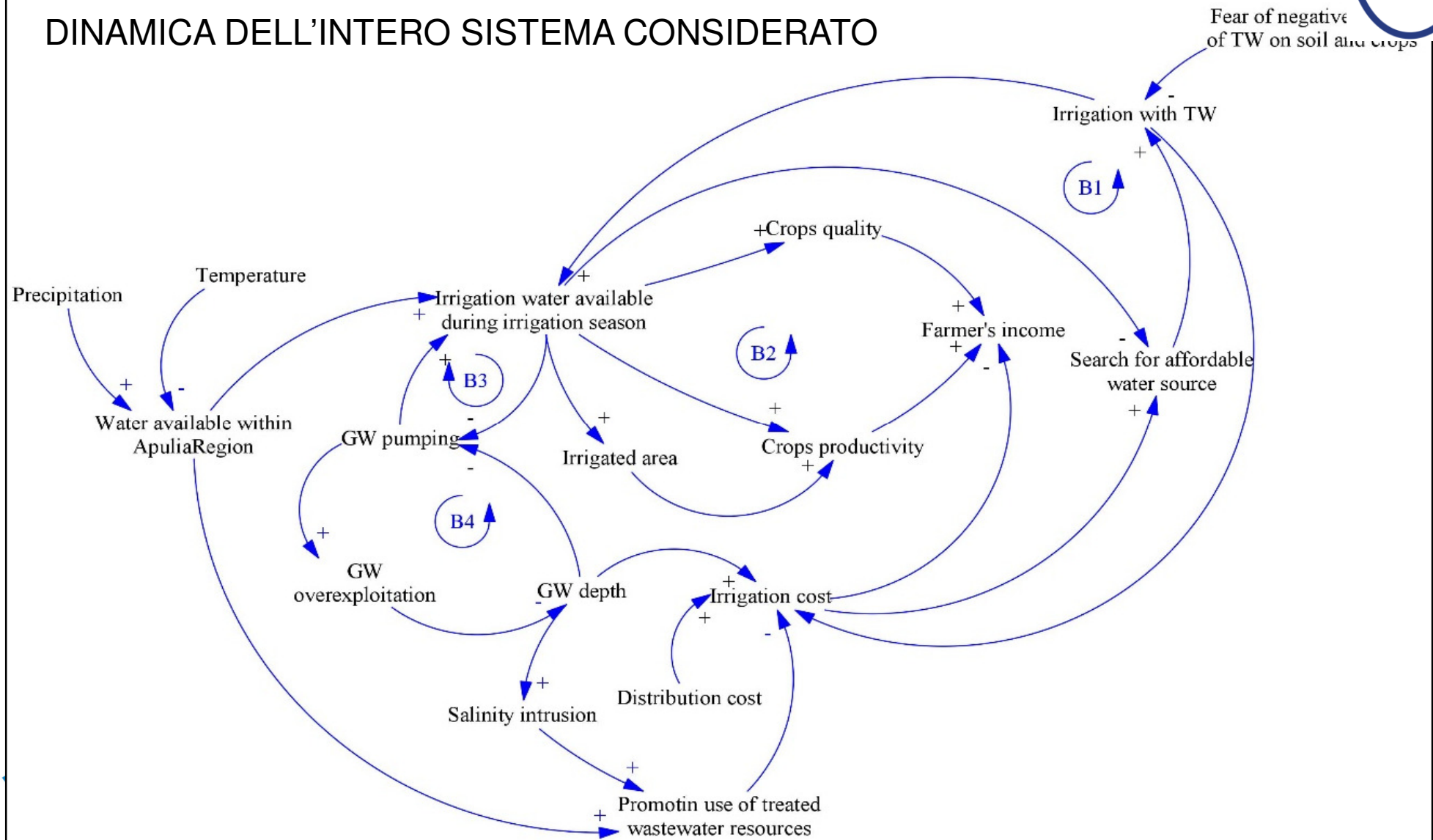


Caso studio 5. Piena scala. Sostenibilità, accettabilità.

ACCETTABILITA' DA PARTE DEGLI STAKEHOLDER

(2017-2020)
Acquaviva d. F. (BA)

DINAMICA DELL'INTERO SISTEMA CONSIDERATO



Conclusioni / Prospettive future



- ▶ **È necessaria una nuova prospettiva** (e un nuovo tipo di stakeholder?). Il trattamento acque reflue finalizzato al riuso è un processo produttivo, in cui risorse di scarsa qualità sono la materia prima e l'acqua depurata il prodotto finale
- ▶ **Situazioni locali.** La **sostenibilità** economica e ambientale deve essere valutata caso per caso, considerando tutti gli aspetti dal trattamento alla distribuzione
- ▶ **Coinvolgimento degli stakeholders** a ciascun livello del progetto
- ▶ **Fit for purpose.** La qualità delle acque depurate deve essere conforme all'uso che se ne vuole fare. Ciò fa aumentare la sostenibilità
- ▶ **Siti dimostrativi.** Includere un sito dimostrativo per ogni applicazione in piena scala
- ▶ **Rischi emergenti.** I cosiddetti contaminanti emergenti (CEC, ARB) possono mettere a rischi la sicurezza dei consumatori delle coltivazioni irrigati con acque depurate?



pompilio.vergine@cnr.it

Grazie per l'attenzione

