

VALUE CE-IN

FASE 1- Sviluppo di un sistema smart prototipale per il monitoraggio on-line del livello qualitativo dei reflui trattati e valutazione del loro destino ottimale

Dott. Gianpaolo Sabia
Ing. Luigi Petta

LEA - Laboratorio ENEA per l'Ambiente
 ENEA SSPT-USER-T4W - Tecnologie per la gestione sostenibile delle acque e dei reflui

Meeting finale di progetto - 18/01/2022

Coordinatore



ENEA
 Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
 l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

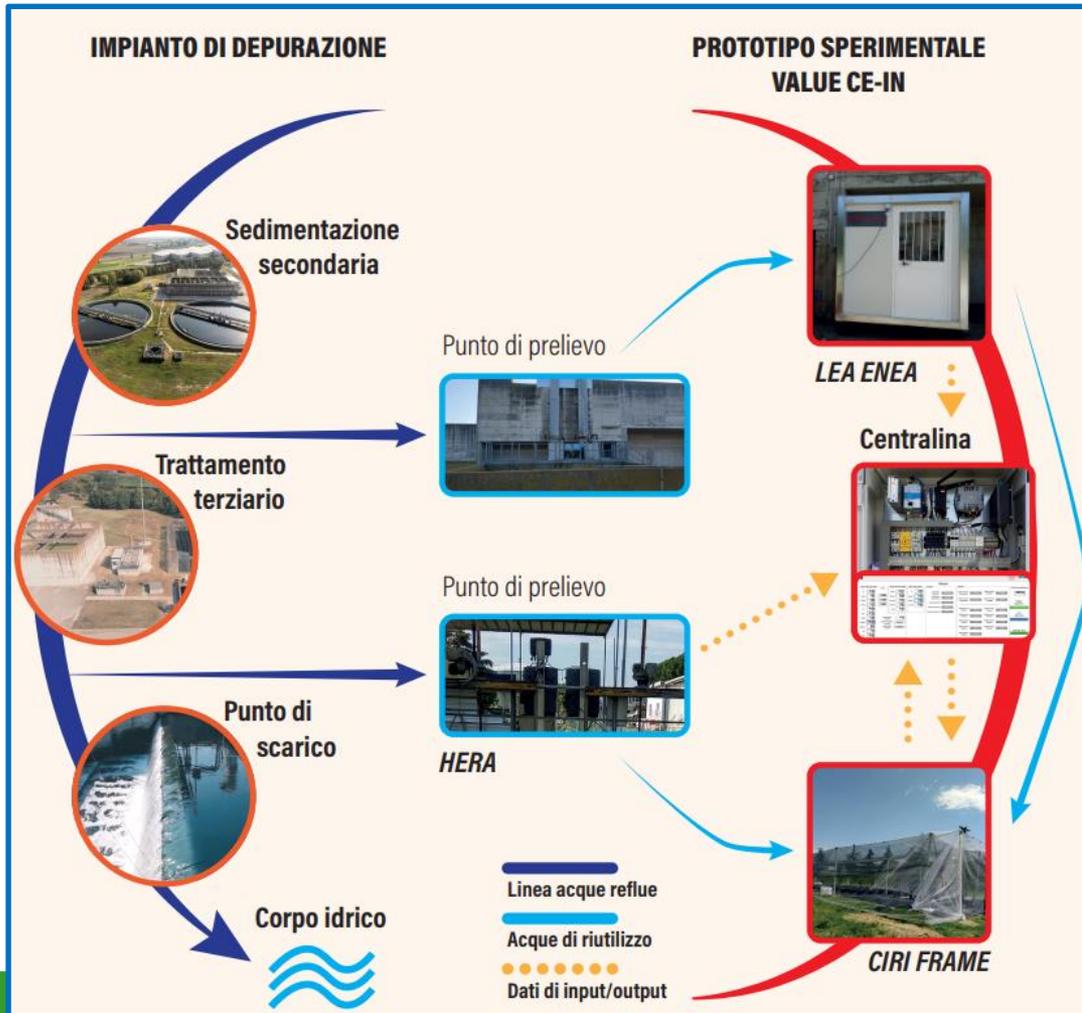
Partner



Progetto co-finanziato nell'ambito del POR FESR 2014-2020 della Regione Emilia Romagna e dal Fondo per lo Sviluppo e la Coesione



Realizzazione del sistema ICT per il monitoraggio real-time di parametri chimico-fisici delle acque reflue per la determinazione del livello di qualità in ottica di riutilizzo diretto in ambito agricolo (Reg. 741/2020)



Parametri chimico fisici ENEA II:

- **Torbidità**, misura ad infrarosso.
- **Conducibilità**, sensori induttivi.
- **pH** e PT 100.
- Sonde ISE **Ammonio e Nitrati** (comp. K, Cl)
- **COD**, tecnologia UV-LED (comp. Torbidità).
- **Ortofosfati**, analisi chimica fotometrica.
- **Centralina multiparametrica** Plug & Play, data logger interno, display grafico, porte seriali con interfaccia digitale e protocollo ModBus RTU.

Centralina di automazione e controllo:

- **piattaforma SCADA** con sistema operativo MS Windows
- **Database Real time, reportistica;**
- **Router**, SIM dati 3G/4G.
- **Logiche di programmazione;**
- Gestione e segnalazione **allarmi**.
- Comunicazione **rete PLC HERA**.

Parametri chimico fisi HERA III:

- **Nitrati**, tecnologia UV-LED,
- **Ammonio**, elettrodo gas sensibile.
- **Ortofosfati**, analisi chimica fotometrica.
- **SST**, lettura a infrarossi.
- **COD** tecnologia UV-LED (comp. Torbidità) (ENEA)

Interfaccia grafica e logiche di controllo e validazione dei dati acquisiti dal sistema SCADA

PVSS_1: Basepanel

UtENZE

Valori Misurati ENEA

K: 1.900 mg/l

N-NO₃: 9.714 mg/l

N-NH₄⁺: 1.242 mg/l

P-PO₄³⁻: 0.000 mg/l

Cl: 80.000 mg/l

TOC: 13.708 mg/l

BOD: 8.264 mg/l

TORB.: 0.702 NTU

COND.: 951.000 µS/cm

PH: 7.960 pH

COD: 31.299 mg/l

Log Irrigazione

DATA

31/10/2021 10:48:10.015

31/10/2021 10:48:10.031

31/10/2021 10:48:15.015

31/10/2021 10:48:15.031

31/10/2021 10:48:20.015

31/10/2021 10:48:20.030

31/10/2021 10:48:25.015

31/10/2021 10:48:25.030

31/10/2021 10:48:30.015

31/10/2021 10:48:30.015

17/12/2021 12:09:45.011

Valori Misurati HERA

COD: 33.627 mg/l

N-NO₃: 6.133 mg/l

N-NH₄⁺: 0.493 mg/l

P-PO₄³⁻: 0.065 mg/l

SST: 0.458 mg/l

Temperatura Fosfati: 9.40 °C

Allarme reagenti esaurito: NORMALE

Allarme H2O esaurita: NORMALE

Valori Acquedotto

K: 2.000 mg/l

N-NO₃: 2.937 mg/l

N-NH₄⁺: 0.018 mg/l

P-PO₄³⁻: 0.013 mg/l

Pompe

Pompa del terziario: ARRESTO

Pompa del secondario: ARRESTO

Pompa Azoto N: ARRESTO

Pompa Fosforo P: ARRESTO

Pompa Potassio K: ARRESTO

Valvole

Elettrovalvola Secondario: CHIUSO

Elettrovalvola Terziario: CHIUSO

Elettrovalvola Acquedotto: CHIUSO

Elettrovalvola Lavaggio: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 1: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 2: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 3: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 4: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 6: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 7: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 8: CHIUSO

Elettrovalvola Pianta 9: CHIUSO

Portata totalizzata

293872.9

Trigger Algoritmo

IN ESECUZIONE

Fasi Algoritmo

NEXT EXECUTION

Modalità Test

MODO RUNTIME

PARAM_MEDIE_ALG: PAGINA PRINCIPALE

Parametri Medie Sonde

	Calcolo MIN e MAX				Calcolo Val Medio			
	MIN	MAX	T CALC	T MAN	VAL MEDIO	T CALC	T MAN	N° EXTRA
ENEA								
K	2.2 mg/l	5.8 mg/l	5 giorni	3 giorni	3.94 mg/l	2 giorni	10 giorni	10
N-NO ₃	0 mg/l	13.55 mg/l	5 giorni	3 giorni	5.91 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
N-NH ₄ ⁺	2.17 mg/l	8.54 mg/l	5 giorni	3 giorni	2.71 mg/l	2 giorni	7 giorni	10
P-PO ₄ ³⁻	0 mg/l	0.27 mg/l	5 giorni	3 giorni	0.07 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
Cl	0 mg/l	80 mg/l	5 giorni	3 giorni	56 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
TOC	0 mg/l	49.88 mg/l	5 giorni	3 giorni	30.24 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
BOD	0 mg/l	20.72 mg/l	5 giorni	3 giorni	13.12 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
TORB.	1.42 NTU	7.24 NTU	5 giorni	3 giorni	2.18 NTU	2 giorni	3 giorni	10
COND.	0 µS/cm	2000 µS/cm	5 giorni	3 giorni	1792.3 µS/cm	2 giorni	3 giorni	10
PH	7.33 pH	8.39 pH	5 giorni	3 giorni	7.77 pH	2 giorni	3 giorni	10
COD	0 mg/l	380.93 mg/l	5 giorni	7 giorni	213.83 mg/l	10 giorni	1 giorni	10
HERA								
COD	18.1 mg/l	41.62 mg/l	5 giorni	3 giorni	32.55 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
N-NO ₃	5.39 mg/l	7.68 mg/l	5 giorni	3 giorni	6.33 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
N-NH ₄ ⁺	0.48 mg/l	0.59 mg/l	5 giorni	3 giorni	0.52 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
P-PO ₄ ³⁻	0.04 mg/l	0.17 mg/l	5 giorni	3 giorni	0.1 mg/l	2 giorni	3 giorni	10
SST	0.41 mg/l	0.55 mg/l	5 giorni	3 giorni	0.45 mg/l	2 giorni	3 giorni	10

Acquisizione ed elaborazione dati 2021

- **Dati acquisiti tramite reportistica generata da applicazione SCADA con frequenza oraria (dati da sonde ENEA+HERA);**
- **Dati da piano di monitoraggio analitico:**
 - analisi in campo c/o lab HERA ID Cesena (i.e. per taratura sonde, bi/tri settimanale):
N-NO₃, P-PO₄, N-NH₄, COD.
 - campionamento e analisi c/o lab ENEA:
refluo II e III (E. coli, SST, BOD₅, N-NO₃, P-PO₄, N-NH₄, COD).
- **Dati da monitoraggio analitico di HERA (uscita e a valle del secondario):**
refluo II (COD, SST), refluo III (TN, SST, TP, BOD₅, COD, Cl, N-NO₃, N-NH₄, E. coli).
- **Dati condivisi UNIBO per E. coli (periodo 05-08).**



Elaborazione dati:

- **Analisi andamenti, calcolo statistiche di base e indici di variabilità.**
- **Filtrazione dei valori delle medie giornaliere dei dati acquisiti da sonde in base al range min-max misurato analiticamente.**
- **Elaborazione grafici con andamenti (media mobile)**



Gestione ed interventi di ottimizzazione del sistema di monitoraggio

Problematiche riscontrate durante l'attività di sperimentazione:

- Sporco sondi e deriva dei segnali
- Esaurimento sensori ISE (sostituzione sensori semestrale)
- Presenza di alghe nella vasca di prelievo post trattamento secondario
- Blocco pompa sommersa.



Interventi effettuati nella vasca di prelievo:

Allestimento sistema protezione della pompa di prelievo ad immersione
Modifica alloggiamento sonda di torbidità

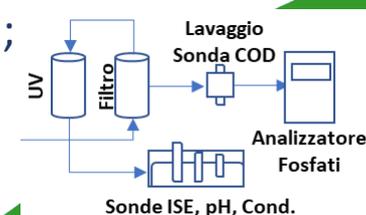
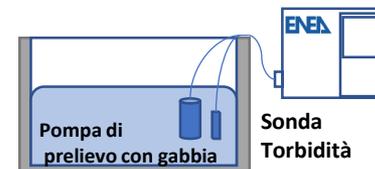
Interventi effettuati sul prototipo per il monitoraggio:

Installazione sistema di UV per l'abbattimento della carica batterica a monte delle sonde;
Upgrading sistema di filtrazione per la determinazione del COD e dei fosfati;

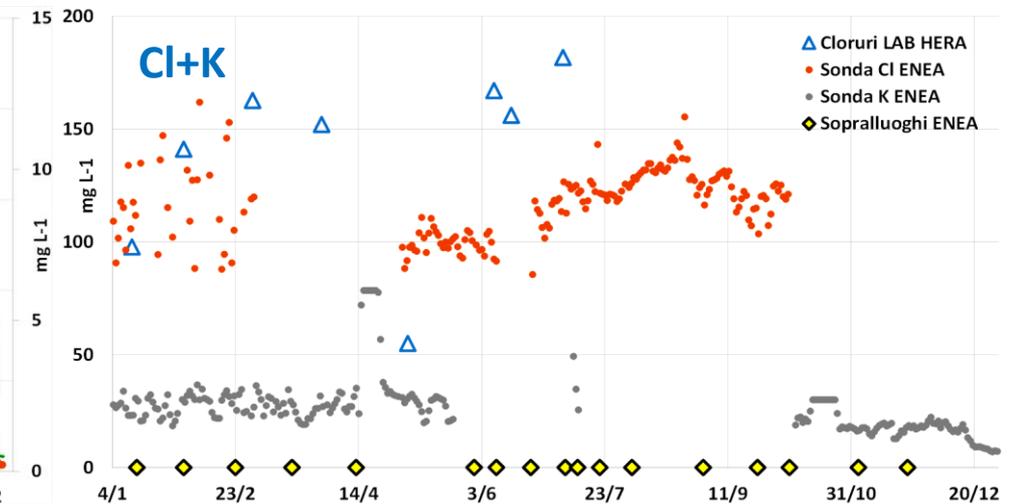
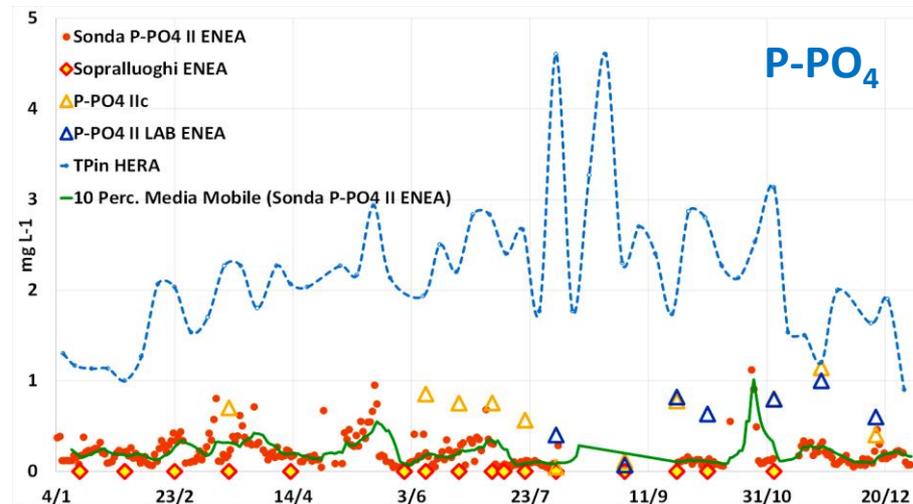
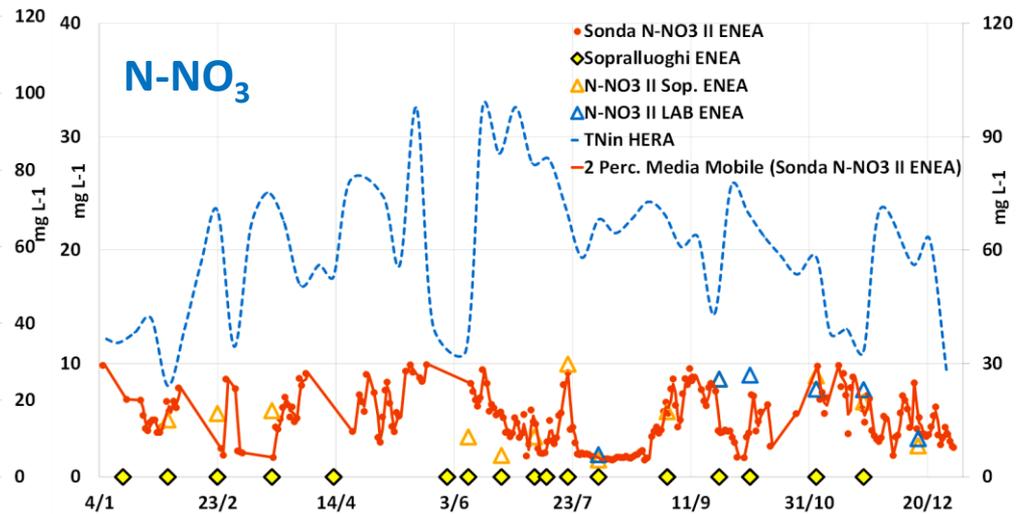
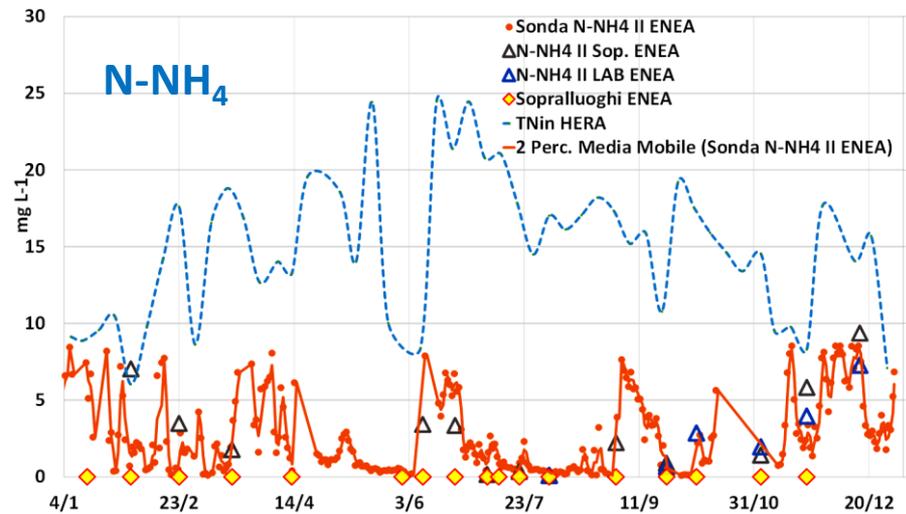
Installazione sistema di pulizia temporizzato della sonda COD con soluzione dedicata.

Interventi effettuati a valle del trattamento terziario:

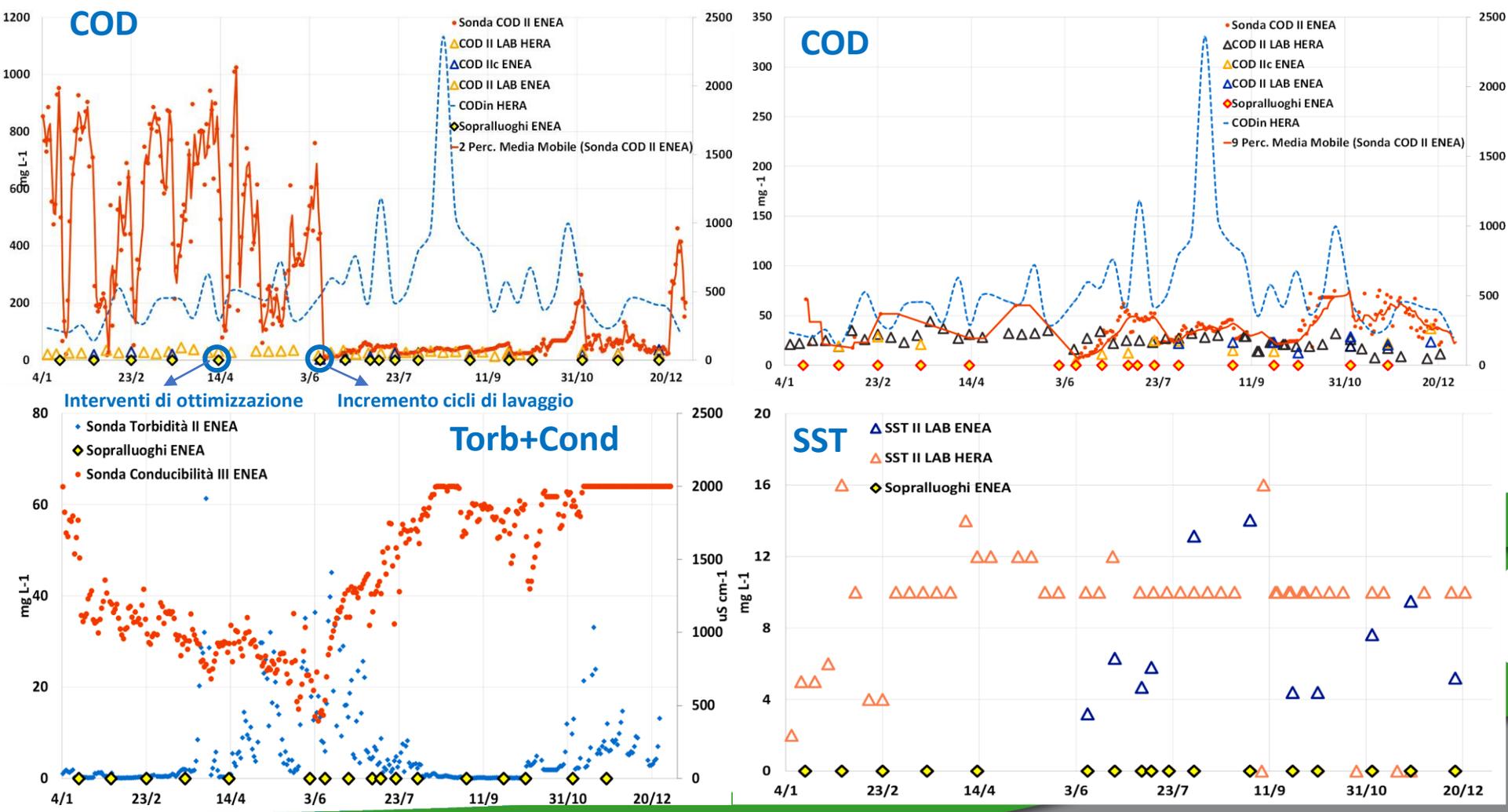
Integrazione monitoraggio HERA con sensore di misura COD



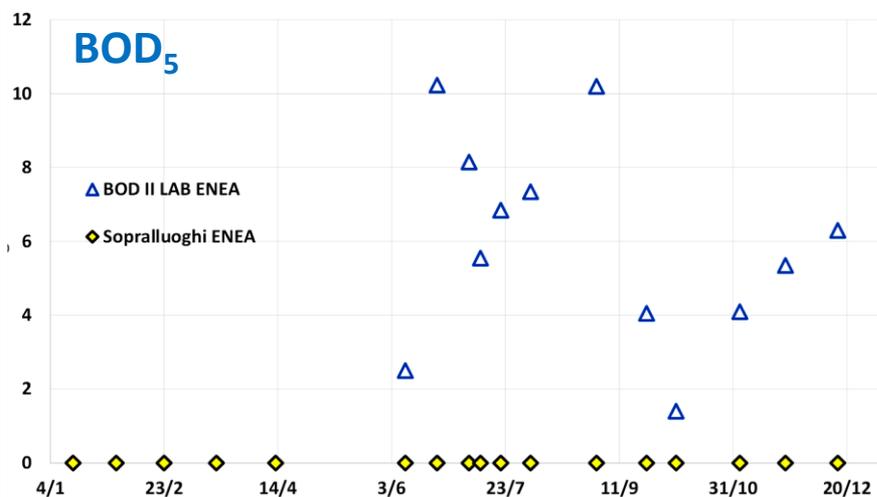
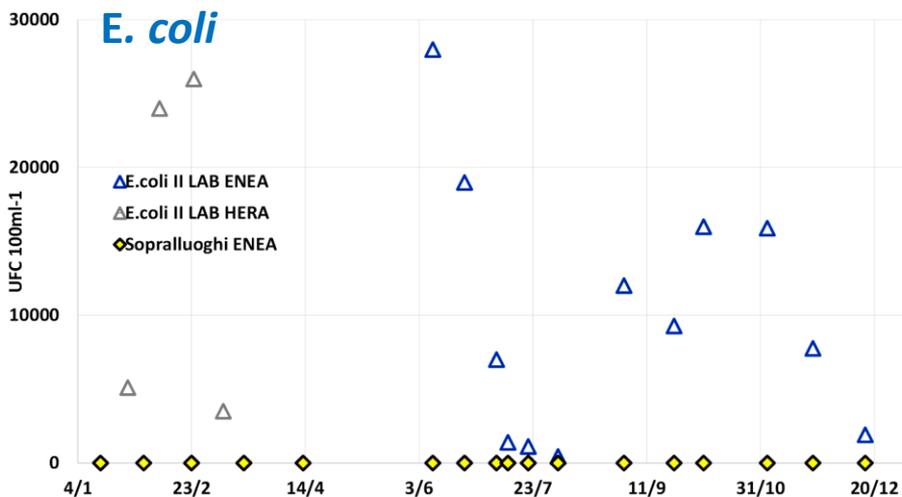
Monitoraggio della qualità delle acque reflue a valle del trattamento secondario



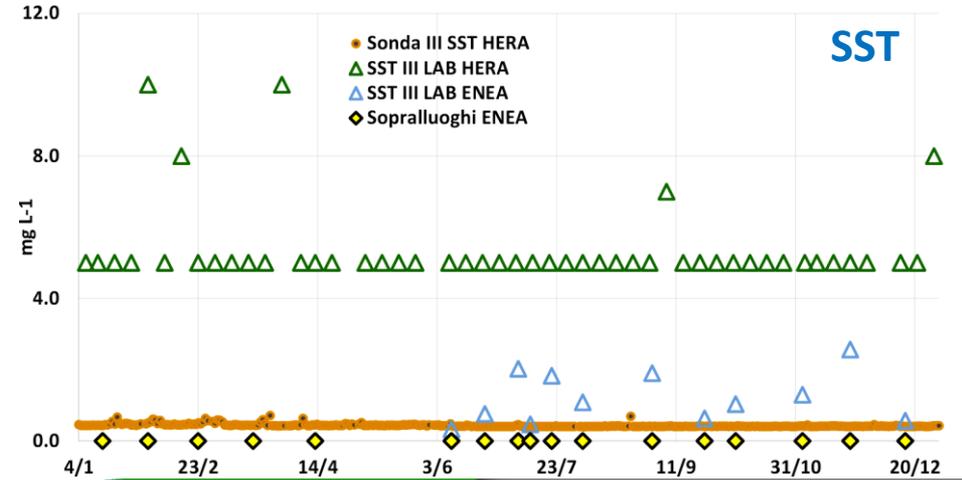
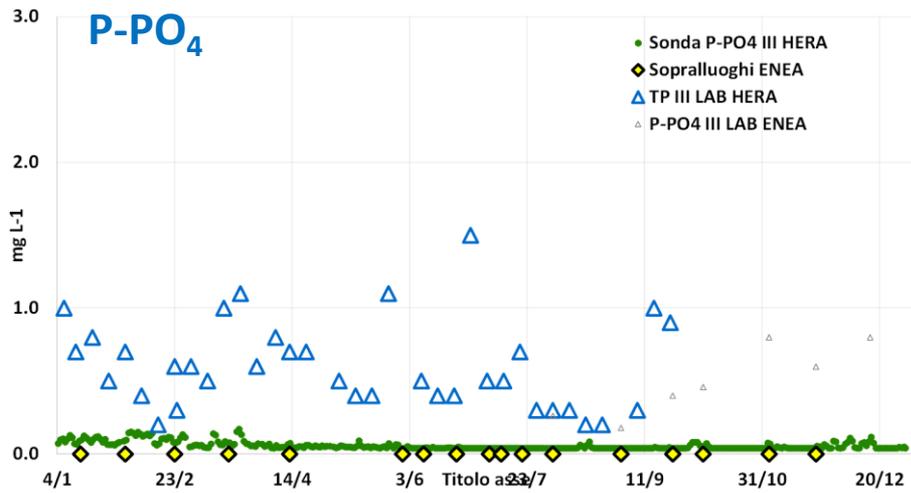
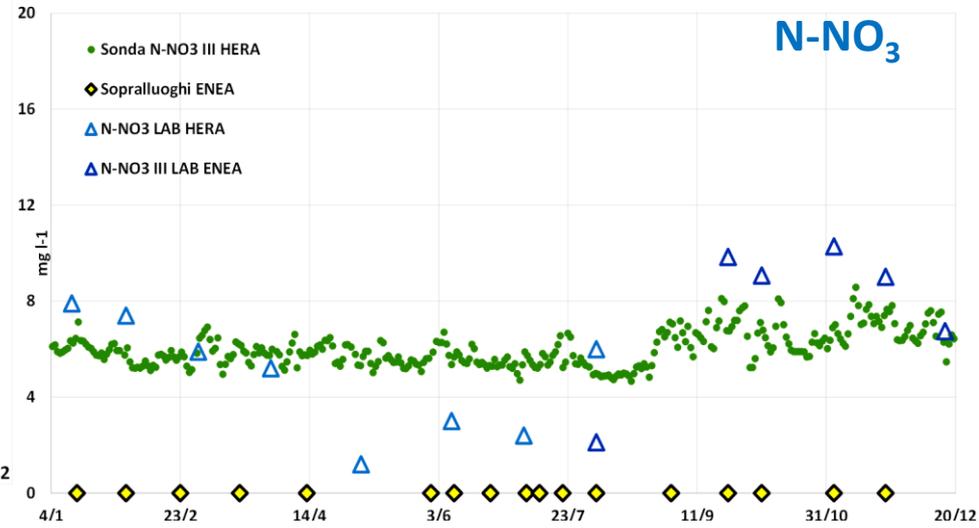
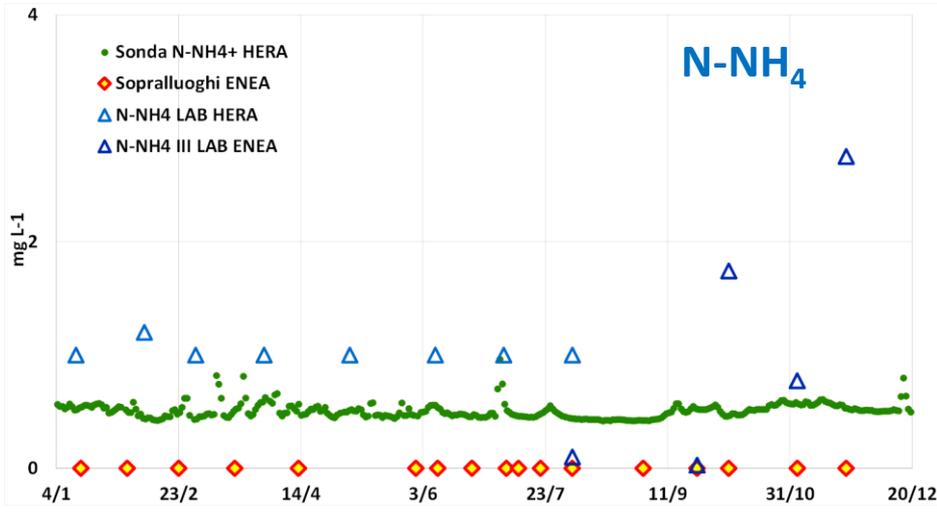
Monitoraggio della qualità delle acque reflue a valle del trattamento secondario



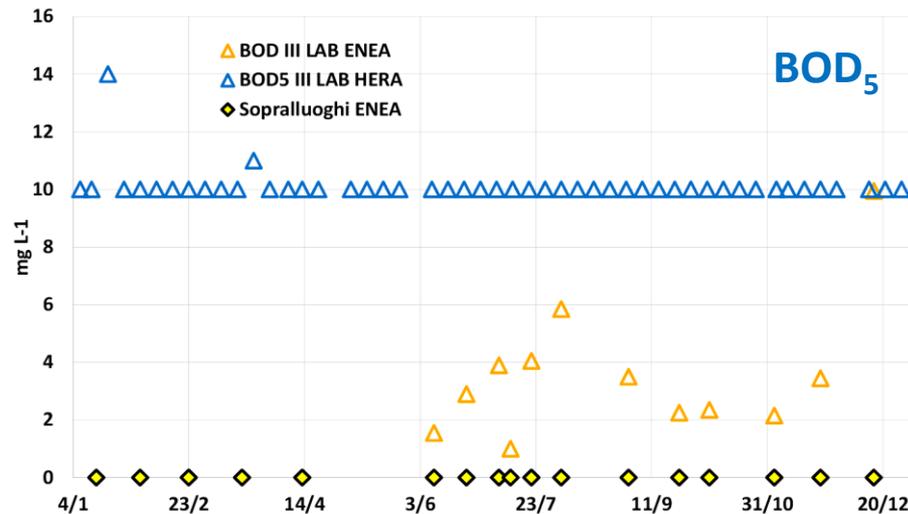
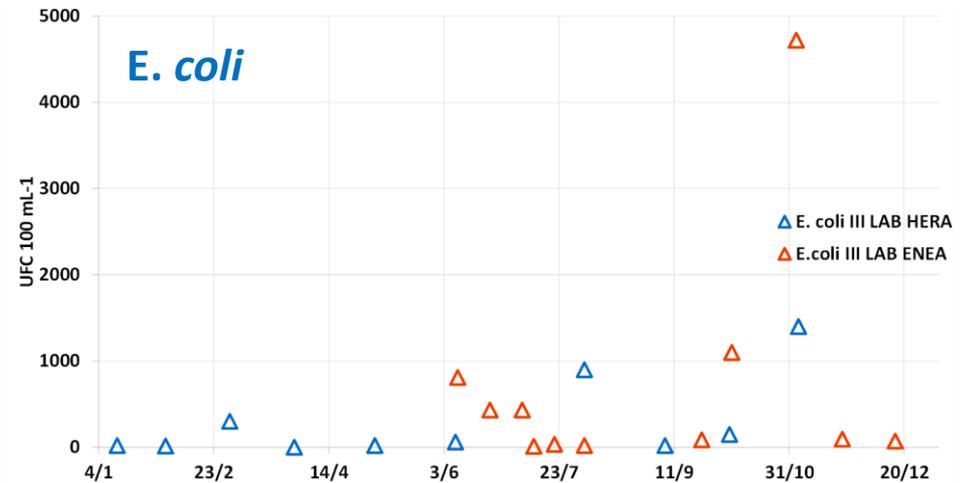
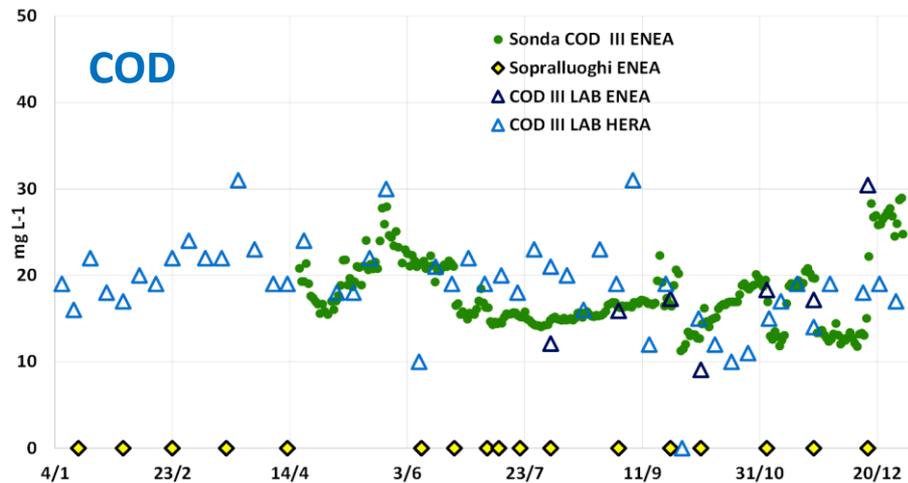
Monitoraggio della qualità delle acque reflue a valle del trattamento secondario



Monitoraggio della qualità delle acque reflue a valle del trattamento terziario



Monitoraggio della qualità delle acque reflue a valle del trattamento terziario



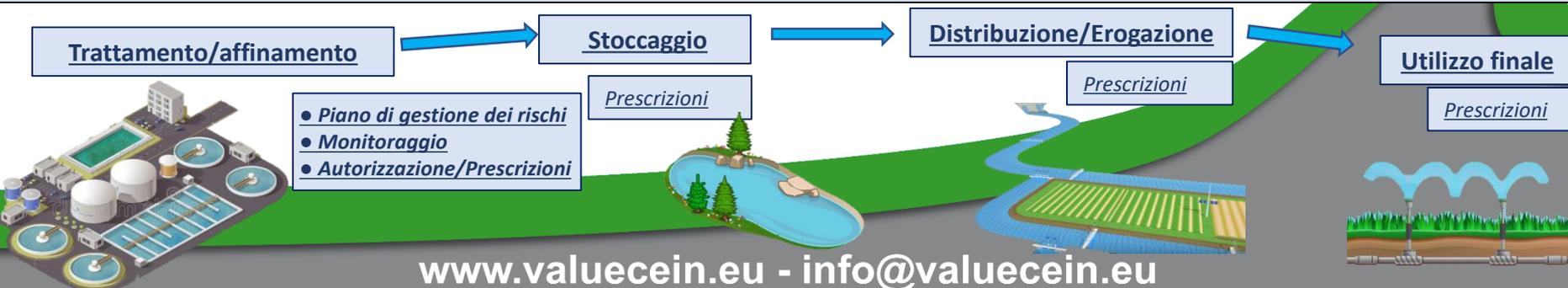
Regolamento (UE) 2020/741 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

Tab. 1 - Classi di qualità , tecniche di irrigazione e utilizzi agricoli consentiti			Tab. 2 - Prescrizioni di qualità acque affinate a fini irrigui in agricoltura					
Classe	Categoria di coltura (*)	Tecniche irrigazione	Ob. Tec. indicativo	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	E. coli	Altro
A	Tutte le colture alimentari da consumare crude con parte edibile a diretto contatto con acque affinate e piante da radice da consumare crude	Tutte	Tratt. II, filt.+dis.	≤ 10 1/sett.	≤ 10 01-set	≤ 5 Continuo	≤ 10 1/sett.	Legionella di diffusione spp.: per < 1000 ufc/l se vi è rischio Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Colture alimentari da consumare crude con parte edibile al di sopra del livello del terreno non a diretto contatto con acque affinate, colture alimentari trasformate e non alimentari (es. per alimentazione di animali da latte o da carne)	Tutte	Tratt. II, dis.	Conf. Dir. 91/271 (All. I, Tab. 1)	Conf. Dir. 91/271 (All. I, Tab. 1)	-	≤ 100 1/sett.	
C	Colture alimentari da consumare crude con parte edibile al di sopra del livello del terreno non a diretto contatto con acque affinate, colture alimentari trasformate e non alimentari (es. per l'alimentazione di animali da latte o da carne)	A goccia o altra, no contatto diretto con parti edibili	Tratt. II, dis.			-	≤ 1000 2/mese	
D	Colture industriali, da energia e da sementi	Tutte	Tratt. II, dis.	-	≤ 10.000 2/mese			

Prevista la valutazione qualitativa o semiquantitativa dei rischi per ambiente, salute umana e animale. Quantitativa nel caso di riscontro di un potenziale rischio elevato.

La valutazione dei rischi individua responsabilità ed eventuali prescrizioni supplementari lungo l'intera filiera del riutilizzo, comprese le condizioni relative alla distribuzione, allo stoccaggio e all'utilizzo finale. Le prescrizioni supplementari possono riguardare:

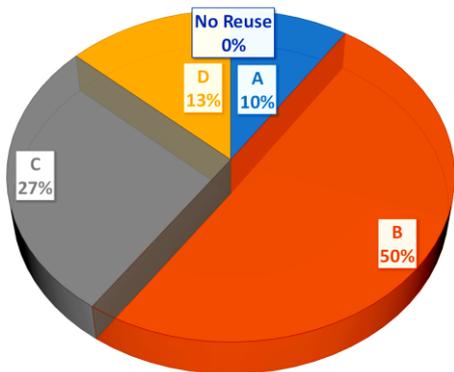
- a) **metalli pesanti;**
- b) **antiparassitari;**
- c) **sottoprodotti di disinfezione**
- d) **medicinali;**
- e) **altre sostanze tra cui i microinquinanti e le microplastiche;**
- f) **la resistenza agli agenti antimicrobici.**



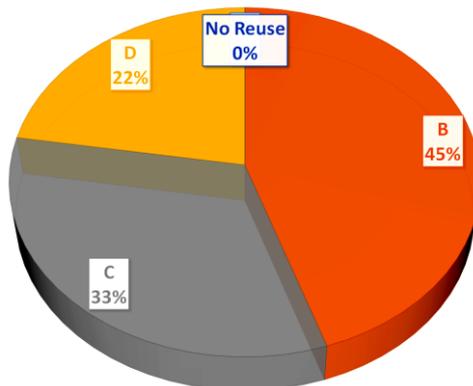
Qualità delle acque trattate ID Cesena e classificazione secondo i requisiti minimi del Reg. 741/2020

Classificazione delle acque reflue trattate

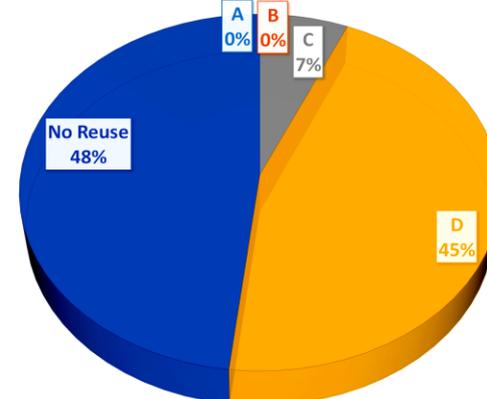
CLASSI DI QUALITÀ REFLUO TERZIARIO, PERIODO 2021



CLASSI DI QUALITÀ REFLUO TERZIARIOSECONDARIO, PERIODO 06-2/21



CLASSI DI QUALITÀ REFLUO SECONDARIO, PERIODO 06-2/21



- In entrambi i periodi considerati, il 100% del refluo trattato a valle del terziario risulta riutilizzabile.
- Nel semestre considerato, il c.a. il 50% del refluo trattato a valle del secondario potrebbe risultare riutilizzabile.
- Il parametro maggiormente discriminante nell'individuazione delle classi è l'*Escherichia coli*.



Potenziale di recupero di nutrienti

ID HERA Cesena	Q _{media} m ³ /d	N (NO ₃ +NH ₄) mg/L	P (P-PO ₄) mg/L	K mg/L
Refluo II	17691	8.6	0.6	14.7
Refluo III	17691	7.2	0.6	14.7
Recupero di nutrienti con riutilizzo acque reflue trattate (ton/a)				
Refluo II	/	28.8	2.1	49.1
Refluo III	/	46.3	4.2	94.7

Qualità delle acque trattate ID Cesena e classificazione secondo i requisiti minimi del Reg. 741/2020

Secondo i quaderni di statistica dell'agricoltura (Camcom Rimini 2021) in provincia di Forlì-Cesena i concimi distribuiti per il 2020 ammontano a 17435 ton, di cui i concimi minerali composti (es. 20/10/10 complesso azoto fosfo potassico) sono 2.731.

Recupero di nutrienti con riutilizzo acque reflue trattate (ton/a)			
II	28.8	2.1	49.1
III	46.3	4.2	94.7



20/10/10 complesso azoto fosfo potassico (100 kg, 38€)	Refluo	N	P	K
ton/a di nutrienti apportati in campo		266.8	133.4	133.4
% soddisfacimento da riutilizzo irriguo	II	11%	2%	37%
% soddisfacimento da riutilizzo irriguo	III	17%	3%	71%

Conclusioni e spunti

Fattibilità tecnica del monitoraggio

- L'affidabilità delle misurazioni richiede una frequente supervisione del sistema (i.e. manutenzione ordinaria e straordinaria).
- Necessità di far fronte a problematiche sito-specifiche (i.e. proliferazione algale) e dalle acque monitorate/punto di prelievo.
- La qualità di entrambi i flussi di acque reflue trattate è sufficiente, secondo i parametri analizzati, per il «rientro» nelle classi di qualità previste dal Reg. 741/2020.
- I reflui trattati offrono una elevata potenzialità fertirrigua che potrebbero consentire risparmi sensibili dei costi di fertilizzazione.

Possibili Sviluppi

- Ulteriore ottimizzazione del sistema di prelievo e monitoraggio in chiave di affidabilità.
- Sperimentazione di tecnologie alternative basate su altri principi di misura per il monitoraggio di parametri chimico-fisici.
- Indagine strategie di abbattimento *E. coli* in ottica di costi benefici.
- Sperimentazione di tecnologie per la determinazione real time di parametri microbiologici.

Gruppo di lavoro:

Luigi Petta

Carmela Cellamare

Marco Ferraris

Luigi Sciubba

Angelo Campus

Gianpaolo Sabia



VALUE CE-IN



Laboratorio
ENEA
Ambiente

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

FINE