



# SMART-EE-PLANTS

## SMART - EE- PLANTS

### IL PROGETTO SMART - EE - PLANTS:

Un approccio alla riduzione dei consumi energetici e impronta carbonica nel processo depurativo delle acque reflue urbane

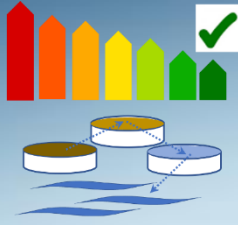
#### PARTNER



Programma Operativo  
Complementare (P.O.C.)  
2014/2020 della Regione  
Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330



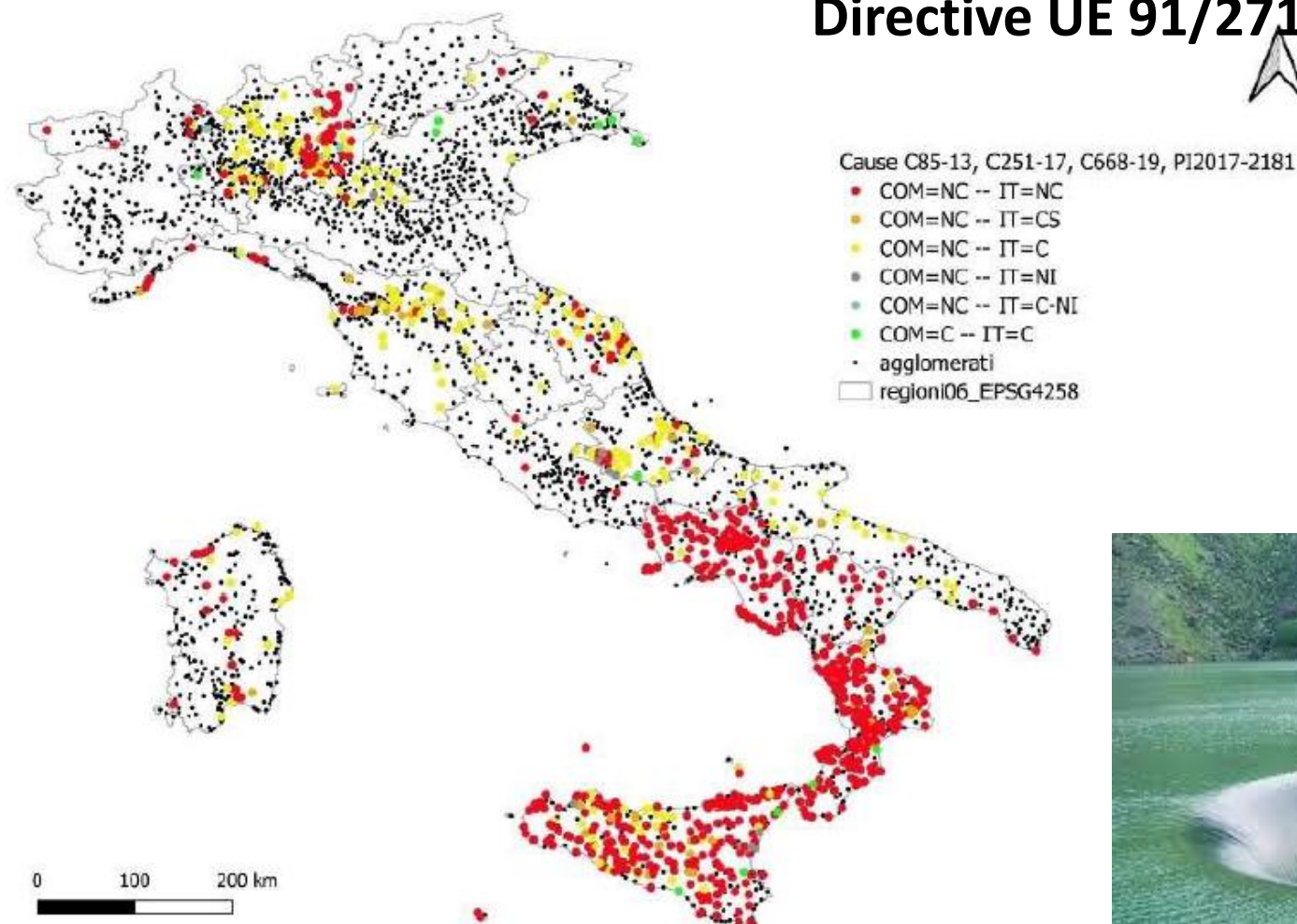




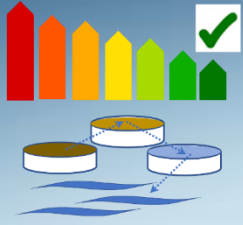
## La direttiva

La nuova direttiva si ispira in particolare alla European Climate Law, che mira a raggiungere la neutralità climatica dell'Unione entro il 2050, fissando **un obiettivo intermedio di riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990**. Allo stesso modo, la UWWTD impone agli impianti di depurazione con capacità pari o superiore ai 10.000 A.E. di raggiungere la neutralità energetica entro il 2045, introducendo obiettivi progressivi a partire dal 2030.

Directive UE 91/271/CE:



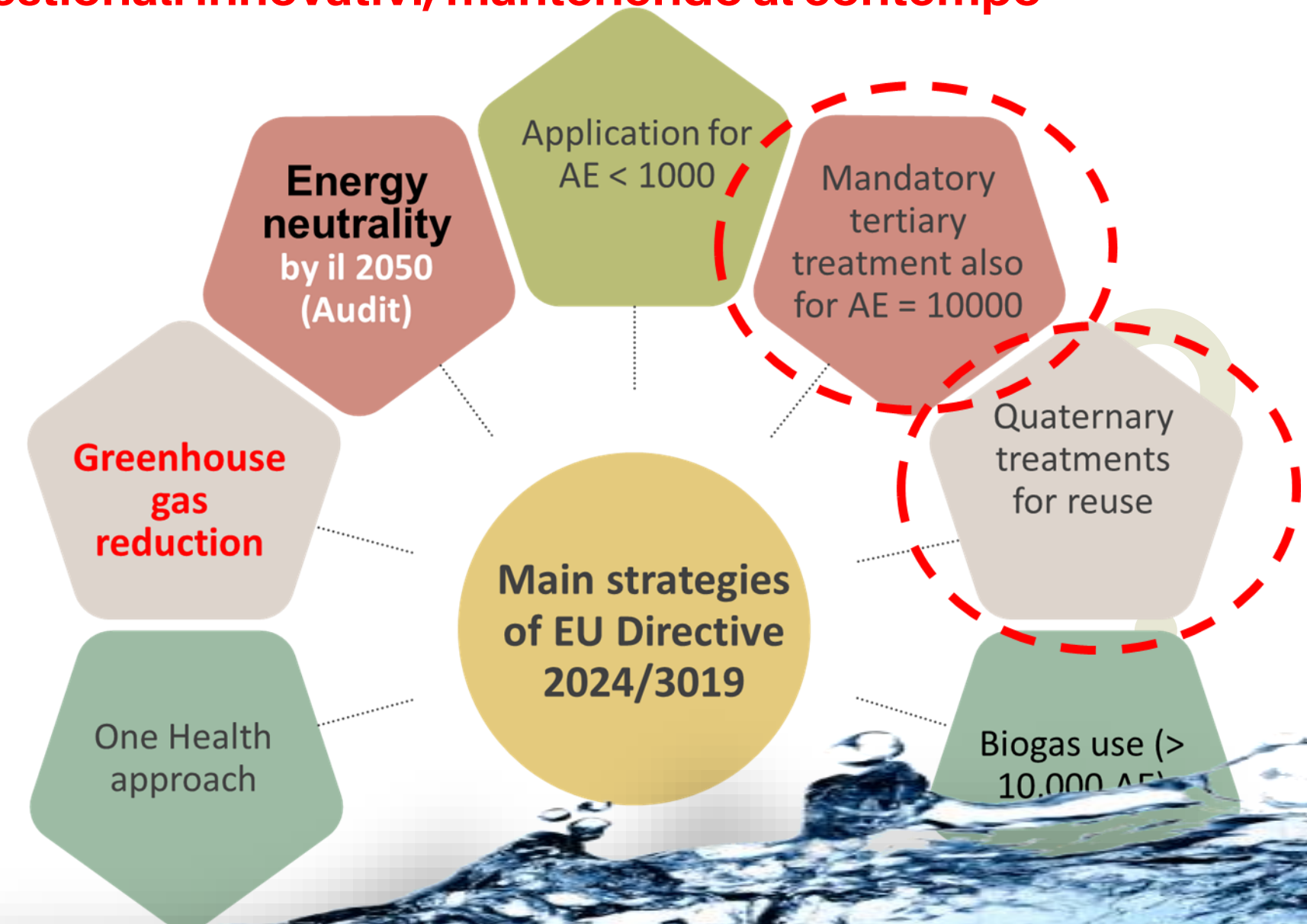
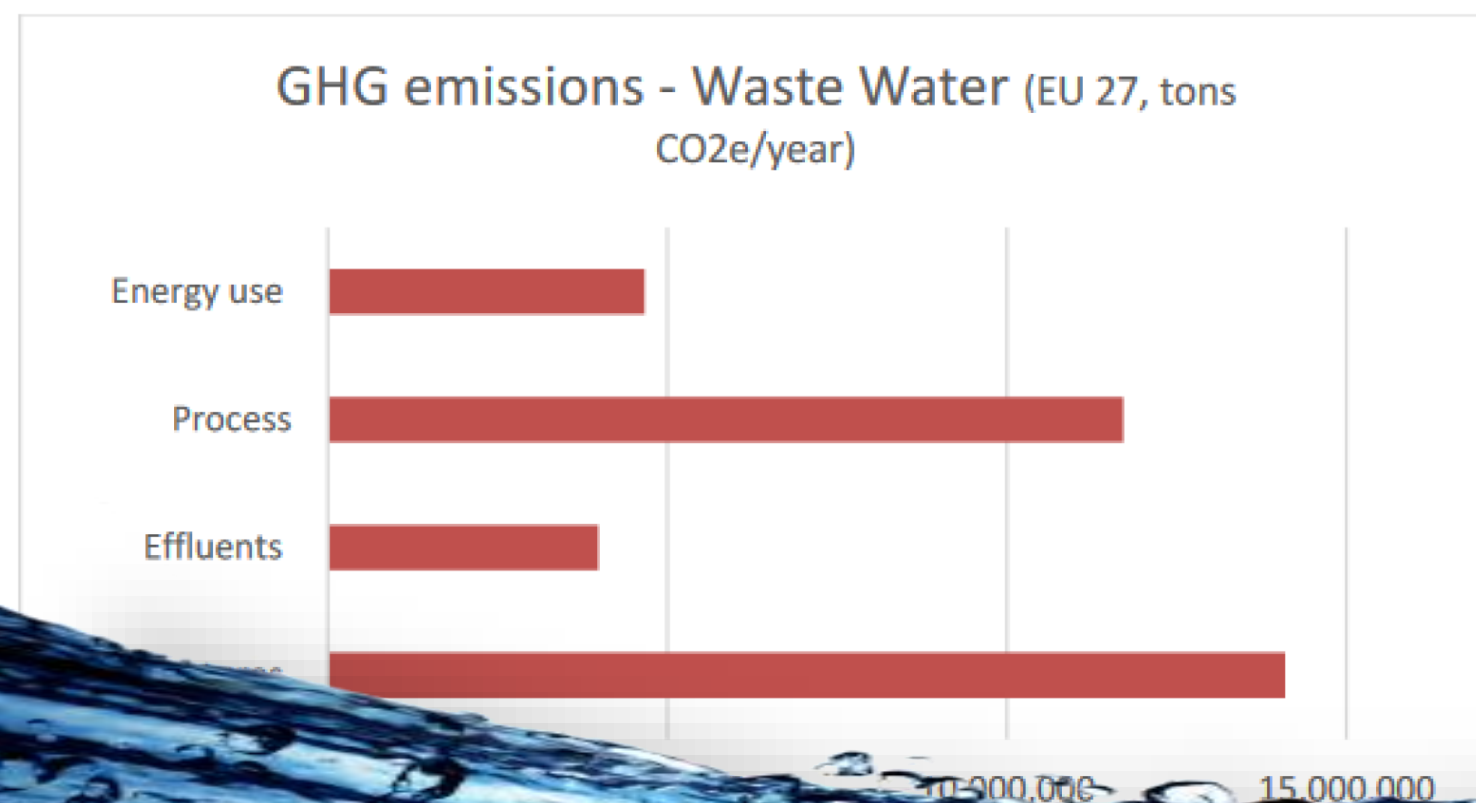




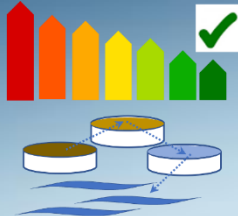
## La direttiva

Per avvicinare il settore idrico alla neutralità energetica e all'**azzeramento delle emissioni nette di gas serra**, viene considerato essenziale avviare fin da ora una **pianificazione efficiente degli investimenti a medio e lungo termine**. Tali investimenti dovranno essere supportati da adeguati meccanismi tariffari e di finanziamento, per garantire **l'applicazione di tecnologie avanzate e criteri gestionali innovativi, mantenendo al contempo l'accessibilità economica della risorsa**.

Le prospettive di riduzione dei consumi energetici sino al raggiungimento della neutralità impongono quindi una **rivalutazione di tutti i processi di trattamento e delle relative tecnologie utilizzate**.







# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto N. 08CT3600000330

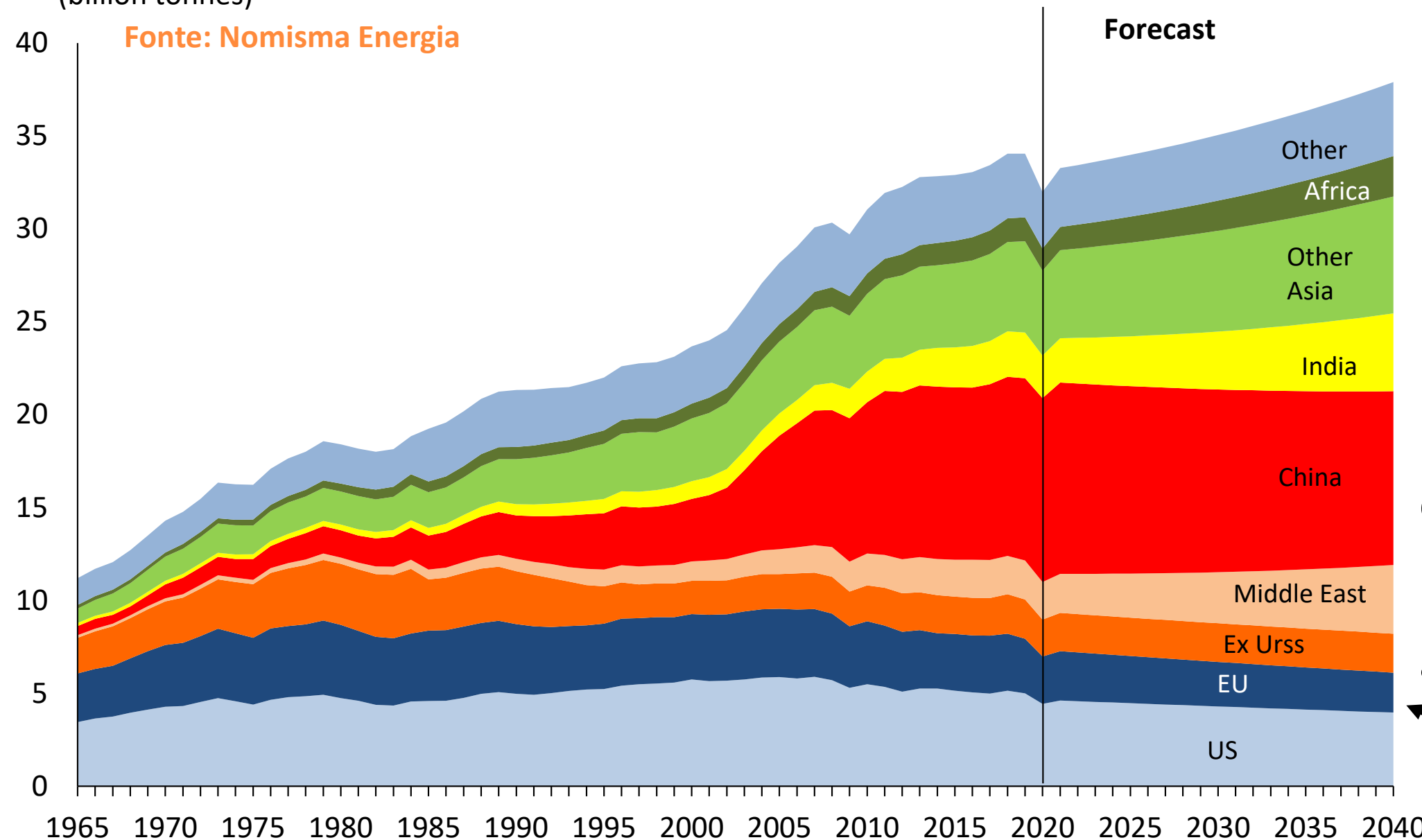


Organizzazione a cura di:  
REGIONE SICILIANA  
ASSESSORATO DELL'ENERGIA E  
DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ  
DIPARTIMENTO DELL'ENERGIA

## Emissioni CO<sub>2</sub>

World CO2 emission from fossil fuels  
(billion tonnes)

Fonte: Nomisma Energia



L'Europa conta per il 9%  
delle emissioni globali: dal  
1990 ha ridotto 1 miliardo,  
mentre gli altri hanno  
aumentato di 13.







# SMART-EE-PLANTS



SMART-EE-PLANTS

**PARTNER**



**SIDRA S.p.A**



**AMAP S.p.A.**  
gestione ciclo  
idrico integrato



**ACQUAENNA s.c.p.a.**



**IPPOCRATE  
AS SRL**

## Obiettivo generale

### Smartee - plants

- obiettivo generale è l'**efficientamento energetico e ambientale dei processi di trattamento delle acque reflue**, da conseguire attraverso una gestione maggiormente monitorata, in continuo, dei relativi processi bio-chimici e fisici, al fine di conseguire una sensibile riduzione del consumo energetico a livello regionale che, nel complesso delle sue azioni, si attuerà **attraverso un netto cambio di paradigma verso una gestione energetica efficiente degli impianti di depurazione delle acque reflue della regione Sicilia.**



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della  
Regione Siciliana Progetto n. 08CT3600000330



**ECOCONTROL  
SUD SRL**



**UNIVERSITA' DI  
CATANIA**



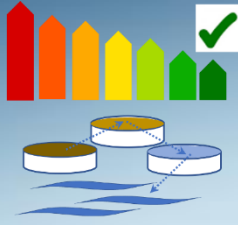
**UNIVERSITA' DI  
KORE DI ENNA**



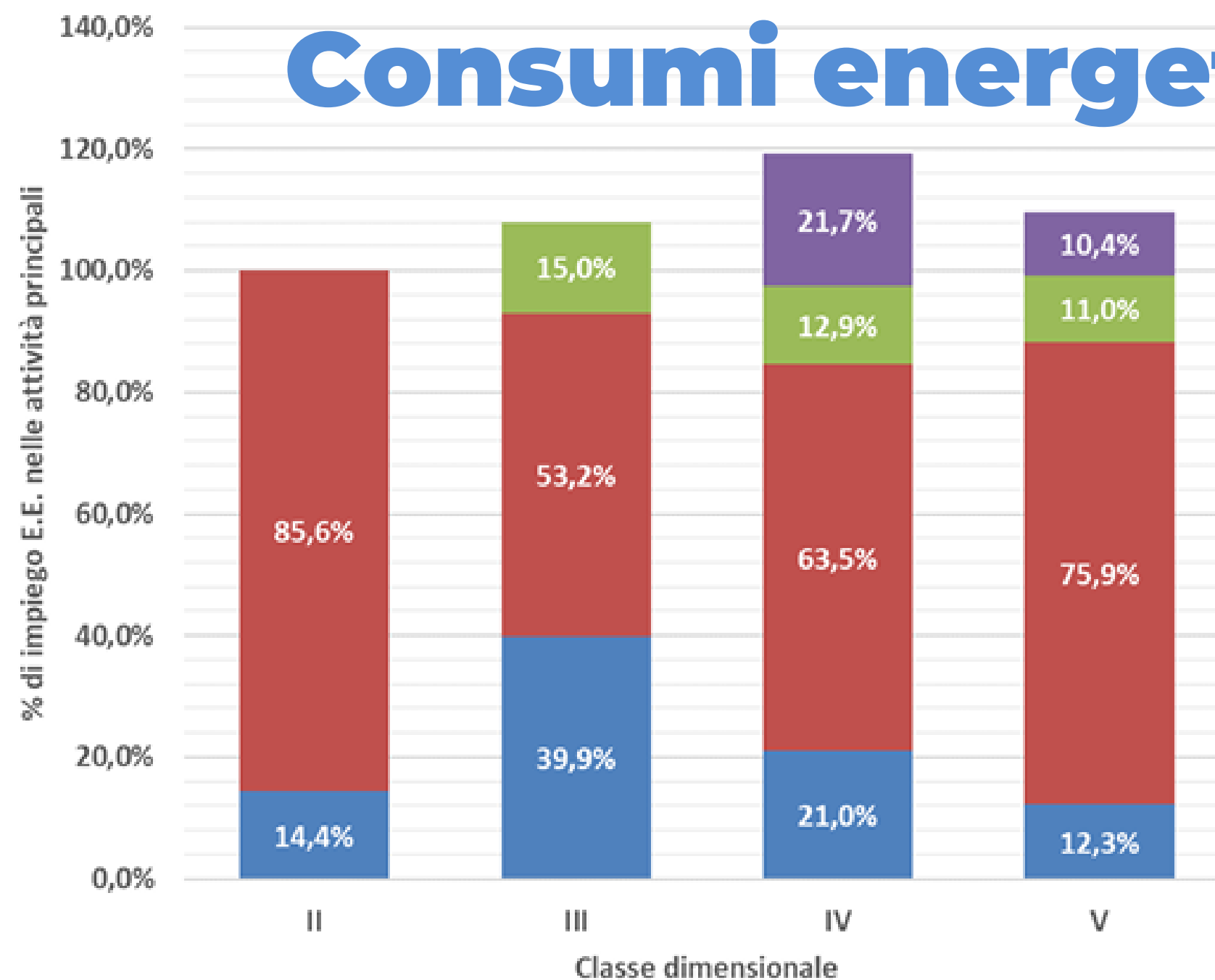
**UNIVERSITA' DI  
PALERMO**







## Consumi energetici negli WWTP



Negli impianti di depurazione a fanghi attivi, il consumo di energia per la riduzione dell'azoto o della materia organica (COD, BOD) avviene principalmente nel processo di aerazione e l'energia necessaria per l'aerazione costituisce oltre il 50% del consumo energetico totale.

- E.E. utilizz. (kWh/anno) linea fanghi essiccamento
- E.E. utilizz. (kWh/anno) linea fanghi disidratazione
- E.E. utilizz. (kWh/anno) Biologico secdII disinfezione
- E.E. utilizz. (kWh/anno) Soll+Pretrat

Report RdS/PTR2029/096 Enea – Efficientamento energetico di impianti di depurazione in ottica di economia circolare (D. Mattioli, A. Giuliano, G. Sabia, L. Petta et al.)



## Obiettivo realizzativo

La riduzione del consumo energetico viene conseguita attraverso lo sviluppo e l'applicazione di un **dimostratore low-cost** che, impiegando:

1. **Una rete di sensori** a basso costo, customizzati per lo specifico processo esaminato, atta alla rilevazione di dettaglio di parametri operativi e consumi lungo le fasi più energivore.
2. **Una mini-piattaforma elettronica di elaborazione, trasduzione e trasmissione dei diversi segnali**, atta a garantire in forma integrata e in **tempo reale i valori delle grandezze di rilievo** per il controllo di processo unitamente ai consumi energetici dello stesso.
3. **Un modello di simulazione USER-FRIENDLY** che attraverso il controllo e la retroazione sui processi più energivori **consente di massimizzare il risparmio energetico e minimizzare le emissioni in atmosfera**.





## Approccio in SmartEE-Plants

Attraverso tecnologie di sensoristica, microelettronica e di controllo di processo, messe a punto dagli Enti di Ricerca e integrate da imprese esperte nel risparmio energetico e nel controllo degli impianti di depurazione, il prototipo viene attuato in **tre configurazioni operative full-scale**, presso differenti impianti-tipo, da tre tra i principali soggetti gestori del Servizio Idrico integrato (S.I.I.) a livello regionale.

L'approccio individuato attraverso il finanziamento delle tre linee pilota e le conseguenti **azioni di validazione** precoce dei prodotti previsti - che vengono dimostrati su larga scala - coinvolge non solo i tre diversi gestori inclusi nel partenariato, ognuno attraverso un impianto a scala diversa - in modo da **coprire tutte le dimensioni** presenti nel panorama siciliano delle centinaia di impianti di depurazione esistenti - ma anche gli ulteriori Gestori siciliani del S.I.I., che vengono opportunamente interessati tramite le **attività di disseminazione e networking**, così contribuendo in misura sostanziale all'avanzamento tecnologico delle imprese siciliane impegnate nel S.I.I.





## Approccio in SmartEE-Plants

L'**approccio esteso** scelto garantisce infatti la necessaria ricchezza e **varietà di condizioni ed esperienze per ampliare i risultati e quindi estendere il risparmio energetico al resto degli impianti** direttamente gestiti dai partner in regione nonché di condividere l'innovazione con altri soggetti gestori, pubblici e privati, a livello regionale ed extraregionale. **Beneficio secondario ma non trascurabile** del progetto è la conseguente **riduzione delle emissioni clima-alteranti** e il **maggiore controllo e affidabilità della qualità degli scarichi nei corpi idrici ricettori** con gli evidenti vantaggi di natura ambientale sociale ed economica.

L'automazione prevista dal progetto, fornendo all'impianto di depurazione **un certo grado di "intelligenza"**, inteso come **adattabilità alle esigenze operative**, può contribuire in modo determinante al raggiungimento degli **obiettivi di affidabilità ed economicità di gestione** che oggi sono riconosciuti come prioritari e che si vedranno concretizzare in un più che rilevante risparmio dell'energia richiesta.



**L'intelligenza** è un complesso di facoltà psichiche e mentali che, mediante processi cognitivi, consentono di percepire o capire le cose e i significati attraverso l'elaborazione delle informazioni e di organizzare conseguentemente il proprio comportamento sia attraverso le idee che l'attività pratica



## DELIVERABLE 1/2

1. **(DEV. 1.1)** Report tecnico sull'analisi (benchmarking) dei consumi energetici per i numerosi impianti gestiti dalle tre Società del SII.
2. **(DEV. 1.2)** Report tecnico sulla performance energetica per ciascuno degli impianti alle tre differenti scale.
3. **(DEV. 1.3)** Report tecnico sulle modalità di controllo del processo negli impianti di selezionati
4. **(DEV. 1.4)** Report tecnico sulle condizioni di processo negli impianti di selezionati
5. **(DEV. 1.5)** Report tecnico sulle emissioni di gas clima-alteranti negli impianti di selezionati in relazione alla scala d'impianto.
6. **(DEV. 1.6)** Report tecnico sui modi di guasto degli asset e sulle anomalie di processo
7. **(DEV. 2.1)** Report tecnico sulle caratteristiche dei nodi multisensoriali
8. **(DEV. 2.2.1)** Report tecnico sul protocollo di comunicazione;
9. **(DEV. 2.2.2)** Report tecnico sul sistema di trasmissione dati
10. **(DEV. 2.3)** Report tecnico sulla funzionalità del modello matematico implementato
11. **(DEV. 2.4.1)** Report tecnico sul sistema di controllo;
12. **(DEV 2.4.2)** Schemi progettazione del sistema di controllo;
13. **(DEV 2.5.1)** Report tecnico sulle verifiche condotte in laboratorio del sistema di misura e controllo
14. **(DEV 2.5.2)** Report tecnico sulle caratteristiche del dimostratore nella configurazione base;
15. **(DEV 2.6)** Report tecnico sulle verifiche condotte in laboratorio per la misura delle emissioni dalla fase biologica
16. **(DEV 2.7)** Report tecnico sulle caratteristiche delle configurazioni dei tre dimostratori per diversa taglia di impianto
17. **(DEV. 3.1)** Report tecnico contenente le azioni per la corretta installazione del dimostratore su impianti di taglia grande;
18. **(DEV. 3.2)** Report tecnico sulle attività di start up, le criticità e le soluzioni attuate per risolverle
19. **(DEV. 3.3)** Report sulle capacità/modalità di autoregolazione della piattaforma sensoristica per l'ottimizzazione energetica e prestazionale dell'impianto di depurazione
20. **(DEV. 3.4)** Report sui dati di funzionamento ed energetici nel lungo periodo;
21. **(DEV. 3.5)** Report sulle modalità di gestione energetica ottimale
22. **(DEV. 3.6)** Report sulle strategie di efficientamento energetico degli asset più energivori.
23. **(DEV 3.7.1)** Manuale operativo per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di grande scala tramite il dimostratore SMARTEE-PLANT
24. **(DEV 3.7.2)** Linee guida per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di taglia grande.
25. **(DEL. 4.1)** Report tecnico contenente le azioni per la corretta implementazione del dimostratore su impianti di taglia piccola.
26. **(DEL. 4.2)** Report tecnico sulle attività di start up, le criticità e le soluzioni attuate per risolverle
27. **(DEL. 4.3)** Manuale operativo di implementazione/gestione della tecnologia a cicli alternati per il caso dei piccoli impianti con la finalità di risparmio energetico





## DELIVERABLE 2/2

31. (DEL. 4.7.1) Manuale operativo per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di piccola taglia mediante il dimostratore SMARTEE-PLANT
32. (DEL. 4.7.2) Linee guida per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di piccola taglia, mediante la tecnologia a cicli alternati
33. (DEV. 5.1) Report tecnico contenente le azioni per la corretta installazione del dimostratore su impianti di taglia media
34. (DEV. 5.2) Report tecnico sulle attività di start up, le criticità e le soluzioni attuate per risolverle;
35. (DEV. 5.3) Report sulla riduzione delle emissioni e dei gas serra e del consumo energetico dell'impianto di Casteldaccia nella modalità di gestione a "cicli alternati"
36. (DEV. 5.4) Report sulle capacità/modalità di autoregolazione della piattaforma sensoristica per l'ottimizzazione energetica e prestazionale dell'impianto di depurazione;
37. (DEV. 5.5) Report sul funzionamento di lungo periodo mediante piattaforma sensoristica con dati energetici e stima delle emissioni.
38. (DEV. 5.6) Report sulle potenzialità di risparmio energetico negli impianti di media taglia con e senza fase di denitrificazione
39. (DEV. 5.7.1) Manuale operativo per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di taglia media tramite il dimostratore SMARTEE-PLANT
40. (DEV. 5.7.2) Linee guida per l'ottimizzazione del risparmio energetico in impianti di taglia media
41. (DEV. 6.1) Piano per la diffusione e valorizzazione dei risultati (PiDVaR)
42. (DEV. 6.2.1) Sito web
43. (DEV. 6.2.2) Linee guida per eventi locali, nazionali ed internazionali
44. (DEV. 6.3.1) N. 3 (tre) seminari di Peer Learning con redazione di sintesi in linguaggio non tecnico,
45. (DEV. 6.3.2) N. 1 (una) dimostrazione presso uno degli impianti oggetto dello sviluppo,
46. (DEV. 6.3.3) Report sulla partecipazione a convegni nazionali ed internazionali includente le pubblicazioni;
47. (DEV. 6.4.1) Manuale operativo;
48. (DEV. 6.4.2) Linee guida per le imprese
49. (DEV. 6.5.1) Conferenza finale;
50. (DEV. 6.5.2) Report sulla conferenza finale con redazione di sintesi in linguaggio non tecnico distribuita su tutti i canali di comunicazione del progetto



Glovo?





# Iter valutativo ed esito finale



Programma C



Programma Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana

Progetto n. 08CT3600000330

Con Decreto Dirigente Generale dell'Assessorato Regionale Attività Produttive n° 3200 del **28.11.2019** e allegata graduatoria definitiva, la domanda di finanziamento della SIDRA pur ammessa, **non risultava inserita tra le domande ammesse al finanziamento** regionale inerente all'azione PO FESR 2014/2020 - Azione 1.1.5, in relazione all'attribuzione di complessivi punti **81/100** inferiore alla soglia di 85 di individuazione dei progetti finanziabili;



La Sidra, avversa tale valutazione, presentava **un primo ricorso al TAR**.

Il TAR Palermo emanava due ordinanze cautelari, a seguito delle quali la commissione giudicatrice riesaminava la domanda al fine del riesame del punteggio **al cui esito venivano attribuiti punti 84/100**.

La Sidra presentava quindi un **ricorso per motivi aggiunti al TAR** che imponeva alla commissione giudicatrice una ulteriore rivalutazione, che veniva accolto con la sentenza TAR Sicilia Palermo n° 2 del 4.1.2021.

**A seguito della sentenza la Commissione attribuiva alla SIDRA il punteggio finale di 92/100** quindi ben superiore alla soglia di 85 di individuazione dei progetti finanziabili.

Con D.D.G. n. 697/5S **25/05/2021** del Dipartimento Regionale delle Attività veniva finalmente rettificato il D.D.G. 3200 del **28 10 2019** con l'inserimento in graduatoria - tra le operazioni finanziabili – del progetto n. 08CT33600000330 - Capofila SIDRA SpA.

**In data 12/12/2022** è stato trasmesso il decreto di concessione sottoscritto.





SMART - EE- PLANTS

# Iter valutativo ed esito finale



Programma C



Progetto Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana

Progetto n. 08CT3600000330

## Min...a, TRI ANNI



*\*Take  
home message*







# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci



Università  
di Catania



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

L'impianto è progettato per la gestione del carico di **320.000 abitanti equivalenti (A.E.)**.

Il trattamento biologico secondario delle acque reflue urbane avviene in un sistema a fanghi attivi secondo lo schema convenzionale MLE:

- 3 reattori biologici paralleli per le acque urbane
- 1 reattore biologico per le acque reflue industriali
- 2 sedimentatori secondari

I reflui, dopo essere stati pretrattati, sono processati in reattori biologici:

- **A pistone (plug - flow)**
- Realizzati con schema di **denitrificazione - nitrificazione**



Vista aerea della sezione di trattamento secondario dell'impianto di depurazione Sidra s.p.a.





# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

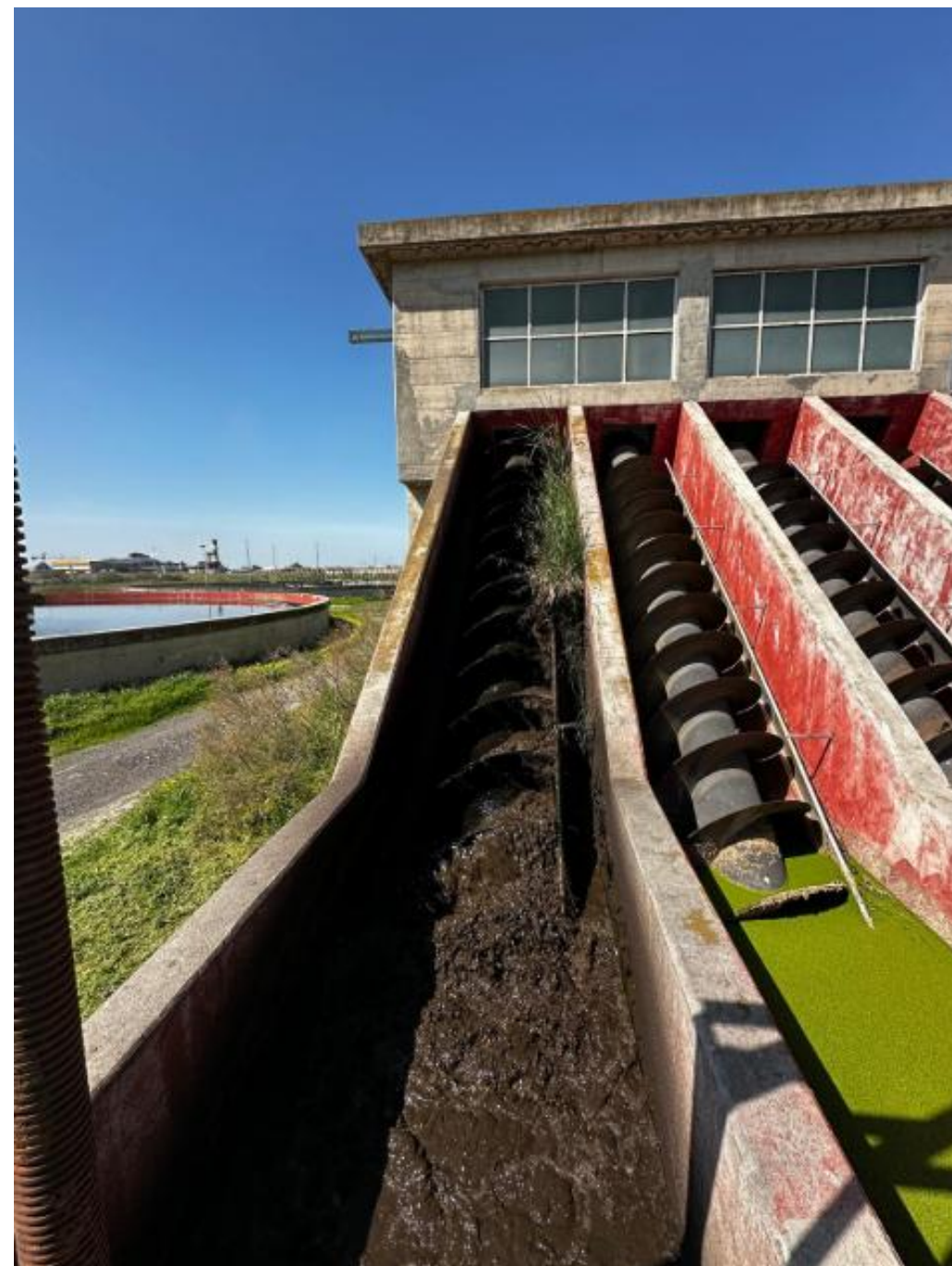


Foto della coclea di ricircolo fanghi esterno



Foto vista frontale del reattore biologico (vasca ossidativa)







L'impianto è stato progettato per gestire un carico equivalente di circa **15.000 A.E.**

- Impianto a schema semplificato
- I liquami pretrattati confluiscono in n. 2 vasche, fuori terra, di ossidazione biologica a fanghi attivi.
- Ogni vasca di ossidazione alimenta un sedimentatore finale realizzando così due moduli "ossidazione/sedimentazione" indipendenti.



Foto reattore biologico impianto di Casteldaccia







L'impianto di depurazione ha una potenzialità di **5000 A.E.** ed è un impianto del tipo a fanghi attivi (a biomassa sospesa)

- **Impianto a schema semplificato**
- La fase biologica avviene in due reattori paralleli con aerazione artificiale



Foto sedimentatore secondario impianto di Gagliano



Foto reattore biologico impianto di Gagliano







# SMART-EE-PLANTS



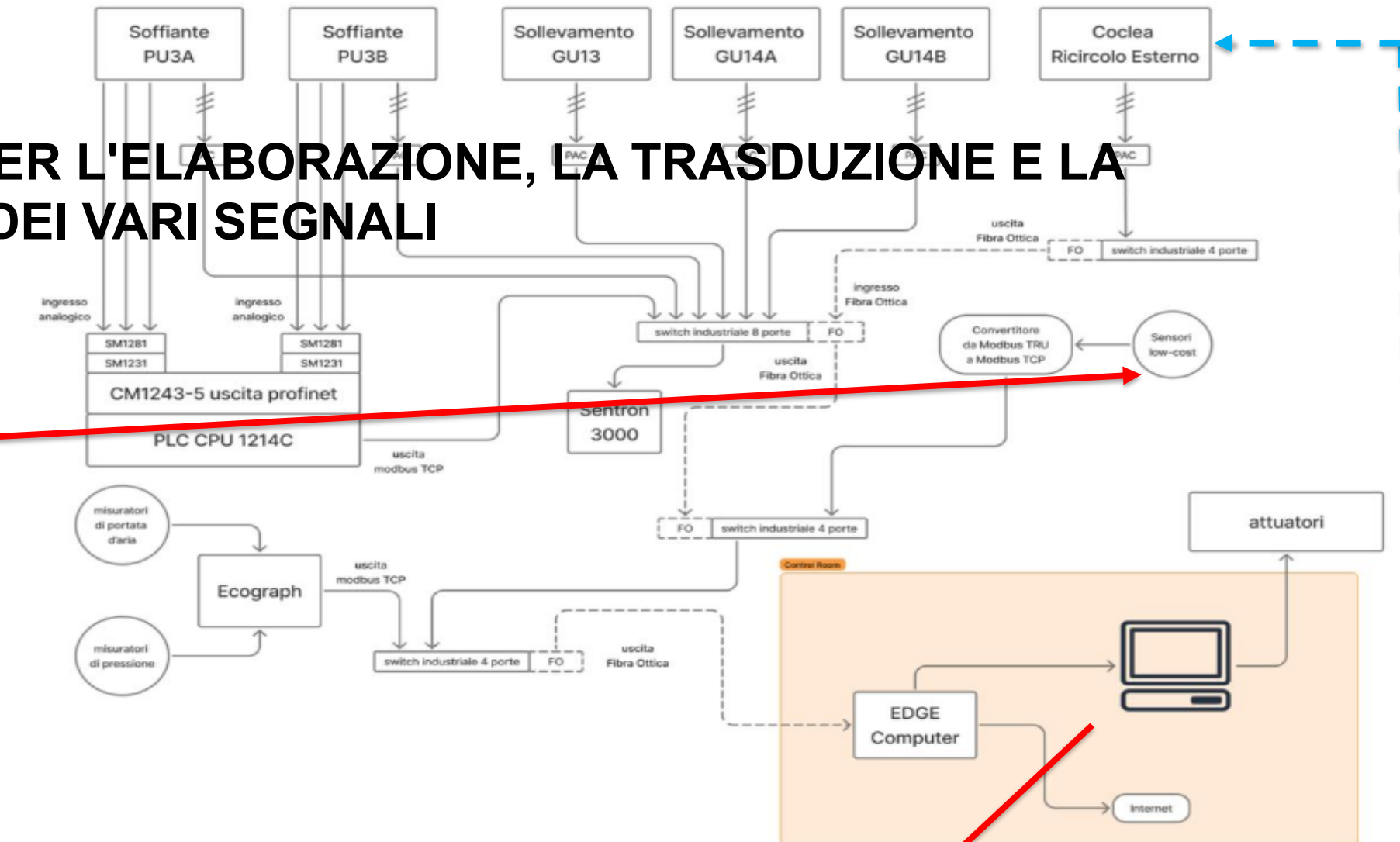
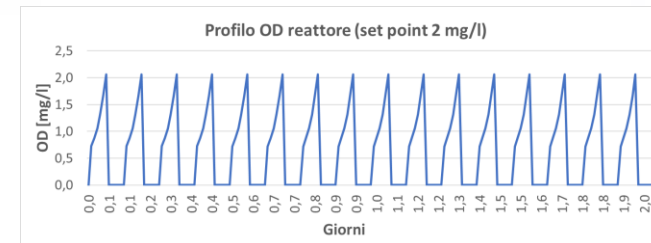
Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

SMART - EE- PLANTS

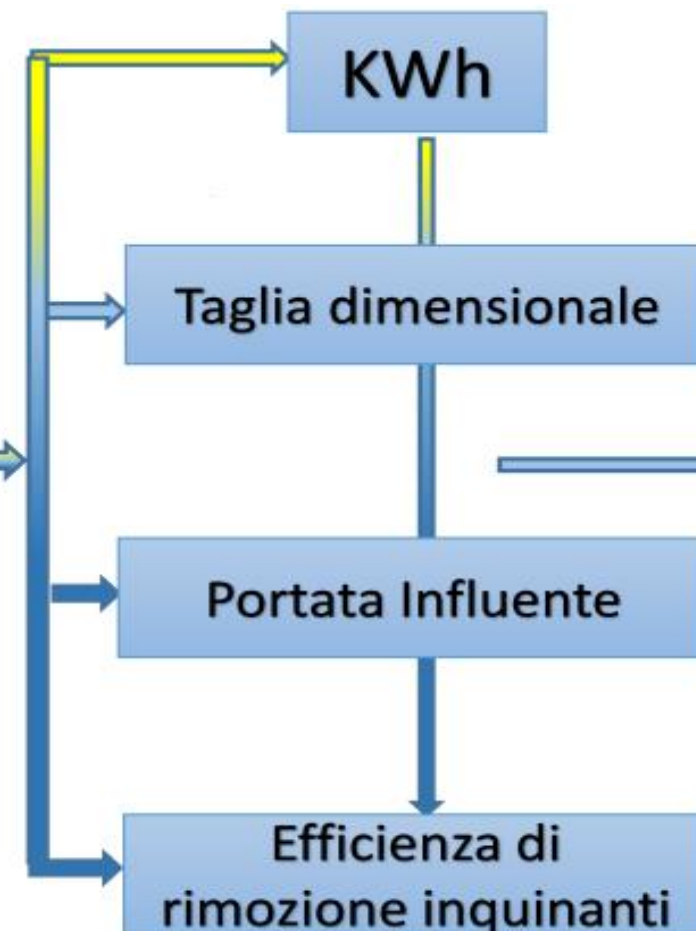


RETE DI  
SENSORI A  
BASSO  
COSTO

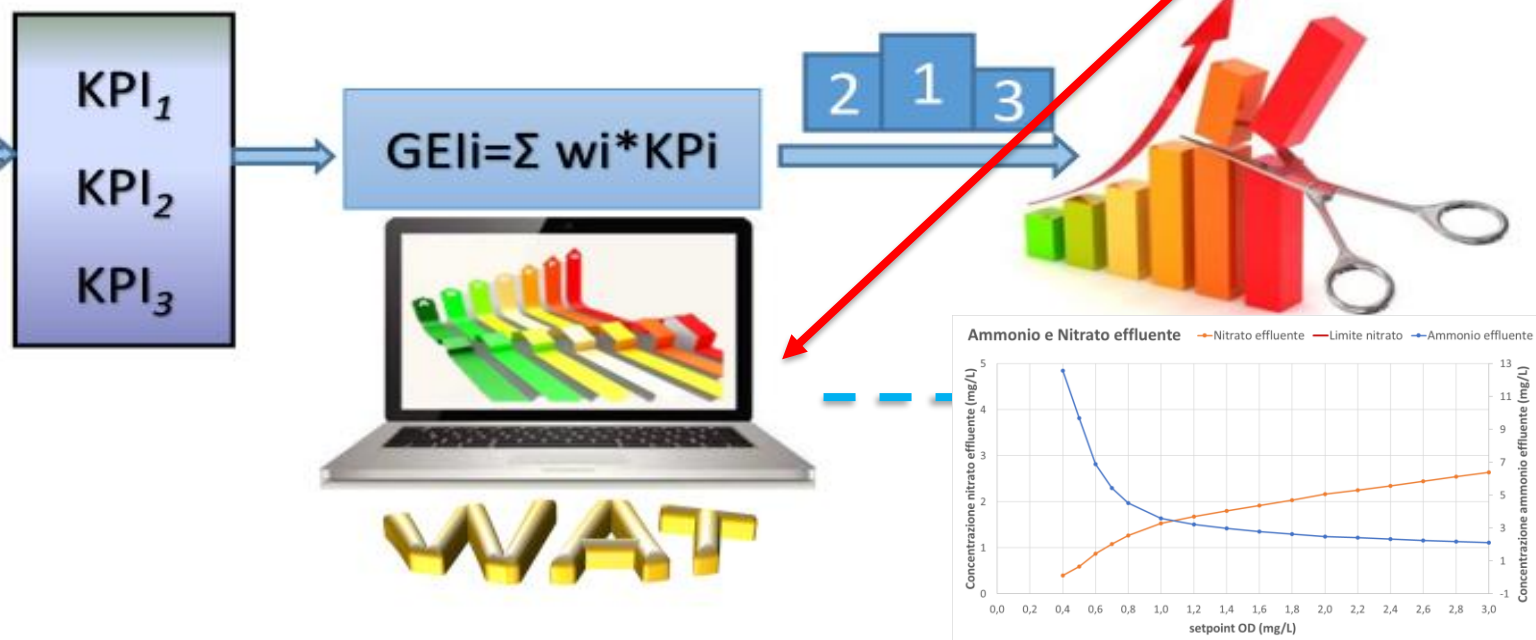
## PIATTAFORMA PER L'ELABORAZIONE, LA TRASDUZIONE E LA TRASMISSIONE DEI VARI SEGNALE



Benchmarking

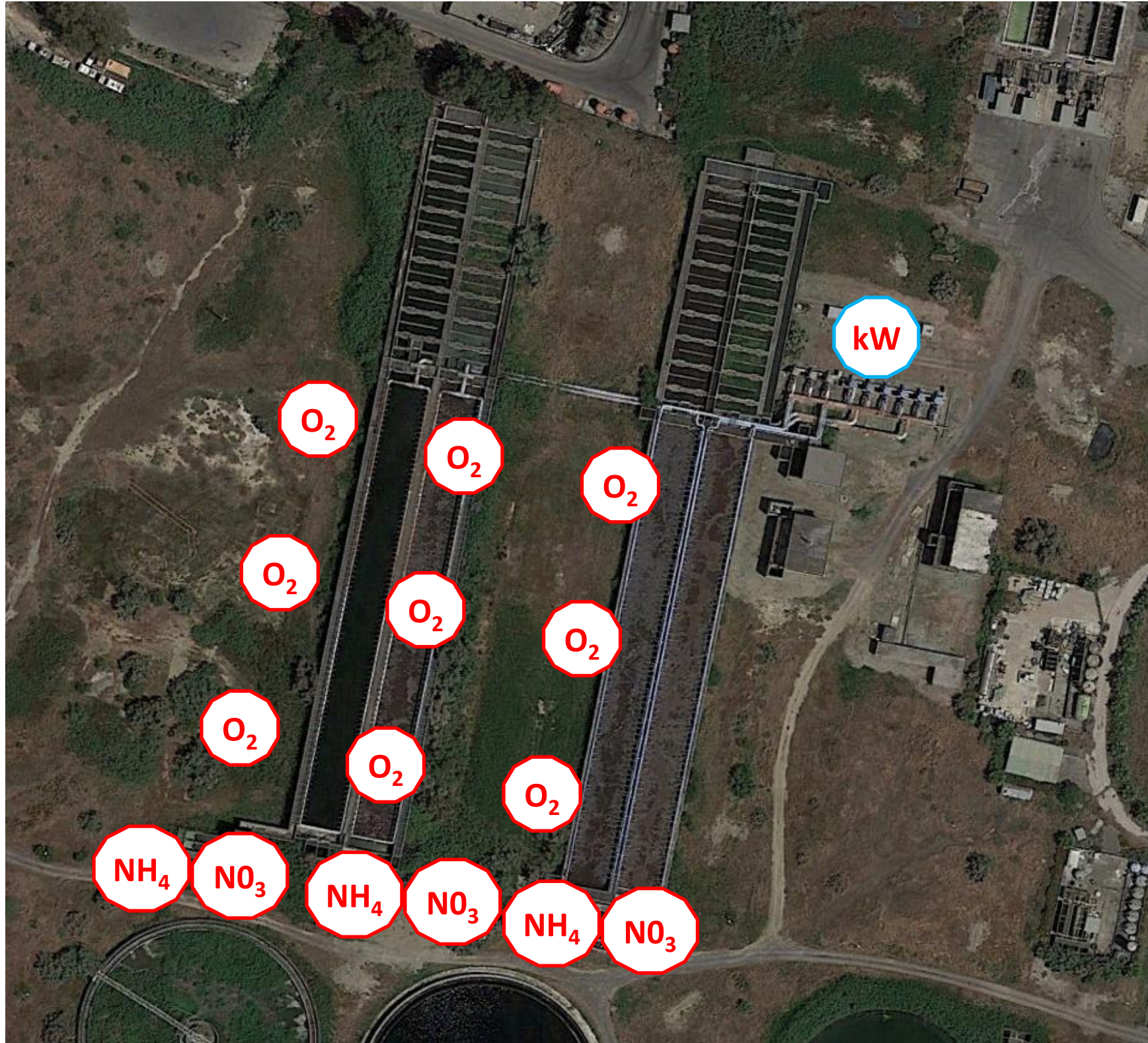


## MODELLO DI SIMULAZIONE SEMPLIFICATO





# Sensoristica

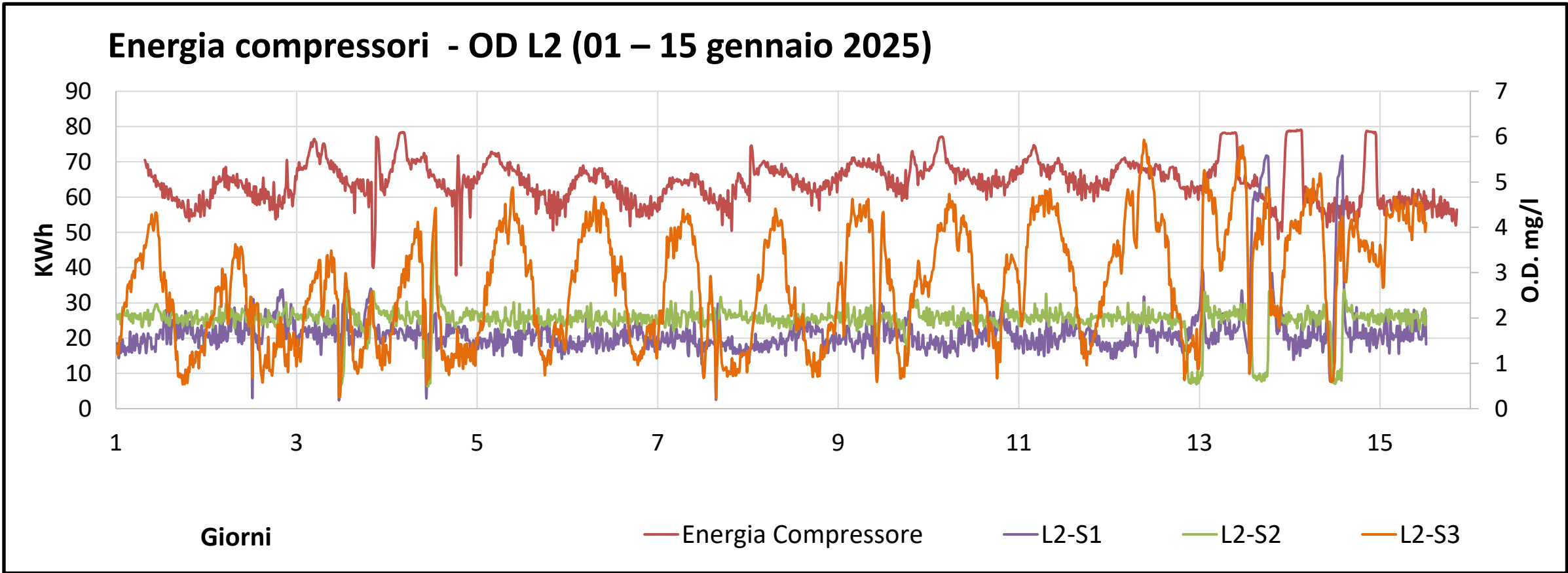
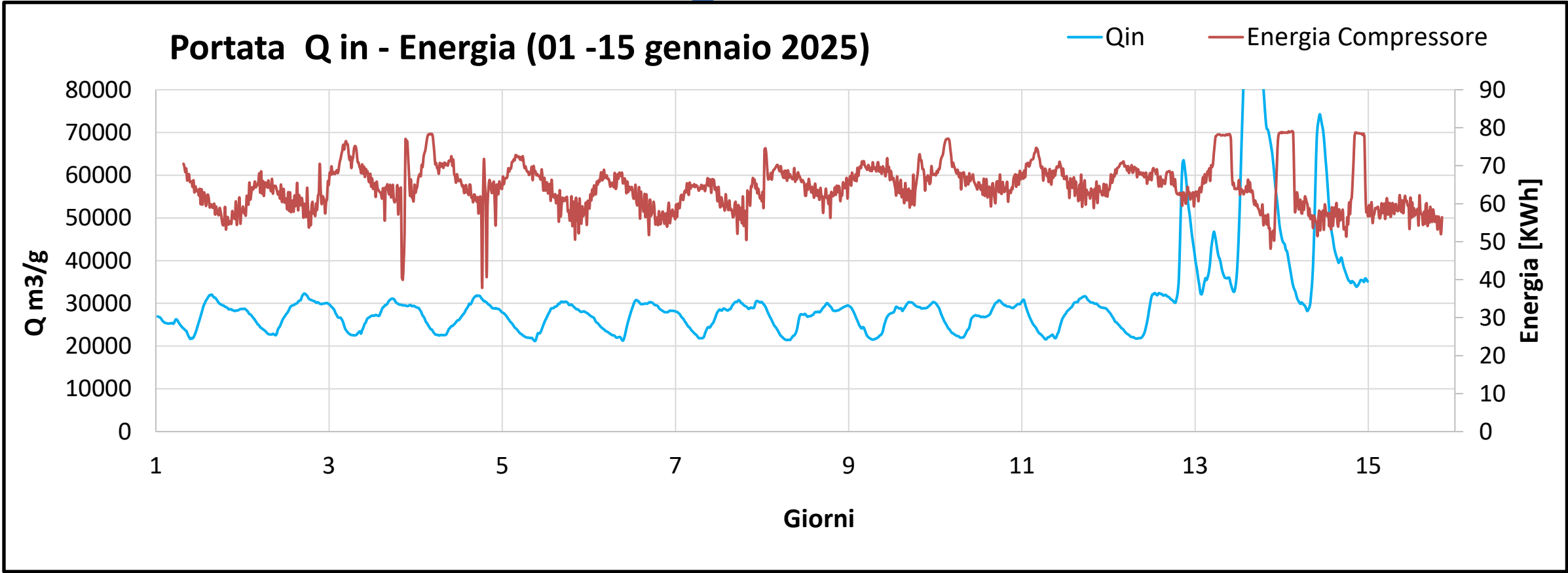


## Impianto di taglia grande (SIDRA):

- Suddivisione “ideale” della vasca ossidativa in 3 sotto - sezioni
- Installazione di sonde di ossigeno disciolto in ogni sotto - sezione
- Ricerca di correlazioni tra concentrazione di ossigeno disciolto in vasca e consumi energetici delle soffianti del sistema di aerazione



# Sensoristica: parametri vs consumi energetici





## Modello matematico

Perchè usare i modelli matematici?

- Riduzione dei costi
- **Testare strategie di controllo**
- Ottimizzazione degli impianti

**BSM1**



Strumento standardizzato per  
confrontare strategie di controllo in  
impianti a fanghi attivi

**ASM1**



Equazioni cinetiche per modellare i  
processi biologici





## BSM1: Benchmark Simulation Model No. 1

Il BSM1 è un modello standardizzato per simulare e ottimizzare il trattamento biologico delle acque reflue in impianti a fanghi attivi. Progettato per confrontare strategie di controllo e valutare prestazioni, combina modelli biologici ASM1 con dinamiche idrauliche complesse.



### Configurazione reattori:

5 serbatoi in serie (2 anossici + 3 aerobici) seguiti da un sedimentatore secondario



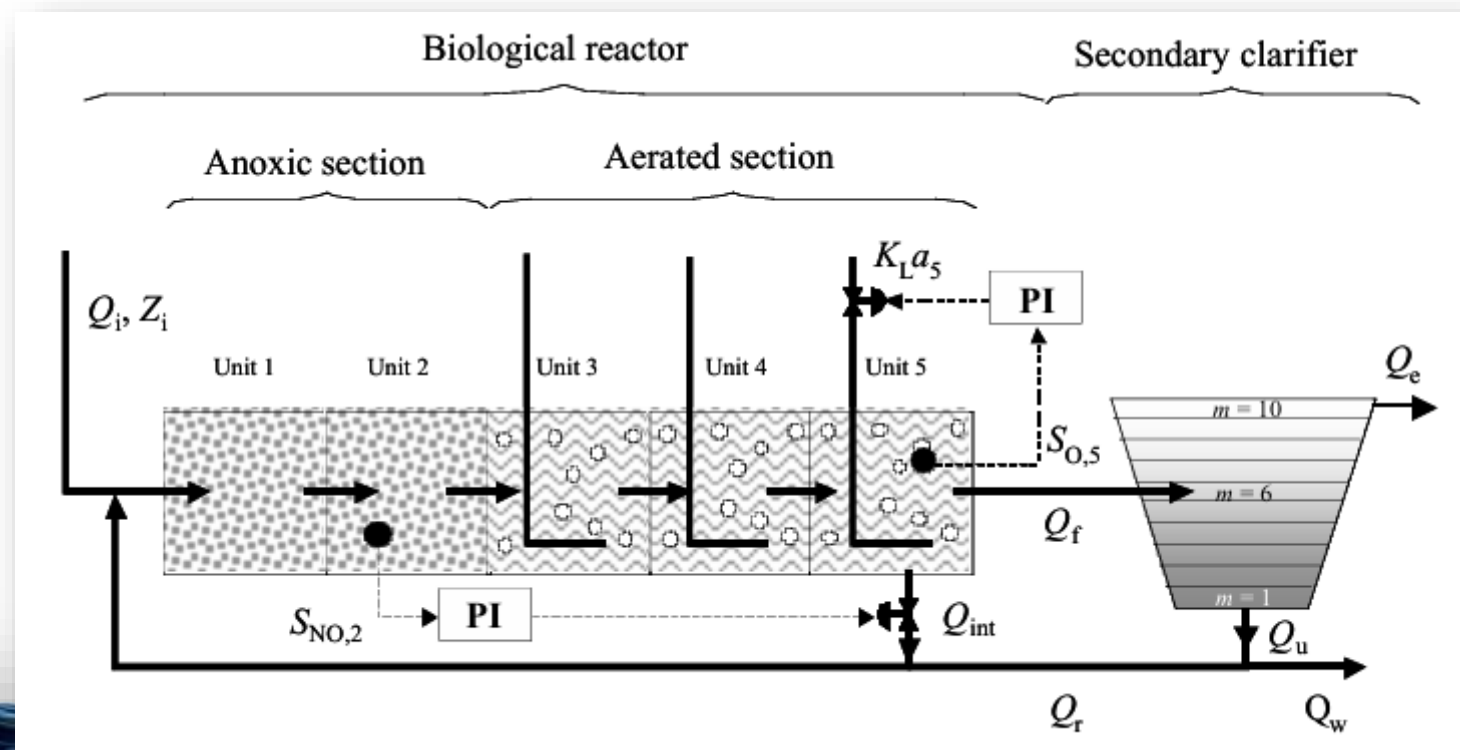
### Input dinamici:

13 variabili di stato (individuate dall'asm1) che caratterizzano il refluo in ingresso al reattore



### Flussi di portata

Portata influente ( $Q_i$ ), portata di ricircolo interno ( $Q_{int}$ ), portata di ricircolo esterno ( $Q_r$ ), portata di fanghi di supero ( $Q_w$ ) e portata effluente ( $Q_e$ ).





## ASM1: Activated Sludge Model No. 1

Sviluppato nel 1987 dalla International Water Association, è il primo modello strutturato per la simulazione dei processi biologici nei reattori a fanghi attivi.

Descrive la rimozione del carbonio organico e dell'azoto ammoniacale attraverso l'interazione di 8 processi biologici accoppiati.



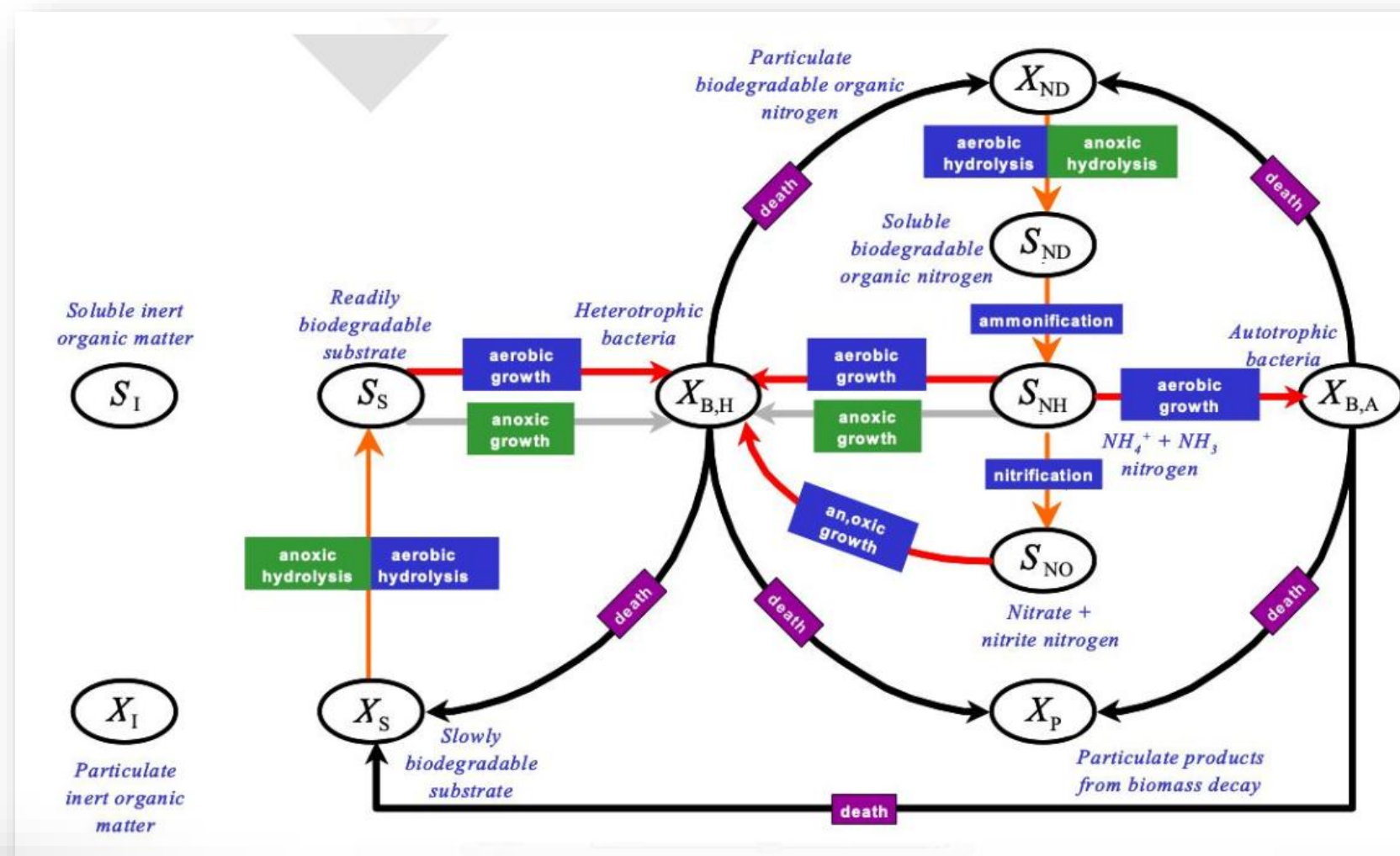
### 13 variabili di stato

- Substati solubili e particolati;
- Biomasse eterotrofe e autotrofe;



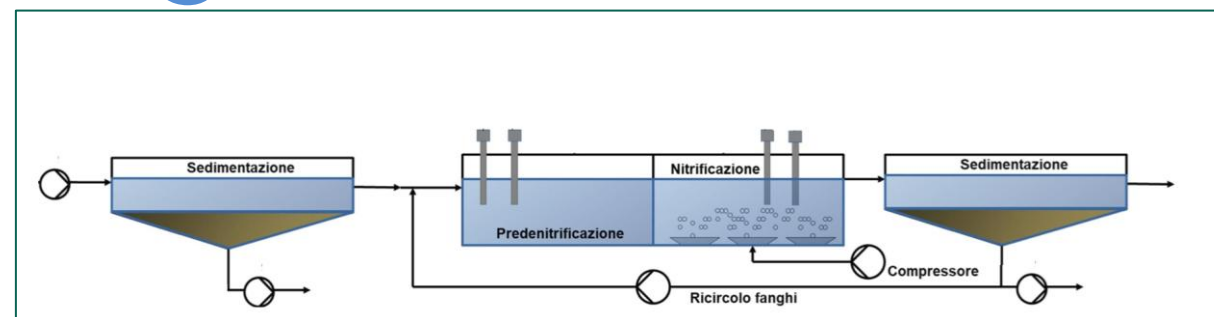
### Matrice stechiometrica

Tabella 8×13 che quantifica le relazioni quantitative tra substrati consumati e prodotti generati in ciascun processo.



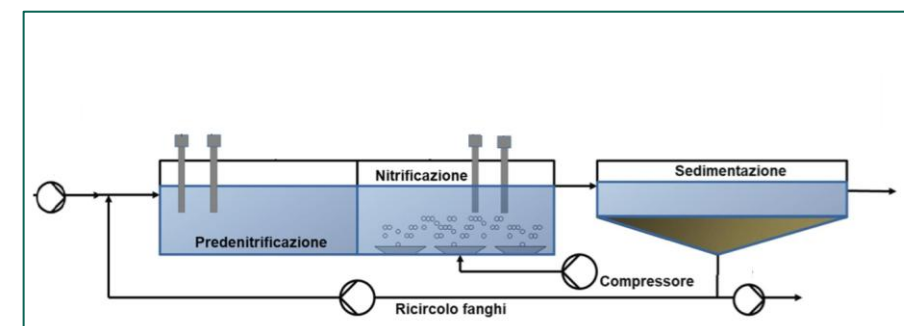


## Layout selezionabili nel dimostratore

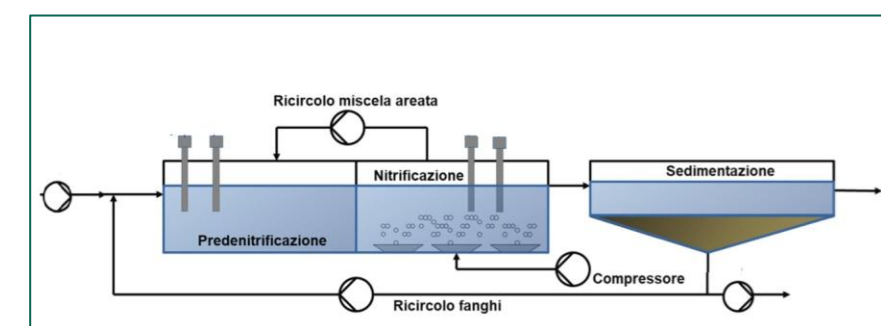


- Predenitrificazione
- Ossidazione
- Ricircolo esterno
- Sedimentazione primaria e secondaria

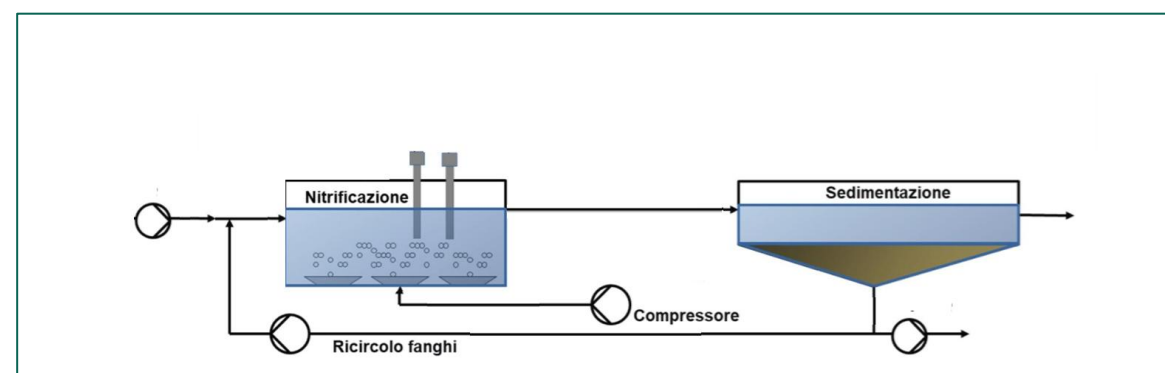
**SIDRA**



- Predenitrificazione
- Ossidazione
- Ricircolo esterno
- Sedimentazione secondaria

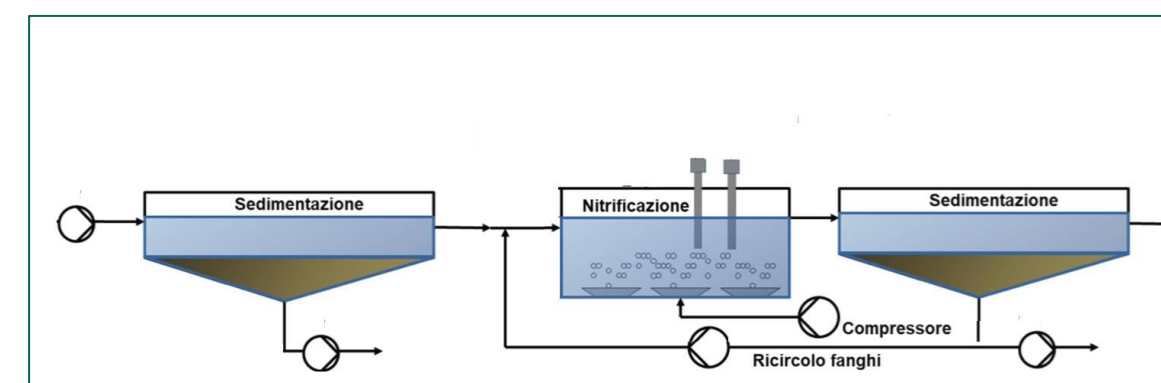


- Predenitrificazione
- Ossidazione
- Ricircolo interno e esterno
- Sedimentazione secondaria



- Ossidazione
- Ricircolo esterno
- Sedimentazione secondaria

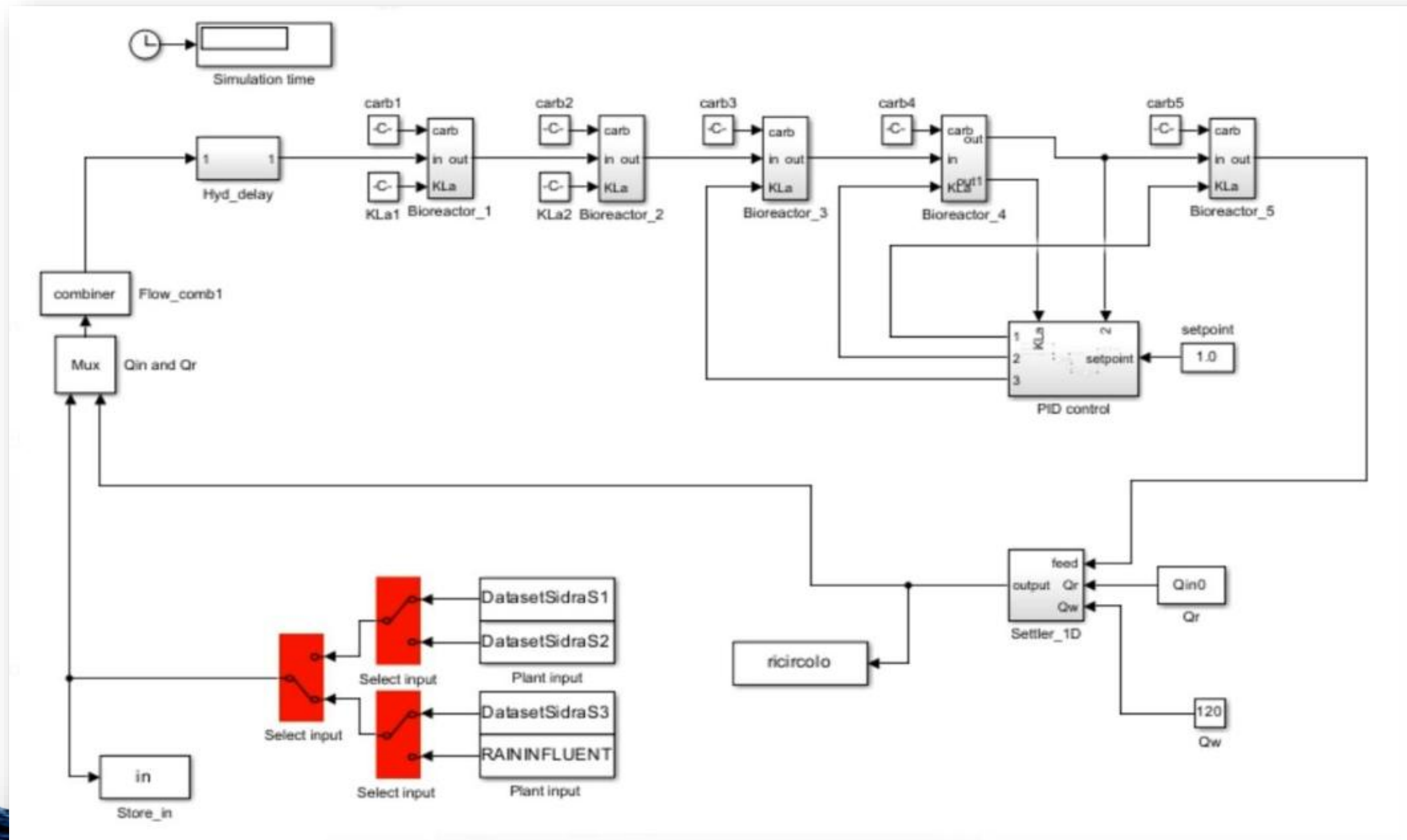
**GAGLIANO  
CASTELDACCIA**



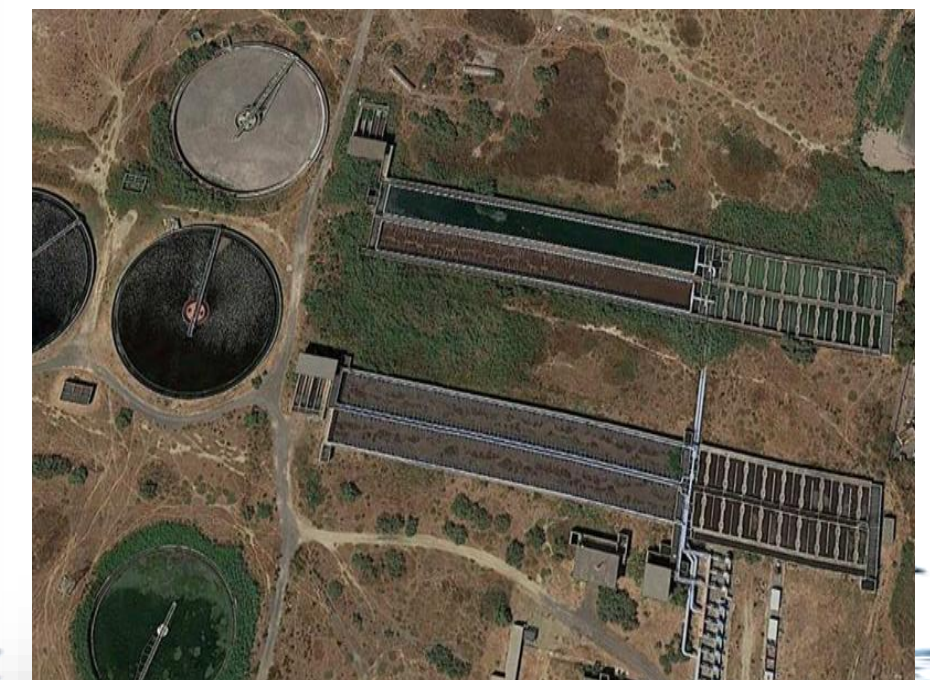
- Ossidazione
- Ricircolo esterno
- Sedimentazione primaria e secondaria



# Layout di simulazione dell' impianto di grande taglia



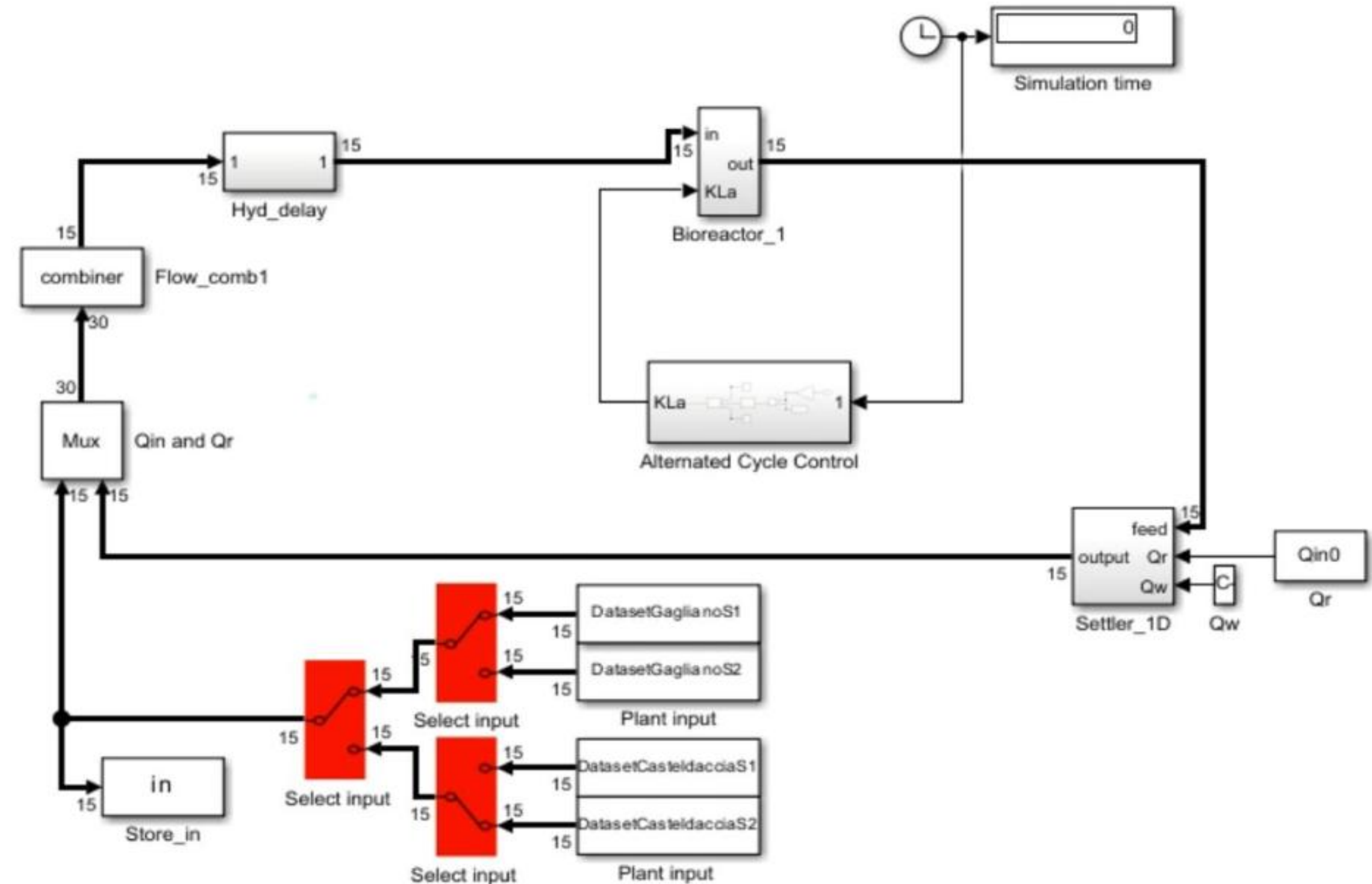
- **Suddivisione dei comparti anossici e aerati per la simulazione di un reattore con flusso «a pistone»**
- **Implementazione di un PI per l'ottimizzazione dell'aria insufflata lungo la vasca ossidativa**





## Layout di simulazione degli impianti di piccola/media taglia

- Unica vasca per rappresentare il reattore CSTR
- Implementazione di un controllo temporizzato del sistema di insufflazione d'aria per la **simulazione dei cicli alternati**





## Strategie di modellazione

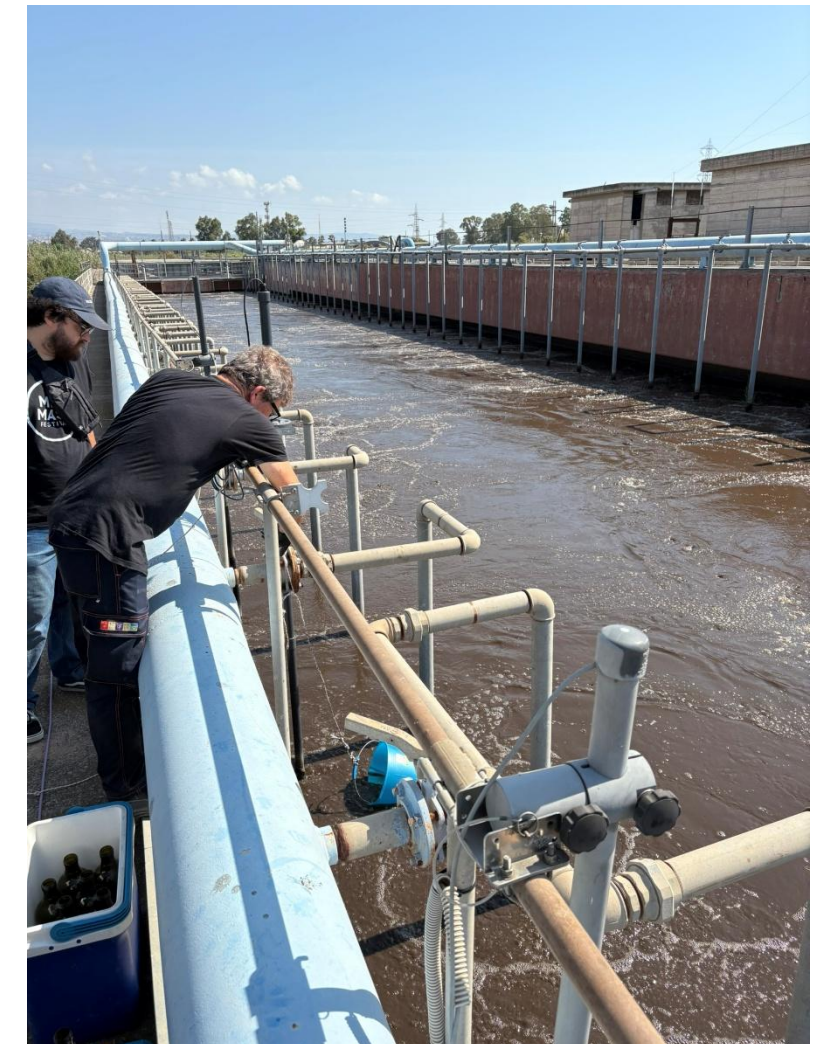
*Caratterizzazione dell'influente e  
modellazione idraulica  
dell'impianto*

*Acquisizione dati sulla modalità di  
conduzione dei processi*

*Simulazione close-loop statica*

*Simulazione open-loop dinamica*

### *Campionamenti presso gli impianti*



- portata influente
- numero di linee;
- schemi di processo;
- Volumetrie dei reattori e sedimentatori;



## Strategie di modellazione

*Definizione dell'influente e  
caratterizzazione idraulica  
dell'impianto*



*Acquisizione dati sulla modalità di  
conduzione dei processi*

*Simulazione close-loop statica*

*Simulazione open-loop dinamica*

- portata di ricircolo
  - portata di spurgo
  - età del fango
  - ossigeno disciolto nel reattore
  - Set-point PID
  - pompe/compressori temporizzati
- } concentrazione di solidi in vasca



## Strategie di modellazione

*Caratterizzazione dell'influente e  
modellazione idraulica  
dell'impianto*



*Acquisizione dati sulla modalità di  
conduzione dei processi*



*Simulazione close-loop statica*

*Simulazione open-loop dinamica*

### *Perché “close-loop”?*

La simulazione “close-loop” ci permette di adottare strategie in cui vengono fissati dei parametri (OD, portata di spurgo, portata di ricircolo).

Inoltre, come nel caso dell'OD nel reattore, è possibile ottenere il coefficiente di trasferimento dell'ossigeno  $k_L a$  che meglio rappresenta il caso reale.

### *Perché “statico”?*

La simulazione di un influente “statico”, ossia con portata media e concentrazioni medie di COD, BOD<sub>5</sub>, TKN e SST, ci permette di ottenere risultati più rapidi anche simulando periodi di 120, 180 o più giorni.



## Strategie di modellazione

*Caratterizzazione dell'influente e  
modellazione idraulica  
dell'impianto*



*Acquisizione dati sulla modalità di  
conduzione dei processi*



*Simulazione close-loop statica*

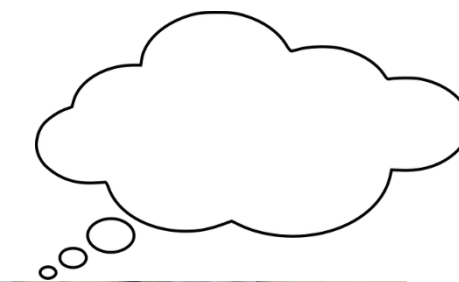
*Simulazione open-loop dinamica*

### ***Simulazione “close-loop” per impianto grande taglia***

Consente di effettuare simulazioni iterative per un range di set-point di OD nel reattore, mostrando per vari scenari la qualità dell'effluente.

### ***Simulazione “close-loop” per impianto piccola/media taglia***

consente di effettuare simulazioni iterative non solo per i set-points dell'OD ma anche per diversi rapporti di tempi di nitrificazione e denitrificazione **nell'approccio a cicli alternati.**





## Strategie di modellazione

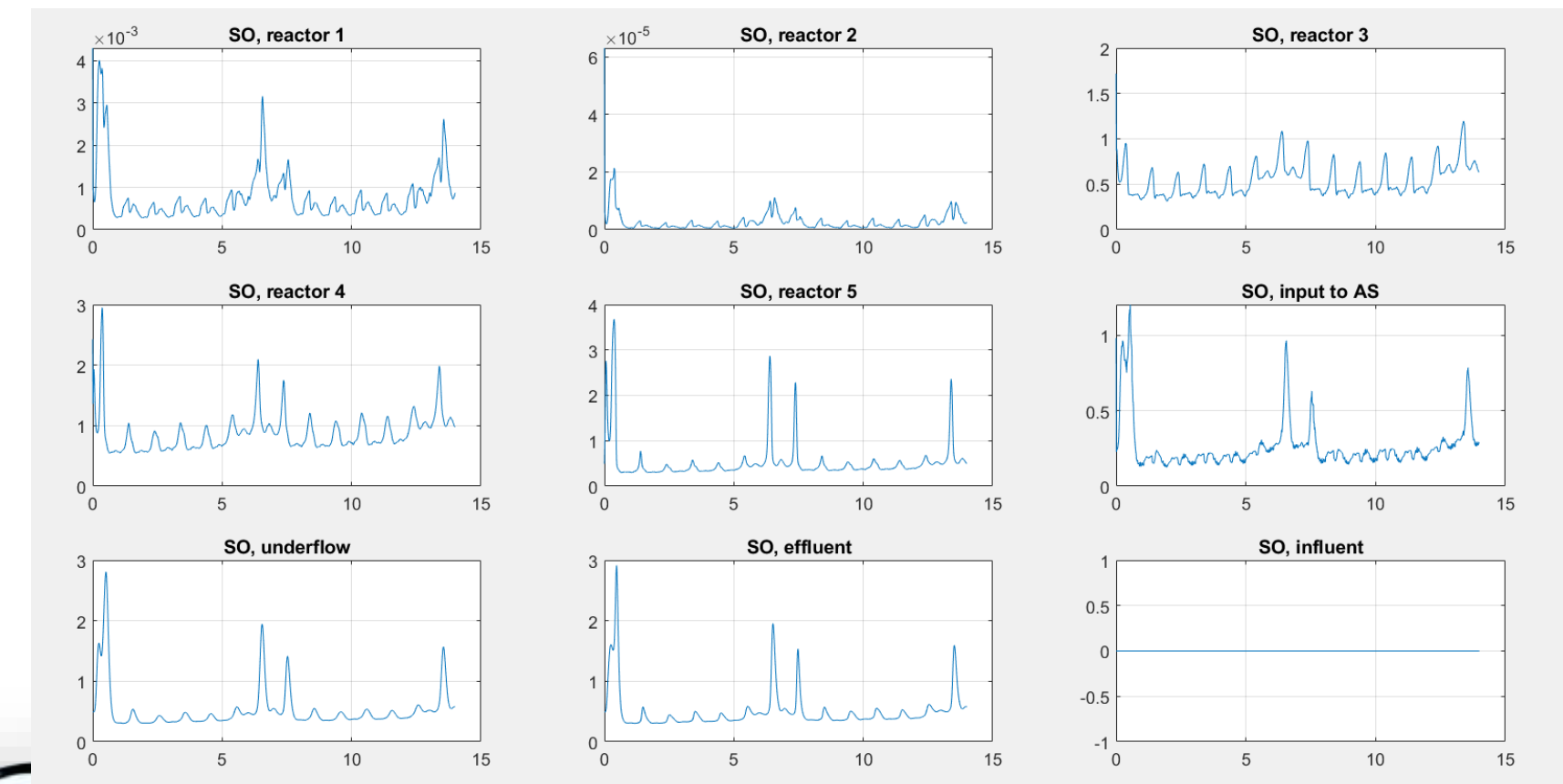
*Caratterizzazione dell'influente e modellazione idraulica dell'impianto*

*Acquisizione dati sulla modalità di conduzione dei processi*

*Simulazione close-loop statica*

*Simulazione open-loop dinamica*

Dopo che l'utente avrà scelto i **valori ottimali di OD e tempistiche dei cicli alternati**, potrà avviare una simulazione dinamica in “open-loop” che permetterà di simulare con maggiore accuratezza l'andamento dell'influente adottando una portata con la stessa variabilità giornaliera dell'impianto oggetto di studio.







## Criticità di modellazione



> Difficoltà nella correlazione tra  $K_La$  e aria insufflata:

*Il coefficiente di trasferimento di ossigeno ( $K_La$ ), parametro chiave nel modello, è difficilmente correlabile all'effettiva aria insufflata nei reattori, rendendo complessa la sua traduzione in indicazioni operative per l'operatore di impianto.*

> Frazionamento dei carichi in ingresso secondo ASM1

*L'impossibilità di caratterizzare sperimentalmente tutte le 13 variabili richieste dal modello ASM1 ha costretto a ricorrere a metodi teorici o standardizzati, con inevitabili margini di approssimazione.*

> Limitata disponibilità di dati:

*In alcuni casi, è stato difficile ottenere dati fondamentali di input per il modello e per la parametrizzazione del modello.*

> Incertezza sulla conduzione reali dell'impianto

*In alcuni casi, la gestione del processo si è basata esclusivamente sull'esperienza degli operatori, senza documentazione formale o dati storici.*







# Criticità di modellazione



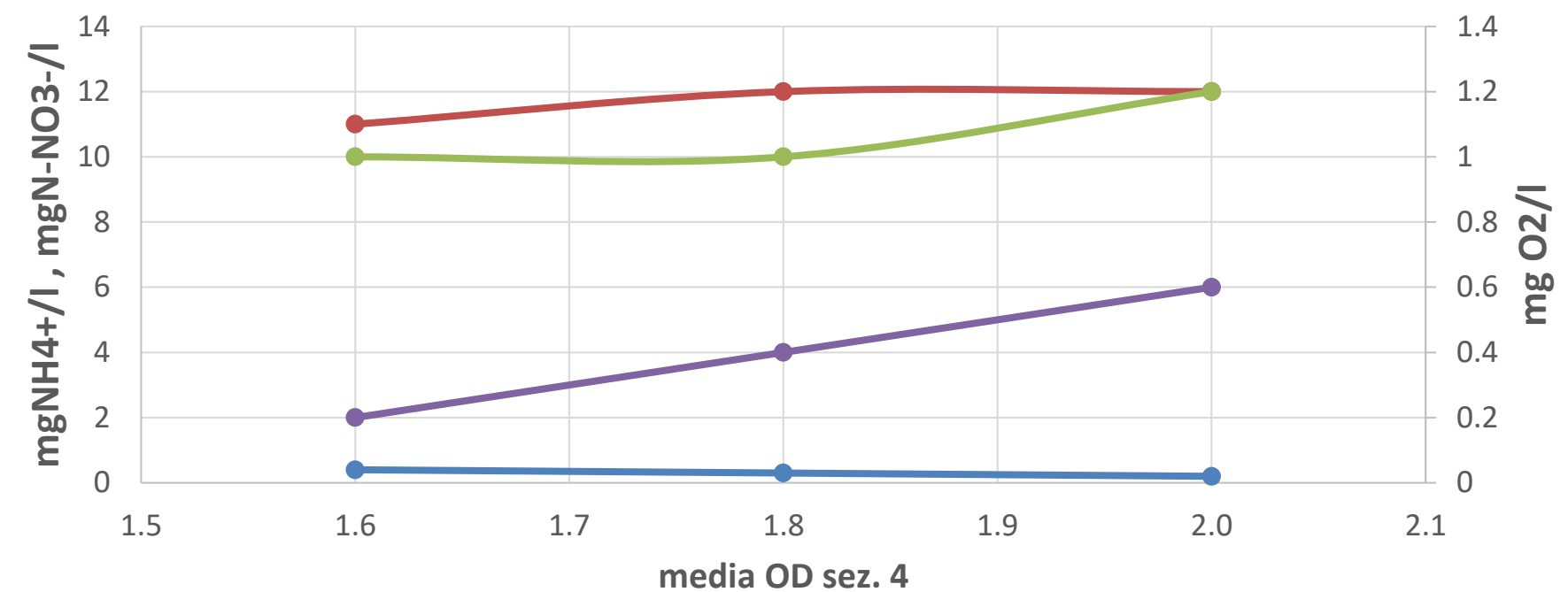
Criticità riscontrata in fase di modellazione	Azione attuata per risolvere la criticità
Scelta del dataset influente più rappresentativo	Sono stati effettuati campionamenti e analisi presso gli impianti per poter definire un frazionamento di COD e BOD <sub>5</sub> che, insieme alla concentrazione di azoto, caratterizzi al meglio l'influente
Scelta del valore di $k_L a$	Simulazione «close-loop» con un <b>PI controller</b> per identificare i valori che ci restituiscono l'OD reale
Scelta del valore di <b>portata di spurgo</b>	Per gli impianti in cui non è possibile misurare la portata di spurgo tramite sensori, è stata effettuata un'analisi partendo dai fanghi conferiti, l'età del fango e la concentrazione di solidi in vasca misurata nei reattori
Variazione dei cicli alternati di <b>nitrificazione/denitrificazione</b>	È stato creato un <b>controller ad hoc</b> per poter simulare a diversi tempi totali di ciclo <b>tc</b> ( $t_n + t_d$ ) <b>rapporti definiti di <math>t_n/t_d</math></b>



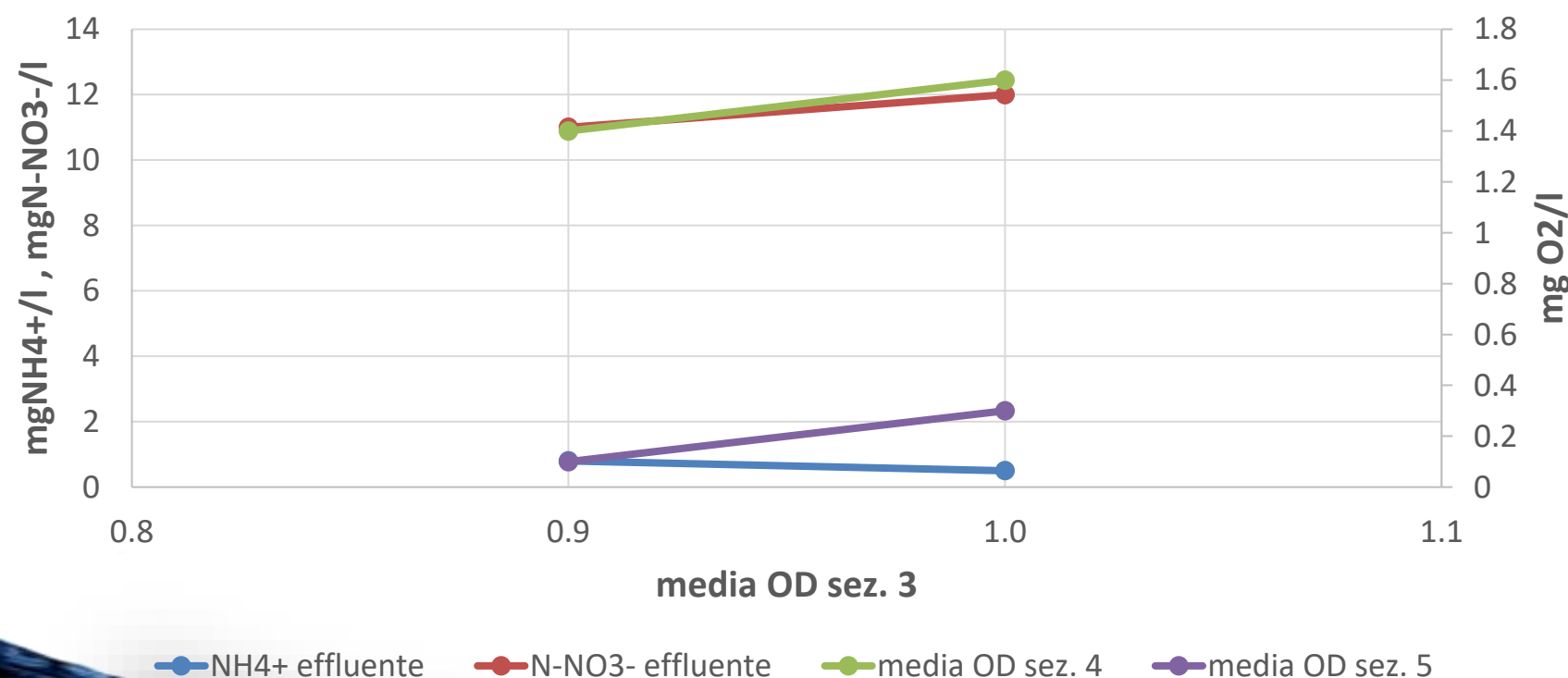
## Modellazione Sidra

	OD sez.1	OD sez.2	OD sez.3
<b>Baseline</b>	1,2	2,0 (PI)	0,6
<b>Scenario 1</b>	1,0	1,8 (PI)	0,4
<b>Scenario 2</b>	1,0	1,6 (PI)	0,2
<b>Scenario 3</b>	1,0 (PI)	1,6	0,3
<b>Scenario 4</b>	0,9 (PI)	1,4	0,1

Baseline, Scenario 1 e Scenario 2: Andamento di ammonio e azoto nitrico



Scenario 3, Scenario 4: Andamento ammonio e azoto nitrico



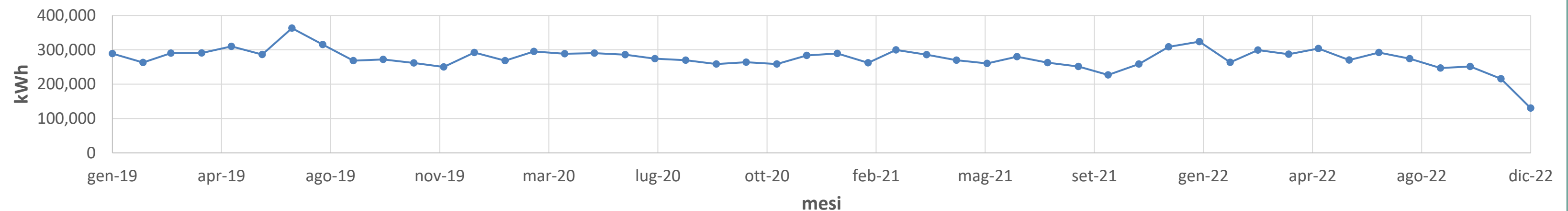
- Negli **Scenari Baseline, 1 e 2**, la regolazione dell'ossigeno avviene sulla seconda vasca del comparto ossidativo (zona centrale, sez. 4), permettendo un controllo più equilibrato lungo il reattore.
- Negli **Scenari 3 e 4**, invece, il controllo è spostato sulla prima vasca (sez.3), con un'impostazione più conservativa e anticipata, che però porta a una maggiore riduzione dell'ossigeno medio nella parte terminale del reattore, con il rischio che il fango possa manifestare fenomeni di sedimentazione nell'ultima sezione del reattore.





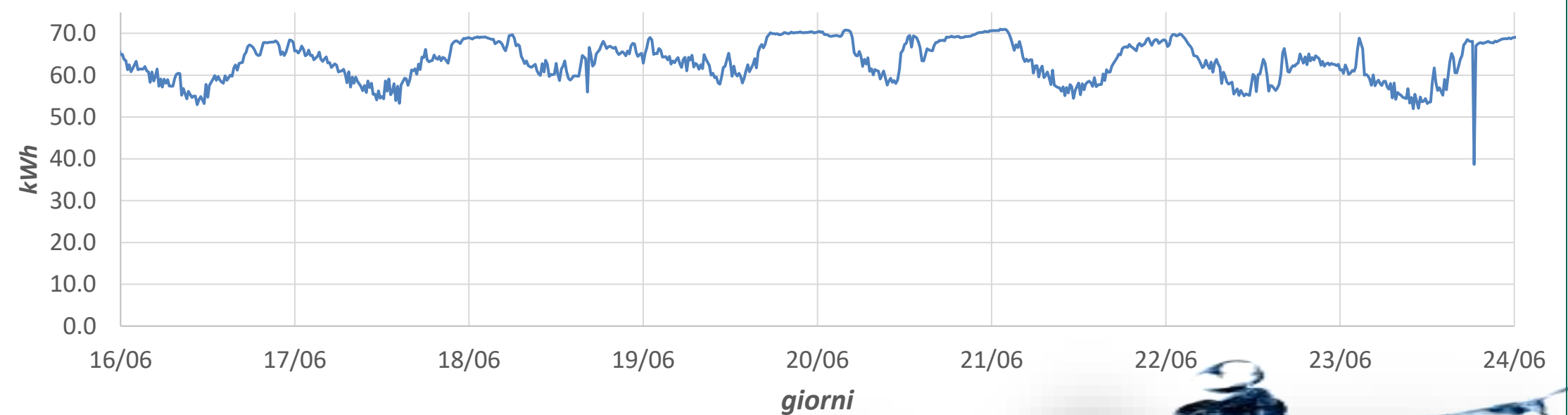
## Sperimentazione Sidra

Consumi energetici depuratore Sidra 2019 – 2022



In seguito all'installazione dei **contatori sugli asset più energivori dell'impianto**, tra cui i compressori, è stato possibile misurare i **consumi energetici specifici quando il set-point è fissato a 2,0 mg/L (baseline)**

Energia importata dai compressori 2025 set point 2.0

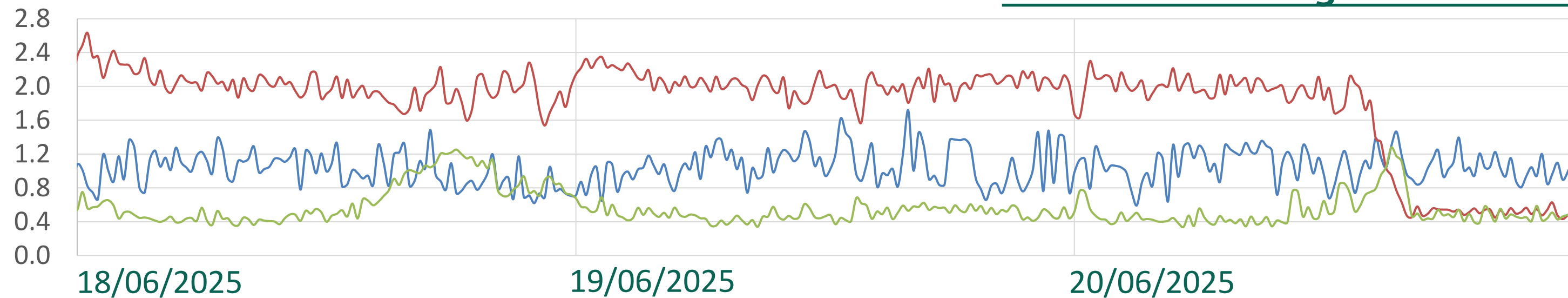




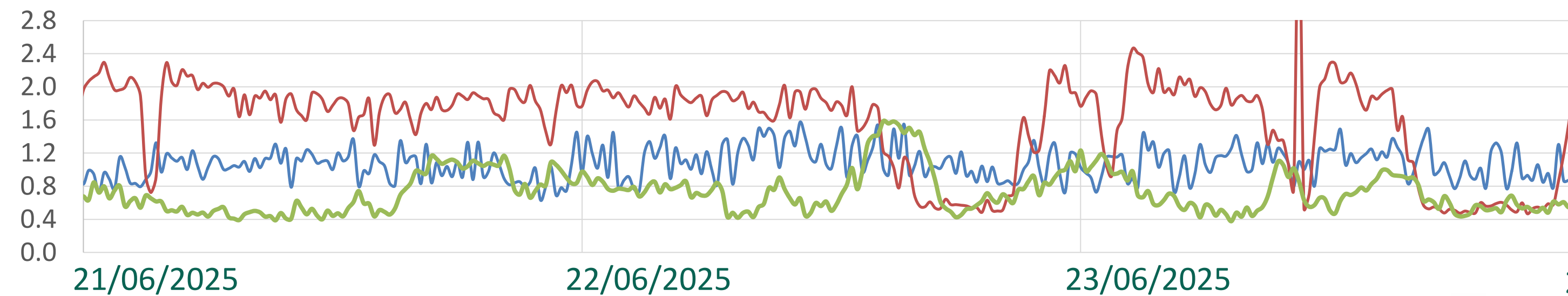


## Sperimentazione Sidra

### Andamento Ossigeno disciolto



**Baseline**  
Set-point 2,0 mg/L



**Scenario 1**  
Set-point 1,8 mg/L





## Modellazione Amap

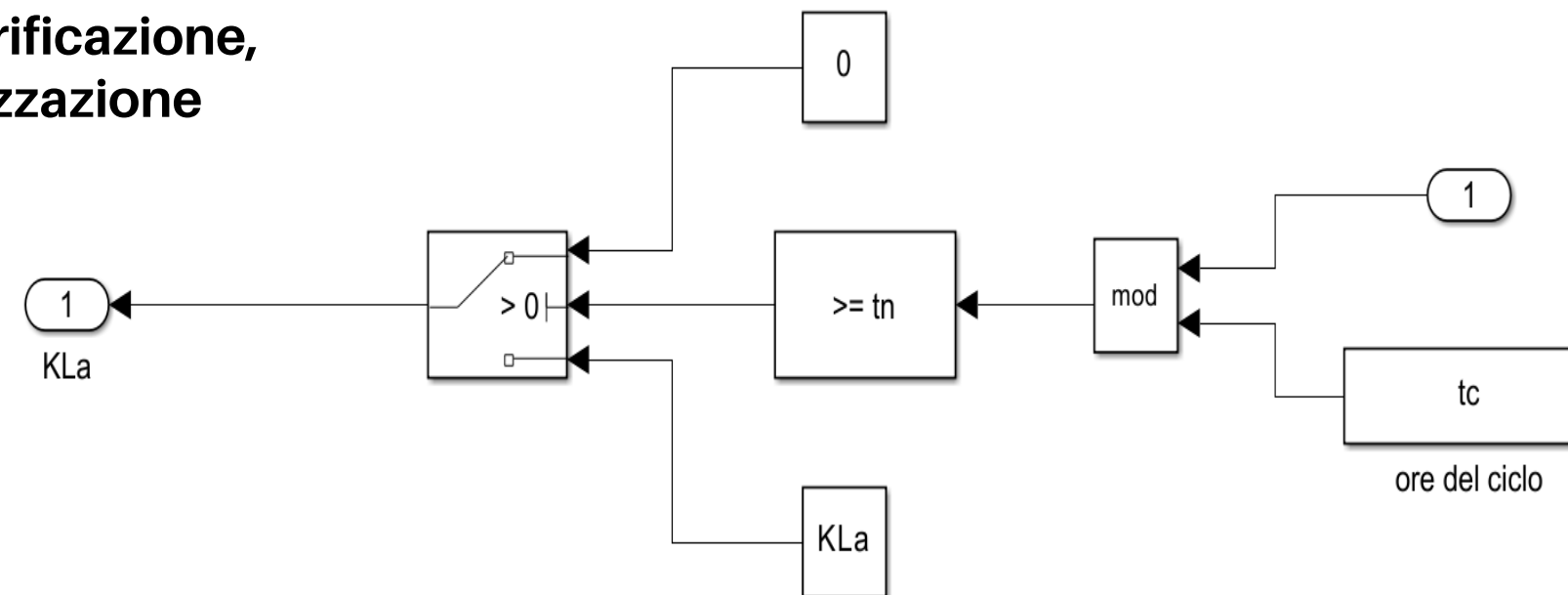
Nell'ambito di un intervento di efficientamento energetico, i vecchi sistemi di aerazione a radial jet (potenza nominale 30 kW) sono stati sostituiti con nuovi compressori aventi pari potenza nominale.

Al fine di ottimizzare i consumi energetici, si è scelto di implementare una strategia basata su **cicli alternati** di nitrificazione e denitrificazione, mediante un sistema di temporizzazione automatizzato.

### Qualità influente

COD influente [mg/l]	BOD <sub>5</sub> influente [mg/l]	N <sub>T</sub> influente [mg/l]	TSS influente [mg/l]
350	180	38	195

**AMAP**  
S.p.A.







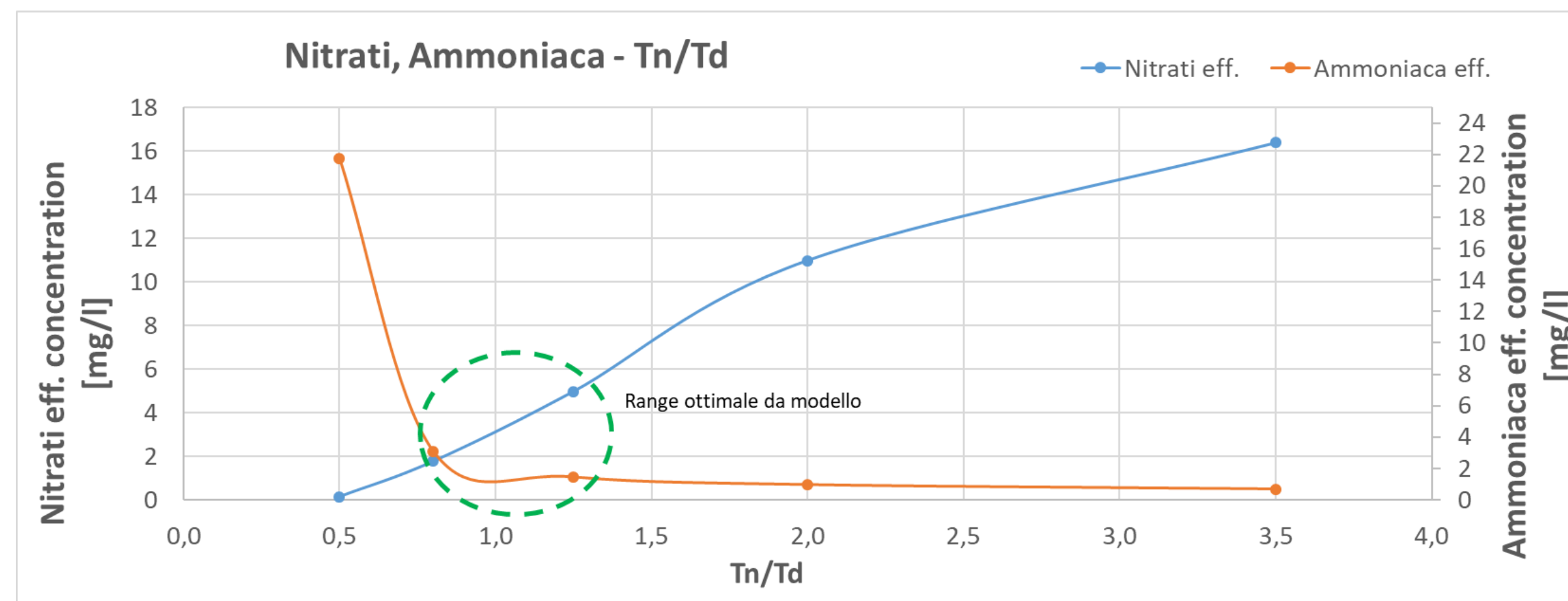
## Modellazione Amap

Temporizzazione:

	Tc [min]	Tn [min]	Td [min]	Tn/Td
Caso 0	90	70	20	3,5
Caso 1	90	60	30	2
Caso 2	90	50	40	1,25
Caso 3	90	40	50	0,8
Caso 4	90	30	60	0,5

Range ottimale di lavoro

$$0,8 < Tn/Td < 1,25$$

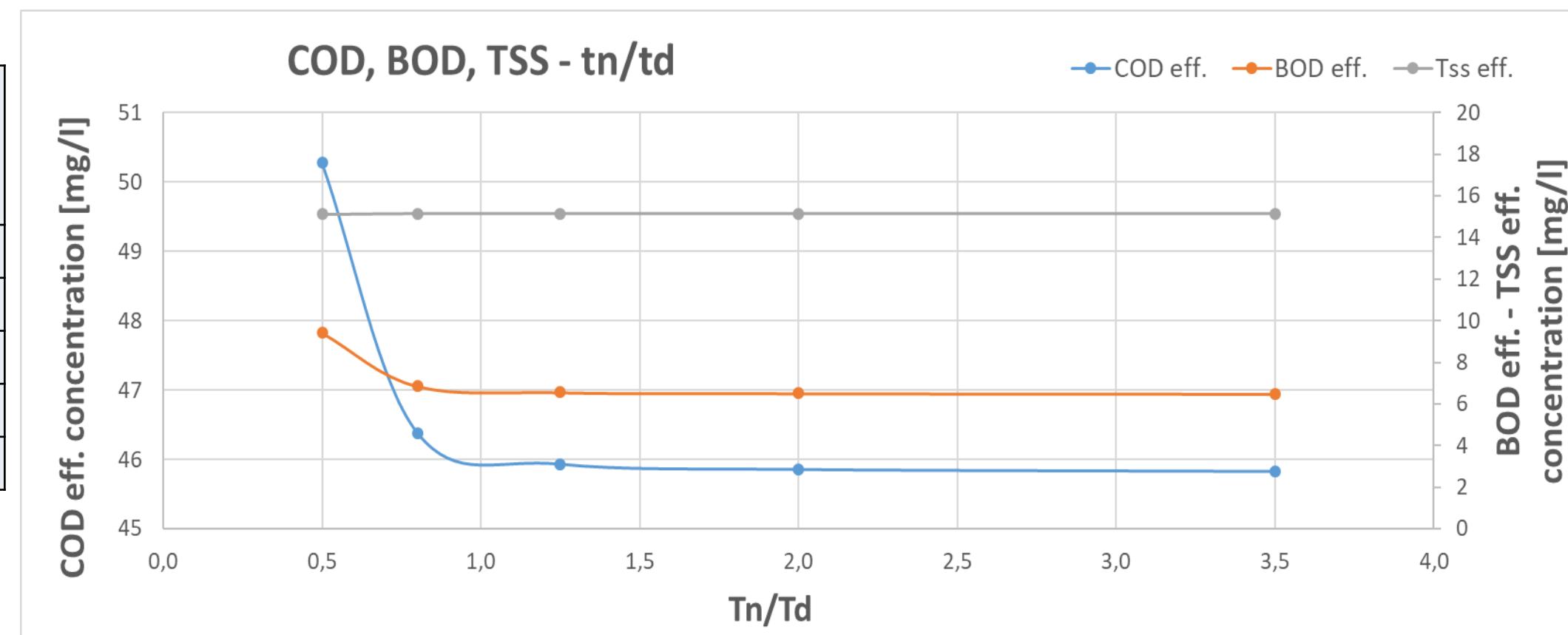




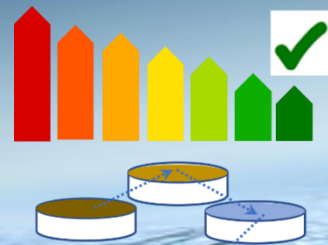
## Modellazione Amap

Qualità Effluente:

	Nitrati eff. [mg/l]	Ammoniaca eff. [mg/l]	COD eff. [mg/l]	BOD eff. [mg/l]	TSS eff. [mg/l]
Caso 0	16,4	0,7	45,8	6,5	15,2
Caso 1	11,0	1,0	45,9	6,5	15,1
Caso 2	5,0	1,4	45,9	6,6	15,1
Caso 3	1,8	3,1	46,4	6,9	15,1
Caso 4	0,1	21,8	50,3	9,4	15,1







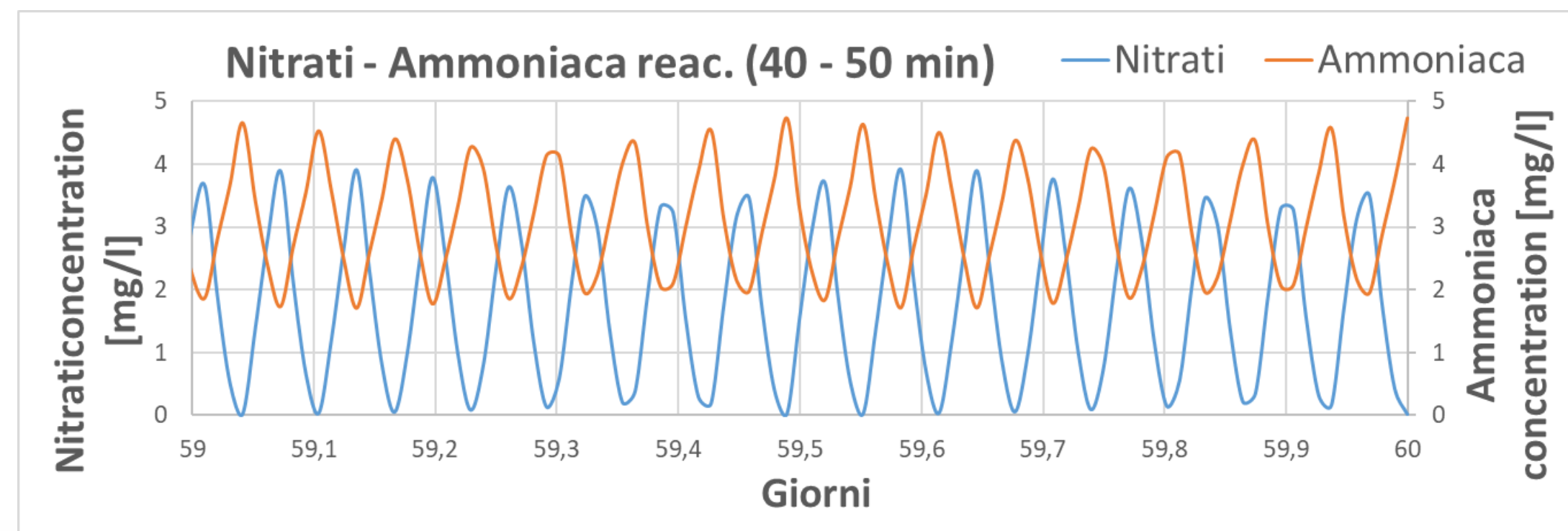
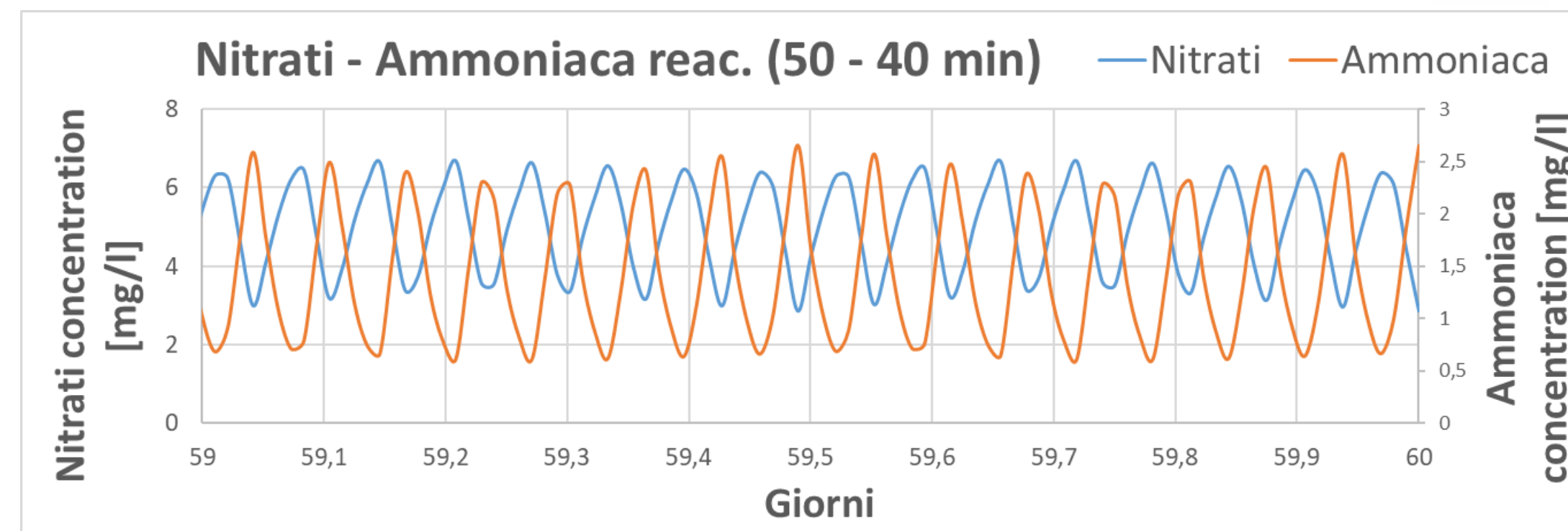
## Risultati modellazione

### Caso 2:

Tc [min]	Tn [min]	Td [min]	Tn/Td
90	50	40	1,25

### Caso 3:

Tc [min]	Tn [min]	Td [min]	Tn/Td
90	40	50	0,8

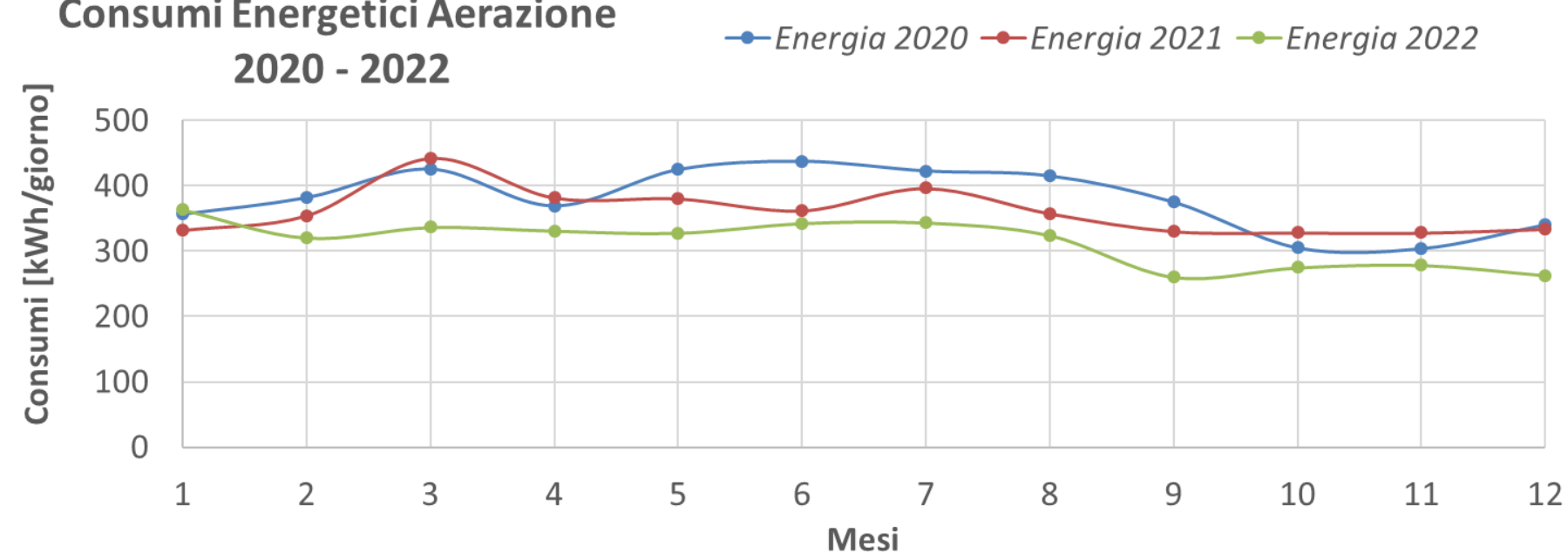




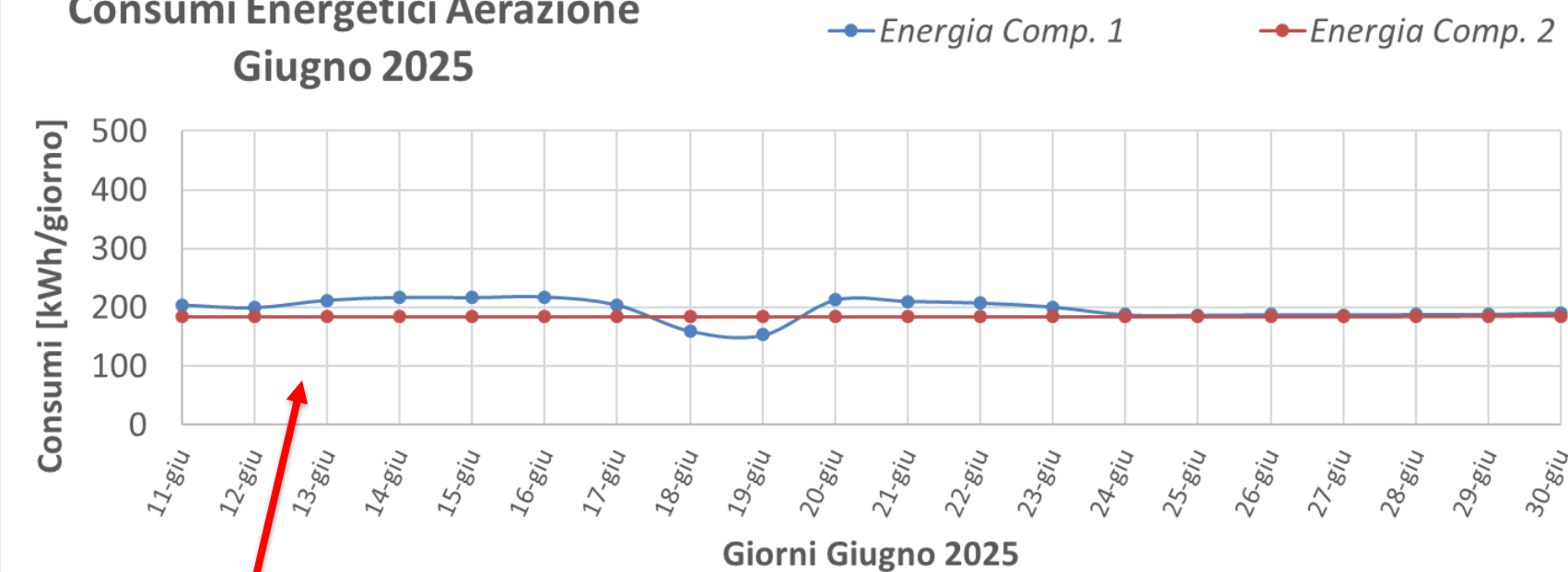


# Sperimentazione Amap

Consumi Energetici Aerazione  
2020 - 2022



Consumi Energetici Aerazione  
Giugno 2025



Con temporizzazione



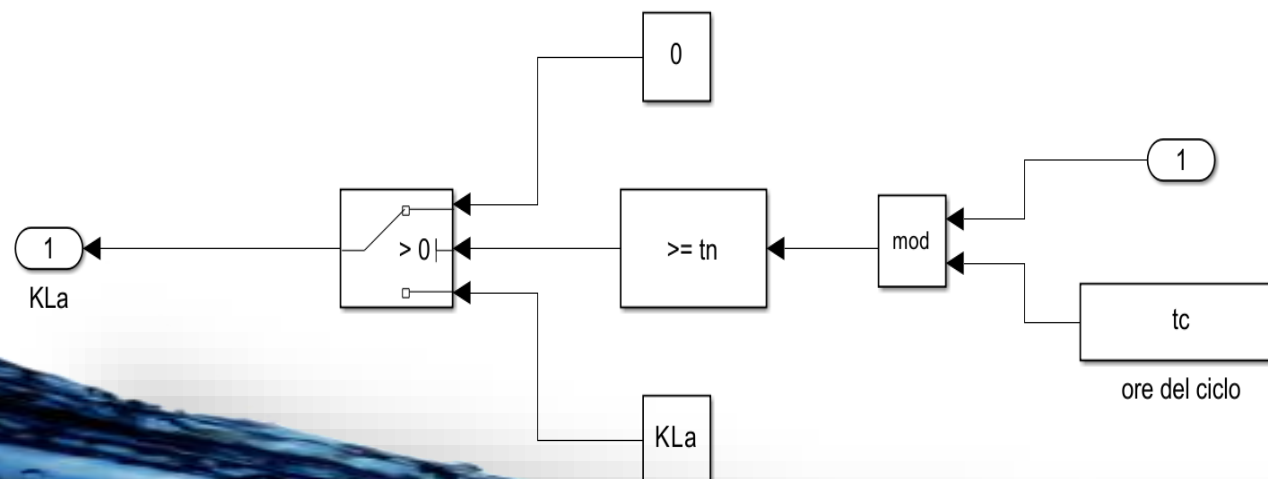


## Modellazione Acquaenna

### Qualità influente

COD influente [mg/l]	BOD <sub>5</sub> influente [mg/l]	N <sub>T</sub> influente [mg/l]	TSS influente [mg/l]
453	257	88	172

Nell'impianto di Gagliano è stata adottata la stessa logica applicata a Casteldaccia, implementando un sistema di temporizzazione su cicli di 3 ore. La scelta è stata guidata anche dall'acquisto imminente di un mixer da installare nel reattore biologico, che consente il mantenimento dell'omogeneità durante le fasi di non aerazione.

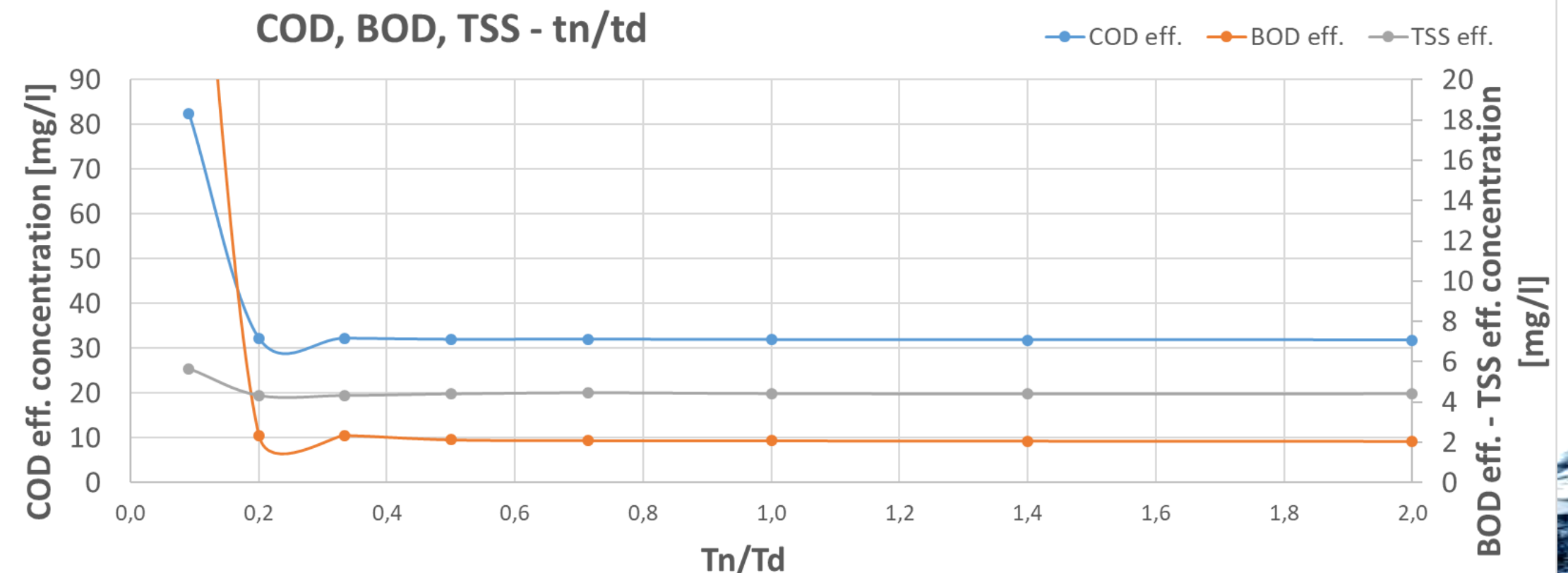
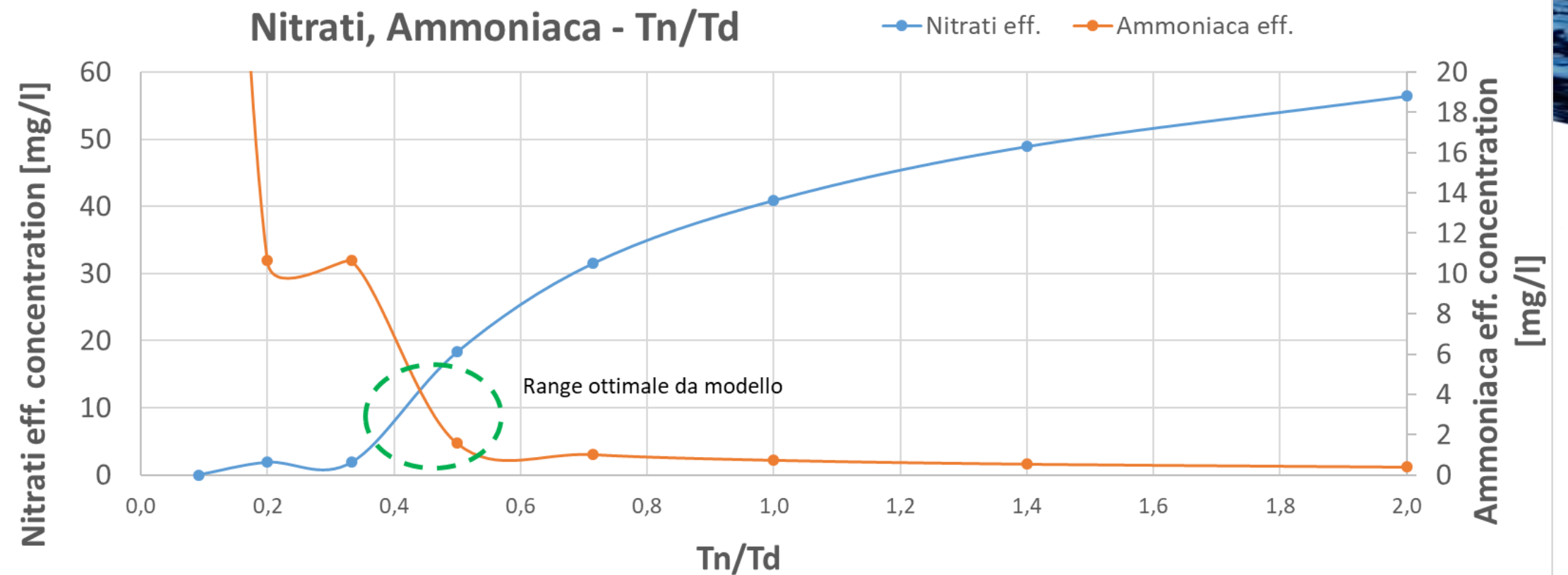






SMART-EE-PLANTS

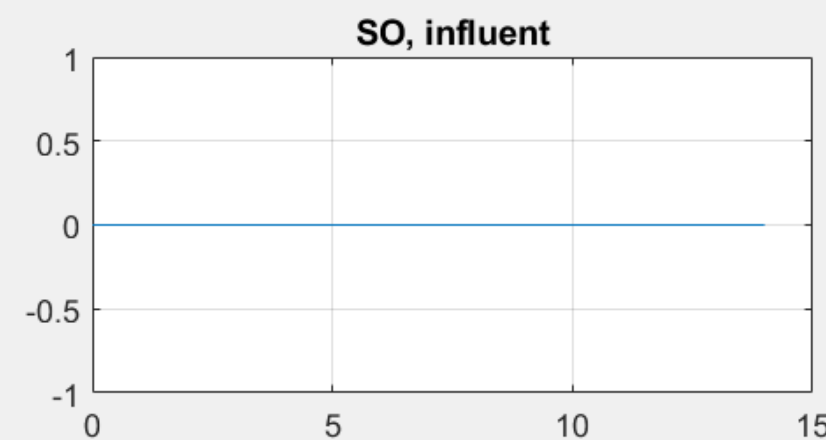
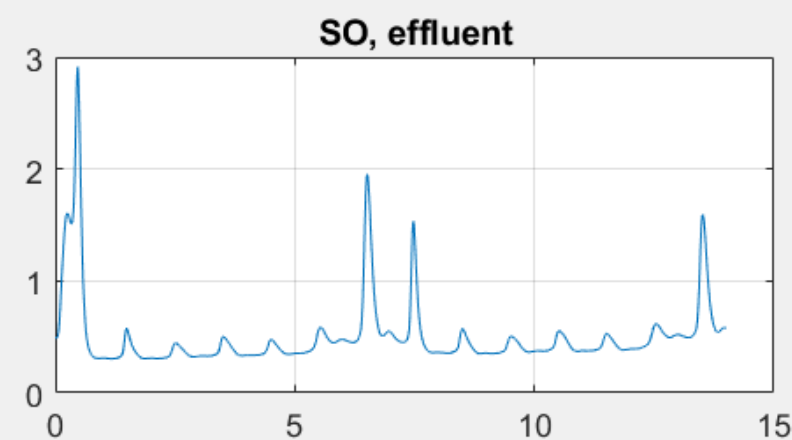
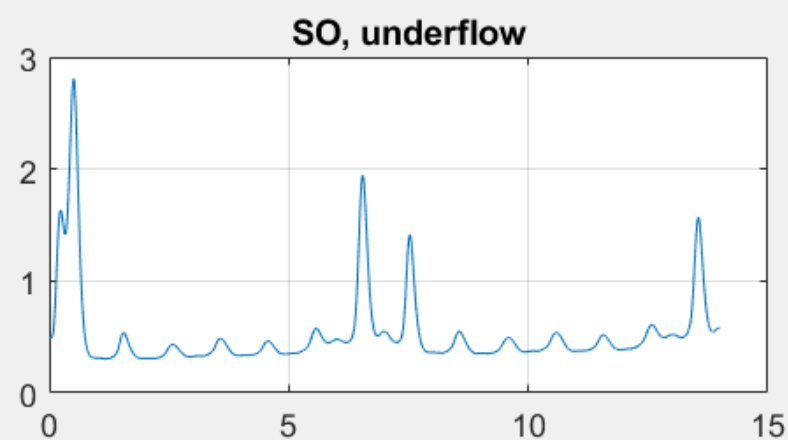
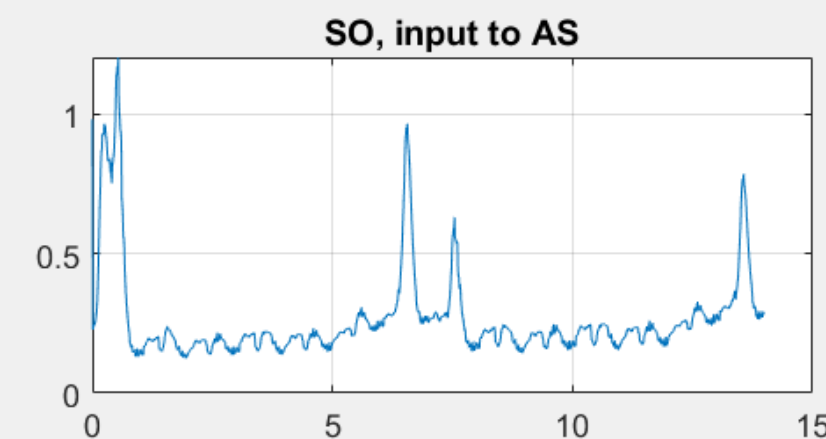
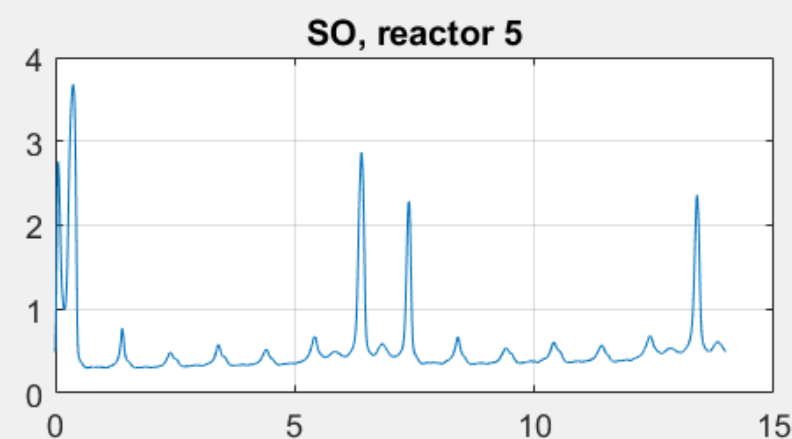
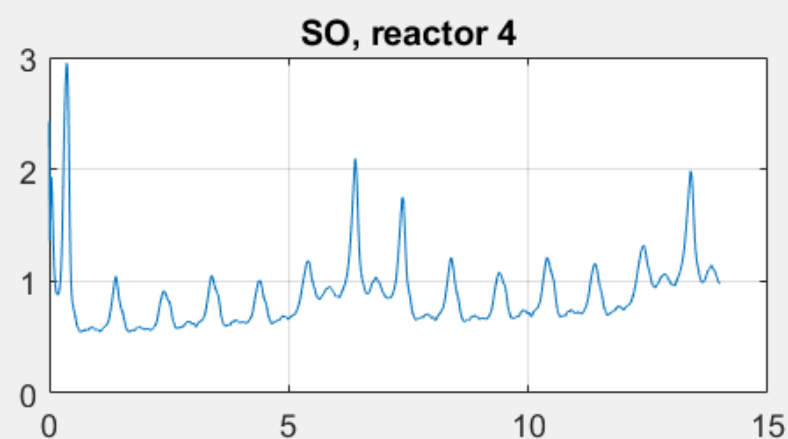
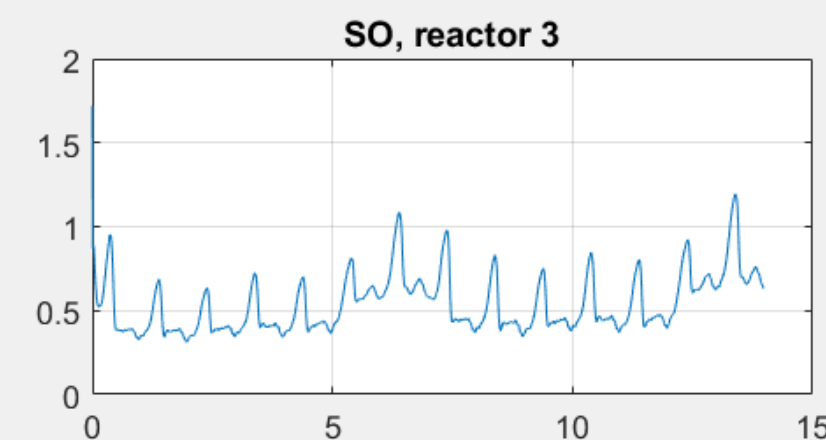
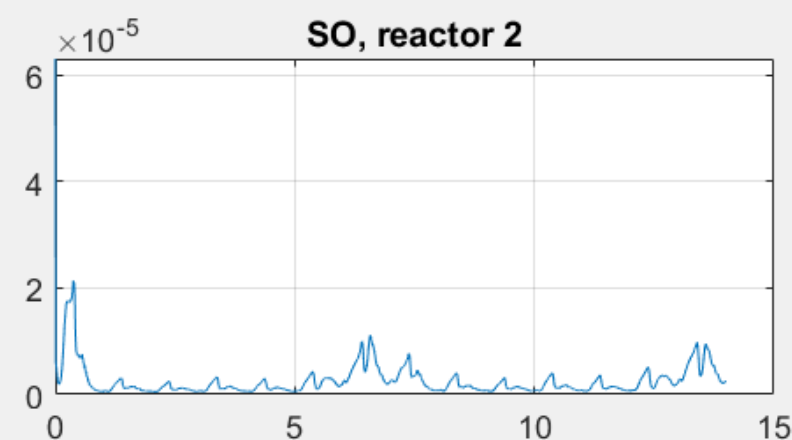
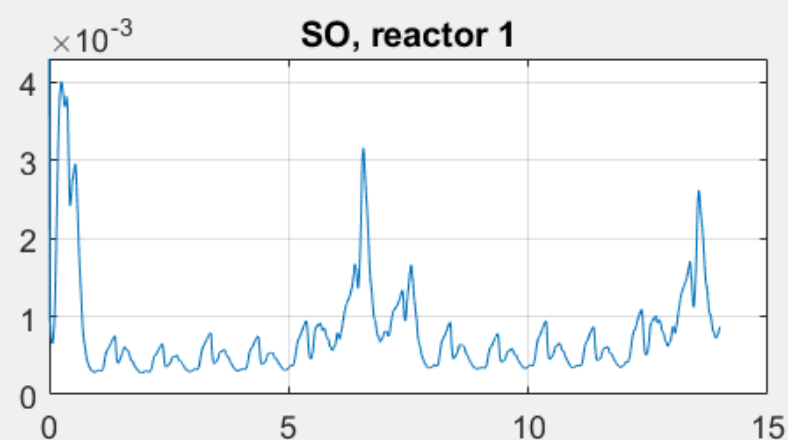
## Modellazione Acquaenna







## Output di simulazione



**Concentrazione di  
ossigeno disciolto (So)  
nelle diverse vasche del  
reattore biologico, in  
ricircolo e in influente ed  
effluente**





SMART - EE - PLANTS

# SMART-EE-PLANTS

## Smart Energy-Efficiency wastewater treatment Plants



PD FESR Sicilia 2014-2020



Programma Operativo  
Complementare (P.O.C.) 2014/2020  
della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330



### Obiettivo generale

del Progetto SmartEE-Plants è **l'efficientamento energetico e ambientale dei processi di trattamento delle acque reflue**, al fine di conseguire una sensibile riduzione del consumo energetico a livello regionale che, nel complesso delle sue azioni, si attuerà attraverso un netto cambio di paradigma verso una **gestione energetica efficiente degli impianti di depurazione delle acque reflue della regione Sicilia**.

[www.smartee-plants.it](http://www.smartee-plants.it)

### PARTNER



SIDRA S.p.A



AMAP S.p.A.  
gestione ciclo  
idrico integrato



ACQUAENNA s.c.p.a.



IPOCRATE  
AS SRL



ECOCONTROL  
SUD SRL

Università  
di Catania

UNIVERSITA'  
DI CATANIA

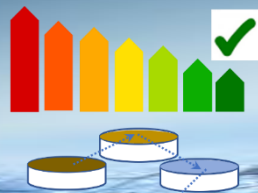


UNIVERSITA'  
KORE DI ENNA



UNIVERSITA'  
DI PALERMO





## IMPATTO ECONOMICO 1/2

- 1) Il progetto, grazie al partenariato coinvolto, introduce **PER LA PRIMA VOLTA IN MANIERA ESTENSIVA** in Sicilia la possibilità di **contrarre significativamente la domanda energetica nel settore della depurazione**. In particolare già solo per gli impianti direttamente oggetto della sperimentazione può essere ipotizzato in via cautelativa un **risparmio energetico nella sola fase ossidativa variabile (da impianto a impianto) tra il 10 e il 30% circa**.

Considerando che il consumo medio procapite per utente per le tipologie di impianti attenzionati può essere stimato prossimo a 47 kWh/ae\*anno e considerato un costo unitario medio dell'energia sostenuto dai gestori pari a 0.16 €/kWh, tenuto conto che il comparto di aerazione comporta circa il 55% dei consumi complessivi, **con riferimento ad una popolazione di soli 350.000 abitanti si può ipotizzare un impatto economico immediato ANNUO compreso tra un minimo di 145.000€ a un massimo di 234.000 € circa**.

- 2) L'ulteriore estensione della tecnologia ad una popolazione di 1.000.000 di utenti serviti dagli impianti gestiti dalle 3 Società (risultato agevolmente conseguibile considerando già i soli due grandi impianti di Palermo e Catania con l'ampliamento in corso) **potrebbe far raggiungere, OGNI 5 ANNI, un beneficio economico complessivo compreso tra i 2 e i 6 milioni di euro**.





## IMPATTO ECONOMICO 2/2

3) Le tre società gestiscono complessivamente oltre il 50 % della popolazione servita a **livello regionale** ma è ovviamente prevedibile una estensione dell'applicazione agli altri soggetti gestori che saranno ampiamente informati dei risultati tecnologici del progetto con risultati che incrementano proporzionalmente a quanto già esposto.

4) I risultati del progetto in termini **di stabilità di processo** potranno inoltre condurre ad una **più ridotta frequenza degli eventi di superamento dei limiti allo scarico** (in particolare per gli impianti più piccoli) con la conseguente **riduzione delle eventuali sanzioni economiche** per i gestori da parte degli organi di controllo (obiettivo minimo: una sanzione evitata ad impianto quantificata cautelativamente in € 3000/anno/impianto per tutti gli impianti applicanti la tecnologia).

5) Inoltre, sempre sotto l'aspetto economico è indubbio, anche se di più difficile quantificazione, il vantaggio competitivo per società quotate in borsa come Sidra e AMAP, di **incrementare la loro immagine "green", attraverso nuove politiche particolarmente attente alla contrazione dei consumi energetici e delle emissioni in atmosfera.**





## IMPATTO SOCIALE

### *Impatto sociale:*

E' evidente l'impatto sociale determinato dal risparmio energetico atteso e dalla **conseguente riduzione delle emissioni clima alteranti** (sia dirette in impianto che come conseguenza della minore richiesta fonti energetiche tradizionali) che sarà misurato e quantificato nell'ambito del progetto, stimolando attraverso le azioni di diffusione dei risultati una estensione dell'impatto stesso. Poiché in aggiunta, le soluzioni tecnologiche sviluppate ottengono un **maggiore controllo anche della qualità del refluo** si ritiene che possa essere enorme, specie in relazione alla attuale condizione dei corpi idrici impattati ed in particolare delle fasce costiere, **l'impatto sociale sulle attività turistico-commerciali e ricreative** man mano che la tecnologia proposta verrà applicata a livello regionale







# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

## [www.smartee-plants.it](http://www.smartee-plants.it)

**Grazie per la pazienza di ascoltare e per la voglia di conoscere!**

[GIUSEPPE.MANCINI@UNICT.IT](mailto:GIUSEPPE.MANCINI@UNICT.IT)

**PARTNER**



**SIDRA S.p.A**



**AMAP S.p.A.**  
gestione ciclo  
idrico integrato



**ACQUAENNA s.c.p.a.**



**IPPOCRATE  
AS SRL**



**ECOCONTROL  
SUD SRL**



**UNIVERSITA' DI  
CATANIA**



**UNIVERSITA'  
KORE DI ENNA**



**UNIVERSITA' DI  
PALERMO**

