

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
"FEDERICO II"



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

CORSO DI STUDIO MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L' AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN  
BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI

***"INDAGINE SPERIMENTALE SULL'UTILIZZO DI BIOMASSE SELEZIONATE  
PER LA RIMOZIONE DI IPA DA SUOLI CONTAMINATI MEDIANTE  
PROCESSI ANAEROBICI"***

Relatore:

Ch.Mo Prof. Massimiliano Fabbricino

Correlatori:

Dott. Ing. Alberto Ferraro

Dott. Ing. Marco Race

Dott. Ing. Antonio Panico

Candidato:

Francesco Gugliucci

Matr. M67/362

Anno Accademico 2017/2018

# GLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

- **Descrizione:** Composti organici formati da 2 a 7 anelli benzenici fusi
- **Cause di contaminazione ambientale e del suolo:**
  - 1 Sversamenti petroliferi **80%**
  - 2 Processi di combustione incompleta materiale organico **19%**
- **Tossicità:** proprietà cancerogene per l'uomo
  - 1. Vie respiratorie
  - 2. Assorbimento dermico
- **Tecniche di biorisanamento**
  1. Monitored natural attenuation
  2. Biostimulation
  3. Bioaugmentation

**OBIETTIVO tesi:** BIORISANAMENTO ANAEROBICO di IPA mediante  
**"Bioaugmentation"**

# MATERIALI E METODI

**Terreno OECD:** torba di sfagno (10%) sabbia di quarzo (70%) argilla caolinitica (20%)  
carbonato di calcio (1%)

**Suddivisione:**



**Contaminanti Utilizzati:**



## SINGOLO

1. Naftalene [A]
2. Antracene [B]
3. Pirene [C]
4. Benzo[a]pirene [D]

## ACCOPPIATI

5. [A]+[D]
6. [B]+[D]
7. [C]+[D]

# CONTAMINAZIONE SUOLO

IPA + miscela solvente  
 $V=100\text{ml}$



- Naftalene [A]: 207.6 mg/l
- Antracene [B]: 206.4 mg/l
- Pyrene [C]: 204.6 mg/l
- Benzo[a]pyrene [D]: 204 mg/l

Miscela IPA + suolo



- Naftalene [A]: 34.6 mg/kg
- Antracene [B]: 34.4 mg/kg
- Pyrene [C]: 34.1 mg/kg
- Benzo[a]pyrene [D]: 34 mg/kg
- Naphtalene + B[a]P [A]+[D]: 34.3 mg/kg
- Antracene + B[a]P [B]+[D]: 34.2 mg/kg
- Pyrene + B[a]P [C]+[D]: 34 mg/kg

# COMPOSIZIONE PROVE BATCH

- 1 Solo inoculo (I)
- 2 Solo suolo contaminato (SC)
- 3 Suolo contaminato + inoculo (SCI)
- 4 Inoculo + suolo non contaminato (SNCI)
- 5 Inoculo + suolo non contaminato trattato (SNCIS)



PROVA	SUOLO (g)	TAMPONE FOSFATO (ml)	INOCULO (ml)	COND. OPERATIVE	PH	T (°C)
(SC)	6	12	X	ANAEROBICHE	6.8	36±1
(SCI)	6	11.7	0.3	ANAEROBICHE	6.8	36±1
(I)	6	11.7	0.3	ANAEROBICHE	6.8	36±1
(SNCI)	6	11.7	0.3	ANAEROBICHE	6.8	36±1
(SNCIS)	6	11.7	0.3	ANAEROBICHE	6.8	36±1

# ANALISI EFFETTUATE

## 1. CONCENTRAZIONE IPA

- Suolo+liquido (tampone fosfato) [S+L]
- Suolo [S]



CONCENTRAZIONE  
RESIDUA IPA (mg/Kg)

## 2. PROD. E CONSUMO ACIDI

- Prelievo da ogni reattore parte di [S+L]



CONC. (mg/l)

LATTICO  
ACETICO  
PROPIONICO  
BUTIRRICO

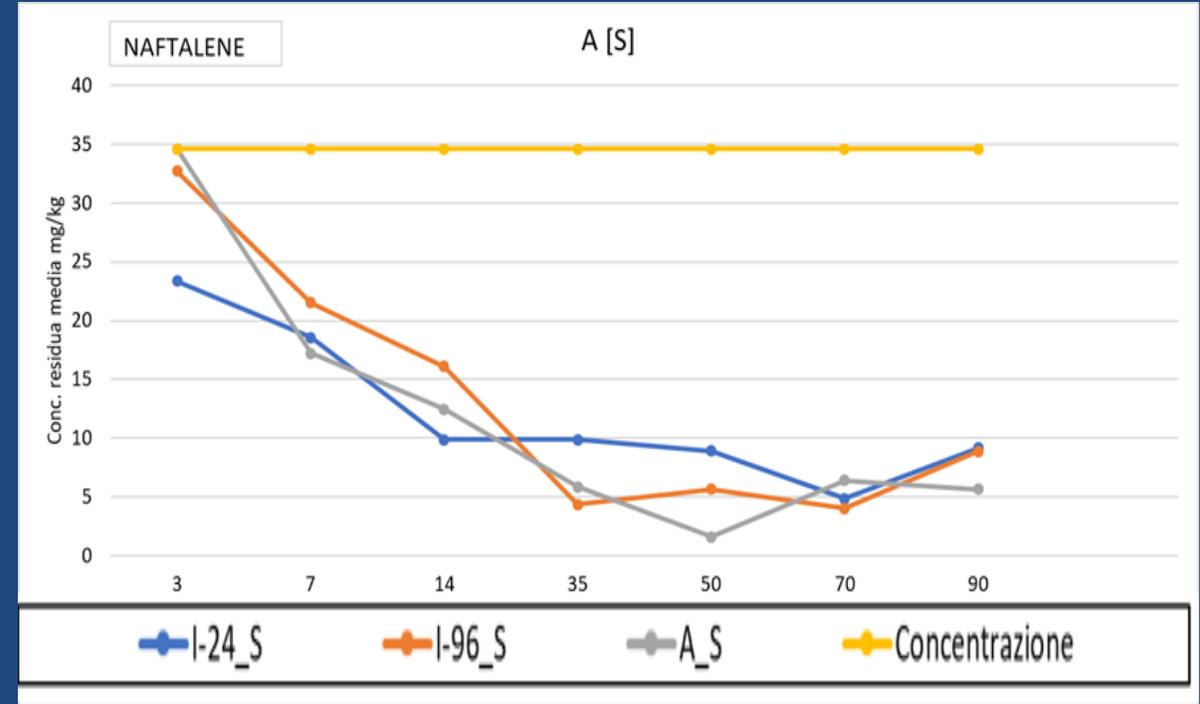
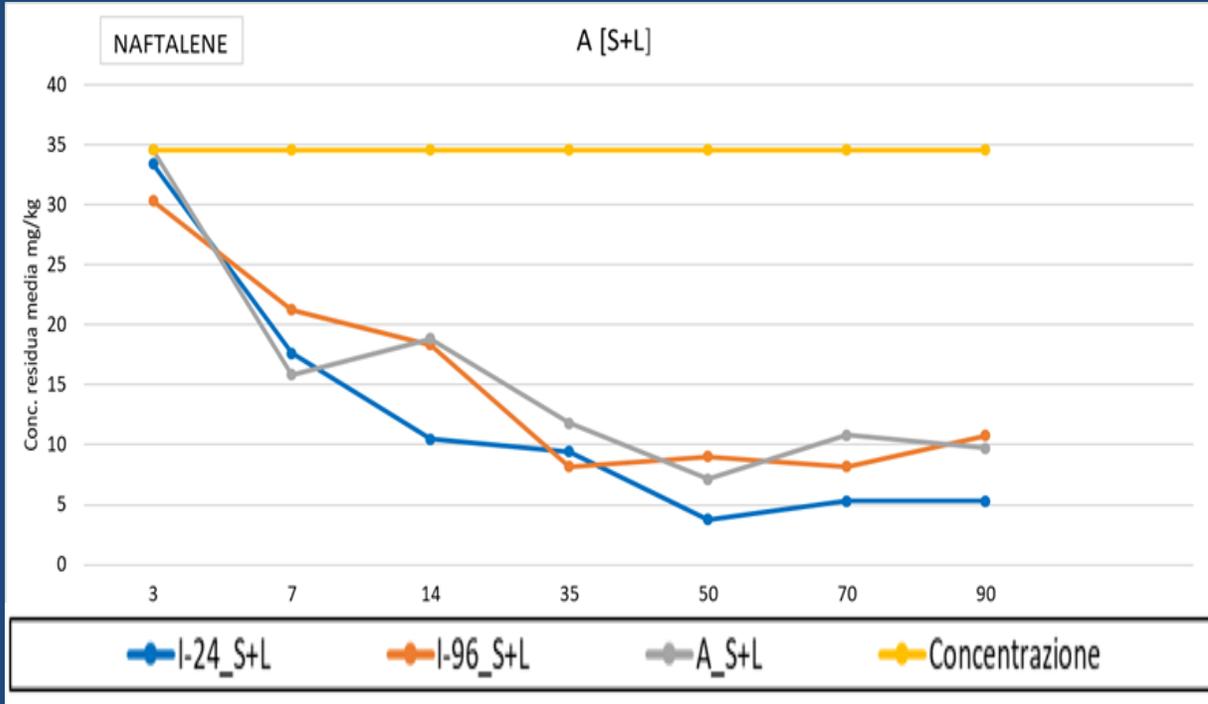
## 3. PROD. BIOGAS

- Prelievo volumetrico di gas prodotto



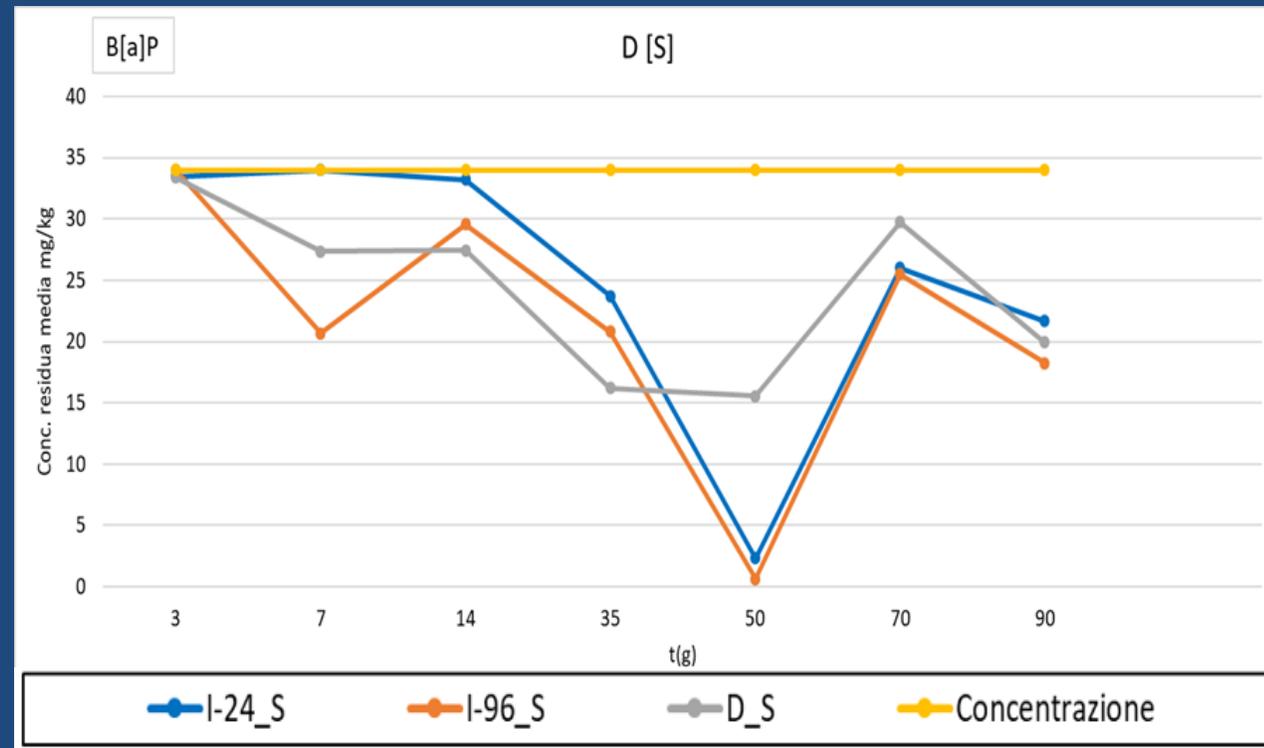
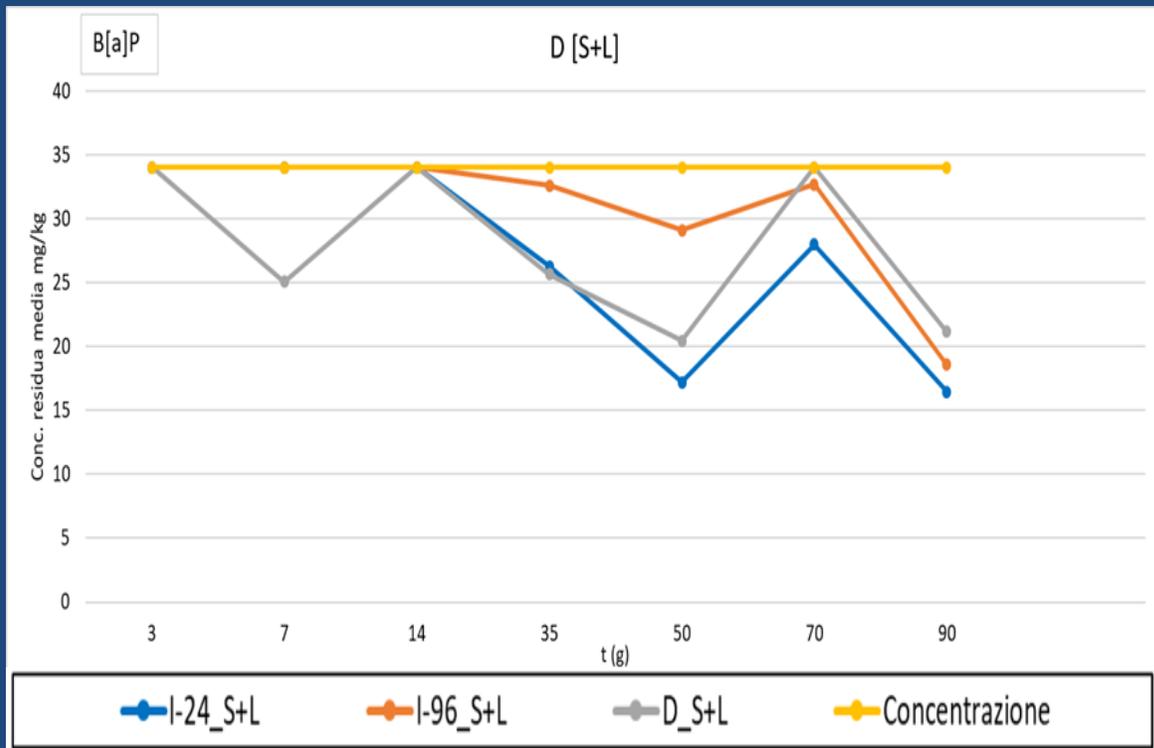
CONC. (ml) di  
BIOGAS

# RISULTATI ANALISI IPA NAFTALENE [A]



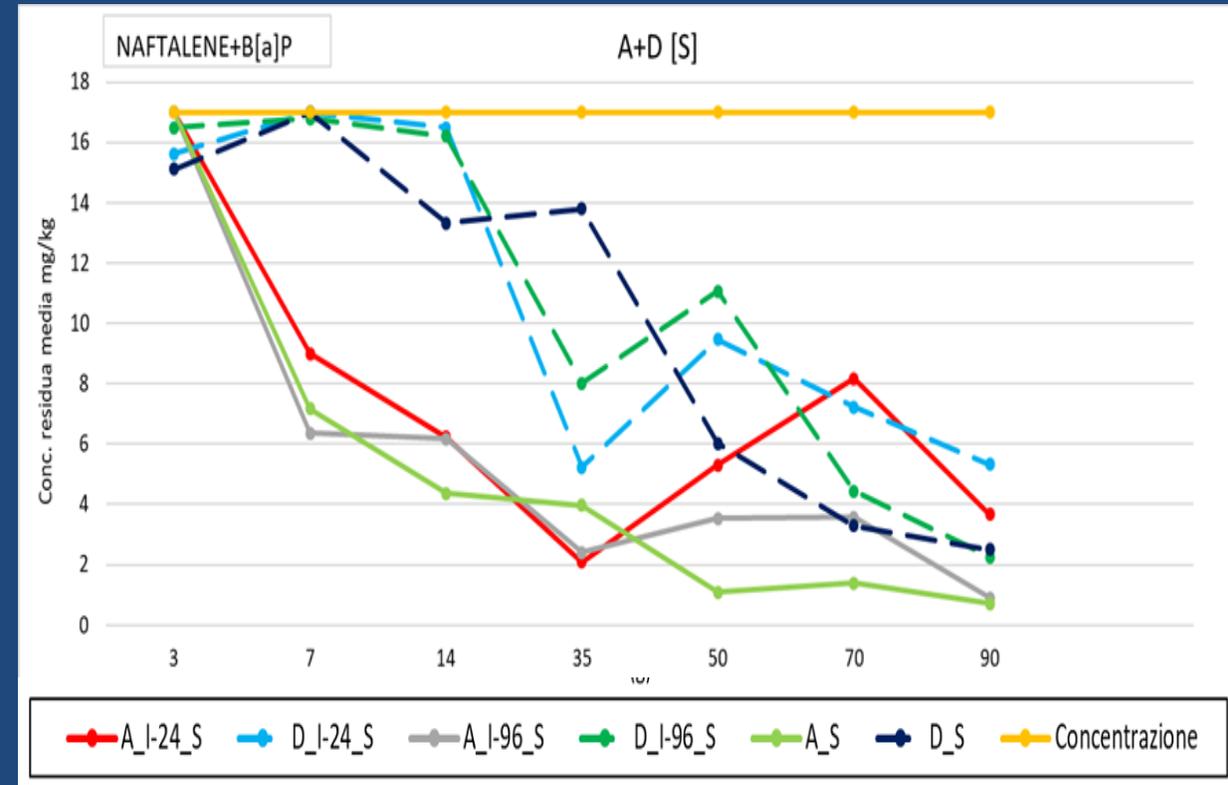
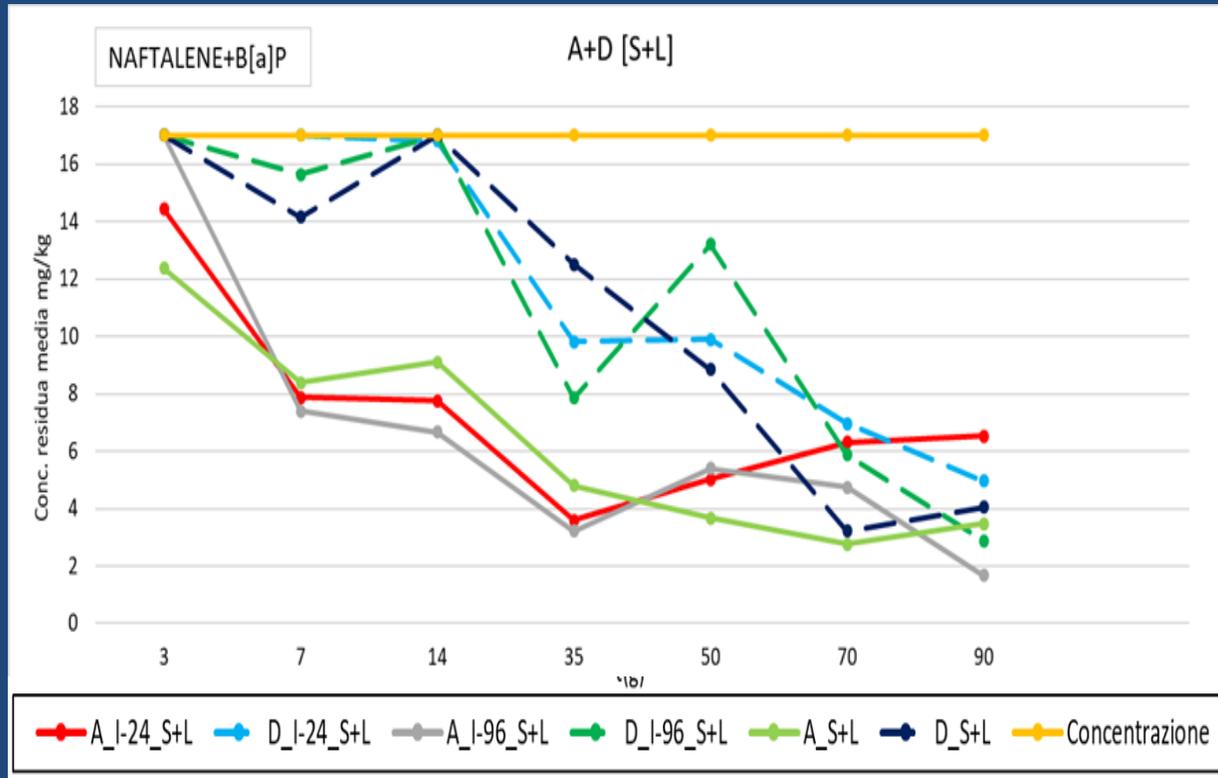
- Rimozione di [A] simile in [S+L] e [S]
- Mancato rilascio nel liquido di A con degradazione diretta in [S] del 95%
- Trend degradazione simile per I-24 I-96 e biomassa autoctona

# BENZO[a]PIRENE [D]



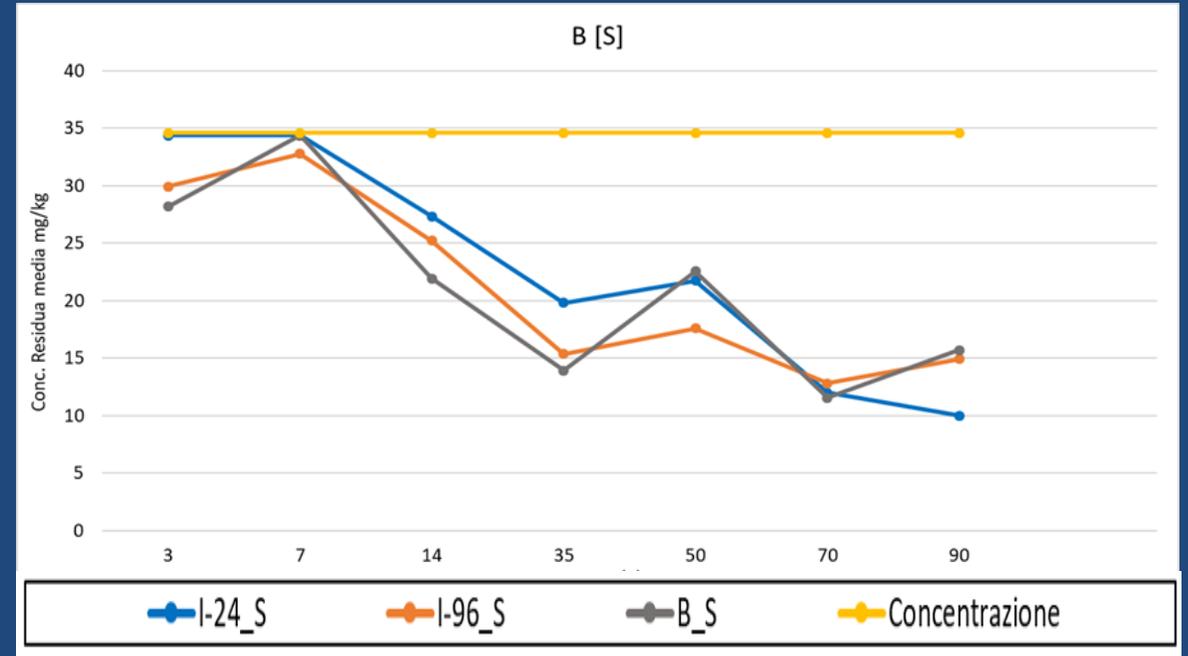
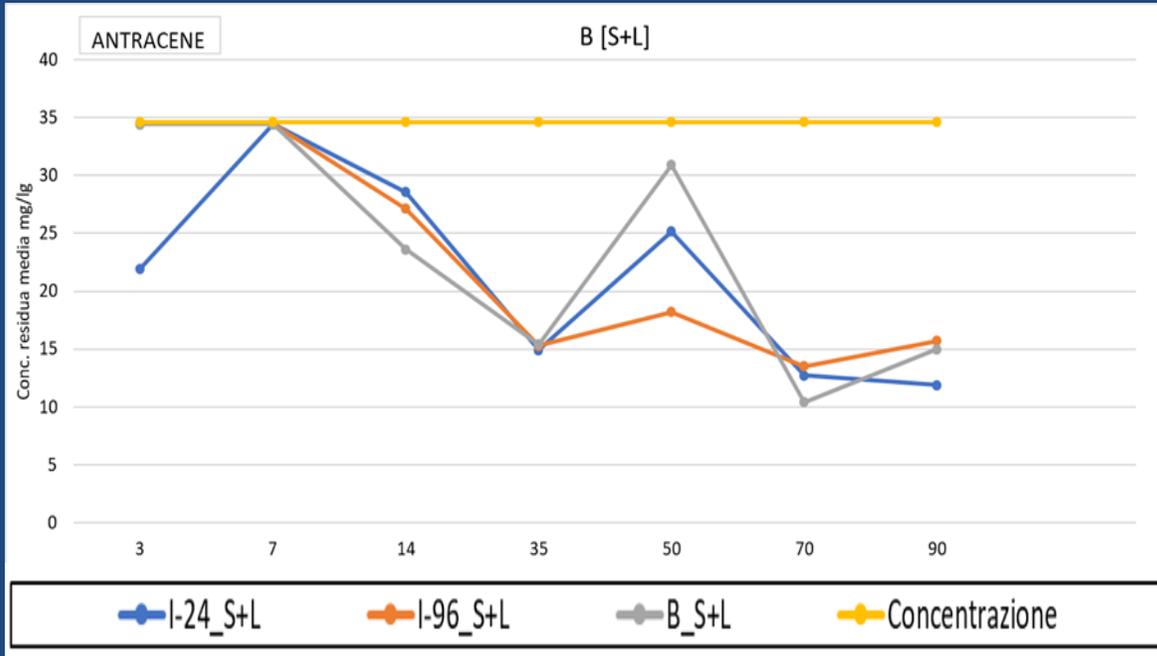
- Mediamente non si nota un'elevata rimozione per [D]
- [D] accoppiato ad altri contaminanti viene rimosso maggiormente

# NAFTALENE + BENZO[a]PIRENE [A]+[D]



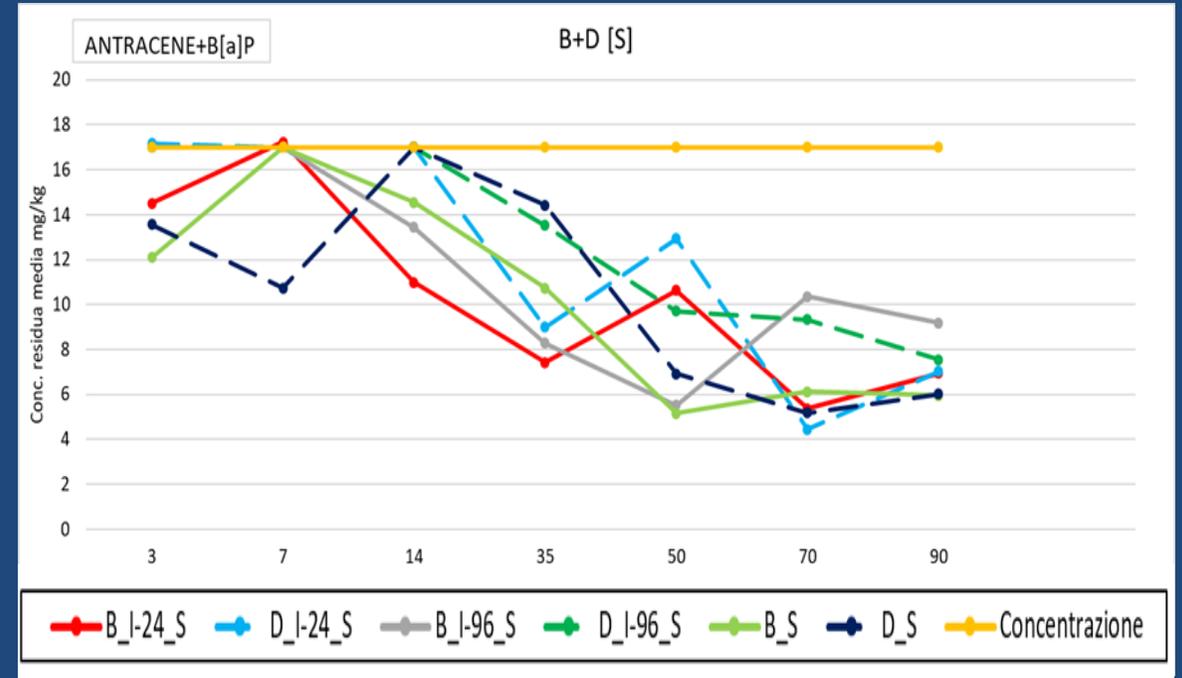
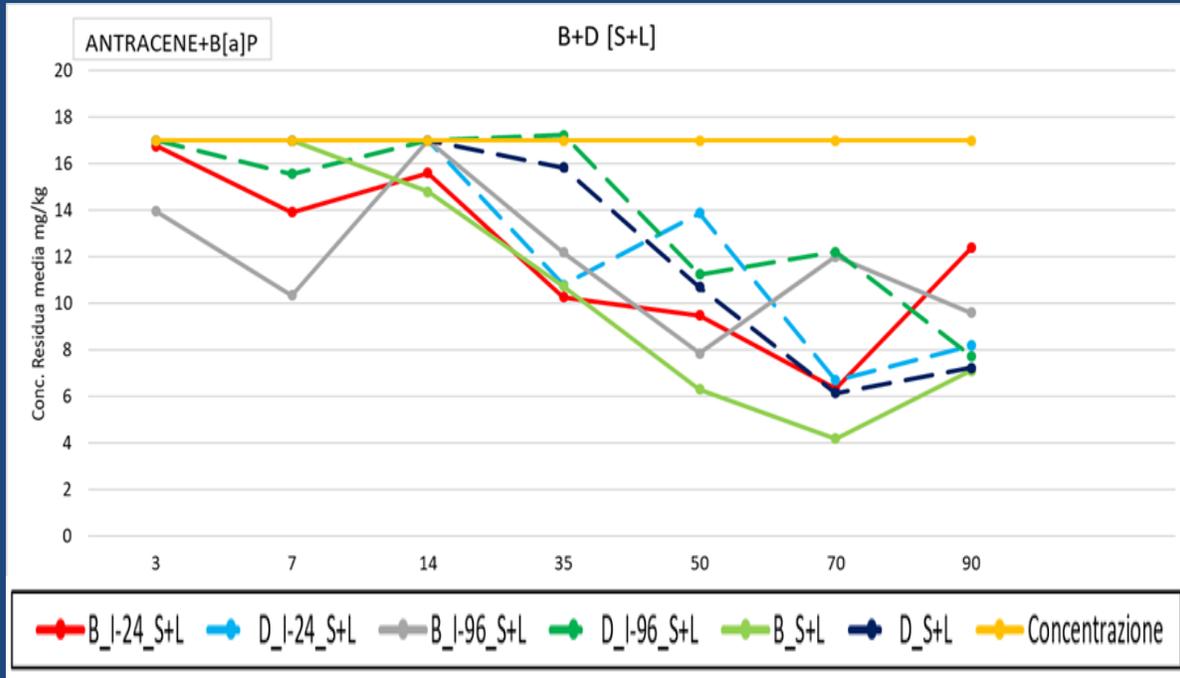
- Rimozione nel suolo **90% [A]**  
**65% [D]**
- Leggermente meno rimozione di A se accoppiato a D
- Migliore efficacia di degradazione della **biomassa autoctona**

# ANTRACENE [B]



- Rimozione di circa 60%
- Cinetica degradativa più lenta di [A]
- Comportamento simile dei MICRORGANISMI

# ANTRACENE + BENZO[a]PIRENE [B]+[D]



- Leggera rimozione maggiore per [B] in [S+L]

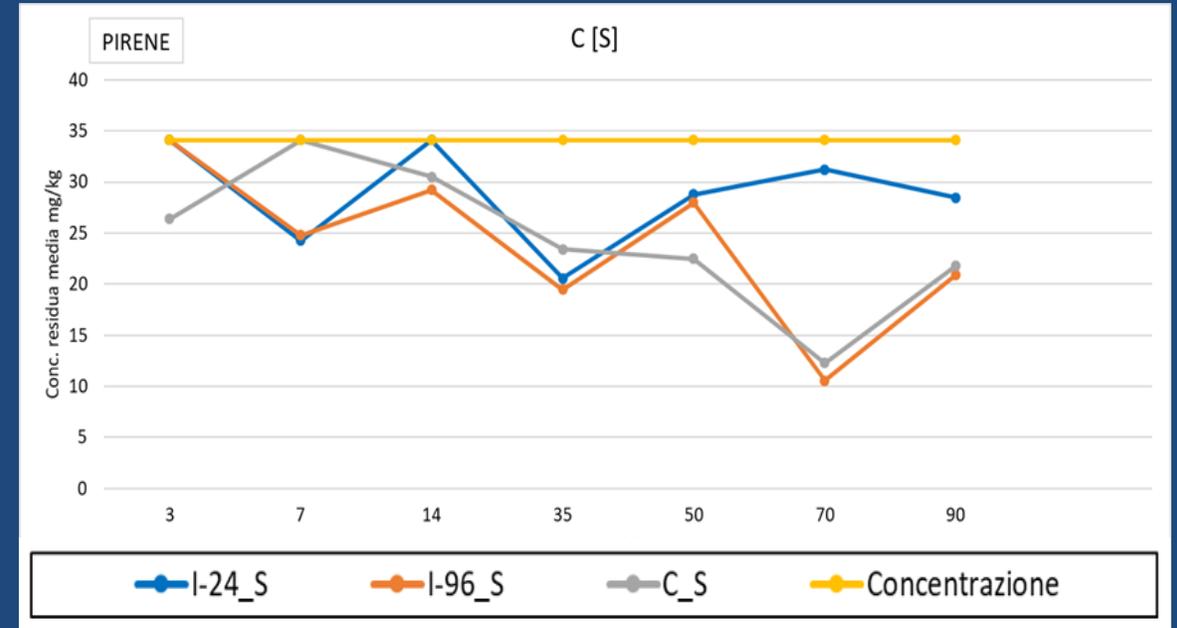
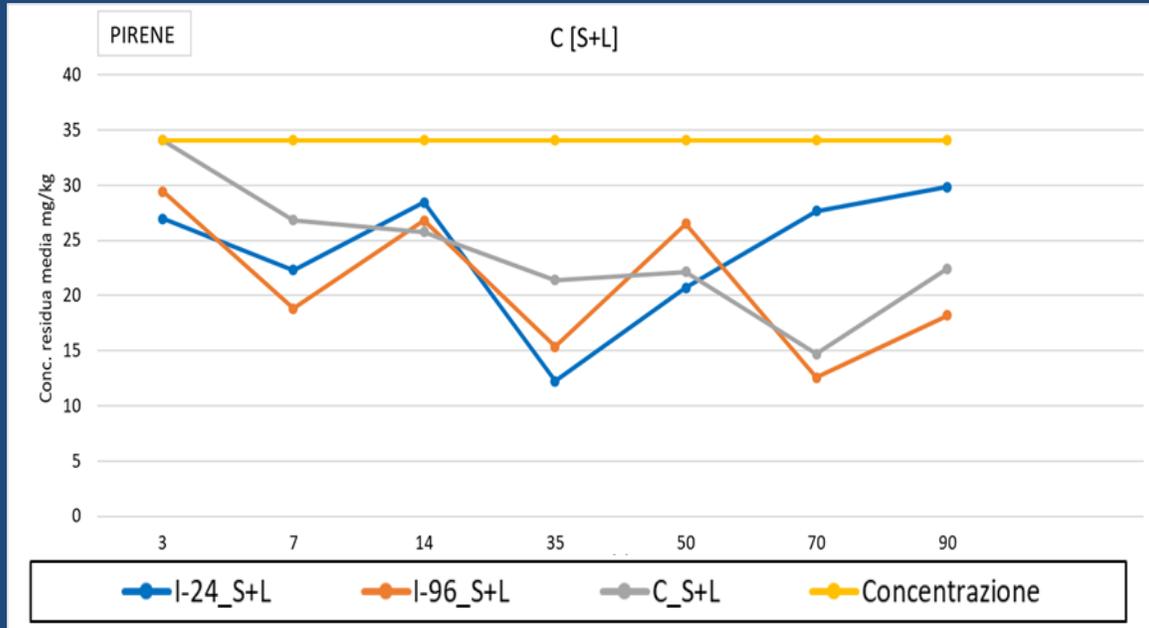
- Rimozione in ritardo per [D]

- Biomassa autoctona più efficace



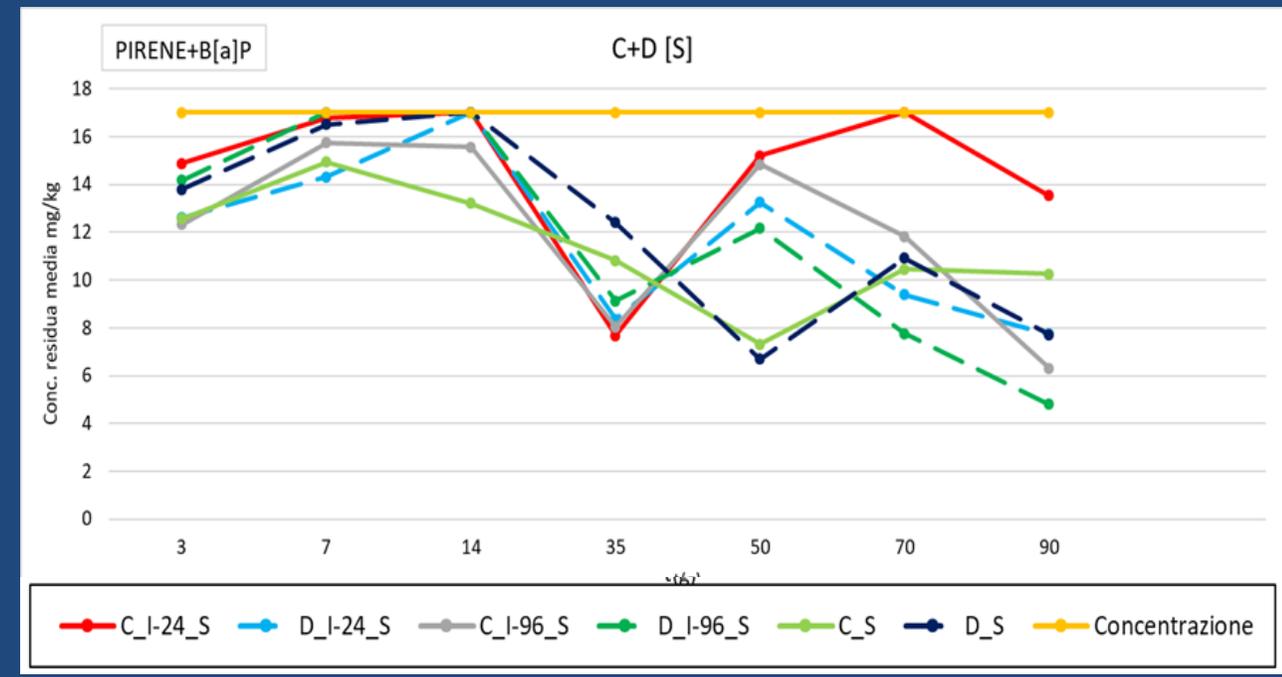
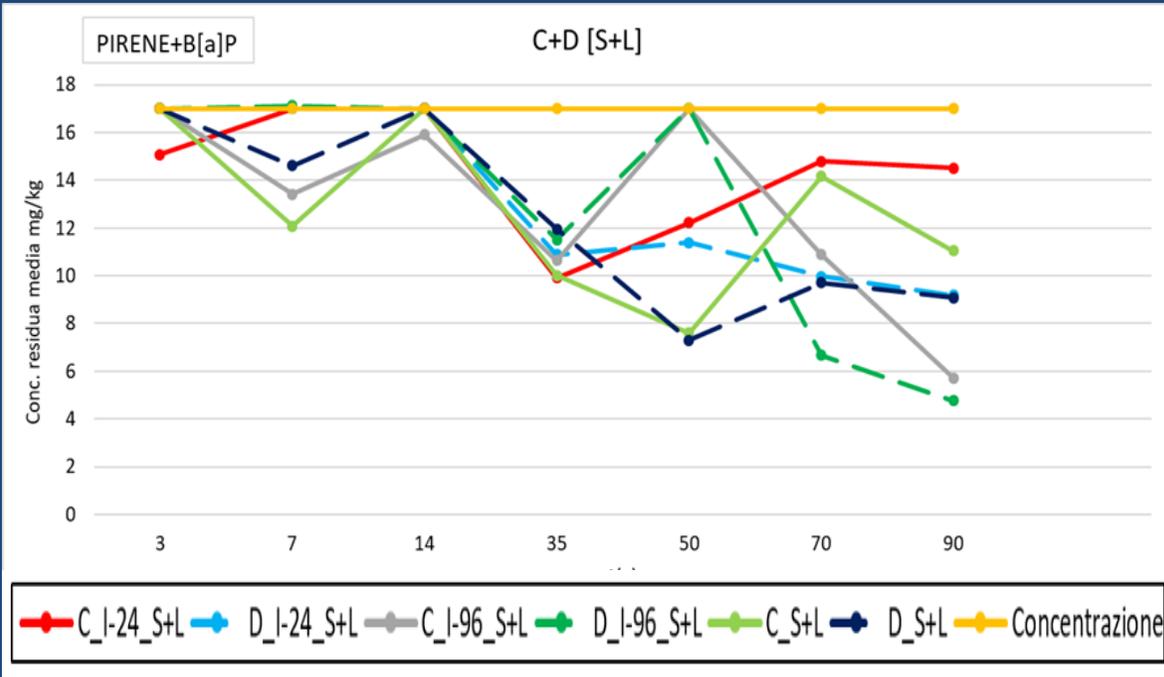
Massima degradazione 70% [B]  
60% [D]

# PIRENE [C]



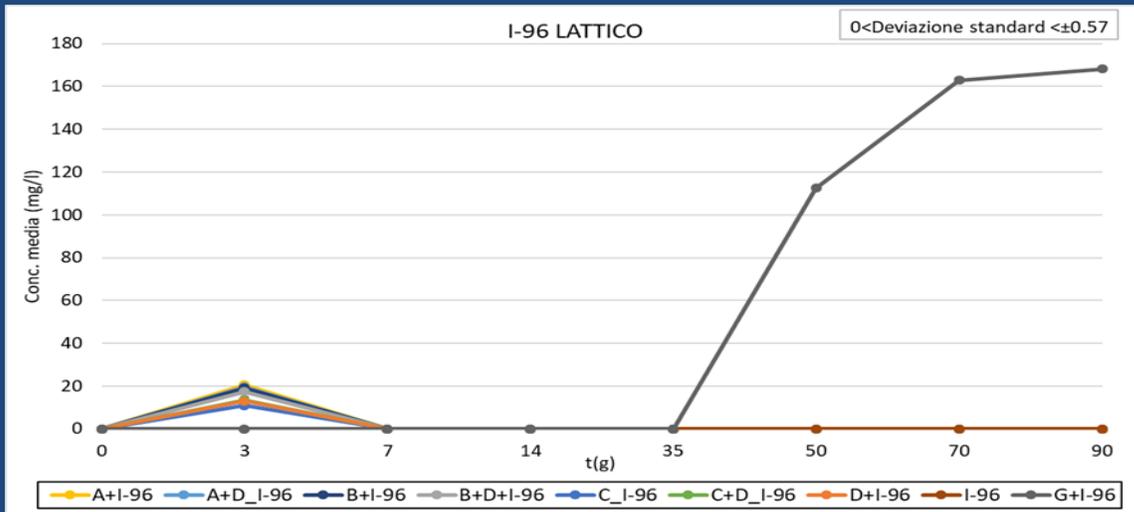
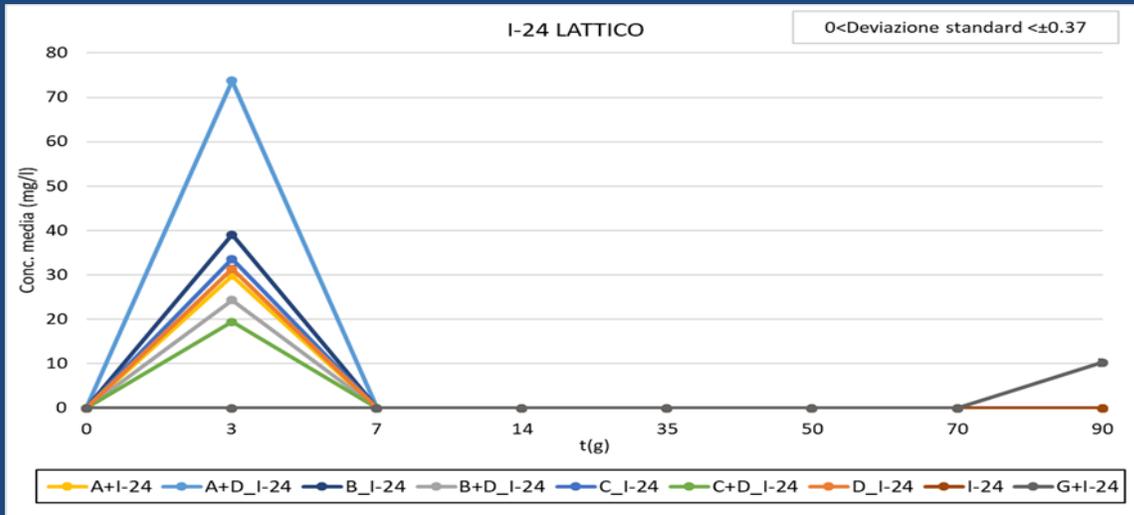
- Bassa degradazione soprattutto in [S]
- Comportamento simile per gli inoculi e la biomassa autoctona

# PIRENE + BENZO[a]PIRENE [C]+[D]



- **Bassa rimozione** dei contaminanti soprattutto in [S]
- **Miglior trend** degradativo per l'inoculo I-96

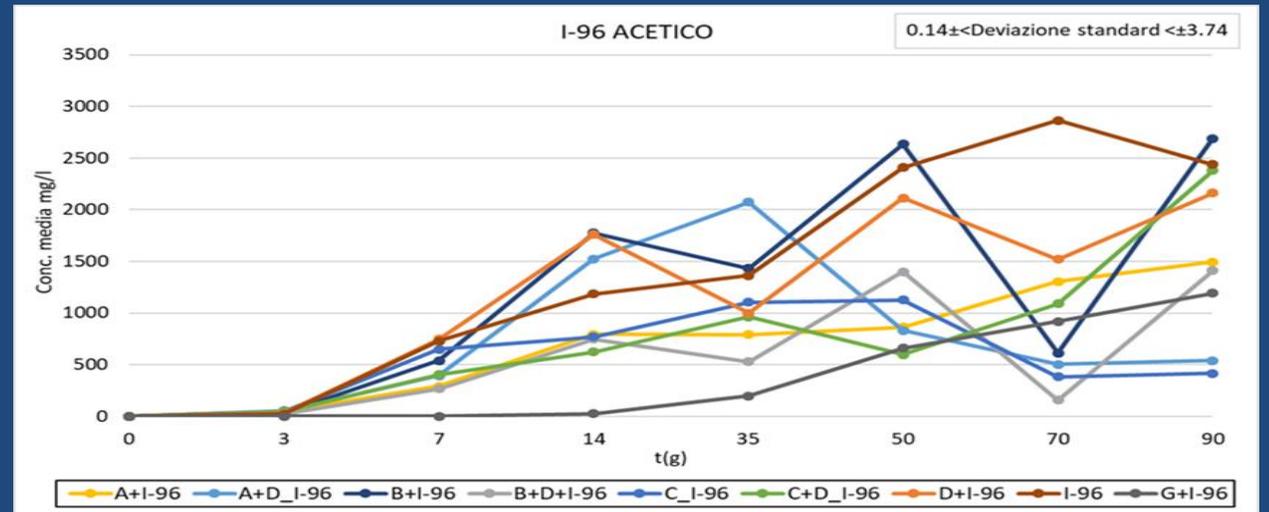
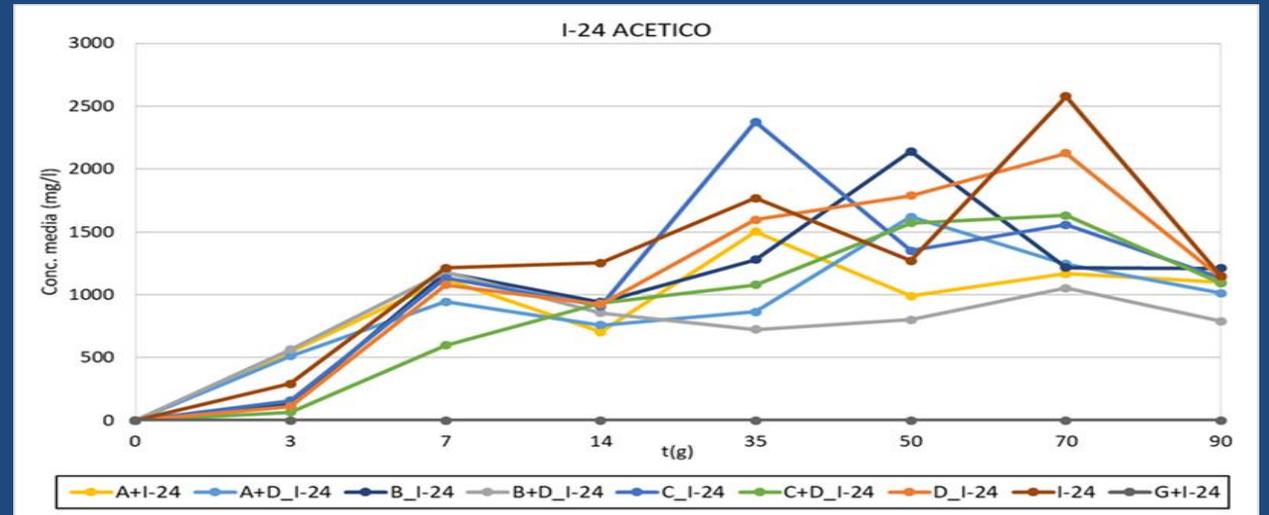
# ACIDO LATTICO



- I-24 e I-96 presentano produzione di lattico da 20 a 75 mg/l

- Per I-96 le prove [I] presentano elevato **ACCUMULO** di circa 170 mg/l

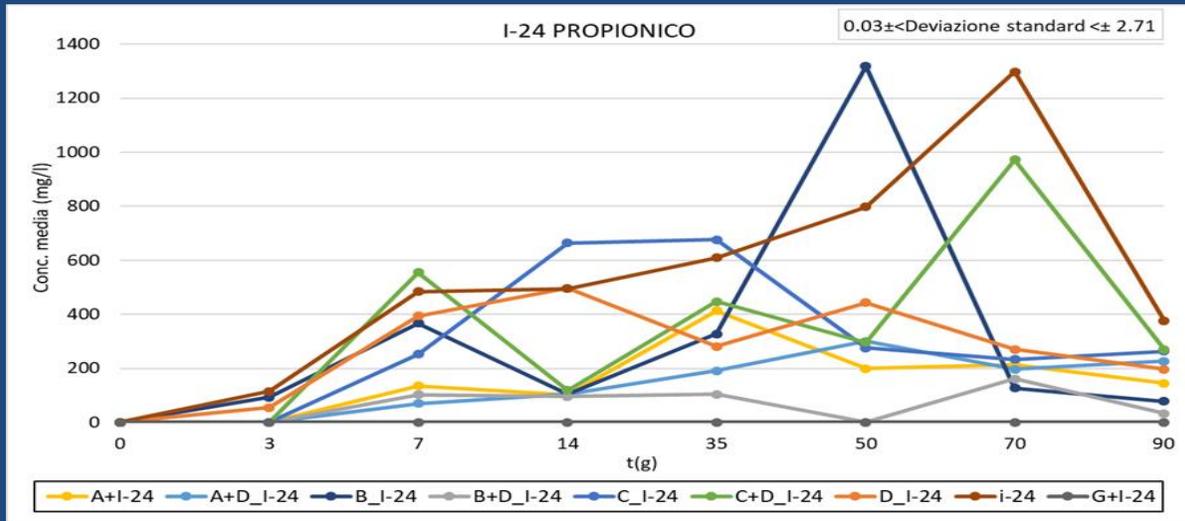
# ACIDO ACETICO



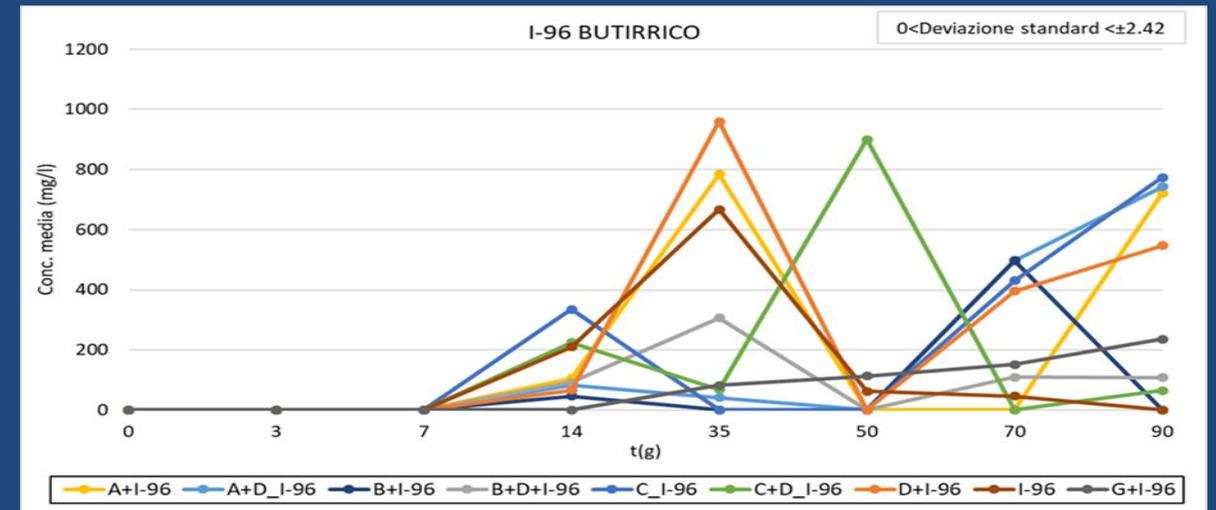
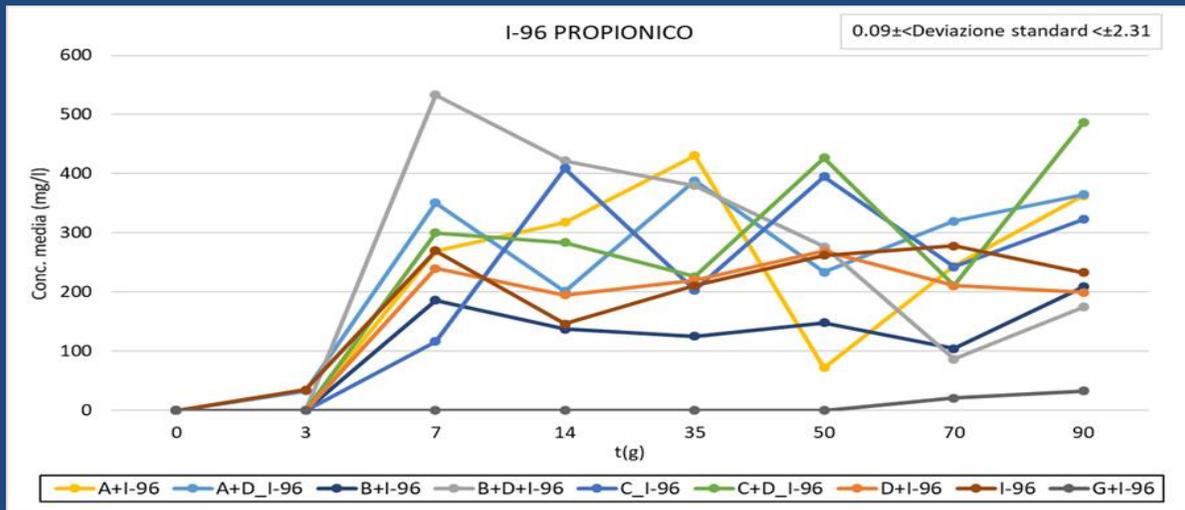
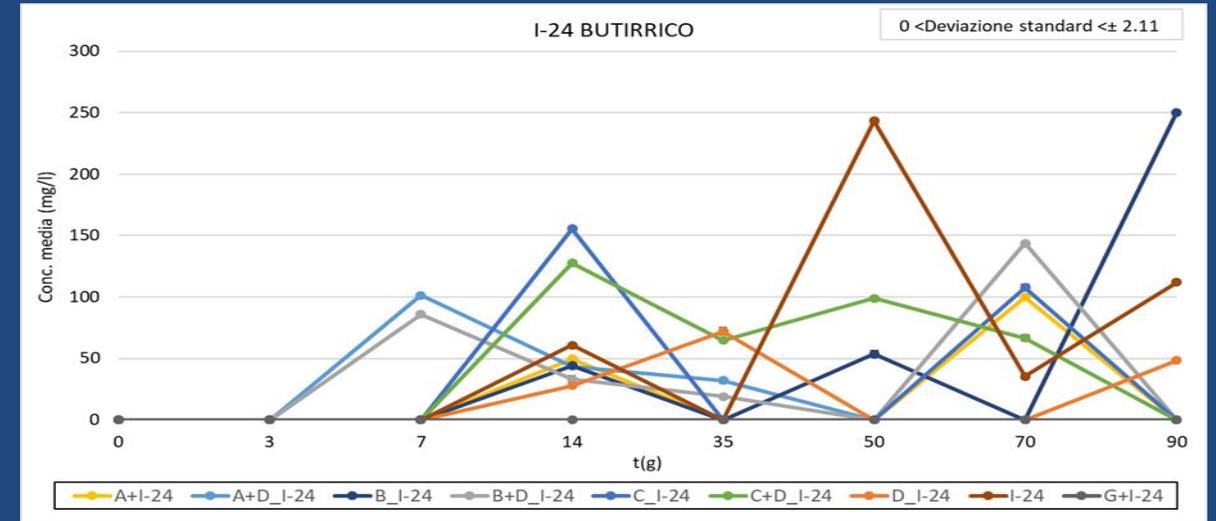
- Notevole accumulo generale

- [I] riferito a I-96 presenta solito accumulo, come nel lattico

# ACIDO PROPIONICO



# ACIDO BUTIRRICO

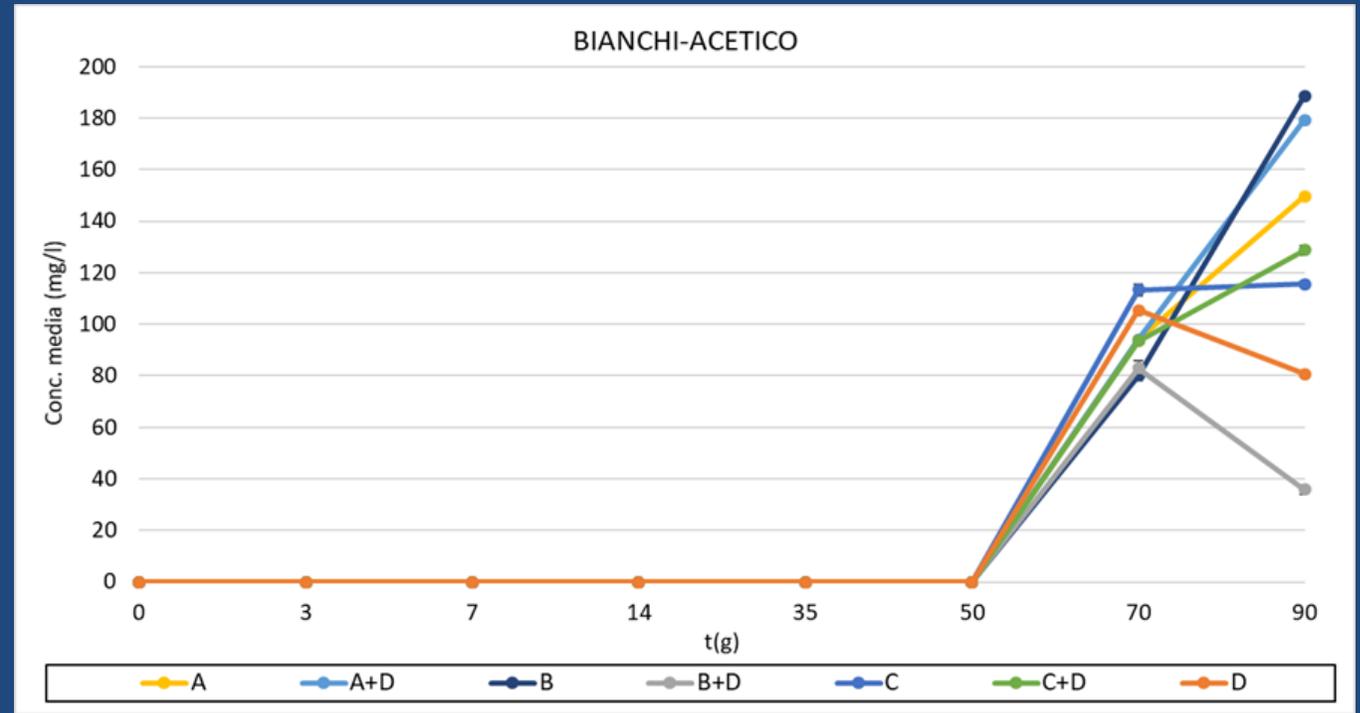


- Accumulo generale
- I-24 concentrazioni superiori

- I-96 concentrazioni superiori
- Andamento irregolare e picchi di accumulo localizzati

# PROVE [SC] CONTROLLO BIOMASSA AUTOCTONA

- Produzione di **ACETICO** tra 80 e 120 mg/l

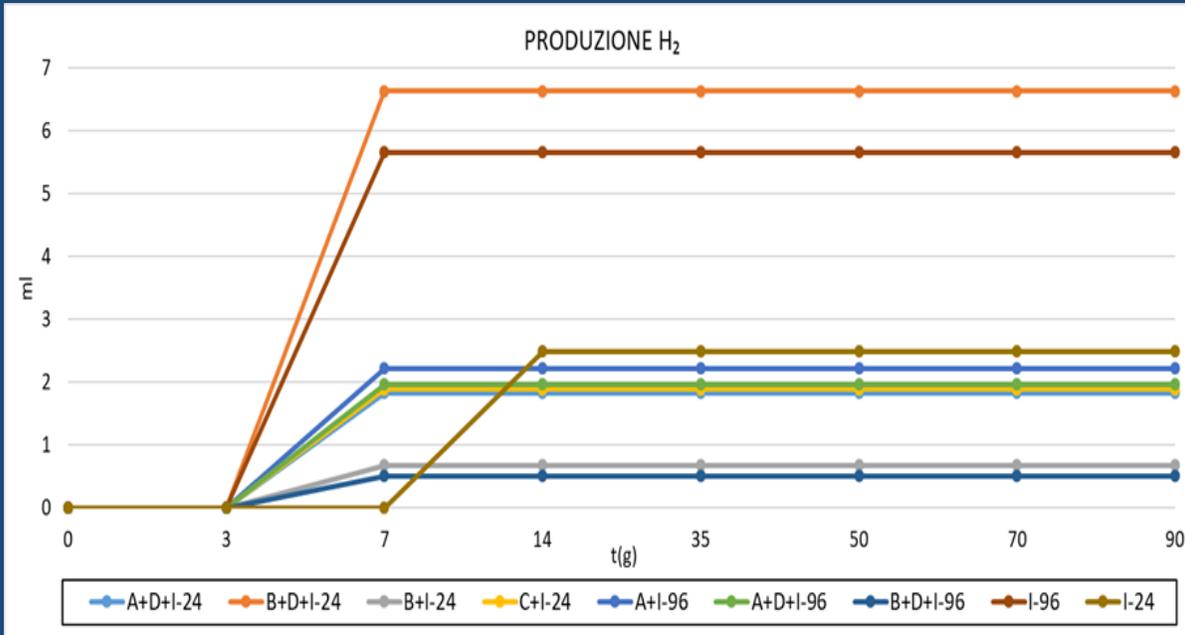


Il controllo [SC] **segue** gli altri inoculi nella degradazione ma **non produce acidi**



Consumi e produzioni acidi non correlati alla degradazione degli IPA

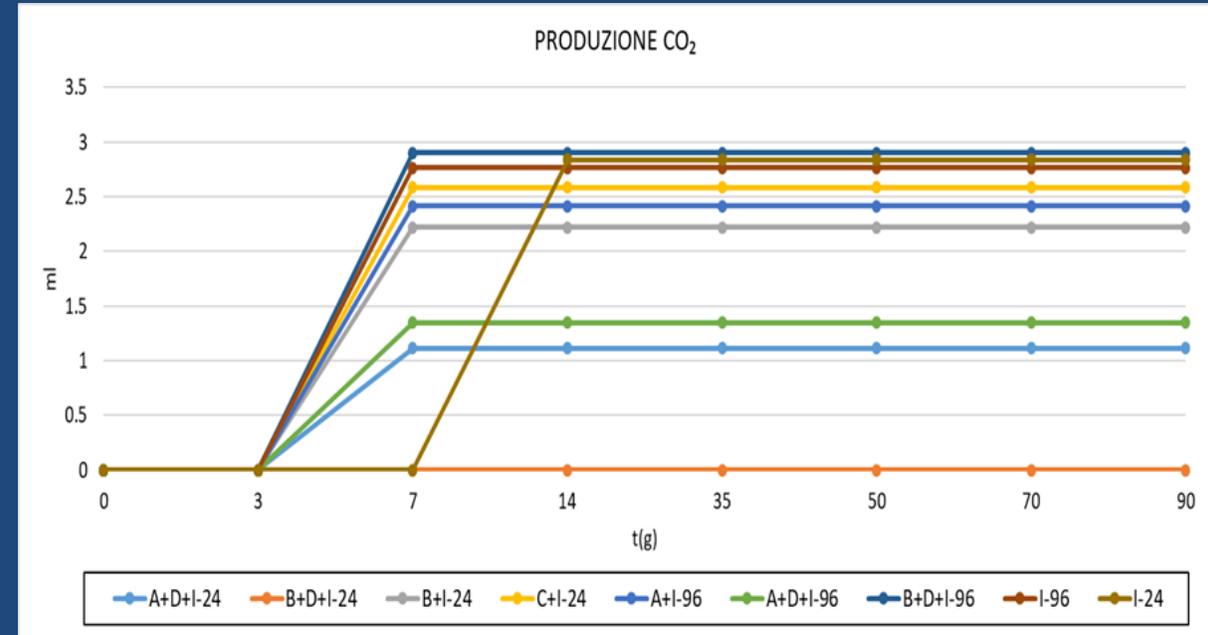
# PRODUZIONE BIOGAS



## PROVE CON INOCULO I-24

[SCI] : A+D, B+D, B e C

[SNCIS]: I-24



## PROVE CON INOCULO I-96

[SCI] : A, A+D, B+D

[SNCIS] : I-96

BIOGAS [SCI]=BIOGAS [SNCIS]



PRODUZIONE - non correlata degradazione IPA

- correlata al **solvente** che ha reso più disponibile la sostanza organica rapidamente biodegradabile

# CONCLUSIONI

- La bonifica applicata (Bioaugmentation) ha comportato notevole degradazione degli IPA target
- Il **benzo[a]pirene [D]** è di difficile rimozione perché ad alto peso molecolare, con questo processo è stato rimosso in alcuni casi del **65%**, valore superiore a casi in letteratura
- Produzione di acidi e gas non segue la degradazione IPA, occorre uno studio microbiologico dettagliato per conoscere meglio le cinetiche degradative
- Studiare e sperimentare dei processi atti a migliorare le caratteristiche di solubilità, per rendere più efficaci le cinetiche di degradazione dei microrganismi

**Grazie per l'attenzione**