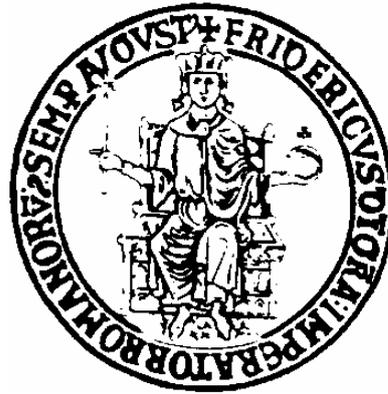


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
E IL TERRITORIO**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED
AMBIENTALE**

Abstract

**The effect of environmental conditions on SMP production
and degradation in membrane bioreactors used for
wastewater treatment**

Relatori:
Prof. Dr. Ing. Massimiliano Fabbricino
Prof. Dr. Ing. Ingmar Nopens

Candidato:
LUCIANO ANTONIO PASSANNANTE
matricola 324 / 146

Correlatori:
Ing. Luca D'Antonio
Ing. Thomas Maere

Anno Accademico 2009 - 2010

Introduzione

I reattori biologici a membrana cosiddetti MBR (Membrane BioReactor) sono una nuova tecnologia nel campo del trattamento delle acque reflue che si pone come alternativa al classico processo a fanghi attivi.

La tecnologia MBR ha diversi vantaggi rispetto al processo convenzionale, non ultima l'eccellente qualità dell'effluente trattato e la ridotta volumetria del sistema.

A fronte di essi va tuttavia annoverato il problema dello sporcamento delle membrane (fouling), che costituisce una voce di costo consistente, e comporta notevoli difficoltà in fase di esercizio dell'impianto.

Proprio per questo motivo sono stati effettuati numerosi studi al fine di comprendere le cause del fouling e mitigarne gli effetti, concentrando l'attenzione in particolare sugli SMP (soluble microbial products), sostanze solubili legate alla biologia del processo, considerate tra i principali responsabili del fenomeno.

Il principale obiettivo di questo lavoro è stata la definizione di un protocollo per lo svolgimento di esperimenti al fine di produrre un tipo particolare di SMP, i cosiddetti UAP (Utilization Associated Products,) e valutare gli effetti sulla loro produzione di alcuni parametri, come la temperatura e la concentrazione di substrato e di biomassa. Una parte dell'attività sperimentale è stata svolta ponendo l'attenzione anche sull'accuratezza dei metodi per la misurazione del COD all'interno del laboratorio, essendo il COD un parametro importantissimo nella valutazione delle caratteristiche di un campione.

La parte sperimentale del lavoro è stata svolta presso l'Università di Ghent, in Belgio, all'interno del laboratorio presente nel dipartimento BIOMATH.

Sperimentazione

Per condurre un esperimento UAP sono necessari due reattori batch, uno in cui del substrato viene aggiunto all'inizio dell'esperimento e nel quale UAP sono prodotti e l'altro di riferimento che serve per eliminare l'impatto dei BAP. La Figura 1 mostra i due reattori e i materiali utilizzati durante gli esperimenti.

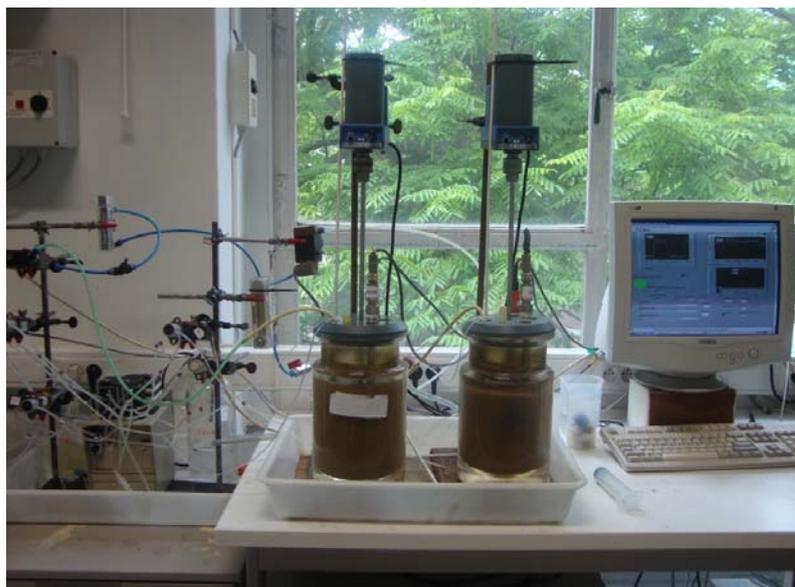


Figura 1: Reattori batch e di riferimento utilizzati durante gli UAP tests.

Gli UAP sono prodotti durante la fase di crescita microbica con l'aggiunta di substrato (acetato di sodio) all'interno del reattore principale. Gli UAP sono misurati come proteine e polissaccaridi. Per ogni campione prelevato dal reattore durante lo svolgimento dell'esperimento (durata 8 ore) sono stati misurati la concentrazione di proteine e polissaccaridi ed il valore di COD utilizzando rispettivamente il Lowry method, Phenol method e il metodo colorimetrico (con lettura spettrofotometrica).

Al fine di avere una bassa concentrazione di SMP all'inizio dell'esperimento il fango utilizzato (prelevato dall'impianto pilota presente all'interno del laboratorio del BIOMATH) è stato lavato utilizzando una soluzione inorganica.

Per ogni esperimento un campione è stato sempre prelevato subito dopo il lavaggio del fango e appena prima dell'aggiunta di reagenti (un altro passo prima dell'inizio dell'esperimento) per valutare l'efficienza del lavaggio (Tabella 1). Dai risultati si può concludere che l'efficienza del lavaggio è molto alta.

Tabella 1: Efficienza del lavaggio del fango nella rimozione degli SMP.

	Polisaccharydes (mg/l)	St.dev	Proteins (mg/l)	St.dev	COD (mg/l)	St.dev
Original sludge water	59.31	19.67	27.33	4.84	212.30	62.48
Average end concentration	2.256	0.808	5.689	1.645	15.963	3.587
Efficiency	96.2%	1.3%	79.2%	7.4%	92.2%	2.4%

Con questo tipo di lavaggio sembra anche che i polisaccaridi sono più facilmente eliminabili rispetto alle proteine.

Inoltre, anche se i valori di proteine, polisaccaridi e COD all'interno del fango iniziale sono molto variabili (alta deviazione standard) è sempre possibile raggiungere bassissime concentrazioni di SMP con una minore variabilità in termini di concentrazioni dopo il lavaggio stesso (bassa deviazione standard).

Esperimento UAP standard

Prima di valutare gli effetti di alcuni parametri sulla produzione di UAP, sono stati effettuati tre esperimenti UAP standard per valutare la ripetibilità della procedura adottata.

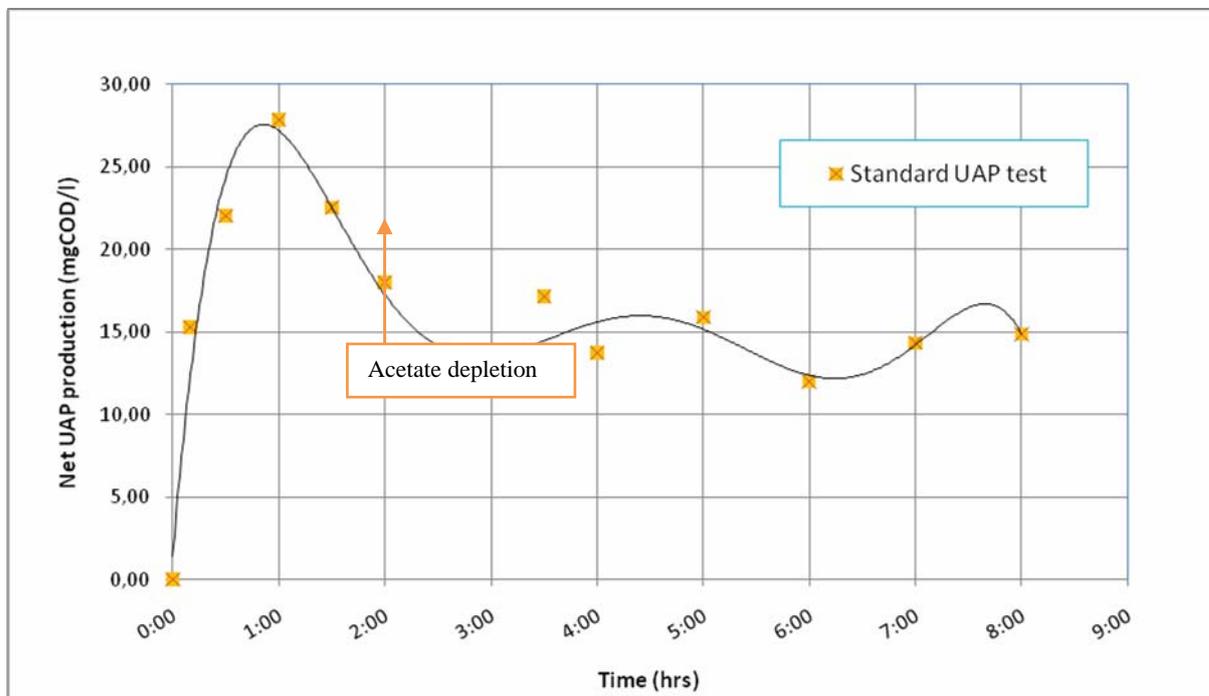


Figura 2: Media calcolata dei valori di produzione netta di UAP per i tre esperimenti UAP standard.

La Figura 2 mostra che gli UAP sono immediatamente prodotti dopo l'aggiunta di acetato, mostrando un picco di produzione prima che l'acetato sia completamente consumato.

Il completo consumo di acetato è rilevato da un improvviso decremento nella richiesta di ossigeno che indica che tutto il substrato facilmente disponibile, quale l'acetato, è stato consumato.

Questo comportamento può essere rilevato dai dati del sensore di ossigeno presente all'interno del reattore durante l'esperimento (Figura 3). Subito dopo il completo consumo di acetato, l'ossigeno richiesto dai microorganismi è minore ed un picco può essere osservato

nella concentrazione di ossigeno nel fango; per questo motivo occorre di conseguenza anche regolare il flusso di aria al suo interno.

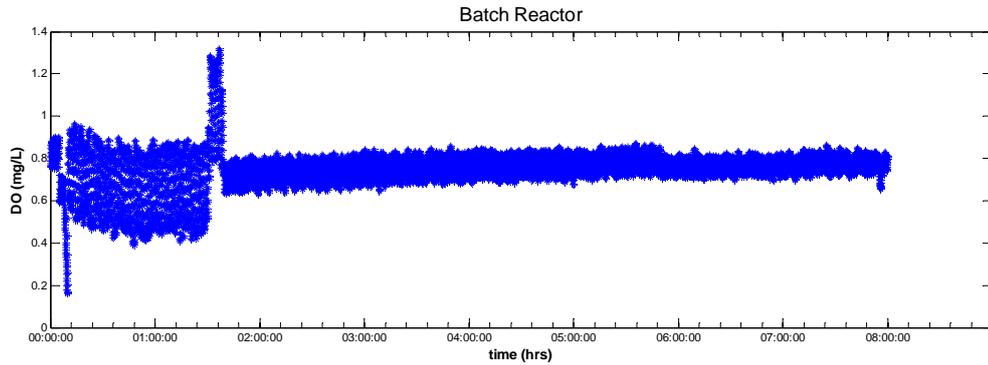


Figura 3: Dati del sensore di ossigeno nel reattore principale durante l'esperimento n°2.

Effetto della concentrazione di substrato sulla produzione di UAP

L'ipotesi è che la quantità di UAP prodotta è proporzionale alla concentrazione di substrato. Un esperimento è stato effettuato con una quantità doppia di substrato (2000 mgCOD/l) rispetto all'esperimento standard per investigare l'effetto della concentrazione di substrato sulla produzione di UAP.

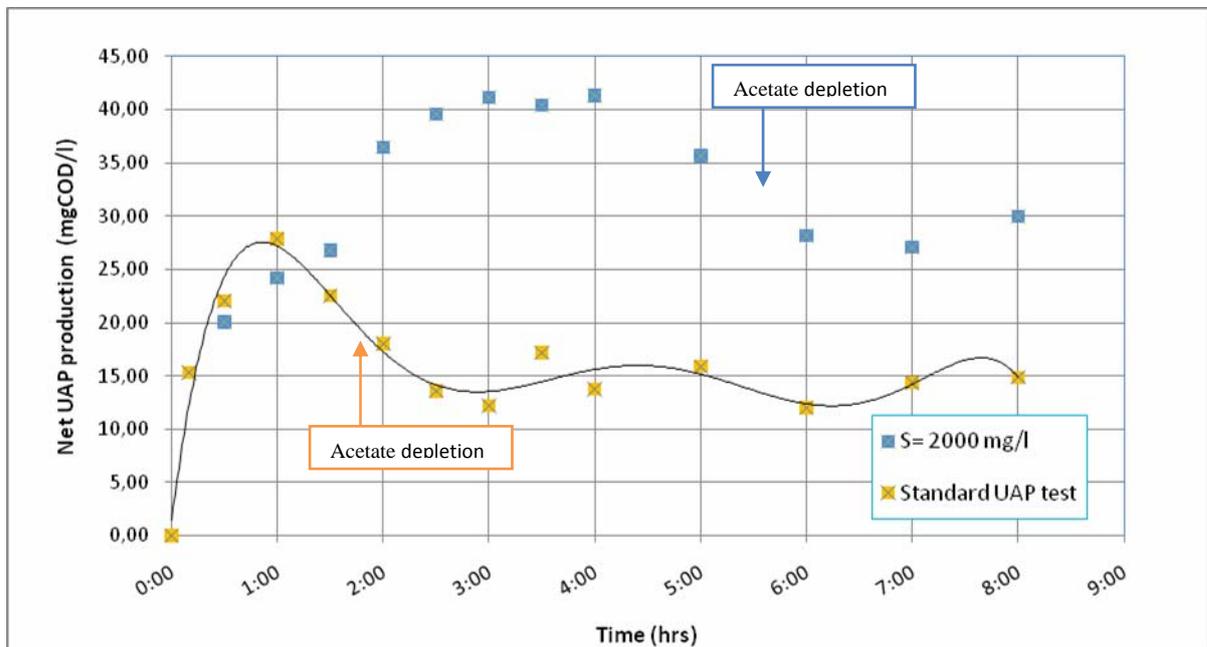


Figure 4: Confronto tra the la media degli esperimenti UAP standard ed il test condotto con una quantità doppia di acetato (S=2000mgCOD/l).

Con una concentrazione di 2000 mgCOD/l i microorganismi richiedono un tempo maggiore per degradare tutto l'acetato di sodio.

Riguardo ai valori della produzione netta di proteine e polisaccaridi essi sono tutti più alti rispetto all' esperimento standard. I risultati, quindi, mostrano che la produzione di UAP è influenzata dalla concentrazione di substrato, come ipotizzato.

Effetto della concentrazione di biomassa sulla produzione di UAP

Gli esperimenti per valutare l'effetto della concentrazione di biomassa sulla produzione di UAP sono stati effettuati facendo riferimento a tre valori teorici di TSS, 10000 mg/l, 5000 mg/l e 15000 mg/l.

L'ipotesi è che la concentrazione di biomassa influenza la velocità di produzione di UAP, mentre la quantità totale di UAP prodotta dipende solo dalla quantità di substrato. I risultati sono mostrati in Figura 5.

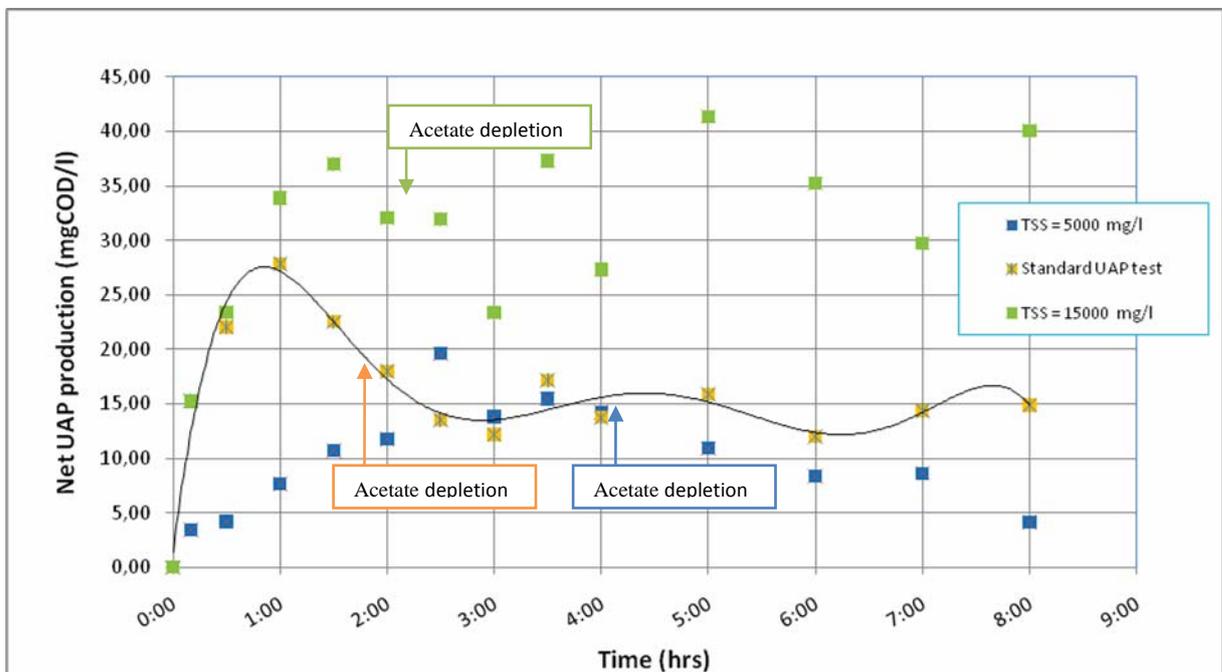


Figure 5: Confronto tra la media degli esperimenti UAP standard e gli esperimenti condotti con un valore di concentrazione di biomassa più alto (TSS =15000 mg/l) e più basso (TSS = 5000 mg/l).

Nonostante sia stata aggiunta la stessa quantità di acetato di sodio per ogni esperimento (1000 mgCOD/l), sono stati raggiunti in modo chiaro tre picchi di produzione differenti (Figura 5). Ciò significa che la concentrazione di biomassa influenza la quantità di UAP prodotta, risultato che non era previsto. Più ripetizioni sono necessarie per avere conclusioni consistenti anche se i risultati indicano quindi che la produzione di UAP è dipendente non solo dalla concentrazione di substrato ma anche dalla concentrazione di biomassa.

Effetto della temperatura sulla produzione di UAP

Gli esperimenti per valutare l'effetto della temperatura sulla produzione di UAP sono stati effettuati facendo riferimento a tre valori di temperatura diversi, vale a dire 15 °C, 10 °C e 20°C. L'ipotesi è che la temperatura influenza la velocità di produzione di UAP ma non la quantità. I risultati sono mostrati in Figura 6.

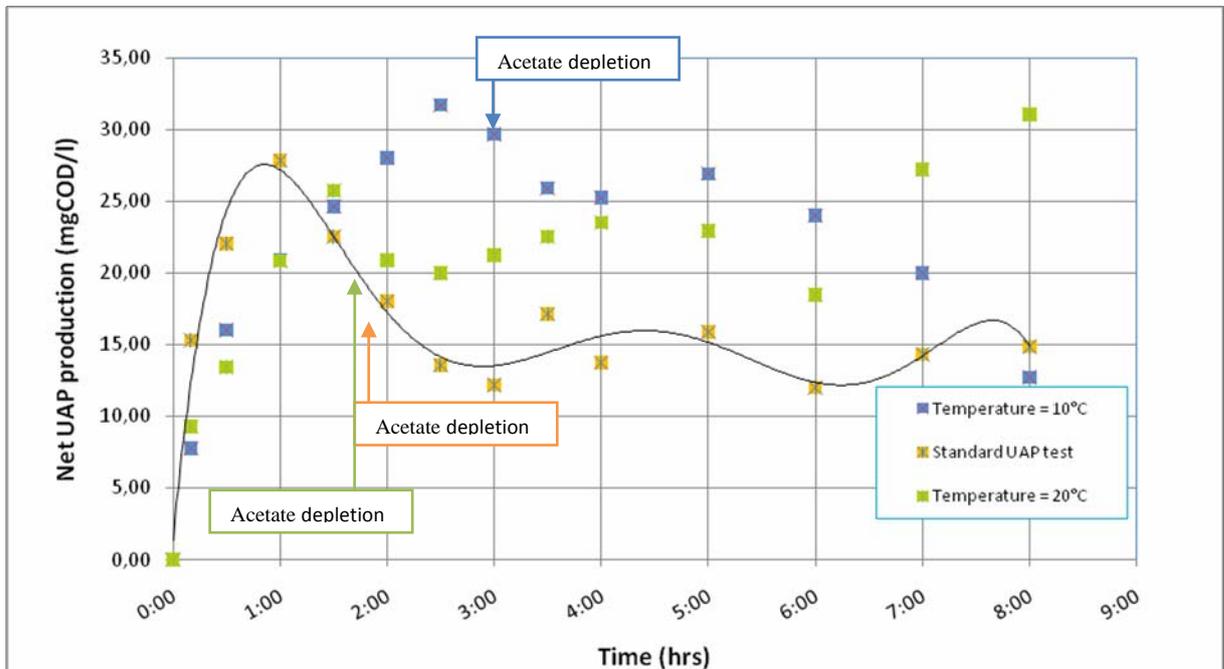


Figure 6: Confronto tra la media degli esperimenti UAP standard e gli esperimenti condotti con valori di temperatura più alti (20°C) e più bassi (10°C).

Dalla Figura 6 è possibile facilmente vedere l'influenza della temperatura sul tempo impiegato dai microorganismi a consumare completamente il substrato aggiunto. Ad alti valori di temperatura (20°C) l'acetato è stato consumato in modo più veloce rispetto a condizioni di bassa temperatura (10°C).

Ciò era previsto dal momento che la temperatura influenza la velocità di degradazione del substrato nei processi biologici. Riguardo ai valori della massima produzione netta di UAP i risultati non mostrano un chiara dipendenza tra la temperatura e la quantità di UAP prodotta. Sembra che a basse temperature la produzione di UAP sia più alta; nonostante ciò sono necessarie più ripetizioni per avere conclusioni consistenti.

Valutazione dell'accuratezza della misura del COD all'interno del laboratorio del BIOMATH

E' stata anche effettuata un'indagine per valutare l'accuratezza dei metodi per la misura del COD all'interno del laboratorio. I campioni analizzati sono stati l'influente che ha alimentato l'impianto ed il fango presente all'interno dell'impianto stesso. Sono stati messi a confronto

due metodi di misurazione: un metodo colorimetrico (con lettura spettrofotometrica) e un metodo titrimetrico (Standard method). I risultati sono mostrati in Tabella 2.

Tabella 2: Confronto sui valori di COD sui campioni di influente e di fango utilizzando il metodo colorimetrico e un metodo titrimetrico.

	Spectrophotometer (mg/l)	Standard method (mg/l)
New influent 03/06/2010	519 ± 2.83	461.11 ± 5.98
Old influent 28/05/2010	473.5 ± 0.71	412.90 ± 2.80
Soluble new influent 03/06/2010	178 ± 0.00	187.58 ± 10.08
Sludge diluted 1:20 4/06/2010	588 ± 11.31	523.12 ± 1.11

Da tutte le misurazioni effettuate è risultato che c'è una grande differenza tra i due metodi. Essa è dovuta a varie cause quali la presenza di sostanze volatili all'interno dei campioni (in particolar modo per l'influente), la presenza di particolato (maggiore è la concentrazione di particolato maggiore è la differenza) ed anche la natura delle particelle stesse.

Per questo occorre porre molta attenzione nello scegliere il metodo da utilizzare, tenendo ben presente le caratteristiche del campione da analizzare.

Conclusioni

Gli esperimenti effettuati mostrano che tutti i parametri considerati influenzano la produzione di UAP, sia in termini di velocità di produzione che di quantità.

Riguardo la concentrazione di substrato l'ipotesi è stata confermata, cioè una maggiore quantità di UAP è stata prodotta in presenza di un più alto quantitativo di substrato (acetato di sodio). La concentrazione di biomassa influenza sia la velocità di produzione sia la quantità totale di UAP prodotta; una più alta concentrazione di biomassa ha portato ad una maggiore produzione di UAP. Per i futuri esperimenti potrebbe essere interessante porre attenzione sul rapporto substrato/microrganismi piuttosto che valutare i due parametri separatamente.

Per quanto riguarda l'influenza della temperatura i risultati sono risultati difficili da interpretare; sembrerebbe infatti che una maggiore quantità di UAP sia prodotta a basse temperature (10°C), contrariamente a quanto sarebbe lecito attendersi. Una possibile spiegazione potrebbe essere che l'effetto della temperatura sulla velocità di degradazione di UAP sia più pronunciata rispetto all'effetto sulla velocità produzione di UAP, ma necessariamente un maggior numero di esperimenti sarà necessario per avere conclusioni più consistenti.