

# **Culturile bacteriene selectate, o soluție tehnică pentru reducerea cantităților de nămol în stațiile de epurare. Studiu de caz: SEAU Pașcani**

**Autori: Bălășoiu Radu, Anastasiu Constantin, Prăjanu Costel-Cătălin**  
**Prezintă: Prăjanu Costel-Cătălin**

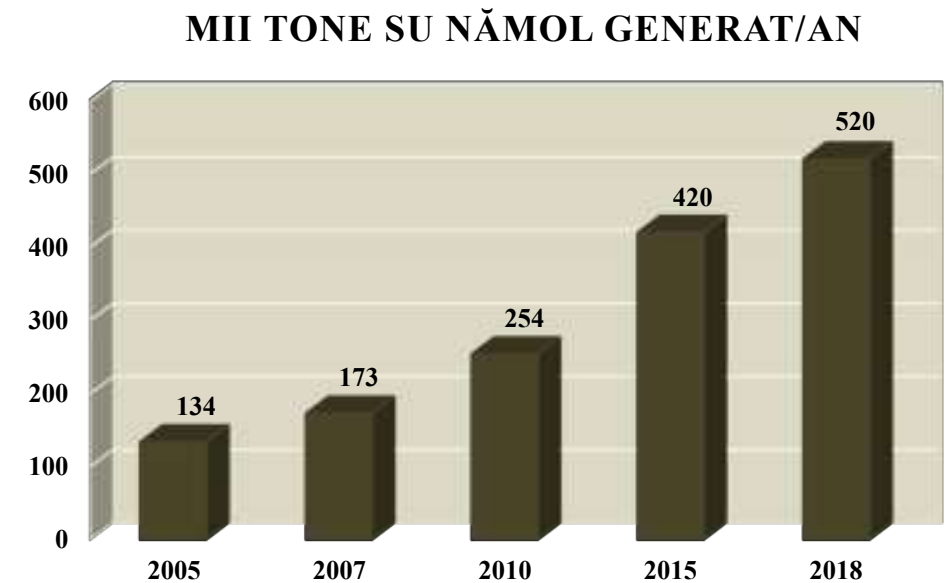
**Sibiu, 2023**

## 1. Introducere

Problema nămolului rezultat în urma proceselor de tratare a apei uzate în stațiile de epurare este o temă de actualitate la nivel mondial, european și național, statele membre UE angajându-se să ia măsurile necesare pentru buna gestionare a nămolurilor de epurare, conform directivei 2008/98/CE.

Nămolul produs în stațiile de epurare a apelor uzate reprezintă un procent foarte mic din volumul de apă tratată (aproximativ 1%), în timp ce procesele de tratare și eliminare a nămolului variază între 20% și 60% din costurile de exploatare.

Un raport întocmit de Milieu, WRc și Risk&Analistii Politici pentru Comisia Europeană a UE, estima producția de nămol în anul 2010 la 11,6 mil. de t S.U/an, în timp ce în anul 2018 conform unui studiu al MMP și ANAR (**Figura 1.1.**), România avea 520 mii t S.U/an de nămol generat.



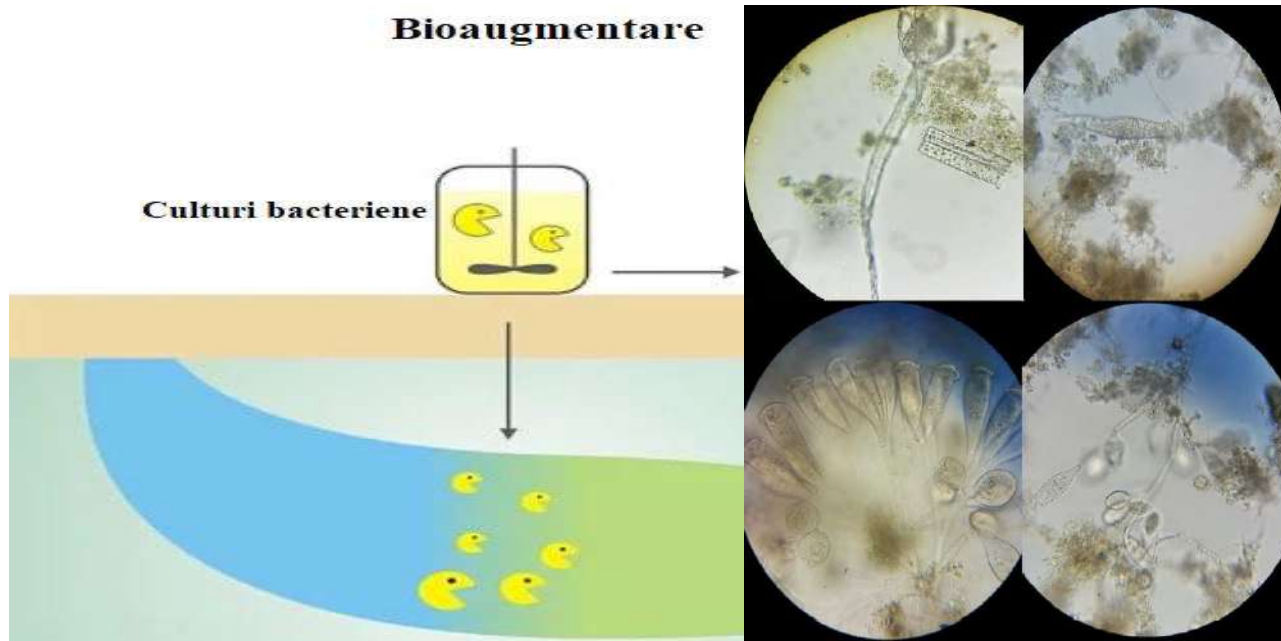
**Figura 1.1.** Producția de nămol în România, conform MMP și ANAR.

În prezent, tendințele pentru prevenirea deșeurilor biologice se îndreaptă spre o strategie comună a țărilor din UE, câteva dintre scopuri fiind reducerea producției de nămol, reutilizarea nămolului sau recuperarea energiei, astfel, conform acestor strategii, prevenirea sau reducerea cantității de nămol produs în stațiile de epurare, care necesită eliminare, este o prioritate.



**Figura 1.2.** Strategie nămol.

Strategiile de scădere a producției de nămol sunt aplicate prin utilizarea tehnologiilor specifice integrate în linia nămolului din stațiile de epurare, la momentul actual existând disponibile multe soluții tehnice, una dintre aceste soluții fiind culturile bacteriene selectate (bioaugmentarea).



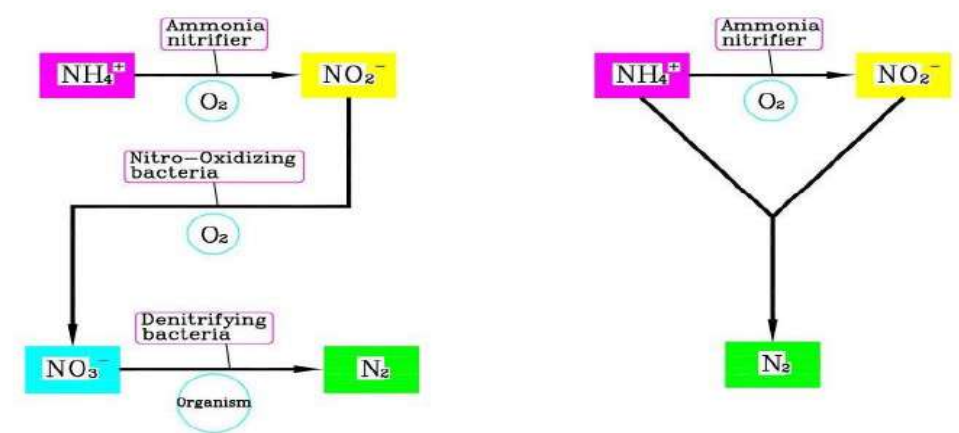
**Figura 1.3.** Culturile bacteriene selectate.

Microorganismele selectate adăugate sunt mai eficiente în transformarea compușilor de C și N fără să producă creșterea biomasei, acestea fiind microorganisme facultative ce pot funcționa în medii anaerobe, anoxice și oxice, în condiții adecvate produc enzime care îmbunătățesc procesul tehnologic.

Descompunerea materiilor organice complexe, a uleiurilor și grăsimilor în compuși simpli, duce la generarea de acizi grași volatili (VFA), pentru ca aceștia să fie mai apoi transformați în dioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ) și apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ) atunci când sunt condiții aerobe sau în gaz metan ( $\text{CH}_4$ ) și hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dacă transformarea are loc în condiții anaerobe, cu energie liberă disponibilă.

Scindarea și descompunerea moleculelor are loc în proporție de 80% din cantitatea totală de biomasă prin catabolism și doar 20% din biomasa totală fiind utilizată pentru sinteza de noi bacterii.

Procesul tehnologic (**Figura 1.4.**) necesitând o cantitate mai mică de oxigen, deoarece amoniul ( $\text{NH}_4$ ) este transformat în nitriți ( $\text{NO}_2$ ) și apoi direct în azot gazos ( $\text{N}_2$ ), fără să fie transformat mai apoi în nitrați ( $\text{NO}_3$ ), transformare unde are loc cel mai mare consum de oxigen.



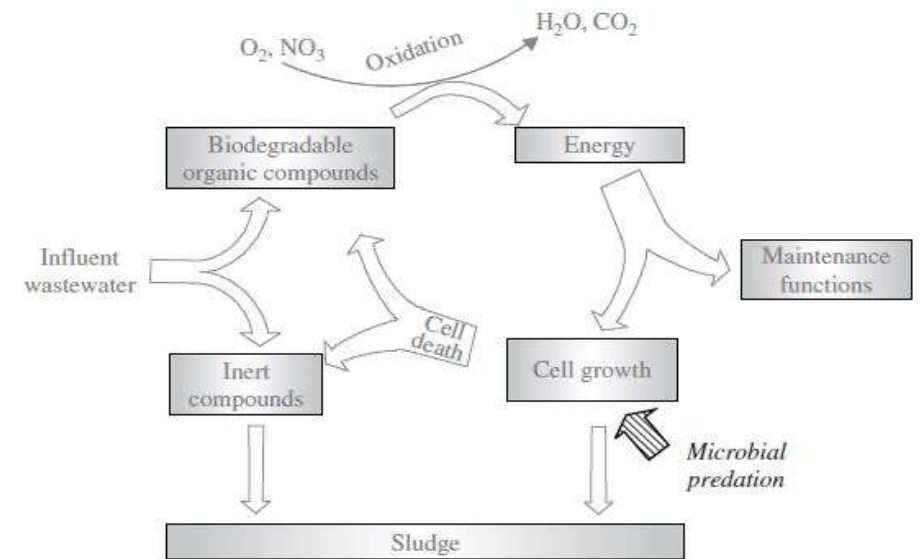
**Figura 1.4.** Transformare  $\text{NH}_4$  cu (b) și fără (a) bioaugmentare.

Practic, procesele biologice implicate în tratarea apelor uzate reprezintă un ecosistem complex, format din bacterii și prădători, producția de nămol fiind redusă prin prădare microbiană (**Figura 1.5.**), atât bacteriile viabile, cât și cele care și-au terminat ciclul de viață, devenind hrană pentru microorganismele superioare, metazoare și protozoare de exemplu.

Atunci când un organism superior consumă un organism inferior, cantitatea de biomasă scade, având loc astfel transferul la un nivel superior al lanțului trofic.

În acest fel, o fracție din biomasă și din energia potențială se pierde sub formă de căldură și produse excretorii ce determină o creștere redusă a biomasei și o scădere a producției de nămol.

Această tehnologie (bioaugmentarea) poate fi văzută ca un instrument în plus în lupta pentru gestionarea procesului de tratare biologică și ar putea fi de mare ajutor atunci când problemele de gestionare a nămolului sunt dificil de rezolvat.



**Figura 1.5.** Prădarea microbiană, efect în schema producției de nămol.

## 2. Zona de studiu

Capacitate hidraulică: **25056 m<sup>3</sup>/zi**

Încărcare: **80067 L.E.**

### Linie apă:

**TM:** Grătare; Deznisipator; Separator de grăsimi; DP; Bazin de retenție.

**TB:** Bioreactoare; Suflante; DS.

**Linie nămol:** SPN; ÎG; ÎM; RFN; Bazin amestec; Deshidratare; Platformă uscare și compost nămol.

**Linie biogaz:** Rezervor biogaz; Unitate cogenerare; Instalație desulfurare; Arzător.



**Figura 2.1.** Relevu foto cu evidențiere zonă de studiu.



**Figura 2.2.** Relevu foto grătare rare.



**Figura 2.3.** Relevu foto deznisipator cu separator de grăsimi.



**Figura 2.4.** Relevu foto SP RAS, WAS și supernatant.



**Figura 2.5.** Relevu foto bioreactor cu nămol activat.



**Figura 2.6.** Relevu foto decantor primar.



**Figura 2.7.** Relevu foto decantare secundare.



**Figura 2.8.** Relevu foto îngroșător gravitațional.



**Figura 2.9.** Relevu foto platformă depozitare nămol.



**Figura 2.10.** Relevu foto echipament deshidratare.

### 3. Studiu de caz: SEAU Pașcani

#### 3.1. Proces tehnologic SEAU și calitate efluent

În SEAU Pașcani s-a terminat construcția și implementarea facilităților de eliminare a nutrienților prin procese biologice (BNR) din apa uzată, în anul 2011.

În urma retehnologizării, SEAU Pașcani a implementat pentru BNR, schema tehnologică A<sup>2</sup>/O și co-precipitarea chimică cu FeCl<sub>3</sub> pentru eliminarea surplusului de P.

Fiecare bioreactor are o zonă anaerobică de 3401,19 m<sup>3</sup>, o zonă anoxică de 3650,17 m<sup>3</sup> și o zonă oxică de 6780,15 m<sup>3</sup>, pentru vârsta nămolului la dimensionare fiind selectată valoarea de 10,82 zile, pentru concentrația nămolului (MLSS) în bioreactoare a fost selectată valoarea de 3000 mg/l, iar pentru indicele Mohlman, valoarea de 120 cm<sup>3</sup>/g.

Cerința de oxigen în bioreactoare (OU<sub>d</sub>) este de până la 4708,72 kgO<sub>2</sub>/zi, din care 3511,09 kgO<sub>2</sub>/zi pentru eliminarea carbonului (OU<sub>d,c</sub>), 1226,16 kgO<sub>2</sub>/zi pentru nitrificare (OU<sub>d,N</sub>) și 434,57 kgO<sub>2</sub>/zi pentru denitrificare (OU<sub>d,D</sub>), factorul de vârf pentru C și N fiind de 1,18 respectiv 2,11, iar consumul orar de oxigen (OU<sub>h</sub>) este de 235,84 kgO<sub>2</sub>/h.

**Tabel 3.1.** Parametri calitate efluent SEAU Pașcani.

Parametri calitate efluent SEAU Pașcani				
Nr. Crt.	Parametru	UM	Limită ABA	Limită proiect
1	BOD	mg/l	25	13,47
2	N	mg/l	15	9,8
3	P	mg/l	2	0,8

### 3.2. Producție nămol

**Tabel 3.2.** Producție nămol SEAU Pașcani - Proiect.

<b>Producție nămol SEAU Pașcani</b>					
<b>Nămol Primar</b>		<b>Nămol Î.G.</b>		<b>Influent RFN</b>	<b>Efluent RFN</b>
<b>Producție</b>	kgSS/zi	până la 2629,33		8658,52	5631,75
<b>Concentrație</b>	kg/m <sup>3</sup>	aprox. 15	50	56,56	37
<b>Debit</b>	m <sup>3</sup> /zi	până la 175,29	52,59	153,07	
<b>Nămol Secundar</b>		<b>Nămol Î.M.</b>		<b>Nămo Deshidratat</b>	
<b>Producție</b>	kgSS/zi	până la 6029,19		până la 5631,75	
<b>Concentrație</b>	kg/m <sup>3</sup>	7	13,84	250	
<b>Debit</b>	m <sup>3</sup> /zi	31800	435,79	144	
<b>Producție specifică</b>	kgSS/kgBOD	0,89-0,92			
<b>Producție an</b>	m <sup>3</sup> /an	53000			
<b>Stoc nămol 2022</b>	m <sup>3</sup>	38000			

### 3.3. Implementare soluție tehnică

Conform instrucțiunilor oferite de compania care a dezvoltat și deține tehnologia, am lăsat stratul de nămol din decantoarele primare să atingă grosimea de 1,5 m, iar cantitatea de nămol ce va depăși grosimea de 1,5 m va fi trimisă spre îngroșător.

Astfel, menținerea bacteriilor în decantoarele primare va ajuta la hidroliza rapidă a materiilor organice și la obținerea carbonului în reactorul biologic.

În îngroșătorul de nămol va ajunge nămolul primar ce depășește grosimea stratului de 1,5 m din decantoarele primare și nămolul de la fabrica de drojdie ROMPAK (aprox. 150-200 m<sup>3</sup>/zi), debitul amestecului de nămol îngroșat pompat în digestoare fiind egal cu debitul de intrare, fără utilizarea preaplinului de la îngroșător.

Nămolul în exces este trimis la intrarea în SEAU Pașcani (**Figura 3.1.**), acesta având în componență bacterii facultative ce contribuie la hidroliza mai bună a materiei organice și la formarea unor flocoane mai bune.

De asemenea, pentru o bună calitate a efluentului, stratul de apă din decantoarele secundare a fost menținut la minim 1 m, iar dacă o cantitate de nămol din decantoarele secundare trebuie îndepărtată, aceasta este trimisă către îngroșătorul nămolului primar.

Debitul de nămol trimis la intrarea în SEAU Pașcani este cuprins între 2-5% din debitul zilnic influent (aproximativ 8-20 m<sup>3</sup>/h).

În funcție de analizele nămolului fermentat (conținut SV/SM), acesta a fost trimis spre zona anaerobă a bioreactorului în proporție de aproximativ 80%, iar dacă conținutul de materie minerală este în creștere, cantitatea de nămol ce trebuie deshidratat va crește.

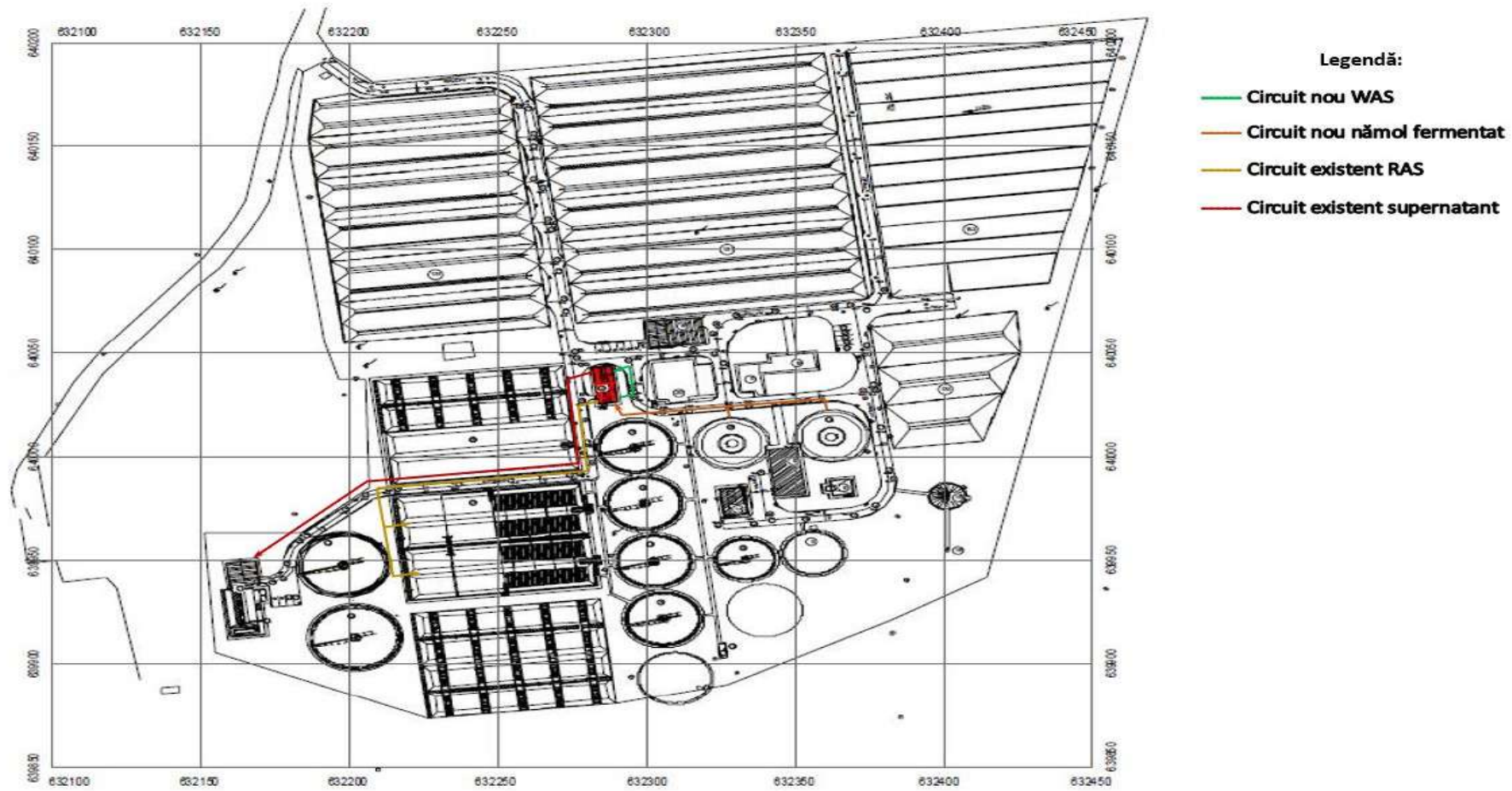


Figura 3.1. Reprezentare grafică modificări proces tehnologic.

### 3.4. Rezultate. Ce am obținut?!

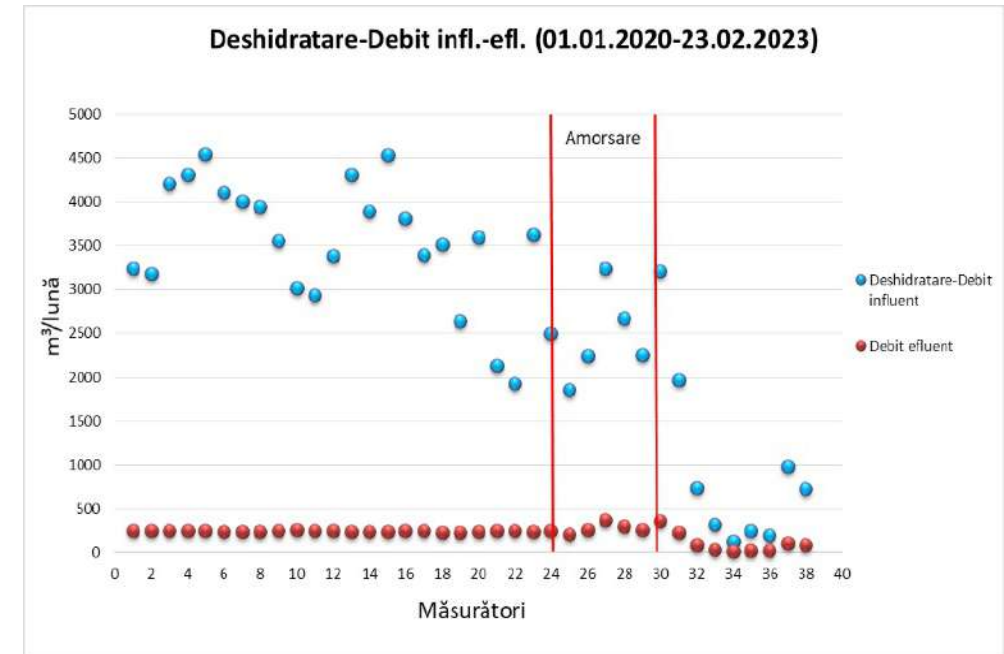
Cel mai mare plus adus de bioaugmentare a fost reducerea cantității de nămol supus deshidratării cu puțin peste 50% și automat a nămolului generat rezultat, care a scăzut cu 80% în ultimele 10 luni.

Dacă la finalul anului 2020, SEAU Pașcani avea un volum de nămol supus deshidratării de 44459 m<sup>3</sup>/an (**Figura 3.2.**), la finele anului 2022, cantitatea de nămol supusă deshidratării în SEAU Pașcani era de 19089 m<sup>3</sup>/an.

Prin scăderea cantității de nămol generat a fost rezolvată și problema nămolului depozitat, pe platformele de uscare nămol fiind spațiu de stocare pentru nămolul ce urmează a fi generat.

Un alt plus adus de bioaugmentare este economia de energie în fluxul tehnologic de prelucrare nămol, mai exact la instalația de deshidratare (**Tabelul 3.3**).

Odată cu reducerea orelor de funcționare a echipamentelor de deshidratare, a pompelor de nămol și polimer, a materiei prime și a transportului, costurile medii lunare au scăzut cu până la 99% la transportul nămolului, 89% la materia primă și 82 % la prelucrarea nămolului, costul total mediu lunar fiind redus cu 83%.



**Figura 3.2.** Reprezentare grafică debite deshidratare SEAU Pașcani.

**Tabelul 3.3.** Rezultate proces de bioaugmentare în SEAU Pașcani.

SEAU Pașcani		Fara bacterii		Fara bacterii		Perioada amorsare		Cu bacterii		Cu bacterii	
		2020		2021		ian-iun 2022		iul-dec 2022		ian-feb 2023	
<b>Volum namol supus deshidratarii (mc)</b>		<b>44459</b>		<b>39904</b>		<b>15484</b>		<b>3605</b>		<b>1703</b>	
<b>Prelucrare namol (flux tehnologic namol)</b>	Putere specifica	Timp funct	Energie consumata	Timp funct	Energie consumata	Timp funct	Energie consumata	Timp funct	Energie consumata	Timp funct	Energie consumata
Echipamente	KW	ore	KWh	ore	KWh	ore	KWh	ore	KWh	ore	KWh
Centrifuga	44,50	4328	192596	3382	150499	1352	60164	345	15353	158	7031
Pompe evacuare namol deshidratat	11,00	3291	36201	2787	30657	1061	11671	267	2937	122	1342
Pompe polimer	0,75	3079	2309	3076	2307	1070	803	263	197	119	89
Pompe alimentare centrifuga	4,00	1930	7720	3135	12540	1200	4800	261	1044	120	480
Total energie (KWh)			238826	196003	77438	19531	8942				
Media lunara energie (KWh/luna)			19902	16334	12906	3255	4471				
Cos mediu lunar cu energia (KWh/luna)	<b>1,50</b>	lei/kWh	29853	24500	19359	4883	6707				
Reducere costuri							29%	82%	75%		
Valoare economie lunara din energie							7817	22294	20470		
<b>Materii prime</b>	Tarif	Cantitate	Cost (lei)	Cantitate	Cost (lei)	Cantitate	Cost (lei)	Cantitate	Cost (lei)	Cantitate	Cost (lei)
Polimer (kg)	<b>9,2</b>	11000	101200	11000	101200	5000	46000	1000	9200	200	1840
Cost mediu lunar cu polimer			8433	8433	7667	1533	920				
Reducere costuri							9%	82%	89%		
Valoare economie lunara din polimer							767	6900	7513		
<b>Transport</b>	Distanta/ cursa	Nr curse	Distanta	Nr curse	Distanta	Nr curse	Distanta	Nr curse	Distanta	Nr curse	Distanta
Transport intern (incinta IS-29-RJA)	1	1020	1020	910	910	350	350	90	90	38	38
Cost mediu lunar cu transport intern			2207	1969	1515	15	19				
Reducere costuri							27%	99%	99%		
Valoare economie lunara din transport							574	950	946		
Total cost mediu lunar			40494	34903	28541	6431	7646				
Reducere costuri							24%	83%	80%		
<b>Total valoare economie lunara (avand ca referinta costurile medii din anii 2020 si 2021)</b>							<b>9158</b>	<b>30144</b>	<b>28929</b>		

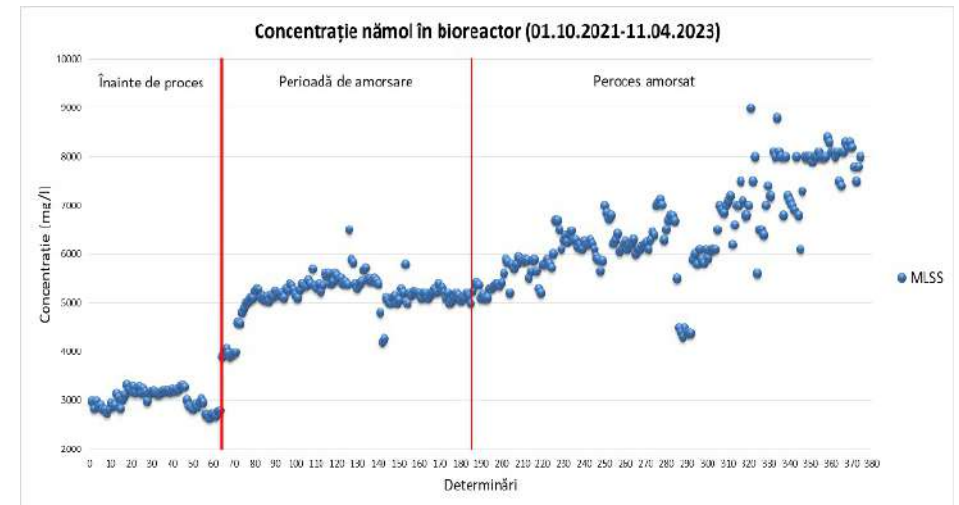
S-a mai constatat că odată cu scăderea producției de nămol, producția de biogaz a scăzut de asemenea, acest lucru conducând la scăderea producției de energie din surse regenerabile (biogaz) de către CHP-uri.

Dar dacă luăm în considerare și costurile cu mentenanța echipamentelor la care s-au redus orele de funcționare, putem afirma că dezavantajul nu este mare.

Practic, consumul de energie este același ca înainte de implementarea bioaugmentării, mai exact, înainte de implemetarea procesului, când SEAU Pașcani producea energie din biogaz, aceasta avea un consum mediu de aproximativ 72 Mwh/lună, iar acum, fără producere de energie din biogaz, consumul de energie al SEAU nu s-a schimbat.

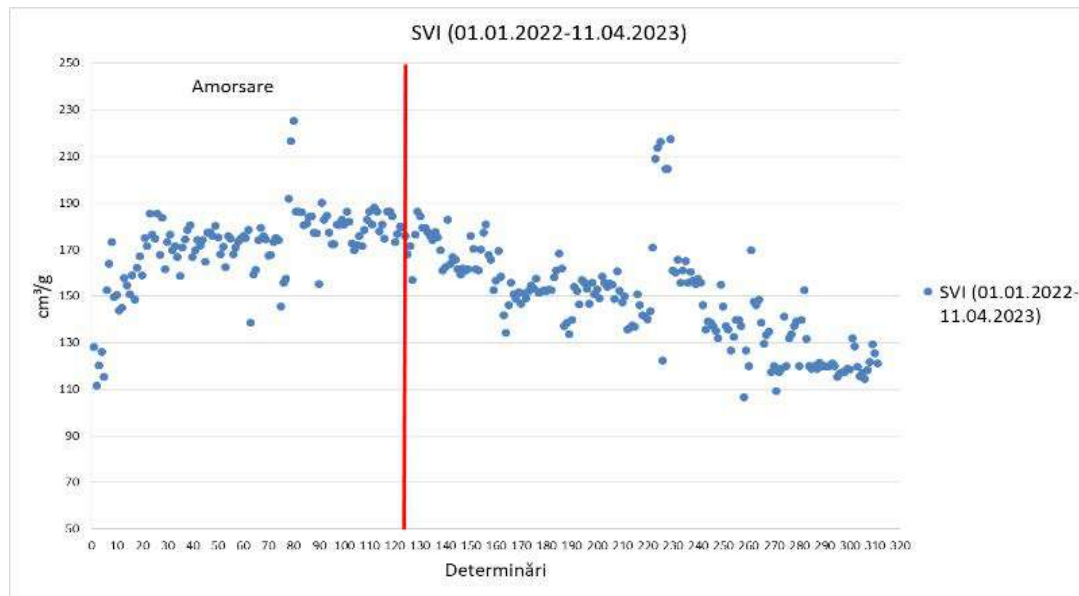
O altă modificare observată a fost concentrația nămolului în bioreactoare (MLSS), care a crescut de la 3000 mg/l înainte de bioaugmentare, la 5500 mg/l în perioada amorsării și a ajuns până la 8000 mg/l după amorsarea procesului (**Figura 3.3.**), ceea ce a dus la o creștere ușoară a cerinței de oxigen în zona oxică a bioreactoarelor.

Pe perioada amorsării, SVI a avut valori cuprinse între 150 cm<sup>3</sup>/g și 190 cm<sup>3</sup>/g, iar după amorsarea procesului, acesta a scăzut treptat până la valoarea de 120 cm<sup>3</sup>/g (**Figura 3.4.**). Putem asocia și corela acest indice cu grosimea stratului de nămol în decantarea secundară, cu concentrația nămolului din bioreactor și cu speciile de microorganisme utilizate.

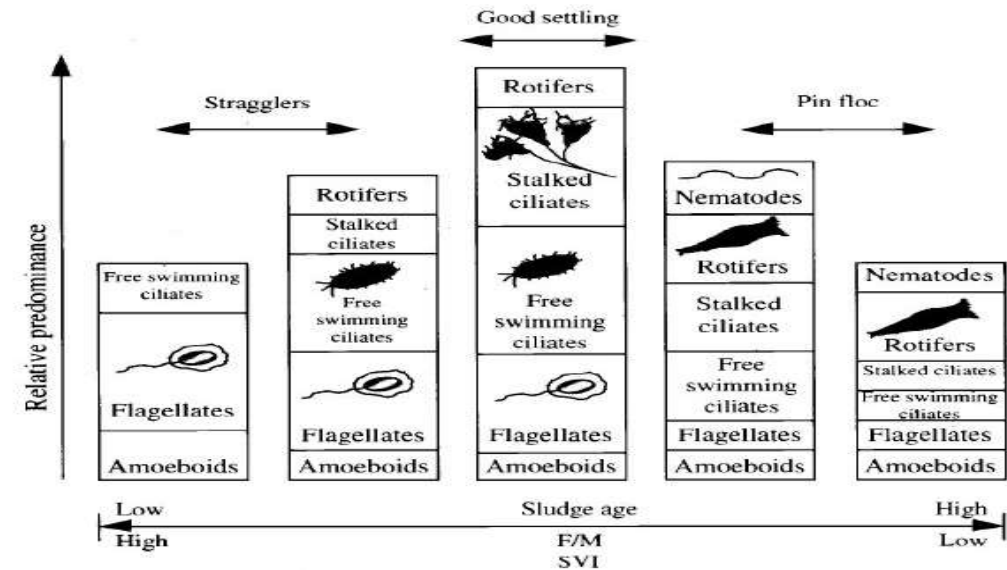


**Figura 3.3.** Reprezentare grafică MLSS bioreactoare SEAU Pașcani.

Caracteristicile unui asemenea nămol sunt specifice unui nămol ușor îmbătrânit, cu o bună capacitate de sedimentare chiar și la valori peste  $120 \text{ cm}^3/\text{g}$ , în care predomină microorganismele din vârful piramidei trofice, cum ar fi protozoarele și metazoarele (**Figura 3.5.**), iar prin menținerea vârstei nămolului mai ridicată, vom avea un raport F/M mic și o scădere a producției de nămol.



**Figura 3.4.** Reprezentare grafică SVI nămol bioreactoare SEAU Pașcani.

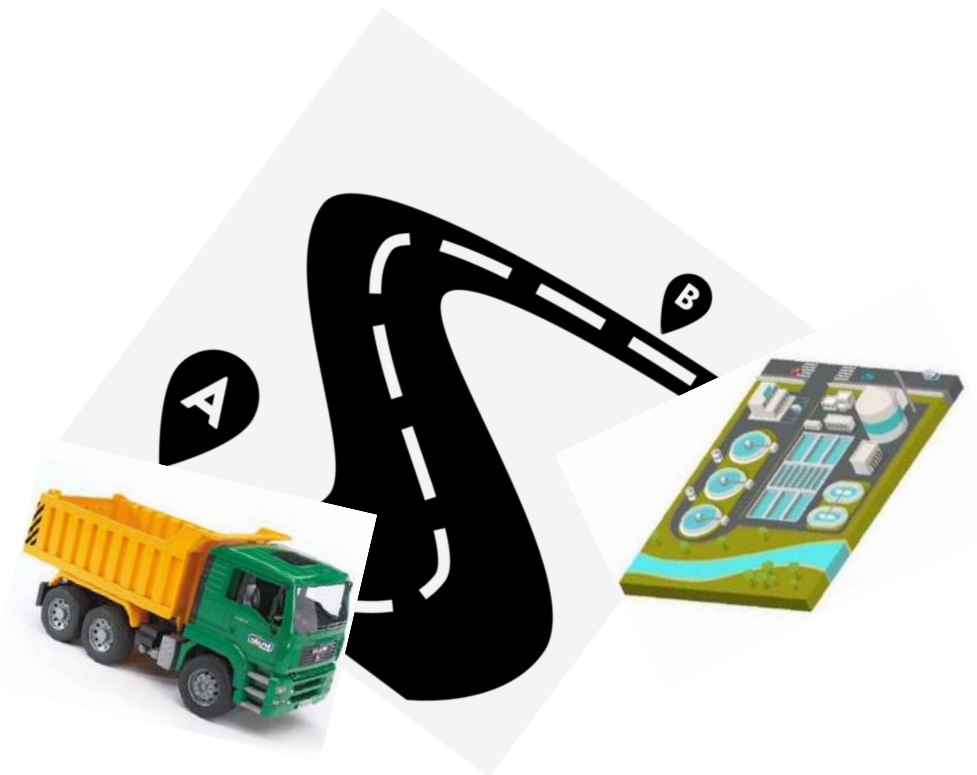


**Figura 3.5.** Reprezentare grafică microorganismelor funcție de parametri.

### 3.5. Exercițiul de imaginație

**Tabelul 3.4.** Scenariu costuri transport nămol de la SEAU Pașcani la SEAU Iași.

<b>Transport nămol SEAU Pașcani</b>		
Stoc nămol deshidratat 2022	m <sup>3</sup>	<b>38000</b>
Distanță totală DUS-ÎNTORS	km	154
Consum MIXT camion	l/100km	38
Capacitate de transport camion	m <sup>3</sup>	16
Nr. curse pe zi	nr.	2
Nr. total de curse pt. STOC	nr.	<b>2375</b>
Durată cursă TUR-RETUR	h/min	2,46
Durată ÎNCĂRCARE-DESCĂRCARE	min	44
Durată totală TRANSPORT	h/min	3,30
Cost mediu pe km	lei/km	26
Cost total pe distanță TRANSPORT	lei/transport	4004
Cost total pt. STOC	RON	<b>9500000</b>
Durată transport STOC cu 1 CAMION	an/lună	<b>3,3</b>
Durată transport STOC cu 2 CAMIOANE	an/lună	1,6
Durată transport STOC cu 4 CAMIOANE	lună	9



#### 4. Concluzii

Stațiile de epurare au fost îmbunătățite în timp pentru a se adapta la dezvoltarea orașelor, la schimbările climatice și la cerințele societății.

La început, acestea erau concepute pentru a reintroduce apa în mediul înconjurător, fără a produce efecte negative acestuia.

Evoluția și realizările în domeniul epurării apelor uzate și dezvoltarea instrumentelor de benchmarking, au început să schimbe viziunea și obiectivele asupra stațiilor de epurare din instalații de epurare în instalații de valorizare.

Apele uzate municipale reprezintă o sursă sigură și unică de energie ce poate fi recuperată din apa uzată, împreună cu substanțele componente din apă, dar și cu nămolul rezultat din procesele de epurare.

Odată cu creșterea populației și a cantității de apă uzată rezultată, cantitate de nămol generat în urma proceselor de epurare a devenit una din cele mai mari probleme din domeniul epurării apelor uzate, costurile pentru eliminarea nămolului de epurare reprezentând 20-30% din consumul total de energie și până la 65% din costurile totale de exploatare.

Reducerea și minimizarea cantităților de nămol generate în procesele de epurare a apei uzate este, de asemenea, o tehnologie promițătoare pentru rezolvarea problemelor cauzate de nămolul generat, iar bioaugmentarea rezolvă această problemă.

## Referințe

1. Foladori, P., Andreottola, G. și Ziglio G., 2010, *Sludge Reduction Technologies in Wastewater Treatment Plants* (IWA Publishing, London, UK) Preface
2. \*\*\*<http://wastewater.gr/ydro-process/>
3. \*\*\*<https://rowater.ro/wp-content/uploads/2022/09/Brosura-ape-uzate-pentru-public-2012.pdf>
4. Malschi D., 2014, *Biotehnologii și depoluarea sistemelor ecologice* (Bioflux Publishing House, Cluj-Napoca) pp 22-24, <http://www.editura.bioflux.com.ro/docs/2014.Malschi.pdf>
5. \*\*\*<https://servostal.md/descrierea-metodei/>
6. \*\*\*<https://temacogroup.com/ydro-process-2/>
7. \*\*\*<https://www.tradeworksinc.com/technology-overview>
8. \*\*\*<https://www.bioenvironmental.co.uk/ydro-process/>
9. \*\*\*<https://www.apabrasov.ro/ydro-process-bacterii-prietenos-cu-mediul/>
10. Nzila A., Razzak A. S. and Zhu J., 2016, Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial Wastewater Treatment for Reuse and Discharge, *International Journal of Environmental Research and Public Health – Online Published* (25 Aug., SUA) 13(9):846, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036679/>

11. Liu Y., Gu J. and Zhang M., 2019, *A-B Processes – Towards Energy Self-sufficient Municipal Wastewater Treatment* (IWA Publishing, London, UK) pp 29-60
12. Stamatelatos K. and Tsagarakis K.-P., 2015, *Sewage Treatment Plants* (IWA Publishing, London, UK) pp 139-155
13. Bateman C. et al., 1997, *Primary, Secondary and Tertiary Treatment* (EPA, Wexford, Ireland) p 44
14. Menashe O. and Kurzbaum E., 2016, *A novel bioaugmentation treatment approach using a confined microbial environment: a case study in a Membrane Bioreactor wastewater treatment plant*, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09593330.2015.1121293>
15. Zhang Q.-Q. et al., 2017, *Bioaugmentation as a useful strategy for performance enhancement in biological wastewater treatment undergoing different stresses: Application and mechanism*, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2017.1400851>
16. Duan S., Zhang Y. and Zheng S., 2022, *Heterotrophic nitrifying bacteria in wastewater biological nitrogen removal systems: A review*, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2021.1877976>
17. \*\*\*APAVITAL SA – Manual de operare și întreținere SEAU Pașcani
18. \*\*\*Autorizație de Gospodărire a Apelor nr. 224 din 12.11.2021, privind ”Folosința de Apă a Municipiului Pașcani, județul Iași”
19. \*\*\*Autorizație de Mediu nr. 30 din 12.04.2021, privind ”Protecția Mediului în Municipiul Pașcani, județul Iași”

**Vă mulțumesc pentru atenție!**  
*Întrebări?*

*”Trebuie să fi studiat mult pentru a ști puțin.”*  
Montesquieu