

IO1 Modul 2

“Reutilizarea apei din stațiile de epurare a apelor uzate”

de Universitatea Rovira i Virgili



Substance of circular Economy concept as Efficacious
Determinant for the development of Successful entrepreneurship

2020-1-ES01-KA202-083137



Cuprins

Introducere.....	2
Economia circulară în stații de epurare a apelor uzate	3
Care sunt principalele procese de tratare a apelor uzate?	5
Inovare și economie circulară în stații de epurare a apelor uzate: Provocări și Obstacole	7
Aplicarea pe teren a biosolidelor	8
Tratamente necesare înainte de aplicarea pe teren a biosolidelor	9
Recuperarea nutrienților	11
Noi tehnologii de recuperare a nutrienților	12
Apa recuperată	13
Apă recuperată pentru procese industriale	15
Apă recuperată pentru irigații	16
Recuperarea energiei	18
Studii de caz.....	20
Studiu de caz 1: De la apa uzată la apa agricolă - o tehnologie inovatoare pentru combinarea epurării și reutilizării în agricultură	21
Studiu de caz 2: O tehnologie avansată de tratare a apelor uzate pentru îndepărtarea contaminanților organici periculoși	23
Studiu de caz 3: Procese de economisire a apei în producția de textile.....	25
Referințe	27
Test	30



Introducere

În prezent ne confruntăm cu multe provocări legate de aprovizionarea cu resurse și eliminarea deșeurilor. Pentru a face față acestor lucruri, discursul politic european abordează aplicarea economiei circulare și solicită să se pună accentul pe inovare în relație cu companiile și în special cu cele din industrie. Stațiile de tratare a apelor uzate (WWTP) pot fi o parte importantă a sustenabilității circulare datorită integrării producției de energie și recuperării resurselor în timpul producției de apă curată. În viitorul apropiat, stațiile de epurare urmează să devină sisteme tehnologice „sustenabile din punct de vedere ecologic”. În ultimul timp, multe inițiative și start-up-uri legate de economia circulară s-au dezvoltat considerabil.

În acest modul abordăm una dintre principalele provocări din domeniul apelor uzate: transformarea apelor uzate în diferite resurse prin inițiative care promovează economia circulară.

Scopul acestui modul este de a prezenta aplicarea de noi concepte și tehnologii pentru a îmbunătăți sustenabilitatea pe termen lung a managementului apelor uzate. Sunt prezentate experiențe inovatoare de aplicare a economiei circulare în domeniul apelor uzate, pentru a îmbunătăți cunoștințele antreprenorilor și a start-up-urilor și pentru a-i convinge să le aplice.

În acest modul prezentăm abordări comune între inițiativele economiei circulare și apele uzate, explorăm domenii de oportunitate comună și modul în care aplicarea ideilor privind economia circulară poate genera o valoare mai mare. De asemenea, identificăm proiecte, abordări și obiective care sunt aliniate atât la managementul sustenabil al apei, cât și la economia circulară.

Până la sfârșitul acestui modul, veți învăța:

- Principiile economiei circulare și stațiile de epurare a apelor uzate
- Principalele procese de tratare a apelor uzate
- Aplicarea economiei circulare într-o stație de epurare: provocări și bariere
- La finalul modului, am inclus 3 studii de caz care sunt analizate mai detaliat.

Pentru o înțelegere completă a acestui modul, vă recomandăm să aveți câteva cunoștințe anterioare despre subiect.



Economia circulară în stații de epurare a apelor uzate

„Agenda: 2030” a Națiunilor Unite a definit accesul universal la apă curată drept unul dintre Obiectivele de Dezvoltare Sustenabilă și încurajează guvernele să înființeze stații de tratare a apelor uzate (WWTP) pentru a îmbunătăți calitatea apei și pentru a asigura accesul la apă potabilă persoanele care se confruntă cu probleme grave legate de apă. Resursele de apă din întreaga lume sunt din ce în ce mai poluate din cauza lipsei unor reglementări stricte privind industriile pentru eliminarea deșeurilor. Industriile și fabricile care elimină deșeuri industriale, metale grele, coloranți, materia organică, bacterii și materiale toxice în resursele de apă poluează și mai mult apa.

Principiile economiei circulare

Pentru a lua în considerare orice inițiativă legată de economia circulară, este necesar să se sublinieze corelația dintre economia circulară și tratarea apelor uzate. Pentru a ajuta antreprenorii să se concentreze pe tranziția către o economie circulară și să dezvolte soluții împreună cu experți în sisteme de apă, trebuie să existe o înțelegere comună a conceptelor cheie.

Economia circulară constă în activități care păstrează valoarea sub formă de energie, muncă și materiale. Economia circulară se evidențiază în principal prin trei „acțiuni” principale, adică așa-numitele Principii ale celor 3R: **Reducere, Reutilizare și Reciclare**.

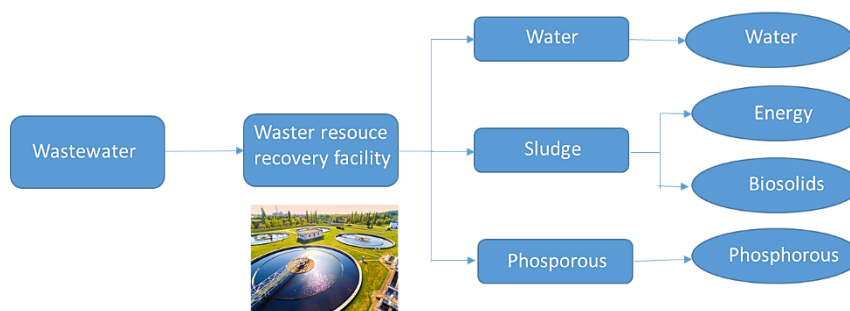
- 1) Principiul **Reducerii** are ca scop reducerea la minim a consumului de energie primară, materii prime și deșeuri prin îmbunătățirea eficienței producției (așa-numita ecoeficiență) și a proceselor de consum, de exemplu prin introducerea unor tehnologii mai bune în stațiile de epurare.
- 2) Principiul **Reutilizării** se referă la „orice operație prin care produsele sau componentele sunt folosite din nou în același scop pentru care au fost concepute”. De exemplu, deficitul de apă în regiunile aride și semiaride a dus la reutilizarea apei ca sursă alternativă de alimentare cu apă în unele părți ale lumii.
- 3) Principiul **Reciclării** se referă la „orice operațiune de recuperare prin care deșeurile sunt reprocesate în produse, materiale sau substanțe, fie în scopuri originale, fie în alte scopuri”. De exemplu, reciclarea nămolului din stațiile de epurare oferă posibilitatea de a beneficia de resurse încă utilizabile și de a reduce cantitatea de deșeuri care trebuie tratate și/sau eliminate, reducând astfel și impactul aferent asupra mediului.

În cadrul WWTP, **trei principii suplimentare** dezvoltate de Fundația Ellen MacArthur [1] pot fi adăugate la **principiile 3R**:

- 1) **Proiectarea corectă** evidențiază importanța etapei de proiectare în găsirea de soluții pentru a evita risipa și contaminarea. Acest principiu este aplicat în stațiile de epurare optimizând cantitatea de energie, minerale și substanțe chimice utilizate în sistemele de operare.
- 2) **Menținerea resurselor în utilizare** înseamnă optimizarea performanței resurselor stațiilor de tratare a apelor uzate (utilizarea și reutilizarea apei, energiei, recuperarea nutrienților și a substanțelor chimice). De exemplu:
 - **Energie sau extragere de resurse** din sistemul de apă,
 - **Maximizarea reutilizării**. Conform legislațiilor naționale actuale din întreaga lume, scopurile de reutilizare sunt variate – de la agricol, industrial, urban, recreațional, de mediu, până la consum uman. În prezent, aproximativ 80% din apele uzate sunt evacuate în căile navigabile ale lumii fără nici un fel de tratare.

- **Optimizarea valorii generate în interfețele sistemului de apă** (valorificarea nămolului de epurare) cu alte sisteme precum agricultura și alte utilizări,
 - **Recuperarea nutrienților** din apele uzate și folosirea lor ca îngrășămintă.
- 3) **Regenerarea capitalului natural** – acest principiu se bazează pe faptul că nu trebuie doar să protejăm, ci și să îmbunătățim activele mediului. Ceea ce trebuie să facem este să:
- Păstrăm și să îmbunătățim capitalul natural (de exemplu prin prevenirea poluării etc.) și
 - Asigurăm perturbări minime ale sistemelor naturale de apă cauzate de interacțiuni umane și utilizări.

WASTE WATER AND CIRCULAR ECONOMY



Sursa: Ilustrație proprie



Care sunt principalele procese de tratare a apelor uzate?

Tratarea apelor uzate este procedura prin care apa este procesată astfel încât să poată fi reutilizată sau descărcată direct în ciclul apei cu impact negativ minim asupra mediului. Apa uzată este plină de contaminanți, inclusiv bacterii, substanțe chimice și alte toxine. Tratarea are ca scop reducerea contaminanților la niveluri acceptabile pentru a face apa sigură pentru evacuarea ei înapoi în mediu. Procesele de tratare a apelor uzate sunt următoarele:

Procese de tratare fizică/chimică

Procesele fizice **îndepărtează solidele** din apele uzate pe măsură ce acestea curg prin site (sau medii de filtrare), sau solidele sunt îndepărtate prin decantare gravitațională ori prin flotație în aer. Particulele sunt apoi prinse la suprafață și pot fi îndepărtate. De asemenea, substanțele chimice pot fi utilizate în tratarea apelor uzate pentru a crea modificări ale poluanților care cresc capacitatea de a-i elimina. Modificările pot duce la formarea unei mase mai grele de substanțe sau de particule, care facilitează îndepărtarea prin procese fizice. Nămolul - deșeurile solide care se depun la suprafața rezervoarelor - este îndepărtat cu raclete mari și împins în centrul rezervoarelor cilindrice, iar ulterior pompat din rezervoare pentru tratare ulterioară. Apa rămasă este apoi pompată pentru tratament secundar (numit și proces biologic).

Procese de tratare biologică

Procesele de tratare biologică (cunoscute și sub denumirea de *proces cu nămol activat*) sunt sisteme care folosesc microorganisme pentru a **degrada contaminanții organici** din apele uzate. Aerul este pompat în rezervoare de aerare care amestecă apa uzată cu microorganisme, determinând răspândirea bacteriilor și a altor microbi și consumarea materiei organice rămase. Microorganismele metabolizează nutrienții, coloizii și materia organică dizolvată, iar ceea ce rezultă sunt ape uzate tratate. Microbii în exces sunt îndepărtați din apele uzate tratate prin procese fizice. Acest proces duce la producerea de particule mari care se depun pe fundul rezervoarelor (nămol biologic).

Manipularea substanțelor biosolide

Materia solidă care se depune după etapele de tratament primar și secundar este direcționată către digestoare. Digestoarele sunt încălzite la temperatura camerei. Deșeurile solide sunt apoi tratate, fiind supuse **digestiei anaerobe**. În timpul acestui proces este produs gaz metan și se formează și biosolide bogate în nutrienți, care pot fi reciclate și deshidratate de către firme locale. **Gazul metan**, un produs secundar al manipulării biosolidelor, este de obicei folosit ca sursă de energie la stațiile de epurare. Poate fi folosit pentru a **produce energie electrică** în motoare sau pur și simplu pentru a pune în funcțiune alte echipamente ale uzinei. Acest gaz poate fi folosit și pentru a genera căldură pentru digestoare.

Tratament terțiar

Etapa de tratare terțiară are capacitatea de a elimina până la 99 la sută din impuritățile din apele uzate. Tratarea depinde de utilizarea finală a apei (de băut, agricultură, industrie etc.). Acest lucru produce apă efluentă care are aproape calitatea apei potabile. Din păcate, acest proces tinde să fie **costisitor** deoarece **necesită echipamente speciale, produse chimice, aprovizionare constantă cu energie și operatori de echipamente bine pregătiți și cu înaltă calificare**.

Dezinfectare

După procesele fizico-chimice și biologice, mai există încă microorganisme în apa uzată epurată rămasă. Pentru a le elimina, această apă trebuie dezinfectată în rezervoare care contin un amestec



de **clor** si **hipoclorit de sodiu**. Efluentul (apa uzată tratată) este ulterior eliberat în mediu prin căile navigabile locale. Această apă poate fi acum folosită în industrie, pentru irigare și în alte scopuri.

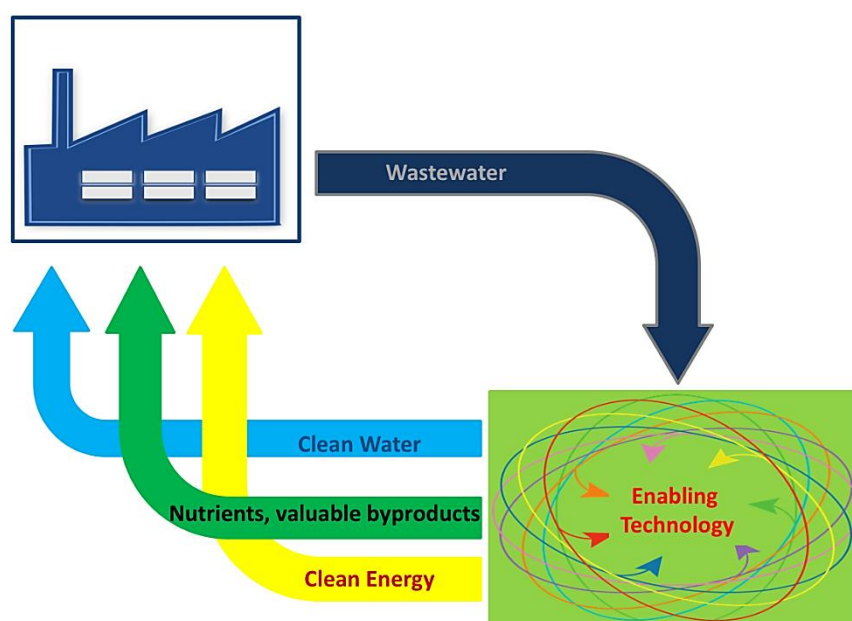


Sursa: <https://pixabay.com/images/search/wastewater%20treatment%20plant/>

Inovare și economie circulară în stații de epurare a apelor uzate: Provocări și Obstacole

Sistemul de apă face parte din sistemele de mediu, agricole, industriale și municipale. Cunoașterea modului în care aceste sisteme sunt conectate între ele este esențială pentru identificarea oportunităților de economie circulară care există în sistemul de apă și, de asemenea, în alte sisteme asociate.

Stațiile de epurare a apelor uzate (WWTP) pot fi o parte importantă a sustenabilității circulare datorită integrării producției de energie și recuperării resurselor în timpul producției de apă curată [2, 3]. În viitorul apropiat, stațiile de epurare vor deveni sisteme tehnologice „sustenabile din punct de vedere ecologic”. În prezent, nevoile globale de nutrienți și recuperarea apei și a energiei din apele uzate dictează dezvoltarea industriei apelor uzate [4-6]. Figura de mai jos, de pe Cerahelix.com, arată ciclul apei într-un model de economie circulară:



Sursa: <https://www.cerahelix.com/news/treat-reuse-extract-create-and-repeat-the-circular-economy-explained-using-the-water-cycle-as-an-example/>

Pentru a face față provocării de a reduce poluarea apelor uzate înaintea creșterii populației, schimbărilor în procesele industriale și dezvoltărilor tehnologice, Agenția pentru Protecția Mediului din SUA (US EPA) a creat un document pentru a pune la dispoziția tuturor informațiile despre progresele recente și tehnici inovatoare [7]. Scopul documentului este simplu: **să ofere un ghid persoanelor care caută informații despre tehnologiile inovatoare și emergente de tratare a apelor uzate**. Ghidul enumeră noile tehnologii, evaluează avantajele și costurile acestora și oferă surse pentru investigații tehnologice ulterioare. Acest document ar trebui să servească drept ghid pentru proprietarii/utilitățile de instalații de canalizare, operatori, planificatori și consultanți.

În secțiunile următoare, prezentăm cele mai importante resurse care pot fi obținute din stațiile de epurare și posibilitățile pentru antreprenori, în timp ce arătăm punctele forte și punctele slabe ale acestor procese.



Aplicarea pe teren a biosolidelor

Biosolidele (nămolul de epurare) sunt formate din compuși valoroși pentru uz agricol (materie organică, azot, fosfor, potasiu și micronutrienți precum calciu, sulf și magneziu) și poluanți care includ metale grele, compuși organici și agenți patogeni. Deși pot fi o resursă valoroasă, biosolidele trebuie folosite cu prudență deoarece conțin adesea microorganisme care pot fi vectori de transport a anumitor boli, contaminanți chimici sau alte substanțe instabile.

Biosolidele pot îmbogăți solul și pot completa sau înlocui îngrășămintele comerciale. Aplicarea biosolidelor pe teren are loc în diferite locații, inclusiv terenuri agricole, păduri, locuri de recuperare miniere și alte terenuri, parcuri și terenuri de golf. Aplicarea biosolidelor pe sol are efecte semnificativ pozitive asupra **fertilității solului**, asigurând utilizarea lor într-o manieră mai sustenabilă. Pe lângă valoarea nutritivă ridicată, biosolidele îmbunătățesc proprietățile solului (**condiționarea solului**) prin **creșterea materiei organice** din sol, **agregarea particulelor** de sol, **structura** și **porozitatea** solului și **scăderea densității**.

Aplicarea pe teren a nămolului de epurare este practică pe scară largă în Europa și în alte țări [8]. Riscul asociat cu aplicarea pe teren a biosolidelor depinde de originea încărcăturilor poluante care intră în stațiile de epurare a apelor uzate (încărcături municipale versus industriale). Principalele probleme asociate cu o astfel de eliminare a biosolidelor sunt **problemele de sănătate și siguranță**, mirosul dezagreabil și alte preocupări publice. În plus, ratele excesive de aplicare pe teren pot avea un impact negativ asupra calității apelor subterane din cauza **levigării nutrienților**. Din acest motiv, US EPA a elaborat un ghid pentru aplicatorii de terenuri bazat pe standardele federale pentru utilizarea sau eliminarea nămolurilor de epurare. Scopul acestui program federal este de a se **asigura că nămolul de epurare este utilizat sau eliminat într-un mod care protejează atât sănătatea umană, cât și mediul**. Partea 503, *Standarde pentru utilizarea sau eliminarea nămolurilor de epurare* stabilește cerințele generale, limitele de poluare, standardele operaționale și practicile de management, precum și frecvența cerințelor de monitorizare, evidență și raportare, pentru nămolurile de epurare care sunt aplicate pe teren, plasate pe un loc de eliminare de suprafață sau ars într-un incinerator de nămol de epurare [9].

Tratamente necesare înainte de aplicarea pe teren a biosolidelor

Pentru a respecta regulile propuse de legislație, nămolurile de epurare trebuie tratate la stațiile de epurare (**deshidratate și stabilizate**) înainte de aplicarea pe teren, fie în ceea ce privește fertilizarea solului, fie reabilitarea terenurilor. Procesele de tratare a biosolidelor înainte de aplicarea lor pe sol sunt digestia anaerobă sau aerobă, compostare, uscare și tratament chimic (preponderent tratament alcalin).

- **Digestia anaerobă** (în general) este un proces biologic natural în care un număr mare de bacterii anaerobe transformă **materia organică în metan și dioxid de carbon** (un amestec numit **biogaz**). Acest proces stabilizează materia organică în solide reziduale, reduce agenții patogeni și mirosurile și micșorează cantitatea totală de solide/nămol prin transformarea părților din fracția de solide volatile (VS) în biogaz.
- **Digestia anaerobă.** Procesul poate fi împărțit în trei etape separate, fiecare dintre acestea fiind efectuată de un grup diferit de microorganisme:
 - 1) **Hidroliza**, în timpul căreia proteinele, celuloza, lipidele și alte substanțe organice complexe sunt **scindate** în molecule mai mici și devin **solubile** prin utilizarea apei pentru a separa legăturile chimice ale substanțelor
 - 2) **Fermentație acidă volatilă**, în timpul căreia produsele obținute în urma hidrolizei sunt transformate în **acizi organici** prin procesele biochimice de **acidogeneză** (unde monomerii sunt transformați în acizi grași) și **acetogeneză** (acizii grași sunt transformați în acid acetic, dioxid de carbon și hidrogen)
 - 3) **Formarea metanului**, în timpul căreia acizii organici produși în timpul fermentației sunt transformați în metan și dioxid de carbon.
- **Compostarea.** Compostarea reziduurilor obținute în urma tratării apei uzate este un **proces aerob bio-termic** care descompune partea organică a reziduului cu aproximativ 25 la sută. Înainte de compostare, este necesară deshidratarea reziduului. **Deshidratarea** nu numai că reduce volumul surplusului, dar scade și cantitatea de umiditate care se va evapora în timpul căldurii generate de **descompunerea părții organice a reziduului**, îl stabilizează și transformă excesul în biosolide utilizabile. Problema compostării reziduurilor brute este mirosul mai intens al reziduurilor cu un procent mai mare de materie organică. Pot fi folosite diferite metode pentru a controla mirosul. În general, mirosul este controlat prin adăugarea de **var rapid** (CaO) pentru a modifica pH-ul reziduurilor. Dacă mirosul continuă să fie o problemă, procedura simplă de a aspira aer prin grămezile de compost și de a descărca aerul într-un bio-filtru poate reduce și mai mult mirosul.
- **Uscarea.** Tipul și populația de microorganisme variază în timpul procesului de compostare. Prin urmare, este esențial să se controleze mediul de compostare, astfel încât microorganismele să poată prospera. Parametrii mediului de compostare includ **temperatura grămezii de compost, conținutul de umiditate** al compostului, **nivelurile de oxigen și dioxid de carbon** din grămada de compost și **disponibilitatea nutrienților**, inclusiv carbon, azot, fosfor și potasiu pentru microorganisme. Acești parametri trebuie monitorizați deoarece afectează vitalitatea microorganismelor. Oxigenul este furnizat grămezii de compost prin introducerea de aer. Rata de aer furnizat depinde de conținutul de umiditate al grămezii de compost. Cu cât umiditatea este mai mare, cu atât este nevoie de mai mult aer. Trebuie menținut un nivel minim de oxigen, în timp ce nivelurile de dioxid de carbon nu trebuie lăsate să depășească un nivel maxim.



Sursa: <https://pixabay.com/images/search/sewage%20sludge%20composting/>



Recuperarea nutrienților

Recuperarea nutrienților este practica de **extragere a nutrienților, cum ar fi azotul și fosforul, din fluxurile de apă uzată, care altfel ar fi aruncați**, și transformarea acestora într-un îngrășământ prietenos cu mediul în scopuri ecologice și agricole. Acest proces ajută la **curățarea efluentului** prin eliminarea acestor nutrienți și, în cele din urmă, **transformarea lor într-o materie primă eficientă, reutilizabilă**. Având în vedere aceste obiective, în industria apelor uzate au fost dezvoltate diferite procese pentru recuperarea optimă a acestor nutrienți.

Procesul de recuperare a nutrienților oferă municipalităților o oportunitate de a genera venituri, oferind în același timp întreprinderilor agricole fosfor rafinat, utilizabil - o resursă naturală din ce în ce mai rară. În plus, permite entităților de epurare a apelor uzate să fie mai mult decât simple instalații de tratare ci, în cele din urmă, să ajungă **agenți de recuperare a resurselor**, transformând percepția despre tratarea tradițională a apelor uzate. Astfel, reciclarea nutrienților din stațiile de epurare are un impact pozitiv asupra mediului prin reducerea cererii de îngrășăminte convenționale pe bază de combustibili fosili și, în consecință, prin reducerea consumului de apă și energie.

Recuperarea nutrienților din apele uzate se poate face din **apele uzate brute, fluxuri de ape uzate semitratate și nămoluri de epurare (biosolide)** [10].

În prezent, **fosforul (P)** este reciclat în stațiile de epurare în principal prin metode chimice, cum ar fi **procesul de cristalizare a struvitei**, de exemplu, tehnologiile Pearl, NuReSys și AirPrex, care au fost puse în aplicare pe scară largă [11]. În prezent, în Europa se recuperează tehnic mai mult de 2000 Mg P/an [12]. Principalele probleme asociate cu cristalizarea struvitei sunt **costurile chimice ridicate și formarea accidentală a struvitei** care blochează supapele, țevile, pompele etc. Chiar dacă costurile ridicate de operare limitează fezabilitatea economică a recuperării nutrienților, sistemul ar putea genera o gamă largă de alte beneficii. De exemplu, recuperarea nutrienților din apele uzate ar putea reduce substanțial **producția de nămol** și precipitate nedorite, astfel încât costurile de eliminare a substanțelor neașteptate pot fi mai bine controlate sau chiar reduse. De asemenea, recuperarea nutrienților din apele uzate ar putea îmbunătăți **deshidratarea** nămolului tratat și poate scădea **viteza de scalare**, ambele având ca rezultat **îmbunătățirea gestionării apelor uzate** [14]. În mod evident, recuperarea nutrienților ar putea **reduce concentrația de amoniu și fosfat** în deversarea generată de o stație de tratare a apelor uzate, ceea ce împiedică eutrofizarea în mediile acvatice. Cu toate acestea, atât beneficiile de mediu, cât și reglementările guvernamentale nu ar servi la stimularea recuperării nutrienților dacă nu există suficiente stimulente economice.



Noi tehnologii de recuperare a nutrienților

Pe lângă metoda chimică de recuperare a fosforului (P) din stațiile de epurare (explicată în secțiunea anterioară), există tehnologii noi care pot fi utilizate și pentru recuperarea nutrienților în cadrul procesului de tratare a apelor uzate și a mecanismelor acestora, inclusiv **tehnologiile biologice, sistemele cu membrane și sistemele cu membrane avansate**. Ele au fost rezumate recent de Ye și colaboratorii [15].

Aceiași autori au prezentat și o analiză economică a acestor sisteme de recuperare a nutrienților, comparându-le din punct de vedere al beneficiilor și dezavantajelor. Ei au constatat că **tehnologiile bazate pe membrane pentru recuperarea nutrienților** sunt fezabile din punct de vedere economic și tehnic. **Bioreactoarele cu membrană osmotică (OMBR)** și **sistemele bioelectrochimice (BES)** sunt extrem de eficiente datorită potențialului lor scăzut de acoperire cu impurități a membranei și a consumului redus de energie. În comparație cu **sistemele hibride bazate pe OMBR aerobe, OMBR anaerob (AnOMBR)** prezintă, de asemenea, ancrasare redusă a membranei și consum de energie scăzut. Dar aceste constatări se sprijină pe puține studii ale sistemelor bazate pe AnOMBR; mai multe cercetări privind recuperarea nutrienților prin sistemele hibride AnOMBR trebuie făcute înainte de a confirma pe deplin beneficiile acestora.

Ye și colaboratorii 2020 au subliniat că **celulele de combustie microbiană (MFC)**, ca tehnologie avansată pentru recuperarea nutrienților, ar putea **genera electricitate** și ar putea oferi o zonă cu pH ridicat pentru precipitarea chimică [15]. Tehnologia este destul de promițătoare pentru recuperarea nutrienților. Astfel, MFC și modificările sale ar trebui explorate pe scară largă pentru a recupera nutrienții în cadrul procesului de epurare a apelor uzate.

În acest scenariu, procesele de **osmoză avansată (FO)**, **distilare cu membrană (MD)** și **electrodializă (ED)** sunt cele trei tehnologii membranare principale utilizate pentru recuperarea nutrienților. Procesele MD și ED sunt compatibile cu MFC în timp ce se aplică MFC pentru a recupera nutrienții din apele uzate diluate. O astfel de integrare ar putea, fără îndoială, **crește calitatea și cantitatea nutrienților recuperați** și este viabilă în viitor. Un alt aspect important este **creșterea eliberării anaerobe de fosfat**, în cantități suficiente, în rezervoarele existente [16]. În plus, proprietatea soluției de alimentare poate determina performanța bioreactorului cu membrană prin exercitarea unui impact direct asupra proprietăților nămolului, a acoperirii cu impurități a membranei și a fluxului de permeabilitate [17]. Dar până acum rolul soluției de alimentare în sistemele OMBR nu a fost suficient analizat. Este necesar să se efectueze studii suplimentare pentru a evalua fezabilitatea diferitelor surse de apă uzată cu referire la recuperarea nutrienților și să se propună pretratarea adecvată pentru soluția de alimentare, dacă este necesar. În acest caz, fezabilitatea tehnică a sistemului de recuperare a nutrienților, precum și performanța acestuia pot fi îmbunătățite.

În viitor, e posibil ca noile cercetări să conducă la dezvoltarea **sistemelor economice de tratare a apelor uzate** și, în special, a **sistemelor hibride bazate pe bioreactoare cu membrană osmotică (OMBR) și sisteme bioelectrochimice (BES)**.

Acest lucru poate crea noi oportunități pentru antreprenori și start-up-uri.



Apa recuperată

De ce să reutilizați apele uzate epurate?

Doar 2,5% din apa disponibilă pe planetă este apă dulce. Odată cu creșterea rapidă a populației mondiale, accelerarea urbanizării și încălzirea globală, această resursă devine din ce în ce mai rară.

Captarea excesivă a apei este o cauză majoră a deficitului de apă. Consumul mare de apă este datorat **irigațiilor** și a **consumului domestic**, inclusiv a turismului. **Reutilizarea apelor uzate tratate ca sursă alternativă de alimentare cu apă este acum recunoscută de strategiile internaționale, europene și naționale de sustenabilitate.** Obiectivul ONU de Dezvoltare Sustenabilă în domeniul apei (SDG 6) vizează în mod specific o creștere substanțială a reciclării și a reutilizării globale sigure până în 2030. **Reutilizarea apei este o prioritate de vârf în Planul strategic de implementare a Parteneriatului European pentru Inovare în Domeniul Apei**, iar maximizarea reutilizării apei este un obiectiv specific stabilit în Comunicarea "Planul de salvagardare a resurselor de apă ale Europei". **Reutilizarea apelor uzate tratate poate oferi beneficii semnificative din punct de vedere ecologic, social și economic.** Potrivit Blueprint, reutilizarea apei poate îmbunătăți starea mediului atât din punct de vedere cantitativ, cât și calitativ, atenuând presiunea prin înlocuirea captării. **În comparație cu sursele alternative de alimentare cu apă, cum ar fi desalinizarea sau transferul apei, reutilizarea apei necesită adesea costuri mai mici de investiții și energie, reducând emisiile de gaze cu efect de seră.**

Reutilizarea apei aduce beneficii sectorului mai larg al apei, care este o componentă cheie a peisajului eco-industrial al UE. Reutilizarea apei are un potențial semnificativ în ceea ce privește **crearea de locuri de muncă ecologice în industria legată de apă și se estimează că o mărire cu 1% a ratei de creștere în industria apei din UE ar putea crea până la 20.000 de noi locuri de muncă [18].** În prezent, cantitatea reutilizată anual de ape uzate urbane tratate reprezintă aproximativ 2,4% din efluenții de ape uzate urbane tratate și mai puțin de 0,5% din extragerile anuale de apă dulce din UE. Dar potențialul UE este mult mai mare, estimat la de șase ori volumul actual. Atât statele membre din sud, cum ar fi Spania, Italia, Grecia, Malta și Cipru, cât și statele membre din nord, precum Belgia și Germania, au deja implementate numeroase inițiative privind reutilizarea apei pentru **irigații, utilizări industriale și reîncărcarea acviferelor.** Cipru și Malta reutilizează deja mai mult de 90% și respectiv 60% din apele uzate, în timp ce Grecia, Italia și Spania reutilizează între 5 și 12% din efluenții lor, ceea ce indică în mod clar un potențial de absorbție suplimentară.

Reutilizarea apelor uzate epurate din stații de epurare pentru agricultură și irigarea terenurilor, în scopuri industriale, spălarea toaletelor și re aprovizionarea apelor subterane este un element cheie al strategiei implementate în prezent, axată pe eliberarea apei dulci pentru uz casnic, îmbunătățirea calității efluenților din stațiile de epurare și, în consecință, a calității mai ridicate a apelor fluviale utilizate pentru captarea apei potabile [19]. Utilizarea apelor uzate tratate pentru irigații în agricultură este cunoscută de mulți ani și poate asigura alimentarea cu apă pentru a **satisface această cerere a agriculturii și a reduce stresul local de apă.** În plus, nutrienții conținuți în apa uzată reduc nevoia de aplicare a îngrășămintelor comerciale. **Se recomandă utilizarea efluentului de la tratarea secundară la irigarea culturilor nealimentare, în timp ce efluentul de la tratamentul terțiar e indicat pentru irigarea culturilor alimentare.**

Reutilizarea apelor uzate urbane poate fi **planificată** (directă sau indirectă) sau **neplanificată**, și este în mare parte legată de utilizări nepotabile, totuși există și cazuri de reutilizare potabilă neplanificată. Reutilizarea apei urbane se referă în principal la irigarea rezidențială și la uz comercial pentru apărare împotriva incendiilor, spălătorie auto, spălarea toaletei etc. **Principalele probleme asociate cu reutilizarea urbană sunt: riscurile pentru sănătatea umană și costul ridicat al sistemelor duale**

pentru livrarea apei epurate [20]. În cazul reutilizării potabile indirecte, efluentul de înaltă calitate al stației de epurare este evacuat direct în apele subterane sau sursele de apă de suprafață cu intenția de a spori rezervele de apă potabilă. O altă soluție poate fi reutilizarea potabilă directă (de la o conductă la altă conductă) prin introducerea directă a apei uzate tratate într-un **sistem de distribuție a apei** [21].

Cu toate acestea, reutilizarea directă potabilă crește considerabil costurile operaționale din cauza cerințelor foarte ridicate de calitate a efluentului. Lipsa acceptării sociale este, de asemenea, importantă.



Sursa: <https://pixabay.com/images/search/water%20garden/?pagi=2>



Apă recuperată pentru procese industriale

În funcție de cerințele de calitate a apei, de constrângerile de spațiu și de considerentele bugetare, sunt disponibile diferite metode de reciclare sau reutilizare a apei industriale. **Beneficiile pot include reducerea costurilor apei dulci, a fluxurilor de apă uzată și a dimensiunii amprentei apei.** Eficiența operațională și sustenabilitatea pot fi, de asemenea, crescute împreună cu capacitatea de producție îmbunătățită datorită creșterii apei curate disponibile.

Tehnologii

Din perspectiva epurării apelor uzate, **microfiltrarea (MF), ultrafiltrarea (UF), nanofiltrarea (NF) și osmoza inversă (RO)** sunt cele mai comune tehnici de separare cu membrane aplicate în industrii. **Osmoza directă (FO)** a fost, de asemenea, introdusă recent ca tehnică avansată de membrană pentru tratarea apelor uzate. O gamă de alte tehnologii avansate de purificare a apei, inclusiv **cărbune activat, schimb ionic, deionizare, electrodeionizare, UV (ultraviolet), dezinfecție cu ozon și dozare chimică** sunt utilizate pentru aplicații industriale.

În tratarea apelor uzate, tehnologia cu membrane a fost recunoscută ca tehnologia cheie pentru separarea contaminanților din sursele poluate [22]. Membranele sunt bariere selective care separă două faze diferite, permițând trecerea anumitor componente și reținerea altora. Agentul care inițiază procesele membranare poate fi un **gradient de presiune** și un **potențial chimic sau electric** de-a lungul membranei. Procesele cu membrană depind de o **separare fizică**, de obicei fără schimbare de fază și adăugare de substanțe chimice în fluxul de alimentare, astfel încât să se prezinte ca o tehnică alternativă de tratare a apelor uzate comparativ cu procesele convenționale (de exemplu distilare, precipitare, coagulare/floculare, absorbție prin cărbune activ, schimb de ioni, tratare biologică etc.) [22, 23]. **Consumul redus de energie, reducerea numărului de etape de procesare, eficiența mai mare de separare și calitatea mai ridicată a produsului final** sunt principalele avantaje ale acestor procese [22-24]. Cu toate acestea, **rezistența chimică, mecanică și termică scăzută a membranelor** limitează aplicarea acestora. Au fost depuse eforturi considerabile pentru a îmbunătăți atât fluxul, cât și selectivitatea membranelor. În plus, unii cercetători s-au concentrat pe controlul **depunerilor de pe membrane**, care este cea mai importantă problemă în utilizarea membranelor în tratarea apelor uzate. Ca urmare, performanța a crescut semnificativ, iar piețele comerciale ale membranelor s-au extins în ultimii ani.

Succesul operațiunilor cu membrane în tratarea apelor uzate este atribuit compatibilității între diferitele operațiuni din sistemele integrate. În prezent, tratarea apelor uzate prin sisteme integrate presupune reducerea efectelor nocive pentru mediu, scăderea consumului de apă subterană și de energie și recuperarea compușilor valoroși ca produs secundar. **Bioreactorul cu membrană (MBR), care combină filtrarea cu membrană cu tratarea biologică, este recunoscut ca unul dintre cele mai de succes sisteme hibride cu membrană în tratarea apelor uzate.**

Operațiunile cu membrană sub presiune, MBR-urile, precum și o combinație de operațiuni cu membrană în sisteme hibride în tratarea apelor uzate sunt utilizate în diverse industrii.



Apă recuperată pentru irigații

Agricultura este, de departe, **cel mai mare consumator global de apă**. Irigarea terenurilor agricole reprezintă 70% din apa utilizată la nivel mondial. În mai multe țări în curs de dezvoltare, **irigațiile** reprezintă până la 95% din toate utilizările de apă și joacă un rol major în producția de alimente și securitatea alimentară. Strategiile viitoare de dezvoltare agricolă ale majorității acestor țări depind de posibilitatea de a menține, îmbunătăți și extinde agricultura irigată.

Reutilizarea apei este practică în mod obișnuit și cu succes în mai multe state membre ale UE, precum și, de exemplu, în Israel, California, Australia și Singapore. Totuși această practică este până acum implementată sub potențialul său în UE. **Conștientizarea limitată a potențialelor beneficii** în rândul părților interesate și al publicului larg și **lipsa unui cadru de sprijin și coerent** pentru reutilizarea apei au fost identificate ca două bariere majore care împiedică o răspândire mai largă a acestei practici în UE. Din aceste motive, Comisia a propus în 2018 un regulament pentru a stimula reutilizarea apei atunci când aceasta este rentabilă și sigură pentru sănătate și mediu.

Noul Regulament privind cerințele minime pentru reutilizarea apei pentru irigarea agricolă a intrat recent în vigoare și se așteaptă să stimuleze și să faciliteze reutilizarea apei în UE [25]. Comisia a pregătit, de asemenea, diferite documente cheie care pot fi găsite la ec.europa.eu [18].

Potențialii agenți patogeni trebuie îndepărtați din apele uzate. Atunci când microorganismele patogene nu sunt procesate în mod specific în timpul tratamentului, utilizarea apei uzate tratate trebuie evaluată cu atenție. **Diferiți parametri afectează îndepărtarea eficientă a microorganismelor patogene și indicator** [26]. Evaluarea tehnologiilor de îndepărtare a agenților patogeni se bazează în mare parte pe indicatori de contaminare fecală, cum ar fi coliformi totali, coliformi termotolerenți sau *Escherichia coli*. **Clorul, ultravioletele (UV), ozonul, iazurile de maturare, CW, filtrarea cu membrană, filtrarea în strat adânc și metodele electrochimice** sunt tehnici utilizate pentru **dezinfecție** [26]. Când vine vorba de utilizarea **oxidanților pentru dezinfecție, hipoclorit de sodiu (NaClO) și ozon**, mai multe exemple de practici pot fi găsite în literatura de specialitate legată de sistemele de regenerare pentru irigare. **Tratamentul cu ultraviolete** este recomandat ca fiind cea mai bună tehnologie disponibilă pentru dezinfecția apei epurate, care nu este asociată cu costuri excesive, în special pentru aplicațiile de reutilizare prin contact înalt până la mediu [26]. În ceea ce privește tratamentul biologic, **iazurile de maturare** sunt considerate a fi cea mai bună practică a mai multor ghiduri, inclusiv OMS, [27]. Această metodă are câteva avantaje și dezavantaje. Mai multe informații pot fi găsite pe TheWaterTreatments.com [28].

Ca alternativă la filtrarea pe pat și la tratarea chimică, **filtrarea cu membrană** este o tehnologie considerată adesea eficientă pentru îndepărtarea agenților patogeni din apele uzate folosite în irigare. Rezultatele indică faptul că o reducere completă a virușilor este posibilă cu o **membrană Ultra Filtration (UF)**, ceea ce înseamnă că un proces de dezinfecție chimică ar putea fi omis [27].

Substanțele chimice care perturbă sistemul endocrin (EDC) au primit o atenție sporită în ultimii ani din cauza efectelor lor dăunătoare asupra oamenilor și animalelor. Prezența EDC în apa folosită pentru irigare și în solurile agricole poate provoca contaminarea produselor agricole, prezentând un risc pentru sănătatea umană. Noile tehnologii pentru eliminarea EDC din apele uzate implică noi oportunități pentru antreprenori și start-up-uri.



Sursa: <https://pixabay.com/images/search/agriculture%20water/?pagi=2>



Recuperarea energiei

Recuperarea energiei la stațiile de epurare a apelor uzate reprezintă o pârghie importantă a politicii pentru sustenabilitate, deoarece poate semnificativ **reduce amprenta de carbon** a epurării apelor uzate. Tratarea apelor uzate necesită un important **consum de energie**. O analiză a energiei chimice și termice conținute în apele uzate relevă că există de până la 14 ori mai multă energie decât ceea ce este necesar pentru epurare. Deși o mare parte din aceasta este căldură de calitate scăzută, **teoretic ar trebui să fie totuși posibilă obținerea pozitivității energetice în stațiile de epurare**.

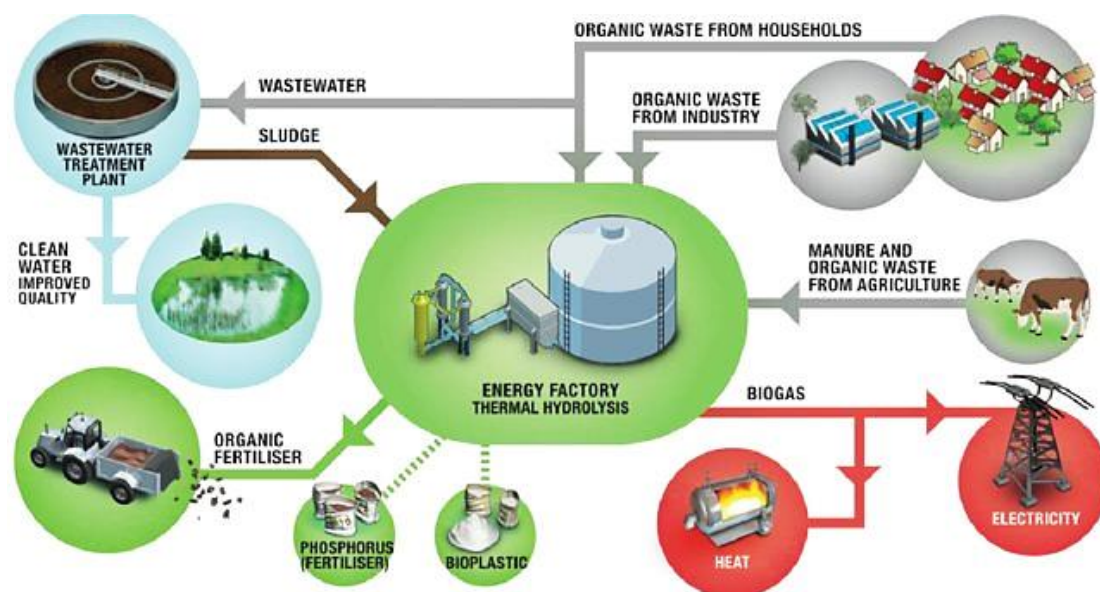
În stațiile de epurare, **recuperarea energiei se poate face prin** [29-30]:

- **Producția de biogaz.** Într-un digester prin **digestie anaerobă (AD)** se creează biogaz, care este principala sursă de energie în WWTP. Biogazul poate fi folosit pentru încălzire și/sau generarea de energie electrică. **Creșterea eficienței AD** este o practică comună pentru a crește autosuficiența energetică a stațiilor de epurare.
- **Pompe de căldură** în efluenții stației de epurare, și
- Recuperarea energiei din diferite fluxuri de temperatură ridicată prin **schimbător de căldură**

Optimizările AD includ diferite metode de pre-tratare a nămolului de epurare care vizează o biodegradabilitate mai mare a acestuia. În prezent, cele mai comune tehnologii disponibile pe piață sunt **pre-tratările mecanice și termice. Tehnologiile de hidroliză termică (THP)** precum Cambi, Biothelys, Exelys sunt cele mai comune tehnologii utilizate pentru a îmbunătăți digestia anaerobă în stațiile de epurare. Prima stație de epurare din America de Nord (Washington, DC, SUA) care a folosit tehnologia Cambi a înregistrat o creștere cu 50% a producției de biogaz. **Co-digestia nămolului de epurare cu alte deșeuri biodegradabile** este o altă opțiune care oferă o serie de beneficii economice și de mediu. Co-digestia deșeurilor organice în combinație cu nămolurile de epurare nu numai că permite stațiilor de epurare să fie neutre din punct de vedere energetic, ci și să reducă costul gestionării deșeurilor organice municipale și industriale. De exemplu, co-digestia nămolului de epurare cu șase co-substraturi diferite a fost implementată în Mossberg (Germania) timp de 10 ani. Producția de căldură și energie la WWTP Mossberg este semnificativ mai mare decât cererea internă a WWTP. Excesul de energie este introdus în rețea, în timp ce excesul de căldură este folosit pentru a usca nămolul deshidratat de la alte stații de epurare.

Tehnologiile utilizate cel mai mult de actualele stații de epurare a apelor uzate autonome sunt tehnologiile „**Combined Heat and Power (CHP)**”, care generează atât energie electrică, cât și căldură din biogaz în același timp. Sursele fiabile și economice de căldură pentru utilizarea în **pompele de căldură (HP)** sunt efluenții de la stațiile de epurare municipale [31]. Căldura de la **pompele de căldură poate fi utilizată pentru încălzirea și răcirea clădirilor rezidențiale, sociale și administrative ale stației și/sau infrastructurii învecinate**.

În orașul danez Odense, o stație de epurare furnizează căldură și energie electrică pentru o populație de aproape 400.000 de locuitori și a atins 150% pozitivitate energetică, generând astfel energie electrică și căldură pentru rețeaua locală. Transformarea a fost posibilă printr-o analiză atentă a datelor operaționale istorice care a identificat o serie de căi de optimizare a energiei, multe dintre ele fiind implementate mai degrabă cu modificări ale strategiilor operaționale decât cu îmbunătățiri semnificative ale echipamentelor. De la efectuarea modificărilor inițiale, au fost puse în aplicare o serie de îmbunătățiri ale instalației, astfel încât s-a obținut o pozitivitate energetică de 200%. Intervențiile tehnice s-au bazat pe adoptarea unei mentalități foarte clare de „neutralitate a emisiilor de carbon” în întreaga organizație, care, la rândul său, a condus la dezvoltarea și angajamentul față de un obiectiv corporativ de mediu foarte agresiv [32].



Sursa: <https://www.billundbiorefinery.com/>



Studii de caz

Vă prezentăm aici 3 studii de caz ale antreprenorilor și start-up-urilor. Aceste studii de caz au fost selectate în funcție de capacitatea de **inovare** și a **tehnologiei** pe care o folosesc, a **circularității**, **replicabilității**, **gradului de impact** și a **acoperirii**. În fiecare studiu de caz, evidențiem principalele provocări și soluțiile posibile.



Studiu de caz 1: De la apa uzată la apa agricolă - o tehnologie inovatoare pentru combinarea epurării și reutilizării în agricultură

Provocare

După cum am menționat mai sus, agricultura este de departe cel mai mare consumator de apă. Utilizarea apelor uzate tratate pentru irigare în agricultură poate înlocui cererea agricolă și poate reduce stresul local de apă. Pe de altă parte, viitoarele strategii de dezvoltare agricolă ale majorității țărilor în curs de dezvoltare depind de posibilitatea menținerii, îmbunătățirii și extinderii agriculturii irigate.

În **proiectul RichWater**, un grup de mici companii start-up și-au reunit cunoștințele pentru a crea o abordare integrată pentru combinarea **tratamentului apei și irigații într-un singur sistem** care poate profita la maximum de nutrienți. Ambiția lor este de a dezvolta un prototip comercial la scară mare în sudul Spaniei pentru a reutiliza apele uzate ale comunității locale în scopuri de irigare. Scopul este de a crea o situație avantajoasă pentru două sectoare (epurarea apelor uzate și sectorul agricol) prin transformarea apelor uzate publice într-un produs final valoros.

Sistemul integrat constă dintr-un MBR (**bioreactor cu membrană**) ieftin și eficient din punct de vedere energetic, care produce apă pentru irigații fără agenți patogeni și bogată în nutrienți.

Sistemul de tratare este conectat la:

- **Modulul de amestecare** (pentru amestecare personalizată cu apă dulce și îngrășăminte suplimentare)
- **Unitatea de fertilizație**
- Un **modul de monitorizare/control** care include senzori de sol pentru a garanta o fertilizație determinată de cerere.

Prin combinarea acestor module, este disponibil un sistem complet și la cheie pentru reutilizarea în siguranță a apelor uzate în agricultură.

Rezultate

- Producția de apă uzată tratată (adică apă regenerată),
- Consum redus de energie,
- Irigarea a 3 culturi țintă pe câmpul experimental: roșii, mango și avocado,
- Apă tratată care furnizează 50% din principalii macronutrienți (N,P,K) culturilor țintă,
- Studii agronomice pentru a compara culturile irigate cu apă uzată tratată și apă convențională,
- Analiză cost-beneficiu și studiu de fezabilitate,
- Strategia de piață.

Lecții învățate

Utilizarea principiilor economiei circulare a demonstrat că apa recuperată poate fi folosită pentru irigații. În același timp, poate furniza culturilor țintă 50% din principalii macronutrienți (N, P, K). Deși investițiile inițiale sunt mari, consumul de energie este scăzut și generează beneficii economice nete.



Sursa: <https://richwater.eu/gallery/>



Studiu de caz 2: O tehnologie avansată de tratare a apelor uzate pentru îndepărtarea contaminanților organici periculoși

Provocare

Perturbatorii endocrini pot fi găsiți în pilulele anticoncepționale, cosmetice, detergent și multe alte produse utilizate în mod normal în gospodării. Eliminarea perturbatorilor endocrini în natură și ulterior în apele uzate face peștii, gândacii și melcii să sufere o intersexualizare, adică să-și schimbe sexul. Feminizarea peștelui a fost remarcată în ultimul timp în Danemarca și în alte locuri. Pentru a preveni eliminarea în natură a unor astfel de perturbatori endocrini din punctele de evacuare ale stațiilor de epurare, este necesară o metodă eficientă din punct de vedere al costurilor. Un grup de companii mici a lucrat împreună pentru a dezvolta un sistem care să fie capabil să elimine microorganismele patogene și perturbatorii endocrini din apele uzate.

Ideea de bază este introducerea **unor procese avansate de foto-oxidare** la stațiile de tratare a apelor uzate prin utilizarea **lămpilor cu ultraviolete**. Lumina lămpilor cu ultraviolete este capabilă să distrugă bacteriile și să îndepărteze substanțele chimice din apele uzate cu ajutorul oxidanților, de exemplu ozon sau dioxid de clor.

În acest fel, stațiile de epurare ar putea produce efluenți nepericuloși. Caracteristicile metodei sunt:

- Sistem simplu de **dezinfectare** a apelor uzate,
- Sistem simplu de **îndepărtare a perturbatorilor endocrini** și a altor compuși periculoși,
- **Sistem flexibil**,
- **Ușor** de instalat,
- **Tehnologie avansată de control al procesului**,
- **Lămpi UV** cu intensitate energetică ridicată,
- **Cost redus de capital**,
- **Cost operațional scăzut**,
- Mediu și sănătatea,
- Calitate excelentă a apei pentru scăldat,
- **Fără riscuri** pentru fauna și ecosistemele de apă receptoare.

Rezultate

- **Dezinfecție:** Acest sistem a demonstrat că este posibil să se asigure că efluenții de la stațiile de epurare a apelor uzate sunt lipsiți de microorganisme patogene, garantează calitatea și respectă Directiva CE pentru apa de scăldat.
- **Îndepărtarea perturbatorilor endocrini:** Sistemul este util pentru îndepărtarea perturbatorilor endocrini și a altor compuși periculoși din apele uzate tratate (rată de eliminare de 99,8%).

Lecții învățate

Soluția tehnică propusă a demonstrat că este posibil, cu un capital redus, să se îndeplinească cerințele Directivei UE privind apa de scăldat și să se asigure niveluri scăzute de perturbatori endocrini cu activitate estrogenică în apele uzate. Această experiență creează oportunități pentru antreprenori și start-up-uri de a implementa alte soluții tehnice bazate pe utilizarea finală a apei pentru eliminarea poluanților apei.

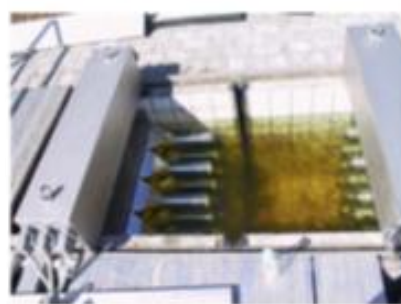
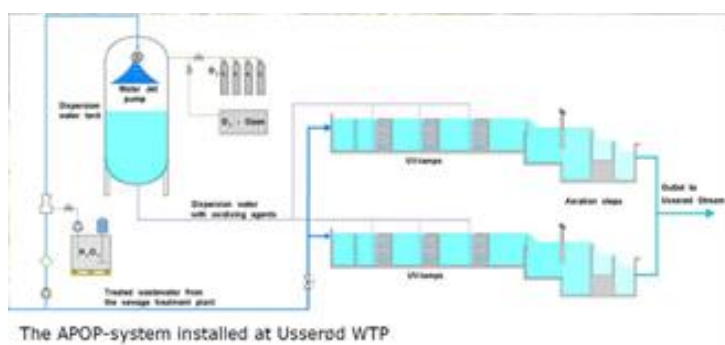


Figura: Sistemul APOP.

Sursa: <https://www.slideshare.net/NIDHISRIVASTAVA52/advanced-photo-catalytic-oxidationwastewater>

Studiu de caz 3: Procese de economisire a apei în producția de textile

Provocare

Apa este o resursă importantă în procesele de producție, inclusiv în **sectorul textil**. Industria textilă este dependentă de apă în practic toate etapele producției. Coloranții, substanțele chimice de specialitate și de finisare utilizate pentru producerea îmbrăcăminte sunt toate aplicate pe țesături în băi de apă. Aceasta înseamnă că sunt folosite **cantități uriașe de apă pentru a vopsi, finisa și spăla hainele**. Reducerea consumului de apă prin stabilirea unor procese de producție sustenabile poate fi așadar un avantaj atât pentru companii, cât și pentru comunitățile în care își desfășoară activitatea. Ca răspuns la utilizarea și poluarea apei de către industria textilă, multe corporații au început să caute soluții alternative.

Prezentăm aici un studiu de caz al măsurilor de conservare a apei în echipamentele de vopsire dintr-o fabrică de textile din Croația. Tinerii antreprenori au analizat toate procesele și au selectat cele mai bune moduri de reducere a consumului de apă în companie. S-au concentrat pe **procesele de spălare și clătire**, deoarece ele sunt importante în industria textilă pentru a reduce impuritățile din țesătură la niveluri predeterminate. Pentru a scădea consumul de apă în aceste procese, s-au găsit **metode discontinue și continue de reducere a apei**. Echipamentul folosit într-un program de conservare a apei este relativ ieftin; în cele mai multe cazuri, unele supape, conducte, pompe mici și rezervoare vor fi suficiente. Costurile de operare ale acestor sisteme sunt în general foarte mici. **Întreținerea de rutină** și, în unele cazuri, electricitatea pentru pompe, ar putea fi mai costisitoare. Măsurile de conservare a apei conduc la [33]:

- Reducerea costurilor de procesare,
- Reducerea costurilor de tratare a apelor uzate,
- Reducerea consumului de energie termică,
- Reducerea consumului de energie electrică,
- Reducerea încărcăturii de poluanți.

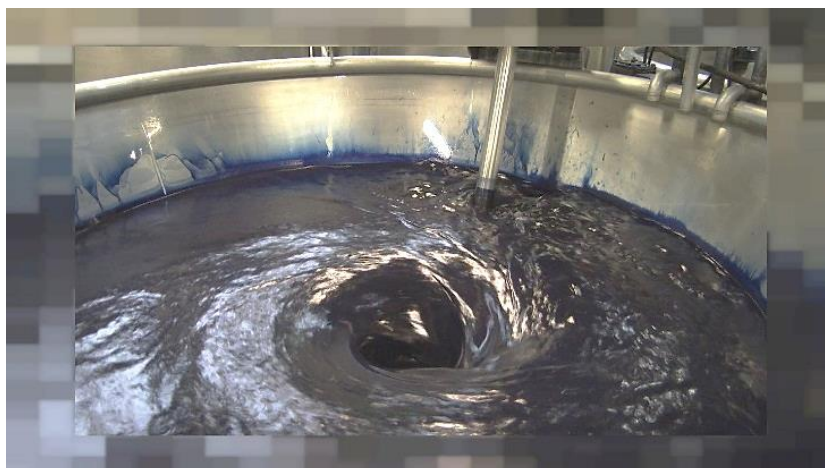
Rezultate

Aplicarea acestor măsuri a permis **economii semnificative la nivelul apei în sine** (90% din apă), **precum și a costurilor asociate** cu evacuarea acesteia și cu apa de admisie.

Aceste tehnici integrative pot fi implementate în alte industrii textile. Perioada de amortizare a unui sistem de conservare a apei va varia în funcție de cantitatea de apă economisită, taxele de canalizare și costurile pentru apa brută și tratarea apelor uzate.

Lecții învățate

Conservarea și reutilizarea apei este o necesitate pentru industria textilă. Este posibil să se reducă cantitatea de apă utilizată în fabricile textile. Reduce costul produselor textile finite prin reducerea tarifelor pentru apa dulce și evacuarea apelor uzate. Cantitatea de apă necesară pentru prelucrarea textilelor variază de la fabrică la fabrică și depinde de producția de țesături, proces, tipul de echipament și coloranții utilizați. Acest lucru creează multe oportunități pentru antreprenori și start-up-uri care își adaptează consumul de apă la propriile afaceri textile.



Sursa: <https://www.euronews.com/next/2017/03/20/dyed-without-waste-developing-a-process-to-save-water-in-the-textile-industry>

Referințe

- [1] ARUP, Ellen MacArthur Foundation, AnteaGroup, Water and Circular Economy: A White Paper. 2018. [Online]. Available: https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/w/water_and_circular_economy_whitepaper.pdf
- [2] H. Rashidi, A. Ghaffarianhoseini, A. Ghaffarianhoseini, N. M. Nik Sulaiman, J. Tookey, and N. A. Hashim, "Application of wastewater treatment in sustainable design of green built environments: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 845–856, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.104.
- [3] W. Mo and Q. Zhang, "Energy-nutrients-water nexus: Integrated resource recovery in municipal wastewater treatment plants," *J. Environ. Manage.*, vol. 127, pp. 255–267, 2013, doi: 10.1016/j.jenvman.2013.05.007.
- [4] Commission Staff Working Document, Summary of the Responses to the Consultative Communication on the Sustainable Use of Phosphorus [COM(2013) 517], 2014. [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/environment/natres/pdf/phosphorus/SWD\(2014\)263%20final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/natres/pdf/phosphorus/SWD(2014)263%20final.pdf).
- [5] D. Cordell, J. O. Drangert, and S. White, "The story of phosphorus: Global food security and food for thought," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 19, no. 2, pp. 292–305, 2009, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.
- [6] European Commission, EU Reference Scenario Energy, Transport and GHG emissions, Trends to 2050. 2016. [Dataset] Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ref2016_report_final-web.pdf
- [7] A. R. Lemos, "Emerging-Tech-Wastewater Treatment-Management," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, [Online]. Available: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/emerging-tech-wastewater-treatment-management.pdf>
- [8] Eurostat 2017, Sewage sludge production and disposal, 2017. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=env_ww_spd
- [9] US-EPA, "Land Application of Sewage Sludge: A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503," *Off. Enforc. Compliance Assur.*, pp. 1–61, 1994. Available: <https://www.epa.gov/biosolids/guide-land-appliers-requirements-federal-standards-use-or-disposal-sewage-sludge-40-cfr>
- [10] Q. Zhang, J. Hu, D. J. Lee, Y. Chang, and Y. J. Lee, "Sludge treatment: Current research trends," *Bioresour. Technol.*, vol. 243, pp. 1159–1172, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2017.07.070.
- [11] S. Hukari, L. Hermann, and A. Nättorp, "From wastewater to fertilisers - Technical overview and critical review of European legislation governing phosphorus recycling," *Sci. Total Environ.*, vol. 542, pp. 1127–1135, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.064.
- [12] C. Kabbe, F. Kraus and C. Remy, *Review of promising methods for phosphorus recovery and recycling from wastewater. In Proceedings of the International Fertiliser Society*. UK, London, 23–24, pp. 1–29, 2015.
- [13] W. Moerman, M. Carballa, A. Vandekerckhove, D. Derycke, and W. Verstraete, "Phosphate removal in agro-industry: Pilot- and full-scale operational considerations of struvite crystallization," *Water Res.*, vol. 43, no. 7, pp. 1887–1892, 2009, doi: 10.1016/j.watres.2009.02.007.
- [14] Z. Bradford-Hartke, J. Lane, P. Lant, and G. Leslie, "Environmental Benefits and Burdens of Phosphorus Recovery from Municipal Wastewater," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 49, no. 14, pp. 8611–8622, 2015, doi: 10.1021/es505102v.
- [15] Y. Ye et al., "Nutrient recovery from wastewater: From technology to economy," *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 11, no. April, p. 100425, 2020, doi: 10.1016/j.biteb.2020.100425.



- [16] S. Daneshgar, A. Buttafava, A. Callegari, and A. G. Capodaglio, "Economic and energetic assessment of different phosphorus recovery options from aerobic sludge," *J. Clean. Prod.*, vol. 223, pp. 729–738, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.195.
- [17] W.J. Gao, M.N. Han, X. Qu, C. Xu, B.Q. Liao, "Characteristics of wastewater and mixed liquor and their role in membrane fouling", *Bioresour. Technol.*, vol. 128, pp. 207-214, 2013. doi: 10.1016/j.biortech.2012.10.075.
- [18] European Commission, Water Reuse - Environment. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>
- [19] S. Lyu, W. Chen, W. Zhang, Y. Fan, and W. Jiao, "Wastewater reclamation and reuse in China: Opportunities and challenges," *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 39, pp. 86–96, 2016, doi: 10.1016/j.jes.2015.11.012.
- [20] L. Pintilie, C. M. Torres, C. Teodosiu, and F. Castells, "Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study," *J. Clean. Prod.*, vol. 139, pp. 1–14, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.209.
- [21] N.N. Li, A.G. Fane, W.W. Ho and T. Matsuura, *T. Advanced Membrane Technology and Applications, Chapter: Membranes for Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, 2008. doi: 10.1002/9780470276280
- [22] E. Drioli and L. Giorno, *Membrane Operations: Innovative Separations and Transformations*, Wiley-VCH, 2009. doi: 10.1002/9783527626779
- [23] C. de Moraes Coutinho, M. C. Chiu, R. C. Basso, A. P. B. Ribeiro, L. A. G. Gonçalves, and L. A. Viotto, "State of art of the application of membrane technology to vegetable oils: A review," *Food Res. Int.*, vol. 42, no. 5–6, pp. 536–550, 2009, doi: 10.1016/j.foodres.2009.02.010.
- [24] D. Norton-Brandão, S. M. Scherrenberg, and J. B. van Lier, "Reclamation of used urban waters for irrigation purposes - A review of treatment technologies," *J. Environ. Manage.*, vol. 122, pp. 85–98, 2013, doi: 10.1016/j.jenvman.2013.03.012.
- [25] The European Parliament and the Council, "Regulation (EU) 2020/741, Minimum requirements for water reuse," *Off. J. Eur. Union*, vol. 177/33, no. May 2020, pp. 32–55, 2020. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0741&qid=1623137719230>
- [26] D. Bixio and T. Wintgens, European Commission, Water Reuse System - Management Manual - AQUAREC, , Directorate-General for Research, European Commission Brussels, Belgium. 2006. [Online]. Available: <https://www.lu.lv/materiali/biblioteka/es/pilnieteksti/vide/Water%20Reuse%20System%20Management%20Manual.%20AQUAREC.pdf>
- [27] WHO, Guidelines for the Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection. WHO Technical Reporting Service, Rome, Italy. (Executive summary), 1989.
- [28] Water Treatment, Advantages and Disadvantages of WSP Systems, in Sewage Treatment. [Online]. Available: <https://www.thewatertreatments.com/wastewater-sewage-treatment/advantages-disadvantages-wsp-systems/>
- [29] K. Zhang and K. Farahbakhsh, "Removal of native coliphages and coliform bacteria from municipal wastewater by various wastewater treatment processes: Implications to water reuse," *Water Res.*, vol. 41, no. 12, pp. 2816–2824, 2007, doi: 10.1016/j.watres.2007.03.010.
- [30] G. Bertanza, M. Canato, and G. Laera, "Towards energy self-sufficiency and integral material recovery in waste water treatment plants: Assessment of upgrading options," *J. Clean. Prod.*, vol. 170, pp. 1206–1218, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.228.



- [31] G. Zhen, X. Lu, H. Kato, Y. Zhao, and Y. Y. Li, "Overview of pretreatment strategies for enhancing sewage sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: Current advances, full-scale application and future perspectives," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 69, no. November 2016, pp. 559–577, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.187.
- [32] O. Culha, H. Gunerhan, E. Biyik, O. Ekren, and A. Hepbasli, "Heat exchanger applications in wastewater source heat pumps for buildings: A key review," *Energy Build.*, vol. 104, pp. 215–232, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.07.013.
- [33] M. A. Shaikh, "Water conservation in textile industry," *Pakistan Text. J.*, vol. 58, no. 11, pp. 48–51, 2009. [Online]. Available: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SHAKIH%202009%20Water%20conservation%20in%20the%20textile%20industry.pdf



Test

1. Selectați din lista de mai jos cuvântul care **nu** reprezintă o caracteristică a principiilor economiei circulare 3R:

- a. Reducere
- b. Reutilizare
- c. Reciclare
- d. **Redirecționare**

2. Industriile și fabricile poluează apa cu:

- a. Metale grele
- b. Coloranți
- c. Materie organică
- d. **Toate cele de mai sus**

3. Care dintre următoarele este proces WWTP?

- a. Tratament fizic/chimic
- b. Tratament biologic
- c. Tratament terțiar
- d. **Toate cele de mai sus**

4. De ce să reutilizați apele epurate?

- a. **Pentru că odată cu creșterea rapidă a populației mondiale, accelerarea urbanizării și încălzirea globală, această resursă devine rară**
- b. Deoarece desalinizarea necesită costuri mai mici de investiții și energie, reducând emisiile de gaze cu efect de seră
- c. Pentru că reutilizarea apelor uzate nu necesită nici un tratament
- d. Toate cele de mai sus

5. Care dintre următoarele enunțuri **nu** este adevărat:

- a. **Deoarece biosolidele conțin substanțe foarte benefice pentru agricultură, acestea pot fi folosite fără control.**
- b. UE a inițiat acțiuni de reglementare cu privire la aplicarea biosolidelor în sol.
- c. Biosolidele îmbunătățesc proprietățile solului prin creșterea agregării particulelor de materie organică din sol, a structurii și porozității solului și scăderea densității.
- d. Principalele probleme asociate cu eliminarea biosolidelor sunt problemele de sănătate și siguranță, mirosul și alte preocupări publice.

6. Recuperarea nutrienților din apele uzate se poate face din apele uzate brute, fluxuri de ape uzate semitratate și nămoluri de epurare?

- a. **Da**
- b. Nu



7. Pentru recuperarea nutrienților, tehnologiile pe bază de membrană prezintă o fezabilitate tehnică și economică ridicată. Care dintre următoarele procese **nu** este utilizat pentru recuperarea nutrienților?

- a. Osmoza directă
- b. Distilarea pe membrană
- c. Electrodializa
- d. **Procesul de cristalizare**

8. Ce metode pot fi folosite pentru a elimina agenții patogeni din apele uzate?

- a. Apă uzată brută
- b. **Lămpi ultraviolete (UV)**
- c. Apă purificată
- d. Nămol de canalizare

9. În stațiile de epurare, recuperarea energiei se poate face prin diferite metode. Selectați răspunsul fals din lista de mai jos.

- a. Producere de biogaz
- b. **Filtre de nisip și antracit**
- c. Pompe de căldură în efluenții instalației de tratare
- d. Recuperarea energiei din diferite fluxuri de temperatură ridicată prin schimbător de căldură

10. Care dintre următoarele tratamente ale apelor uzate nu sunt utilizate ca tehnologie de purificare a apei pentru aplicare în industrie?

- a. Microfiltrare
- b. Osmoză inversă
- c. Schimb de ioni
- d. **Toate cele de mai sus**



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



Centrum Wspierania
Edukacji
i Przedsiębiorczości



QUARTER MEDIATION



LUDOR
ENGINEERING



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."

Project Number: 2020-1-ES01-KA202-083137